

OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE 2025 ANIMAL PROTECTION AND WELFARE 2025

32. mezinárodní konference

32nd International Conference



2. října / 2nd October 2025

Brno, Czech Republic

Veterinární univerzita Brno

University of Veterinary Sciences Brno

**SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ
PROCEEDINGS**

OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE 2025

ANIMAL PROTECTION AND WELFARE 2025

Organizuje

Fakulta veterinární hygieny a ekologie
Veterinární univerzita Brno
Ministerstvo zemědělství ČR
Státní veterinární správa ČR

Organised by

Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology
University of Veterinary Sciences Brno
Ministry of Agriculture of the Czech Republic
State Veterinary Administration of the Czech Republic



**Státní
veterinární
správa**

Organizační výbor

Organising Committee

prof. Ing. Eva Voslářová, Ph.D.
MVDr. Simona Ninčáková
MVDr. Eva Kaděrková
Ing. Vladimíra Enevová

Odborný výbor

Scientific Committee

prof. MVDr. Vladimír Večerek, CSc., MBA
prof. Ing. Eva Voslářová, Ph.D.
MVDr. Zbyněk Semerád

Sborník obsahuje příspěvky přijaté na 32. mezinárodní konferenci „Ochrana zvířat a welfare“ pro prezentaci formou přednášky nebo posteru. Před zařazením do sborníku byly všechny příspěvky posouzeny členy odborné komise konference.

Proceedings contain papers submitted and accepted to the 32nd International Conference “Animal Protection and Welfare“ for presentation as oral communications and posters. Before acceptance, all papers were subject to peer review by members of the Conference Scientific Committee.

Vydala Veterinární univerzita Brno
1. vydání 2025
© 2025 Veterinární univerzita Brno, ČR

Produced by University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic
First published 2025
© 2025 University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Žádná část této publikace nesmí být reprodukována bez písemného svolení vydavatele.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced without the written permission of the copyright holder.

ISBN 978-80-7305-996-5

OBSAH CONTENTS

OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE V CHOVU – HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA ***ANIMAL PROTECTION AND WELFARE – FARM ANIMALS***

Jana Cahová Inovativní přístupy dekontaminace mykotoxinů jako součást zajištění zdraví a pohody hospodářských zvířat Innovative mycotoxin decontamination approaches as part of ensuring the health and welfare of livestock animals	12
Nikola Hodkovicová, Miroslav Macháček, Jana Cahová, Jerico Consolacion, Andrzej Siwicki, Zygmunt Pejsak, Martin Svoboda Využití nanočástic stříbra pro zvýšení úrovně welfare u prasat (review) Use of silver nanoparticles to improve welfare in pigs (review)	21
Adéla Miklíková, Michal Kaluža Faktory ovlivňující délku březosti u dojeného skotu Factors affecting gestation length in dairy cattle	29
Lucie Langová, David Zapletal, Žaneta Skoupá Vliv úrovně dojivosti a fáze laktace na počet somatických buněk v mléce dojnic The effect of milk yield and lactation phase on somatic cell count in dairy cow milk	43
Martina Košťuková, Lucie Langová, Michaela Pechová Stanovení koncentrace minerálních látek v kozím mléce v průběhu laktace Determination of mineral concentrations in goat milk during lactation	50
Jana Blahová, Marie Bělocká Faktory ovlivňující poměr proteinu ke kreatininu u koz Factors affecting the protein-to-creatinine ratio in goats	58
Tereza Vondráčková, Miroslava Mráčková Welfare chovu koní – review Equine welfare in breeding – review	67
Jakub Bartoň, Filip Kološ Management koní s EOTRH Management of horses with EOTRH	73
Valentina Šubová, Lenka Rozsypalová Incidence respiračních onemocnění v chovech králíků ve vztahu k mikroklimatickým podmínkám chovu Incidence of respiratory diseases in rabbit farms in relation to microclimatic conditions in the housing environment	78
Klára Poláková, Vlastimil Šimek Zásady současného chovu a management jednotlivých kategorií brojlerových a zájmových králíků – review The recent husbandry principles and management of the specific categories of broiler and hobby rabbits – review	86
Jana Uříčářová, Radka Dobšíková Vliv suplementace krmiva rostlinami rodu <i>Allium</i> na parametry oxidativního stresu, krevní parametry u brojlerových kuřat a jejich antikokcidiální efekt – review	

Effect of feed supplementation with <i>Allium</i> genus plants on oxidative stress parameters, blood parameters in broiler chickens and their anticoccidial effect – review	97
Eva Justová, Vladimír Večerek, Eva Voslářová, Zbyněk Semerád, Alena Bartošková, Jana Kozáková Welfare v chovech běžců z pohledu úředních kontrol dobrých životních podmínek Welfare in ratite farms from the perspective of official welfare controls	103
Eva Justová, Eva Voslářová, Vladimír Večerek, Alena Bartošková, Jana Kozáková, Zbyněk Semerád Chovy ryb z pohledu úředních kontrol dobrých životních podmínek Fish farming from the perspective of official welfare controls	110
Anna Holčáková, Tereza Křesalová, Ivona Mladíneová Evropské referenční centrum pro welfare vodních živočichů (EURCAW-aqua): Aktivita 2025–2027 The EU reference centre for the welfare of aquatic animals (EURCAW-aqua): Activities 2025–2027	117
Jan Kouřil, Ondřej Kareš, Zdeňka Svobodová Účinek různých koncentrací třech typů v současné době používaných anestetik na hlavatku obecnou (<i>Hucho hucho</i>) Effect of different concentrations of three types of currently used anesthetics on the danube salmon (<i>Hucho hucho</i>)	119
Nela Boňková, Jana Jozefová Depopulace v ohniscích vysoce patogenní aviární chřivky v České republice v letech 2017 - 2024 Depopulation in highly pathogenic avian influenza outbreaks in the Czech Republic between 2017 and 2024	126
Petr Chloupek, Petra Mačáková, Jana Jozefová, Kamila Novotná Kružíková Zhodnocení výsledků monitoringu cizorodých látek ve vztahu ke zdraví a welfare hospodářských zvířat Evaluation of the results of monitoring of contaminants in relation to the health and welfare of farm animals	130
Lenka Sajdlová, Petr Chloupek Analýza výskytu roztoče <i>Varroa destructor</i> v chovech včel v ČR v letech 2021-2024 Analysis of the occurrence of the <i>Varroa destructor</i> mite in bee breeding in the Czech Republic in 2021-2024	136
OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE V CHOVU – ZÁJMŮVÁ ZVÍŘATA ANIMAL PROTECTION AND WELFARE – COMPANION ANIMALS	
Elena Krpčová, Ivana Gardiánová Welfare psů využívaných v AAI Welfare of dogs used in animal assisted interventions	143
Dominik Vacuška, Zdeňka Vacušková, Eva Voslářová, Vladimír Večerek Welfare psů na veřejných vystoupeních Welfare of dogs at public events	150
Dominik Vacuška Stresové markery u pracovních psů – review Stress markers in working dogs – review	156

Lucia Kotianová	
Vplyv tréningu ošetrovania so súhlasom na fyziologické a behaviorálne ukazovatele stresu u psov počas veterinárneho vyšetrenia - review	
The effect of cooperative care training on physiological and behavioural stress indicators in dogs during veterinary examination – review	168
Lubomír Široký, Vladimíra Tichá	
Chirurgická úprava exteriéru v chovu psů	
Surgical modification of external appearance of dogs	174
Dominika Bláhová, Eva Voslářová	
Prevence degenerativní myelopatie v chovu psů	
Prevention of degenerative myelopathy in purebred dogs	178
Natálie Štětková, Monika Šebánková	
Hodnocení zdravotní problematiky bílého švýcarského ovčáka	
Health evaluation of White Swiss Shepherd Dog	182
Edita Kozlíková, Mikuláš Michael Kálnoky	
Rehabilitace psa po amputaci končetiny	
Rehabilitation of a dog after limb amputation	188
Veronika Krausová, Veronika Vojtkovská	
Příčiny vrácení psů zpět do útulku po neúspěšné adopci	
Reasons for dogs being returned to the shelter after unsuccessful adoption	192
Miroslava Krzyžánková, Daniela Šustrová, Vladimír Babák, Helena Juřicová, Magdaléna Crhánová	
Účinky krmiva obohaceného probiotiky na střevní mikrobiom psů	
Effects of probiotics – containing feed on the dog's gut microbiome	199
Klára Vítková, Veronika Vojtkovská	
Fit or fat: Rozdiely v hodnotení telesnej kondície psov medzi odborníkmi a chovateľmi a ich význam pre prax	
Fit or fat: Assessment differences of dogs' body condition between experts and owners and their practical implications	205
Sára Kišková, Veronika Vojtkovská	
Fit or fat: Rozdiely v hodnotení telesnej kondície mačiek medzi odborníkmi a chovateľmi a ich význam pre prax	
Fit or fat: Assessment differences of cats' body condition between experts and owners and their practical implications	214
Güneş Erdoğan	
Management traumat u gravidních koček a fen: přístup založený na algoritmu	
Trauma management in pregnant cats and dogs: An algorithm-based approach	222
Simona Kovaříková, Ivana Váňová	
Raritní plemena koček – luxus nebo hazard se zdravím?	
Rare breeds of cats – luxury or health hazard?	225
Sára Kériová	
Gabapentin a stres u koček: Přehled současných výzkumů a možnosti uplatnění v praxi - review	
Gabapentin and feline stress: Current research and implications for clinical practice – review .	231

Markéta Jeřábková, Šárka Krisová Vliv ovariálních tumorů na zdravotní stav, chování a welfare klisen Impact of ovarian tumors on behavior, health condition and welfare of mares	235
Jana Babicová, Kristina Žuffová Aspekty welfare v managementu laminitidních koní Aspects of welfare in the management of laminitic horses	240
Alžbeta Bubeníková, Miroslava Mráčková Management welfare koní se syndromem egus Welfare management of horses with egus syndrome	245
Jana Menšíková, Radovan Kabeš Management welfare koní při vstávání z celkové inhalační anestezie Welfare management of horses during recovery from general inhalation anesthesia	251
Michaela Dočekalová, Vladimír Jekl, Karel Hauptman, Lenka Rozsypalová Amputace končetin u drobných savců: retrospektivní studie (2017-2024) Limb amputation in small mammals: A retrospective study (2017–2024)	256
Natálie Kytnerová, Ivana Gardiánová Chov a využití morčat v České republice Breeding and use of guinea pigs in Czech Republic	264
Ivana Gardiánová, Natálie Kytnerová Možnosti obohacení prostředí morčat chovaných v lidské péči Possibilities of environmental enrichment for guinea pigs breed in human care	269
Zdeňka Vacuškova Kortizol jako indikátor stresu u morčat Cortisol as an indicator of stress in guinea pigs	273
Zdeňka Vacuškova, Dominik Vacuška, Lucie Kováčová, Petr Linhart, Eva Voslářová, Vladimír Večerek Monitoring teploty vnitřního koutku oka u morčat během výstavy zvířat Monitoring of inner canthus eye temperature in guinea pigs during an animal exhibition	285
Nikola Caklová, Simona Kovaříková Hodnocení poměru proteinu ke kreatininu v moči morčat s různými zdravotními problémy Evaluation of the urine protein to creatinine ratio in guinea pigs with various health problems	291
Jana Rozmarinová, Petr Maršálek Stanovení bisfenolu A v moči psů Determination of bisphenol A in canine urine	296
Aneta Sasová, Petr Maršálek Stanovení bisfenolu S v krevním séru koček s hypertyreózou Determination of bisphenol S in blood serum originated from hyperthyroid cats	302
Nad'a Konečná, Petr Maršálek Analýza obsahu bisfenolů (BPA, BPF, BPS, BPAF) v pohlavních tkáních koček Analysis of bisphenols (BPA, BPF, BPS, BPAF) in the reproductive tissues of cats	308

OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE – POKUSNÁ ZVÍŘATA
ANIMAL PROTECTION AND WELFARE – EXPERIMENTAL ANIMALS

Mikuláš Michael Kálnoky, Eva Voslářová

Welfare telat v průběhu výzkumu na Cornellově univerzitě

Welfare of calves during research at Cornell university 314

Jaroslav Nádeníček

Vliv sociálního ustájení na chování samců laboratorního potkana v testu nuceného plavání

Effect of social housing on male laboratory rats behaviour in the forced swim test 318

OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE – VOLNĚ ŽIJÍCÍ ZVÍŘATA VČETNĚ ZVÍŘAT
CHOVANÝCH V ZAJETÍ

ANIMAL PROTECTION AND WELFARE – WILD ANIMALS INCLUDING ANIMALS KEPT
IN CAPTIVITY

Mikuláš Michael Kálnoky

Welfare lišky obecné

Welfare of the red fox 324

Jasana Koláčková

Welfare krkavce velkého (*Corvus corax*) ve volné přírodě a v zajetí

Welfare of common raven (*Corvus corax*) in the wild and in captivity 328

Filip Kounek, Petra Mačáková

Ochrana a ohrožení vydry říční v ČR

The protection and threats to the Eurasian otter in the Czech Republic 337

Bára Janíková

Význam enrichmentu u vlků v zoologických zahradách a možnosti jeho realizace

The importance of enrichment for wolves in zoos and the possibilities of its implementation ... 342

Hana Bandouchová

Péče o hmyzožravé netopýry v zajetí z pohledu welfare

Insectivorous bats care in captivity: Welfare insight 348

Anna Marková

Endoparazit u afrických koňovitých v zajetí: Výskyt, rizika a možnosti prevence - review

Endoparasites in captive African equids: Occurrence, risks and prevention options – review ... 355

Gabriela Kadlecová, Eva Voslářová, Vladimír Večerek

Míra úhynů v porovnání s eutanázií zvířat v záchranných stanicích v České republice v letech 2010-2020

Mortality rate compared to euthanasia of animals in wildlife rehabilitation centers in the Czech Republic between 2010 and 2020 361

Julie Jarošová, Petr Linhart

Faktory ovlivňující hnízdní chování čápa černého (*Ciconia nigra*)

Factors affecting the nesting behaviour of the black stork (*Ciconia nigra*) 367

Lucie Veitová, Jiří Pikula, Jan Votýpka, Vendula Kokešová, Paulina Maria Lesiczka, Vladimír Piaček, Jana Sedláčková, Tomáš Heger, Hana Bandouchová

Zajíc polní (*Lepus europaeus*) jako náhodný hostitel parazita *Trypanosoma pestanai*

European brown hare (*Lepus europaeus*) as an accidental host of *Trypanosoma pestanai* 372

Kamila Novotná Kružíková, Agáta Mitrengová Legislativní rámec a analýza počtu vyšetřovaných vzorků na přítomnost svalovce u prasat divokých Legislative framework and analysis of the number of samples examined for the presence of trichinella in wild pigs	377
OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE PŘI PŘEPRAVĚ A PORÁŽENÍ ANIMAL PROTECTION AND WELFARE DURING TRANSPORT AND SLAUGHTER	
Tereza Lakomá, Eva Justová, Eva Voslářová, Vladimír Večerek Trendy v počtu přepravovaných a v počtu uhynulých králíků při přepravě na jatky Trends in the number of rabbits transported and the number of rabbits that died during transport to slaughterhouses	385
Eva Justová, Eva Voslářová, Alena Bartošková, Vladimír Večerek Přeprava pštrosů na jatky a úhyny při přepravě Transport of ostriches to slaughterhouses and deaths during transport	391
Ivona Mladineo, Tereza Křesalová, Mikolaj Adamek, Anna Holčáková, Angeliki Mitropoulou, Leonidas Papaharisis, Athanasios Samaras, Michail Pavlidis Hodnocení welfare pro přepravu a výlov kapra obecného On-farm score for common carp transport and harvest	396
OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE – PŘÍPADY Z PRAXE ANIMAL PROTECTION AND WELFARE – CASE REPORTS	
Helena Modrá, Tereza Bodnářová, Jaroslav Klán Otravy psů houbami: skryté a málo známé nebezpečí Mushroom-induced poisoning in dogs: a hidden and underreported risk	401
Dagmar Vršková Bujné rostliny, mrtvé ryby. Kazuistika hromadné otravy akvariálních ryb oxidem uhličitým Lush plants, dead fish: A case report of mass carbon dioxide poisoning in ornamental fish	408
Jana Jozefová Použití forenzní veterinární odontologie v případě správního řízení týkajícího se napadení psem The use of forensic veterinary odontology in administrative proceedings concerning dog attacks	414
Petra Borská, Zlata Hošková, Helena Místecká, Andrea Oklešťková, Zuzana Svobodová, David Modrý Náhodný nález mikrofilárie <i>Dirofilaria immitis</i> v krvi psa – dárce krve Accidental finding of the microfilaria <i>Dirofilaria immitis</i> in the blood donor dog	419
OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE – LEGISLATIVA ANIMAL PROTECTION AND WELFARE – LEGISLATION	
Jana Traplová Změny v právních předpisech na úseku ochrany zvířat proti týrání Changes in legislation on the protection of animals against cruelty	425
Petra Mačáková, Filip Kounek Ochrana vlka obecného v evropské a národní legislativě Protection of the common wolf in European and national legislation	431

Tereza Blatáková, Ondřej Cvejn Rituální porážky zvířat a welfare porážených zvířat po novele zákona č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání Ritual slaughter of animals and welfare of slaughtered animals after the amendment to Act no. 246/1992 Coll., on the protection of animals against cruelty	440
OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE – RŮZNÉ	
ANIMAL PROTECTION AND WELFARE – MISCELLANEOUS	
Martina Načeradská Jak wellbeing veterinárních lékařů ovlivňuje welfare zvířat ve veterinárních ordinacích How veterinarians' wellbeing affects animal welfare in veterinary practices	447
Olga Tůmová, Vladimíra Pištěková Vliv covidového období na počet kontrol provedených na základě podnětů v Jihomoravském kraji v letech 2018-2023 Impact of the covid period on the number of inspections carried out based on initiatives in the South Moravian region in 2018-2023	450
Simona Kovaříková Historie chovu koček History of cats	455
Lucie Kováčová, Eliška Nováková, Markéta Žáčková, Kateřina Vávrová, Jiří Pikula, Monika Němcová Využití in vitro modelu v praxi: Fyziologické změny v metabolismu hepatocytů netopýra rezavého (<i>Nyctalus noctula</i>) při proměnlivé tělesné teplotě In vitro model in practice: Physiological changes in the hepatocyte metabolism of the common noctule bat (<i>Nyctalus noctula</i>) at variable body temperature	461
Miroslava Kaňová, Hana Bandouchová Cytotoxický účinek vybraných těžkých kovů na jaterní buňky netopýra rezavého (<i>Nyctalus noctula</i>) Cytotoxic effects of selected heavy metals on liver cells of the common noctule bat (<i>Nyctalus noctula</i>)	473
Přemysl Mikula Environmentální polutanty narušující procesy thyroidní hormonální regulace u ryb - hlavní zástupci, mechanismy působení a toxické účinky Environmental pollutants disrupting thyroid hormonal regulation processes in fish - main representatives, modes of action, and toxic effects	478
Nikola Pešková Vliv hormonální antikoncepce na vodní obratlovce The influence of hormonal contraception on aquatic vertebrates	490
Jana Blahová Toxicita herbicidu metazachloru a jeho degradačních produktů pro vodní organismy Toxicity of the herbicide metazachlor and its degradation products to aquatic organisms	501
Jana Blahová, Mikula Přemysl, Zdeňka Svobodová Toxicita herbicidu glyfosátu a jeho degradačního produktu aminomethylfosfonové kyseliny pro kapra obecného (<i>Cyprinus carpio</i>) Toxicity of the herbicide glyphosate and its degradation product aminomethylphosphonic acid to common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	509

Kamila Novotná Kružíková, Galina Vinzhegina Vliv bentazonu na embryonální stadia dania pruhovaného Effect of bentazone on embryonal stage of <i>Danio rerio</i>	516
Renata Hesova, Barbora Riesova, Zdenka Svobodova, Petr Linhart, Heloysa Araujo-Silva, Christian Tudorache, Pavla Lakdawala Vliv gabapentin-laktamu na raná vývojová stadia dania pruhovaného (<i>Danio rerio</i>) – behaviorální studie Effect of gabapentin-lactam on early developmental stages of zebrafish (<i>Danio rerio</i>) – behavioural study	521
Lucie Plhalová, Serafina Ferrara, Jana Blahová, Nikola Pešková Vliv environmentálních koncentrací bisfenolu A a jeho analogů na embrya dania pruhovaného (<i>Danio rerio</i>) The effect of environmental concentrations of bisphenol A and its analogs on zebrafish (<i>Danio rerio</i>) embryos	526
Jasana Kolářková, Zdeňka Svobodová Zhodnocení používání a výskytu reziduí nesteroidních antiflogistik v povrchové vodě řeky Labe a jejích přítoků Evaluation of the use and occurrence of residues of NSAIDs in the surface water of the Elbe river and its tributaries	531

**OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE V CHOVU
HOSPODÁŘSKÁ ZVÍŘATA**

**ANIMAL PROTECTION AND WELFARE
FARM ANIMALS**

INOVATIVNÍ PŘÍSTUPY DEKONTAMINACE MYKOTOXINŮ JAKO SOUČÁST ZAJIŠTĚNÍ ZDRAVÍ A POHODY HOSPODÁŘSKÝCH ZVÍŘAT

INNOVATIVE MYCOTOXIN DECONTAMINATION APPROACHES AS PART OF ENSURING THE HEALTH AND WELFARE OF LIVESTOCK ANIMALS

Jana Cahová*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Mycotoxins pose a serious threat to the health and welfare of livestock by disrupting key physiological functions. The most significant include aflatoxins, ochratoxin A, fumonisins, deoxynivalenol, and zearalenone, whose occurrence is increasingly linked to climate change. This contribution focuses on current efforts to develop effective and safe methods for removing mycotoxins from feed. It presents advanced strategies involving the use of nanoparticles, nanoenzymes, chitosan, and biotransformation through microorganisms and insects. This study critically evaluates the advantages and limitations of innovative methods in terms of efficacy, cost, technical feasibility, and safety, aiming to provide an objective assessment of their potential for practical application in animal production.

Key words: fungal contamination, livestock welfare, mycotoxin mitigation

Souhrn

Mykotoxiny představují závažné riziko pro zdraví a welfare hospodářských zvířat, neboť narušují klíčové fyziologické funkce. Mezi nejvýznamnější patří aflatoxiny, ochratoxin A, fumonisiny, deoxynivalenol a zearalenon, jejichž výskyt je stále častější v důsledku klimatických změn. Tento příspěvek se zaměřuje na současné snahy o nalezení účinných a bezpečných metod, jak mykotoxiny z krmiv odstranit. Představuje pokročilé strategie založené na využití nanočástic, nanoenzymů, chitosanu nebo biologické přeměny pomocí mikroorganismů a hmyzu. Příspěvek kriticky hodnotí výhody a omezení inovativních metod z hlediska účinnosti, nákladů, technické proveditelnosti a bezpečnosti s cílem objektivně posoudit jejich potenciál pro praktické využití v živočišné výrobě.

Klíčová slova: kontaminace krmiv, welfare hospodářských zvířat, mitigace mykotoxinů

Úvod

Mykotoxiny jsou toxické sekundární metabolity, které produkují vláknité mikromycety zejména z rodů *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* a *Alternaria*. Tyto látky často kontaminují krmiva pro hospodářská zvířata a představují vážné zdravotní riziko. Mezi nejčastěji se vyskytující mykotoxiny v krmných směsích pro zvířata patří aflatoxiny (AF), ochratoxin A (OTA), fumonisiny (FUM), deoxynivalenol (DON) a zearalenon (ZEN). Expozice mykotoxinům může vést u hospodářských zvířat k celé řadě patologických stavů – včetně poškození jater, ledvin, imunitního systému, reprodukčních funkcí nebo snížení užitkovosti. Tyto účinky přímo ohrožují zdraví zvířat a negativně ovlivňují jejich pohodu, což má dopad nejen na welfare, ale i na ekonomiku chovu a kvalitu živočišných produktů. Z těchto důvodů je účinná dekontaminace mykotoxinů zásadní součástí preventivních opatření v chovu hospodářských zvířat (Franchino et al., 2024; Khan et al. 2024). Probíhající klimatické změny, spojené s častějšími extrémními výkyvy počasí, záplavami a rostoucími teplotami, ovlivňují výskyt mykotoxinů v krmivech pro zvířata. Mírné a vlhké zimy

* cahovaj@vfu.cz

střídající se s teplými a suchými léty podporují růst plísní a následnou produkci mykotoxinů (IPCC, 2023). Zvýšené teploty usnadňují šíření termofilních druhů hub, jako je *Aspergillus flavus*, který se v důsledku oteplování rozšiřuje i do oblastí Středomoří, kde dříve převládaly plísně rodu *Fusarium*. Tento posun přináší zvýšené riziko kontaminace krmiv AF, což má závažné důsledky pro zdraví zvířat i veřejné zdraví (Vaughan et al., 2016; Adewunmi a Fapohunda, 2019). Příspěvek představuje inovativní strategie mitigace mykotoxinů, jež otevírají nové možnosti v ochraně zdraví a welfare hospodářských zvířat. Tyto moderní přístupy vykazují vysoký aplikační potenciál a mohly by významně omezit jejich negativní účinky.

Inovativní metody dekontaminace

V oblasti veterinární toxikologie hraje detoxikace krmných směsí kontaminovaných mykotoxiny klíčovou roli v ochraně zdraví zvířat a bezpečnosti živočišných produktů. Mykotoxiny jsou stabilní toxické látky, jejichž odstranění z krmiv je velmi obtížné. Existuje pestrá škála tradičních metod založených na odlišných mechanismech účinku, od fyzikálně-chemické adsorpce až po biologickou přeměnu. Tyto strategie využívají látky, které jsou schopné omezit vstřebávání mykotoxinů v organismu nebo je přetvářet na méně toxické či zcela neškodné sloučeniny, čímž se minimalizuje jejich toxické působení (Boudergue et al., 2009; Loi et al. 2023). Vzhledem k rozmanitosti krmivářského průmyslu a rostoucím nárokům na ochranu zdraví hospodářských zvířat nabývá na významu vývoj moderních technologií, které podporují udržitelnou a bezpečnou výrobu, minimalizují zdravotní rizika a zároveň zvyšují provozní efektivitu a celkovou kvalitu živočišné produkce. Tabulky č. 1 a 2 poskytuje stručný přehled níže uvedených metod.

Fyzikálně-chemické metody

Adsorpce pomocí nanočástic

Adsorpce patří k nejúčinnějším metodám snižování obsahu mykotoxinů v krmivech díky schopnosti různých látek tyto toxiny rychle navázat a zneškodnit (García-Ramón et al., 2025). Mechanismus účinku spočívá ve vytvoření stabilního komplexu mezi adsorbentem a molekulou mykotoxinu, který je následně vyloučen z organismu trusem, čímž dochází k fyzickému odstranění toxinu z těla. Účinnost tohoto procesu i stabilita vzniklého komplexu během průchodu trávicím traktem závisí na fyzikálně-chemických vlastnostech adsorbentu (např. polarita, velikost pórů, dostupná povrchová plocha) i samotného toxinu (polarita, rozpustnost, velikost a elektrický náboj). Aflatoxin B1 (AFB1), díky své hydrofilní povaze a planární aromatické struktuře, vykazuje vysokou afinitu k adsorpci zejména na jílové minerály, přičemž k vazbě dochází prostřednictvím koordinačních interakcí s beta-karbonylovým systémem molekuly, a to jak v kyselém, tak zásaditém prostředí (Kolawole et al., 2019). Oproti tomu mykotoxiny jako ZEN, OTA, FUM, T-2 toxin a DON mají odlišné fyzikálně-chemické vlastnosti, zejména vyšší hydrofobicitu, což snižuje jejich adsorbovatelnost běžnými materiály.

Zvláštní pozornost si v tomto kontextu získaly nanočástice, které díky své vysoké specifické povrchové aktivitě a možnosti funkční modifikace vykazují značný aplikační potenciál v cílené adsorpci mykotoxinů, včetně technik využívajících vnější magnetické pole. Tato technologie umožňuje rychlé a cílené odstranění toxinů, což představuje inovativní a perspektivní přístup k jejich dekontaminaci, aplikované například během dekontaminace fusariových mykotoxinů (Horky et al., 2018). Oxidy železa a zinku spolu s nanočásticemi stříbra, mědi či selenu získávají v oblasti výzkumu dekontaminace mykotoxinů stále větší pozornost díky své schopnosti účinně vázat toxiny v zemědělských krmivech a potravinách. Tyto nanočástice lze navíc cíleně upravit tak, aby výrazně zvýšily svoji vazebnou kapacitu, zaměřily se na různé typy mykotoxinů, čímž otevírají nové možnosti v inovativních dekontaminačních postupech (Duishemambet Kyzy et al., 2024). Grafenoxid a redukovaný grafen se rovněž stávají předmětem intenzivního výzkumu. Tyto materiály díky svému velkému specifickému povrchu a možnosti cílené úpravy povrchových vlastností vykazují vysoký adsorpční potenciál. Jejich strukturální výhody umožňují účinné

navázání a odstranění toxických látek z krmných matric, což z nich činí slibnou alternativu ke konvenčním adsorbentům (Alrashed et al., 2019). Tyto technologie mají však své limity a je třeba dalšího výzkumu, který se zaměřuje především na určení toxicity a účinnosti těchto materiálů (Horky et al., 2018).

Studená atmosférická plazma

Plazma, označovaná jako čtvrté skupenství hmoty, je částečně nebo zcela ionizovaný plyn složený z kladných a záporných iontů, volných radikálů, elektronů a neutrálních částic. Vzniká průchodem elektrického proudu neutrálním plynem, přičemž dochází k disociaci molekul (Kiš et al., 2020). Studená atmosférická plazma představuje udržitelné a nákladově efektivní řešení pro zachování kvality potravin při současně inaktivaci toxinogenních hub a rozkladu mykotoxinů. Mechanismus degradace mykotoxinů za působení studené plazmy spočívá ve strukturálních změnách molekul, zejména v narušení klíčových chemických vazeb, čímž dochází ke snížení jejich toxicity. Účinnost této technologie závisí na provozních parametrech a vlastnostech ošetřovaného materiálu. Významné výsledky byly zaznamenány zejména u AFB1 a DON, které jsou působením plazmy přeměňovány na méně toxické sloučeniny a dochází rovněž k inhibici spor i DNA zodpovědné za jejich biosyntézu (Oliveira et al., 2025). Nicméně vysoké pořizovací náklady zařízení, omezená schopnost penetrace do pevných matric a zakalených kapalin, stejně jako nedostatek údajů o vlivu na nutriční složky krmiva a možném výskytu reziduální toxicity, představují hlavní omezení této technologie (Wu et al., 2021).

UV záření

Ultrafialové záření (UV) se prokázalo jako účinná fyzikální metoda pro odstranění kontaminantů a likvidaci mikroorganismů díky fotochemické degradaci a poškození jejich DNA. UV záření bývá úspěšně využito k degradaci mykotoxinů v potravinářských surovinách, jako jsou oleje, mléko, pšenice či arašidy (Shen a Singh, 2022). Tato technologie je účinná při odstraňování fotosenzitivních mykotoxinů, například AF, které lze rozložit prostřednictvím UV-indukované fotokatalýzy (Loi et al., 2022). Dalším mykotoxinem vhodným k degradaci UV zářením je OTA. Nicméně tato metoda má svá omezení, především nízkou schopnost pronikání záření, která umožňuje efektivní dekontaminaci pouze na povrchu potravin, což vede k delším expozičním časům a potenciálnímu zhoršení kvality produktu (Khan et al., 2024).

Nanozymy

Nanoenzymy jsou anorganické nanomateriály vykazující enzymatickou aktivitu, které za fyziologických podmínek katalyzují přeměnu substrátů s kinetikou i mechanismem účinku podobným přirozeným enzymům. Díky těmto vlastnostem představují perspektivní nástroj pro rozklad AFB1, zejména vzhledem ke své vysoké stabilitě a účinnosti (Guo et al., 2021). Předběžné výsledky metodou LC–MS/MS naznačují, že katalýza těmito nanoenzymovými systémy může vést ke vzniku méně toxických metabolitů. Nicméně je nezbytný další výzkum pro detailní charakterizaci vzniklých metabolitů a ověření jejich zdravotní nezávadnosti. Současně nejsou k dispozici data o účinnosti této metody v pevných maticích s nízkým obsahem vody, jako jsou obiloviny a ořechy, které přitom představují zásadní cílové komodity pro dekontaminaci AF (Loi et al., 2023).

Biologické metody

Mikroorganismy

Mikrobiální detoxikace mykotoxinů je známá již delší dobu a představuje slibnou alternativu k chemickým a fyzikálním metodám. Skutečnost, že se mykotoxiny v půdě dlouhodobě neakumulují a mohou být částečně odbourávány během fermentačních procesů, podnítila výzkum mikroorganismů schopných jejich degradace (Zhu et al., 2017). Tyto mikroorganismy jsou často izolovány z kontaminovaného prostředí a následně kultivovány ve specifických selektivních médiích s vysokým obsahem mykotoxinů. Mykotoxiny mohou být mikroorganismy odstraněny dvěma hlavními mechanismy – adsorpcí na buněčnou stěnu a enzymatickou biotransformací (Loi et

al., 2023). Biotransformační schopnosti byly prokázány u širokého spektra mikroorganismů včetně vláknitých hub (*Trichoderma*, *Aspergillus*), kvasinek (*Saccharomyces*, *Pichia*) a bakterií jako např. *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Streptomyces* (Chlebicz and Śliżewska, 2020; García-Ramón et al., 2025). V současnosti jsou dostupné dva komerční produkty založené na živých mikroorganismech, zaměřené na detoxikaci trichotecenů a OTA, zatímco efektivní přípravek pro dekontaminaci AF stále chybí. Využití celých mikrobiálních buněk je ekonomicky výhodné a umožňuje současnou degradaci více typů mykotoxinů, avšak jejich účinnost může být variabilní a obtížně kontrolovatelná. Z tohoto důvodu se v některých případech jako vhodnější řešení jeví použití izolovaných enzymů, zejména při aplikaci ve fermentovaných krmných matricích, jako jsou siláže nebo vedlejší produkty z potravinářského průmyslu (Loi et al., 2023).

Chitosan

Chitosan je přírodní kationtový polyaminosacharid odvozený z chitinu, který tvoří základní strukturální složku exoskeletu korýšů. Nejčastěji se získává z odpadní biomasy vznikající při zpracování mořských plodů, jako jsou krevety, krabi či lastury, což představuje efektivní a udržitelný zdroj tohoto cenného biopolymeru. Na rozdíl od jiných polysacharidů, například celulózy, vyniká chitosan unikátními vlastnostmi, díky nimž nachází široké uplatnění. Je netoxický, biokompatibilní a biologicky rozložitelný, což jej činí perspektivním biosorbentem pro odstraňování různých iontů těžkých kovů a barviv. Výsledky studie Zhao et al. (2015) zdůrazňují využití síťovaných (cross-linkovaných) polymerů chitosanu pro efektivní dekontaminaci mykotoxinů. Takto upravený chitosan prokázal slibnou adsorpční schopnost vůči AFB1 (73 %), OTA (97 %), ZEN (94 %) a FUM (99 %), zatímco u DON a T-2 toxinů byla adsorpce v simulovaném gastrointestinálním prostředí výrazně nižší (<30 %).

Nanofungicidy

Nanofungicidy odvozené z esenciálních olejů a přírodních fytochemikálií, jako jsou eugenol, kyselina kávová, katecholy, taniny či tymol, vykazují významný potenciál v boji proti toxinným vláknitým houbám a produkci AF. Tyto inovativní látky efektivně zastavují růst plísní a zároveň jsou bezpečné pro zvířata i člověka, což je činí slibnou alternativou k tradičním chemickým prostředkům (Hamad et al., 2023). Využití nanosystémů umožňuje přesné cílení fungicidů, jejich řízené uvolňování a zároveň snižuje dopady na životní prostředí, a tím překonává limity tradičních postřikových technik. Nízká stabilita za náročných podmínek a možná nestabilita během skladování představují významná omezení nanofungicidů. Kromě toho je třeba zohlednit i vyšší výrobní náklady (Fincheira et al., 2023).

***Trichoderma* spp.**

Trichoderma spp. představují jedny z nejrozšířenějších biokontrolních organismů s celosvětovým uplatněním, zejména díky své schopnosti potlačovat široké spektrum fytopatogenů prostřednictvím mykoparazitismu, antibioly a kompetice. Tyto rychle rostoucí a metabolicky adaptabilní houby běžně kolonizují půdní a rhizosférické prostředí a produkují řadu bioaktivních látek, včetně enzymů a antibiotik. Klíč k efektivitě *Trichoderma* jako biokontrolního činitele spočívá v jejich rychlém růstu, schopnosti využívat široké spektrum organických látek, produkci účinných sekundárních metabolitů a rozmanitých antagonistických strategiích, které nejen potlačují patogeny, ale zároveň posilují odolnost rostlin proti stresům a podporují jejich zdravý růst i zvýšení výnosů. Některé z těchto metabolitů prokazatelně omezují růst *Aspergillus* spp. a snižují produkci AF, případně vedou k jejich degradaci (Ren et al., 2022). *Trichoderma* je v současnosti využívána jako aktivní složka ve více než 250 komerčních přípravcích, včetně biofungicidů, biohnojiv a induktorů rostlinné obrany (Woo et al., 2014).

Atoxigenní kmeny *Aspergillus*

Atoxigenní kmeny *Aspergillus* působí jako účinní konkurenti toxigenních hub – dokážou je vytlačit z prostředí pomocí tzv. konkurenční exkluze a zároveň omezují produkci mykotoxinů díky tvorbě organických těkavých sloučenin. Jejich neschopnost tvořit AF je způsobena částečnou nebo úplnou ztrátou genů odpovědných za jejich biosyntézu (Moore, 2022). Po aplikaci na pole mohou nahradit

původní toxigenní kmeny a výrazně tak snížit jak míru infekce, tak i produkci aflatoxinů. Přestože atoxigenní kmeny *Aspergillus* prokázaly v terénních studiích vysokou účinnost – s více než 90% redukcí AFB1 v některých regionech – jejich využití v Evropě stále vyvolává otázky. Chybí data o jejich chování v přírodě, zejména v půdě, vodě a sedimentech, a o dlouhodobé genetické stabilitě. Není dosud potvrzeno, zda mohou podporovat jiné toxinogenní houby nebo produkovat odlišné mykotoxiny. Nedostatek údajů zároveň brání dokončení hodnocení zdravotních a ekologických rizik (Loi et al., 2023).

Hmyz

Poškození rostlin hmyzími škůdci často zvyšuje jejich náchylnost k infekci fytopatogenními houbami produkujícími mykotoxiny, což může vést k závažné a ekonomicky významné kontaminaci zemědělských komodit (Dowd, 2003). Tyto kontaminované plodiny představují vážné riziko pro zdraví hospodářských zvířat, zejména při jejich zkrmování, protože mykotoxiny mohou vyvolávat toxické, karcinogenní, imunotoxické a endokrinní účinky. U hmyzu se některé podskupiny enzymů cytochromu P450, zejména CYP6 a CYP9, podílejí na rozkladu (detoxikaci) mykotoxinů, čímž mohou ovlivňovat míru kontaminace rostlinného materiálu. Zároveň však některé P450 enzymy mykotoxiny bioaktivují na ještě toxičtější metabolity, což ukazuje na složité evoluční vztahy mezi hmyzem a patogenními houbami. U druhů jako *Helicoverpa armigera*, *Helicoverpa zea*, *Trichoplusia ni* a *Amyelois transitella* bylo prokázáno, že expozice určitým rostlinným chemickým látkám (fytochemikáliím) indukuje expresi genů kódujících enzymy P450 a zvyšuje toleranci vůči mykotoxinům – za předpokladu, že nedochází k jejich bioaktivaci. Mezi tyto fytochemikálie patří zejména terpenoidy (např. karvon, limonen), alkaloidy (např. nikotin, kofein), fenolické sloučeniny a flavonoidy (např. kvercetin), glukosinoláty a izothiokyanáty typické pro brukvovité rostliny, nebo furanokumariny, např. bergapten (Vandenhoe et al., 2021). Tyto látky slouží jako signály, které aktivují detoxikační mechanismy hmyzu, což umožňuje adaptaci hmyzu na prostředí s častou přítomností mykotoxinů a dalších toxických sloučenin. Z hlediska ochrany zdraví hospodářských zvířat nabývá na významu snaha využít hmyzí enzymy P450 jako biokatalyzátory k dekontaminaci rostlinných produktů určených ke krmení. Tato strategie by mohla snížit riziko přenosu mykotoxinů do krmivového řetězce a následně omezit expozici zvířat toxickým látkám. Aflatoxin, OTA, sterigmatocystin a ZEN patří mezi mykotoxiny, u kterých byla prokázána bioaktivace, a jejich přítomnost v krmivech představuje zvláště závažné riziko. Vzhledem k obrovské biodiverzitě hmyzích druhů asociovaných s kontaminovanými komoditami lze očekávat existenci široké škály detoxifikačních enzymů s různou specifitou a stabilitou, které dosud nebyly detailně charakterizovány, avšak mohou být klíčové pro vývoj nových strategií biologické detoxikace krmiv (Berenbaum et al., 2021).

Nutriční terapie jako podpora zdraví při mykotoxikózách

Žádná z fyzikálních, chemických ani biologických metod nedokáže zcela odstranit mykotoxiny z krmiv, a to ani při nízké úrovni kontaminace, která může vést k chronické toxicitě, snížení užitkovosti a imunosupresi (Nahle et al., 2022). Významnou roli proto hrají nutriční strategie, které mohou podpořit detoxikační mechanismy organismu, například enzymy CYP450, ketoreduktázy či glutathion-S-transferázy. Klíčové aminokyseliny jako glutamát, cystein a glycin slouží jako prekurzory glutathionu a přispívají k eliminaci mykotoxinů. Současně mykotoxiny snižují vstřebávání živin, což lze částečně kompenzovat cílenou nutriční suplementací. U AFB1, DON, ZEN a FUM B₁ bylo prokázáno, že suplementace různými antioxidanty (např. selen, vitaminy C a E, silymarin, kurkumin) a dalšími bioaktivními látkami může významně snížit jejich negativní účinky. Mechanismy ochrany zahrnují zejména zvýšení antioxidační kapacity, aktivaci detoxikačních enzymů, posílení imunitních funkcí a v případě zearalenonu také inhibici jeho estrogenové aktivity (tabulka č. 3). Celkově tyto látky zlepšují odolnost organismu vůči toxickému působení mykotoxinů (Liu et al., 2022).

Tabulka č. 1. Mechanismus účinku, výhody a nevýhody fyzikálně-chemických technik dekontaminace mykotoxinů

Metoda	Mechanismus účinku	Výhody	Nevýhody
Fyzikálně-chemické metody			
Adsorbenty (nanočástice)	Adsorpce	Nízké dávkování; aktivní ve střevním traktu zvířat i v krmivech; možnost funkční úpravy pro vazbu různých toxinů	Nespecifická vazba živin, léčiv, vitamínů apod. z krmiv
Studená atmosferická plazma	Biotransformace	Inaktivace plísni a produkce mykotoxinů	Vysoké náklady na zařízení; nízká penetrace do pevných látek a zakalených tekutin; možná reziduální toxicita
UV záření	Biotransformace	Nízké náklady, vhodné pro průmyslové využití; využití pro sanitaci povrchů v potravinářství	Nízká penetrace do pevných látek a zakalených tekutin; potenciální zhoršení kvality produktu
Nanoenzymy	Adsorpce a biotransformace	Kombinovaný mechanismus účinku	Potenciální reziduální toxicita metabolitů

Tabulka č. 2. Mechanismus účinku, výhody a nevýhody biologických technik dekontaminace mykotoxinů

Metoda	Mechanismus účinku	Výhody	Nevýhody
Biologické metody			
Mikroorganismy	Adsorpce a biotransformace	Kombinovaný mechanismus účinku; účinnost proti více mykotoxinům; nízká cena	Variabilní účinnost, těžce kontrolovatelná
Chitosan	Adsorpce	Netoxický, biokompatibilní; biologicky rozložitelný	Vazba živin z krmiv, ztráta adsorpční schopnosti (zásadité, neutrální pH), nákladnější
Nanofungicidy	Biotransformace	Bezpečnost pro zvířata i lidi	Nízká stabilita, vyšší výrobní náklady
Trichoderma spp.	Biotransformace	Rychlý růst; potlačení patogenů	Regulační a aplikační omezení
Atoxigenní kmeny Aspergillus	Konkurenční exkluze, omezení produkce mykotoxinů	Biokontrola; dlouhodobý efekt	Regulační omezení; možné nechtěné ekologické dopady
Hmyz	Biotransformace	Ekologická šetrnost; přirozená detoxikace	Komplexita biochemických procesů; technologická náročnost

Tabulka č. 3. Nutriční terapie pro zmírnění toxicity mykotoxinů (upraveno dle Liu et al., 2022)

Mykotoxiny	Nutriční strategie	Mechanismy
AFB₁	Selen, vitaminy C, E, B ₁ , karotenoidy, silymarin, kurkumin, quercetin, resveratrol	Zlepšení antioxidační kapacity a detoxifikačních enzymů ke zmírnění škod způsobených AFB ₁ u skotu a drůbeže
DON	Selen, vitaminy C a E, silymarin, kurkumin, funkční aminokyseliny (methionin, glutamát, arginin, aspartát a lysin), antimikrobiální peptid, astragalus	Především zvýšením antioxidační obrany a imunitních funkcí k posílení odolnosti skotu a drůbeže
ZEN	Retinol, kyselina askorbová, alfa-tokoferol, silymarin, sójové izoflavony	Zmírnění toxických účinků ZEN zlepšením antioxidační kapacity a inhibicí estrogenové aktivity ZEN
FB1	Vitamin E, silymarin, kurkumin, sójové izoflavony	Především potlačením oxidačního stresu vyvolaného FB1 u skotu

AFB₁: aflatoxin B₁; DON: deoxynivalenol; ZEN: zearalenon; FB1: fumonisin B1

Závěr

Mykotoxiny se často vyskytují ve složitých směsích, což představuje významnou výzvu pro jejich efektivní eliminaci. Ačkoliv inovativní dekontaminační metody nabízejí pokročilé možnosti detoxikace, vyšší náklady a nejasná reziduální toxicita degradačních produktů limitují jejich široké využití v praxi. Tradiční adsorbenty zůstávají důležitým nástrojem díky své nízké aplikační dávce, stabilitě v trávicím traktu a možnosti cílené modifikace, avšak jejich nespecifická vazba na živiny, vitaminy či léčiva může negativně ovlivnit nutriční hodnotu krmiva a efektivitu léčby. Pokročilé technologie, jako jsou mikroorganismy, magnetické nanočástice a nanoenzymy, kombinují adsorpční a biotransformační mechanismy a umožňují komplexní detoxikaci různých mykotoxinů s možností přizpůsobení konkrétním podmínkám. Širší využití těchto metod však omezuje nedostatek znalostí o bezpečnosti a dopadech degradačních produktů na zdraví a welfare hospodářských zvířat. Biotransformační metody zahrnující enzymatickou degradaci, UV záření či plazmové ošetření vykazují vysokou specifitu a technologický potenciál, avšak stále čelí technickým a toxikologickým omezením, která je třeba překonat pro efektivní využití v krmivářství a veterinární praxi. Pro ochranu zdraví a welfare hospodářských zvířat je proto nezbytné pokračovat v multidisciplinárním výzkumu, který umožní optimalizovat kombinace různých dekontaminačních přístupů, zhodnotit bezpečnost vzniklých produktů a vyvinout nákladově efektivní a bezpečné technologie aplikovatelné v reálných podmínkách zemědělské výroby.

Literatura

- Adewunmi, A.A., Fapohunda, S.O. 2019. Climate change and mycotoxins: The African experience. *Croatian Journal of Food Science and Technology* 11: 283–290.
- Alrashed, M.M., Soucek, M.D., Jana, S.C. 2019. Role of graphene oxide and functionalized graphene oxide in protective hybrid coatings. *Progress in Organic Coatings* 134: 197–208.
- Berenbaum, M.R., Bush, D.S., Liao, L.H. 2021. Cytochrome P450-mediated mycotoxin metabolism by plant-feeding insects. *Current Opinion in Insect Science* 43: 85–91.
- Boudergue, C., Burel, C., Dragacci, S., Favrot, M., Fremy, J., Massimi, C., Prigent, P., Debognie, P., Pussemier, L., Boudra, H., Morgavi, D., Oswald, I., Perez, A., Avantiaggiato, G. 2009. Review of mycotoxin-detoxifying agents used as feed additives: mode of action, efficacy and feed/food safety EFS3 6.

- Dowd, P.F. 2003. Insect Management to Facilitate Preharvest Mycotoxin Management. *Journal of Toxicology: Toxin Reviews* 22: 327–350.
- Duishemambet Kyzy, A., Kocyigit, Y., Ardag Akdogan, H. 2024. Aflatoxin B₁ bioremoval by fungal cells immobilised on magnetic nanoparticles. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 104: 4897–4910.
- Fincheira, P., Hoffmann, N., Tortella, G., Ruiz, A., Cornejo, P., Diez, M.C., Seabra, A.B., Benavides-Mendoza, A., Rubilar, O. 2023. Eco-Efficient Systems Based on Nanocarriers for the Controlled Release of Fertilizers and Pesticides: Toward Smart Agriculture. *Nanomaterials* 13: 1978.
- Franchino, C., Vita, V., Iammarino, M., De Pace, R. 2024. Monitoring of Animal Feed Contamination by Mycotoxins: Results of Five Years of Official Control by an Accredited Italian Laboratory. *Microorganisms* 12: 173.
- García-Ramón, D.F., Cornelio-Santiago, H.P., Norabuena, E., Sumarriva, L., Alvarez-Chancasanampa, H., Vega, M.N., Sotelo-Méndez, A., Espinoza-Espinoza, L.A., Pantoja-Tirado, L.R., Gonzales-Agama, S.H., Chavarría-Marquez, E.Y., Castro-Galarza, C.R. 2025. Effective novel and conventional technologies for decontamination of aflatoxin B₁ in foods: a review. *Mycotoxin Research* 41: 301–321.
- Guo, Y., Zhao, L., Ma, Q., Ji, C. 2021. Novel strategies for degradation of aflatoxins in food and feed: A review. *Food Research International* 140: 109878.
- Hamad, G.M., Mehany, T., Simal-Gandara, J., Abou-Alella, S., Esua, O.J., Abdel-Wahhab, M.A., Hafez, E.E. 2023. A review of recent innovative strategies for controlling mycotoxins in foods. *Food Control* 144: 109350.
- Horky, P., Skalickova, S., Baholet, D., Skladanka, J. 2018. Nanoparticles as a Solution for Eliminating the Risk of Mycotoxins. *Nanomaterials* 8: 727.
- Chlebicz, A., Śliżewska, K. 2020. In Vitro Detoxification of Aflatoxin B₁, Deoxynivalenol, Fumonisin, T-2 Toxin and Zearalenone by Probiotic Bacteria from Genus *Lactobacillus* and *Saccharomyces cerevisiae* Yeast. *Probiotics and Antimicrobial Proteins* 12: 289–301.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.). 2023. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability: Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Khan, R., Anwar, F., Ghazali, F.M., Mahyudin, N.A., Pak Dek, M.S., Iqbal, A., Qadir, R. 2024. Innovative Decontamination Strategies for Ochratoxin-A: Addressing Food Toxicity, Occurrence, and Safety Challenges.
- Kiš, M., Milošević, S., Vulić, A., Herceg, Z., Vukušić, T., Pleadin, J. 2020. Efficacy of low pressure DBD plasma in the reduction of T-2 and HT-2 toxin in oat flour. *Food Chemistry* 316: 126372.
- Kolawole, O., Meneely, J., Greer, B., Chevallier, O., Jones, D.S., Connolly, L., Elliott, C. 2019. Comparative In Vitro Assessment of a Range of Commercial Feed Additives with Multiple Mycotoxin Binding Claims. *Toxins* 11: 659.
- Liu, M., Zhao, L., Gong, G., Zhang, L., Shi, L., Dai, J., Han, Y., Wu, Y., Khalil, M.M., Sun, L. 2022. Invited review: Remediation strategies for mycotoxin control in feed. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 13: 19.
- Loi, M., Logrieco, A.F., Pusztahelyi, T., Leiter, É., Hornok, L., Pócsi, I. 2023. Advanced mycotoxin control and decontamination techniques in view of an increased aflatoxin risk in Europe due to climate change. *Frontiers in Microbiology* 13: 1085891.
- Moore, G.G. 2022. Practical considerations will ensure the continued success of pre-harvest biocontrol using non-aflatoxigenic *Aspergillus flavus* strains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 62: 4208–4225.
- Nahle, S., El Khoury, A., Savvaidis, I., Chokr, A., Louka, N., Atoui, A. 2022. Detoxification approaches of mycotoxins: by microorganisms, biofilms and enzymes. *Food Contamination* 9: 3.
- Oliveira, A.C.D.D., Ali, S., Corassin, C.H., Ullah, S., Pereira, K.N., Walsh, J.L., Hojnik, N., Oliveira, C.A.F.D. 2025. Application of cold atmospheric plasma for decontamination of toxigenic fungi and mycotoxins: a systematic review. *Frontiers in Microbiology* 15: 1502915.
- Ren, X., Branà, M.T., Haidukowski, M., Gallo, A., Zhang, Q., Logrieco, A.F., Li, P., Zhao, S., Altomare, C. 2022. Potential of *Trichoderma* spp. for Biocontrol of Aflatoxin-Producing *Aspergillus flavus*. *Toxins* 14: 86.
- Shen, M.-H., Singh, R.K. 2022. Effective UV wavelength range for increasing aflatoxins reduction and decreasing oil deterioration in contaminated peanuts. *Food Research International* 154: 111016.

- Vandenhoe, M., Dermauw, W., Van Leeuwen, T. 2021. Short term transcriptional responses of P450s to phytochemicals in insects and mites. *Current Opinion in Insect Science* 43: 117–127.
- Vaughan, M., Backhouse, D., Ponte, E.M.D. 2016. Climate change impacts on the ecology of *Fusarium graminearum* species complex and susceptibility of wheat to *Fusarium* head blight: a review. *World Mycotoxin Journal* 9: 685–700.
- Woo, S.L., Ruocco, M., Vinale, F., Nigro, M., Marra, R., Lombardi, N., Pascale, A., Lanzuise, S., Manganiello, G., Lorito, M. 2014. *Trichoderma*-based Products and their Widespread Use in Agriculture. *The Open Mycology Journal* 8: 71–126.
- Wu, Y., Cheng, J.H., Sun, D.W. 2021. Blocking and degradation of aflatoxins by cold plasma treatments: Applications and mechanisms. *Trends in Food Science and Technology* 109: 647–661.
- Zhao, Z., Liu, N., Yang, L., Wang, J., Song, S., Nie, D., Yang, X., Hou, J., Wu, A. 2015. Cross-linked chitosan polymers as generic adsorbents for simultaneous adsorption of multiple mycotoxins. *Food Control* 57: 362–369.
- Zhu, Y., Hassan, Y., Lepp, D., Shao, S., Zhou, T. 2017. Strategies and Methodologies for Developing Microbial Detoxification Systems to Mitigate Mycotoxins. *Toxins* 9: 130.

VYUŽITÍ NANOČÁSTIC STŘÍBRA PRO ZVÝŠENÍ ÚROVNĚ WELFARE U PRASAT (REVIEW)

USE OF SILVER NANOPARTICLES TO IMPROVE WELFARE IN PIGS (REVIEW)

**Nikola Hodkovicová¹, Miroslav Macháček², Jana Cahová², Jerico Consolacion^{3,4},
Andrzej Siwicki⁵, Zygmunt Pejsak⁶, Martin Svoboda^{7*}**

¹ Oddělení infekčních nemocí a preventivní medicíny, Výzkumný ústav veterinárního lékařství, Česká republika, ² Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ³ Oddělení zemědělských věd, Fakulta zemědělství, lesnictví a environmentálních věd, Mindanao State University v Naawanu, Filipíny, ⁴ Katedra chovu zvířat a potravinářství v tropech, Fakulta tropického zemědělství, Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika, ⁵ Proteon Pharmaceuticals S.A., Polsko, ⁶ Fakulta veterinárního lékařství, Zemědělská univerzita, Polsko, ⁷ Klinika přežvýkavců a prasat, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

¹ Department of Infectious Diseases and Preventive Medicine, Veterinary Research Institute, Czech Republic, ² Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ³ Department of Agricultural Sciences, College of Agriculture, Forestry, and Environmental Sciences, Mindanao State University at Naawan, Philippines, ⁴ Department of Animal Science and Food Processing, Faculty of Tropical Agrisciences, Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic, ⁵ Proteon Pharmaceuticals S.A., Poland, ⁶ Faculty of Veterinary Medicine, Agriculture University, Poland, ⁷ Ruminant and Swine Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The aim is to discuss the potential applications of silver nanoparticles (AgNPs) in practical pig farming conditions. With the increasing emphasis on animal welfare and the legislative restrictions on the prophylactic use of antibiotics in livestock production, the need for alternative solutions is growing. Silver nanoparticles represent one such alternative, not only as feed additives, but also for treating skin injuries and sanitizing the farm environment. AgNPs exhibit strong antimicrobial effects even at low concentrations, showing greater stability and lower toxicity compared to conventional silver compounds. Studies have demonstrated their efficacy against a broad range of bacteria, including resistant strains, through both oral administration and topical application. Despite promising results, further research is necessary to evaluate their safety, particularly the risk of tissue accumulation and potential impacts on consumer health. This paper summarizes current findings on the use of AgNPs in pig nutrition, veterinary dermatology, and disinfection, and discusses their benefits and possible risks in the context of intensive pig farming.

Key words: silver nanoparticles, pig welfare, alternatives to antibiotics, feed additives, disinfection, antimicrobial resistance

Souhrn

Cílem příspěvku je diskutovat možnosti aplikace nanočástic stříbra (AgNP) v praktických podmínkách chovu prasat. Se zvyšujícím se důrazem na welfare zvířat a s ohledem na legislativní omezení profylaktického použití antibiotik v živočišné výrobě roste potřeba hledání alternativních řešení. Nanočástice stříbra představují jednu z potenciálních alternativ, a to nejen jako krmné aditivum, ale i ve formě prostředků pro ošetření kožních poranění a dezinfekci chovného prostředí.

* svobodama@vfu.cz

AgNP vykazují silné antimikrobiální účinky již při nízkých koncentracích, přičemž jsou stabilnější a méně toxické než běžné sloučeniny stříbra. Studie prokázaly jejich účinnost proti širokému spektru bakterií včetně rezistentních kmenů, a to jak při orálním podání, tak při lokální aplikaci. Navzdory slibným výsledkům je však nutné dále zkoumat jejich bezpečnost, zejména riziko akumulace v tkáních a možný dopad na zdraví spotřebitele. Příspěvek shrnuje současné poznatky o využití AgNPs ve výživě, veterinární dermatologii a dezinfekci, a diskutuje jejich přínos i potenciální rizika v kontextu intenzivního chovu prasat.

Klíčová slova: nanočástice stříbra, welfare prasat, alternativy k antibiotikům, krmná aditiva, dezinfekce, antimikrobiální rezistence

Úvod

Nanočástice jsou obecně klasifikovány jako částice o velikosti <100 nanometrů, které díky svému velkému poměru povrchu k objemu mají specifické fyzikálně-chemické vlastnosti, které se využívají v medicíně, farmacii, průmyslu i zemědělství (Danchuk et al., 2023). V posledních letech se nanotechnologie výrazně rozšířila i do oblasti veterinární medicíny. Nanočástice díky své velikosti snadno pronikají do buněk, navíc mohou být povrchově upraveny různými látkami, mají rozmanité tvary i rozmezí velikosti, což dohromady poskytuje široké spektrum možností jejich aplikace (Pasparakis, 2022). Nanočástice tak slouží například jako dezinfekční látky, nosiče léků, součást vakcín, nebo krmivových doplňků (Youssef et al., 2019; Danchuk et al., 2023; Gelaye, 2023).

Nanočástice stříbra (AgNPs) řadíme mezi nanočástice kovů. Patří mezi jedny z nejpoužívanějších druhů nanočástic, protože mají vysokou stabilitu, nízkou toxicitu a silnou antimikrobiální aktivitu (Abad-Álvaro et al., 2019). Jejich antibakteriální, antivirové a protiplísňové vlastnosti vyplývají z uvolňování Ag^+ iontů, které poškozují buněčné membrány, DNA a enzymy, čímž způsobují apoptózu (Egbuna et al., 2021; Luceri et al., 2023). Působí na široké spektrum bakterií, včetně rezistentních kmenů (Banach et al., 2016; Pasparakis, 2022). V oblasti virologie se AgNPs ukázaly jako účinné proti viru afrického moru prasat, kdy dezinfekce stájí roztokem AgNPs výrazně snížila výskyt viru (Dung et al., 2020). Slibné výsledky byly pozorovány i u viru PRRSV, při kombinaci působení AgNPs s účinnou látkou rehin (Ren et al., 2023). U zvířat AgNPs vykazují pozitivní vliv na produkční parametry i při velmi nízkých dávkách, což je ekologicky výhodnější oproti např. zinku a mědi (Abdelsalam et al., 2019).

Účinnost AgNPs však úzce souvisí i s jejich toxicitou, která závisí na množství uvolněných Ag^+ iontů. Vyšší dávky mohou například vést k akumulaci AgNPs v játrech a dalších tkáních (Fondevila et al., 2009; Noga et al., 2023). Proto se vyvíjejí strategie pro povrchovou úpravu nanočástic za účelem snížení toxicity (Pasparakis, 2022). Pokud jsou však nanočástice používány v optimálních dávkách, mohou přispět ke zlepšení welfare zvířat – například snížením výskytu infekcí, zrychlením hojení a celkovou podporou zdraví, a to bez nadměrného využívání antibiotik (Danchuk et al., 2023; Gelaye, 2023; Luceri et al., 2023).

Využitelnost nanočástic v podmínkách chovu prasat

S rostoucím důrazem na zajištění welfare zvířat a také s ohledem na legislativní omezení profylaktického používání antibiotik se výrazně zvyšuje potřeba hledání alternativních přístupů k prevenci a léčbě infekčních onemocnění. AgNPs představují jednu z možností, které lze využít v různých oblastech praktického chovu prasat. Jejich antimikrobiální vlastnosti otevírají prostor pro aplikaci jednak jako krmných aditiv, dále jako prostředků pro ošetření kožních poranění a v neposlední řadě jako dezinfekčních prostředků pro asanaci prostředí, ve kterém prasata žijí. Obecně je cílem těchto přístupů nejen zlepšení zdravotního stavu zvířat, ale i zvýšení úrovně jejich welfare.

Zvláštní pozornost si zaslouží možnost využití AgNPs ve výživě prasat. Vzhledem k platnosti Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/6, které výrazně omezuje používání antibiotik

v krmivech a napájecí vodě pouze na terapeutické účely, je nezbytné hledat účinné, a přitom bezpečné alternativy. AgNPs mohou nabídnout určitou míru antimikrobiální ochrany bez nutnosti plošné antibiotické intervence. Jejich aplikace v krmivech může přispět ke snížení výskytu onemocnění, což je zvláště důležité v intenzivních systémech chovu s vysokou hustotou zvířat, kde dochází k rychlejšímu šíření patogenů (Bengtsson & Greko, 2014). Naopak omezení profylaktického podávání antibiotik zároveň znamená zvýšené riziko propuknutí infekčních onemocnění, což může vést k častější nutnosti terapeutických zásahů, které jsou pro prasata stresující a ovlivňují jejich pohodu (Diana et al., 2017). Zvýšený stres se navíc může odrazit v chování zvířat – například nárůstem agresivity, okusováním ocásků a uší nebo dalšími negativními projevy, které představují vážný problém v intenzivních chovných systémech (Andersen et al., 2000; Breuer et al., 2005). Z tohoto pohledu představují AgNPs potenciální nástroj ke zmírnění těchto dopadů a ke stabilizaci zdravotní i behaviorální rovnováhy v chovu.

Další možností využití AgNPs je při ošetřování kožních poranění, kdy AgNPs mohou sloužit jako prevence sekundárních infekcí a tím přispívat ke zkrácení rekonvalescence. Také z hlediska udržování hygieny prostředí vykazují AgNPs antimikrobiální efekt, který může být využit při dezinfekci stájí či technologických zařízení, a tím přispět ke snížení mikrobiální zátěže v chovu. Tento přístup má potenciál nejen z hlediska zdravotního zabezpečení zvířat, ale rovněž z hlediska ochrany spotřebitele a omezení šíření rezistentních mikroorganismů.

Použití nanočástic stříbra jako krmných aditiv

Efektivní a ucelený program pro zdraví zvířat zahrnuje mnoho složek, přičemž jedním z základních faktorů je odpovídající výživa a používání krmných aditiv. Použití AgNPs jako krmné přísady má z praktického hlediska smysl zejména v období po odstavu selat. Odstav selat je jednou z nejstresovějších událostí v životě prasete, a to především z důvodu, že po odstavu dochází ke změnám v trávicím systému, imunitním systému a chování prasat. Tyto změny následně vedou ke zvýšenému riziku průjmu u odstavených selat (Campbell et al., 2013).

Donedávna se k prevenci těchto poodstavových průjmů selat zpravidla používal zinek ve formě oxidu zinečnatého přidávaný ve vysokých terapeutických dávkách do krmiva (2000-4000 mg/kg) (Poulsen a Larsen, 1995). Takto vysoké dávky zinku se však v trávicím traktu prasat zcela nevstřebávají a vylučují se stolicí do vnějšího prostředí, které kontaminují (Bai et al., 2019). Podobná situace nastala v případě používání mědi jako aditiva pro prevenci poodstavových průjmů selat a zvýšení hmotnostního přírůstku. Řada studií prokázala pozitivní vliv síranu měďnatého na podporu růstu selat a vývoj střev u prasat po odstavu (Espinosa a Stein, 2021). Používání vysokých dávek v krmivu pro prasata však vedlo k antagonismu s dalšími složkami krmiva a také vyvolalo obavy o životní prostředí kvůli vysokým koncentracím mědi vylučované výkaly (Zhao et al., 2014). To vedlo Evropskou komisi k přijetí nových opatření a zákazu používání terapeutických koncentrací oxidu zinečnatého a snížení maximální povolené koncentrace mědi v krmivu prasat v EU. Od června 2022 tak lze zinek přidávat do krmiva pouze jako doplňkovou látku v množství, které splňuje denní potřebu pro prasata. Povolená maximální koncentrace zinku v krmivu pro prasata je v současné době stanovena na 150 mg/kg kompletního krmiva (Nařízení EU 2016/1095); na stejnou hodnotu byla stanovena maximální koncentrace mědi v krmivu pro sající selata a pro selata do 4 týdnů po odstavu (Nařízení EU 2018/1039).

Tato opatření vedla k potřebě hledat alternativní možnosti, kterými se nabízí použití přípravků na bázi AgNPs. Ve srovnání s konvenčními solemi stříbra vykazují AgNP lepší stabilitu a antimikrobiální účinky, jsou odolnější vůči deaktivaci žaludečními kyselinami a mají nižší úroveň absorpce střevní sliznicí, čímž se snižuje riziko jejich toxicity (Fondevila et al. 2009, Dakal et al., 2016).

Bylo prokázáno, že AgNP působí pozitivně na produkční parametry zvířat již při velmi nízkých koncentracích. Jako krmná přísada byly používány již v 50. letech 20. století, avšak tehdy nedokázaly konkurovat levnějším antibiotikům. S rozvojem moderních technologií se však jejich

výroba stává dostupnější, což zvyšuje jejich potenciál pro využití ve veterinární praxi (Bakowski et al., 2018).

AgNP mají díky svému velkému specifickému povrchu silnější baktericidní účinky než konvenční sloučeniny stříbra (Adams et al., 2006), přičemž prokázaly aktivitu vůči řadě enterálních bakterií – např. *S. aureus*, *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae* a *Streptococcus faecalis* (Kedziora et al., 2013; Jung et al., 2008; Zhao & Stevens, 1998).

Fondevila et al. (2009) testovali AgNP jako aditivum v krmivu pro prasata. *In vitro* experiment ukázal, že se s rostoucí dávkou AgNP (0–100 ppm) statisticky významně snižovalo množství koliformních bakterií, bez vlivu na laktobacily. V *in vivo* studii s odstavenými selaty vedla aplikace 20 a 40 ppm AgNP ke statisticky významnému snížení výskytu koliformních bakterií a patogenů rodu *Clostridium* ($P = 0,012$). Studie zároveň upozornila na možná rizika pro konzumenty – při podávání AgNP selatům nedocházelo k jejich hromadění v ledvinách ani svalovině, avšak byly detekovány v játrech, což může představovat potenciální zdravotní riziko.

Přestože výsledky naznačují slibný potenciál AgNP jako krmného aditiva, je třeba dále zkoumat jejich bezpečnost, vliv na tkáň a potenciál ukládání částic v nich. U prasat zatím nejsou k dispozici experimentální práce, které by hodnotily účinnost přidávání AgNP do krmiva jako metody prevence průjmu u selat po odstavu. Při organizaci takových experimentů v budoucnu by bylo užitečné ověřit účinnost přídavku AgNP ve srovnání s již známými postupy, jako je přidávání zinku či organických kyselin do krmiva.

Aplikace nanočástic v porcinní dermatologii

Nanotechnologie nacházejí uplatnění v mnoha lékařských oborech, kde se nanočástice využívají pro terapeutické, preventivní a diagnostické účely. Aplikace nanočástic v dermatologických oborech představuje mnoho výhod – vzhledem ke své malé velikosti mohou proniknout hluboko do poškozené tkáně a lépe přilnout k poraněnému místu. Dále, jejich vysoký poměr povrchu k objemu z nich činí efektivní nosiče léčiv, což zlepšuje jejich terapeutický účinek. Kromě toho se vyznačují vysokou mechanickou pevností a vykazují výrazné protizánětlivé, antivirové a antimikrobiální účinky (Danchuk et al., 2023; Nqakala et al., 2021).

K léčbě dermatologických afektů se ve veterinární medicíně tradičně používají antibiotika. Nicméně nadměrné užívání antibiotik přispívá k rozvoji antimikrobiální rezistence, což představuje významné zdravotní riziko nejen pro zvířata, ale také pro lidskou populaci. Snížení spotřeby antibiotik se stalo dlouhodobým cílem a jednou z nadějných alternativ jsou preparáty s obsahem AgNPs (Shittu et al., 2021). Stříbrné nanočástice jsou známé pro svůj výrazný antibakteriální účinek, díky čemuž jsou vhodné pro použití v různých obvazech a mastích určených k podpoře hojení ran (Khafaga et al., 2018).

Studie naznačují, že AgNPs mají nízkou toxicitu a jsou hypoalergenní (Fedota et al., 2019), což z nich činí perspektivní možnost pro tradiční metody hojení ran, přestože jejich využití ve veterinární dermatologii je stále omezené (Bai et al., 2018). AgNPs vykazují protizánětlivé vlastnosti mechanismem, který omezuje produkci prozánětlivých cytokinů a potlačuje aktivaci imunitního systému (Nqakala et al., 2021), navíc omezují infiltraci mastocytů do rány a tím podporují hojení ran bez tvorby jizev (Rajendran et al., 2018).

V porcinní medicíně prozatím existuje jen omezené množství studií zkoumající vliv nanočástic na léčbu různých poranění. Nadworny et al. (2010) zkoumali účinnost nanokrystalických stříbrných obvazů při léčbě kožních zánětů u prasat. Výsledky studie ukázaly, že obvazy mají výrazné protizánětlivé a hojivé vlastnosti, což naznačuje jejich slibné využití pro léčbu různých zánětlivých stavů u prasat.

V komerčních chovech prasat je častým problémem okusování ocásků, které může vést k deformacím, abscesům a výrazným ekonomickým ztrátám. Vzhledem k výrazným protizánětlivým a antibakteriálním účinkům stříbrných nanočástic mohou být obvazy nebo masti s AgNPs efektivním řešením pro léčbu těchto poranění. Studie Porowského a Wojciechowského

(2023) dokumentuje úspěšné hojení rozsáhlých poranění uší způsobeného kanibalismem u prasat. Taková poranění často vedou k sekundárním bakteriálním infekcím, zejména způsobeným rody *Staphylococcus* a *Streptococcus*, které mohou vyvolat rozsáhlý zánět kůže, nekrózu a v některých případech i úhyn. Autoři studie prezentují úspěšnou terapii závažného poškození ucha s vysokým rizikem nekrózy pomocí AgNPs.

S ohledem na uvedené poznatky se využití AgNPs ve veterinární dermatologii jeví jako perspektivní alternativa k antibiotické terapii, která může představovat významný pokrok v aplikaci nanotechnologií ve veterinární medicíně, zejména při léčbě kožních poranění u prasat.

Použití nanočástic stříbra v dezinfekci

Další velkou výhodou nanočástic je vynikající dezinfekční účinnost pro mikroorganismy vyskytující se v prostředí. Faktor ovlivňující účinnost dezinfekčních látek je v tomto případě především velikost nanočástic, protože umožňuje pronikání účinné látky do mikroorganismu, a dále také zvětšení povrchu účinné látky, čímž dochází ke zvýšení účinku již při nízké aplikační koncentraci (Pantic, 2013, Wolska et al., 2017).

Mezi nanomateriály používané v dezinfekci se používají látky různých druhů kovů, na předních místech mezi nimi se vyskytuje především stříbro, které se pro svoje dezinfekční účinky používá již několik tisíciletí. Dnes se AgNPs používají např. ve vodních filtrech, textilním průmyslu, biomedicíně, potravinářství nebo v zemědělství (Desmukh et al., 2018; Chen et al., 2020). V případě použití dezinfekčních přípravků na bázi nanostříbra přímo na pokožku, je nutné sledovat jejich případnou toxicitu, jelikož představují riziko pro zdraví daného jedince (Arora et al., 2008).

Dezinfekční přípravky na bázi nanostříbra vykazují účinnost na bakterie, viry, houby a prvoky. V experimentu Banach et al. (2016) byl prokázán jejich dostatečný dezinfekční efekt na gram pozitivní (*Acinetobacter*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Vibrio*) i gram negativní bakterie (*Bacillus*, *Clostridium*, *Enterococcus*, *Listeria*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*). V pokusu provedeném v chovech prasat byl prokázán dostatečný dezinfekční účinek AgNPs na bakterie *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*. Tyto bakterie byly před dezinfekcí kultivovány z povrchových zranění jedinců. Po aplikaci dezinfekčního přípravku na bázi AgNPs došlo k brzkému uzdravení povrchových zranění, která se u prasat vyskytovala (Yang et al., 2021).

AgNPs se tak, pro jejich velké spektrum účinku, používají v zemědělské a veterinární praxi na ošetření stájí, dezinfekci vody a pracovních pomůcek (Nia et al., 2007). Výhodou je možnost používat dezinfekční přípravky na bázi nanostříbra jak v prázdných stájích, tak na dezinfekci stájí v přítomnosti zvířat, a to vzhledem k jejich relativně nízké toxicitě (Deshmukh et al., 2019). Například v pokusu provedeném proti virovým partikulím afrického moru prasat byl zaznamenán dostatečný dezinfekční efekt již při aplikaci 25 ppm (0,0025 %) AgNPs. V případě použití v přítomnosti prasat nebyl zaznamenán negativní vliv na jejich zdraví při vdechnutí aerosolu obsahujícího AgNPs o koncentraci 0,78 ppm (0.000078 %) (Dung et al., 2020).

Dezinfekční přípravky na bázi AgNPs se v zemědělství využívají také pro svůj dezodorizační účinek, lze je tak využít v případě šíření zápachu z chovu zvířat do okolí (Chmielowiec-Korzeniowska et al., 2015). Dále lze tyto přípravky využít i na dezinfekci odebraného ejakulátu prasat. Přípravek prokázal dostatečný dezinfekční efekt na takto ošetřené sperma a zároveň nebyla zaznamenána případná toxicita na takto ošetřené spermie (Peréz-Duran et al., 2020).

Závěr

Použití nanočástic stříbra v chovu prasat představuje slibný směr v oblasti zvyšování zdravotní bezpečnosti a welfare zvířat. Přestože dosavadní výsledky ukazují na jejich potenciál, je nezbytné další testování zaměřené na účinnost, bezpečnost a dopad na životní prostředí.

Projekt byl financován Ministerstvem zemědělství ČR (projekt č. RO 0523).

Literatura

- Abad-Álvarez, I., Trujillo, C., Bolea, E., Laborda, F., Fondevila, M., Latorre, M.A., Castillo, J.R. 2019. AgNPs-clays nanocomposites as feed additives: Characterization of silver species released during in vitro digestions. Effects on silver retention in pigs. *Microchemical Journal* 149: 10404.
- Abdelsalam, M., Al-Homidan, I., Ebeid, T., Abou-Emera, O., Mostafa, M., Abd El-Razik, M., Shehab-El-Deen, M., Abdel Ghani, S., Fathi, M. 2019. Effect of silver nanoparticle administration on productive performance, blood parameters, antioxidative status, and silver residues in growing rabbits under hot climate. *Animals* 9: 845.
- Adams, L.K., Lyon, D.Y., Alvarez, P.J.J. 2006. Comparative eco-toxicity of nanoscale TiO₂, SiO₂, and ZnO water suspensions. *Water Research* 40: 3527-3532.
- Andersen, I.L., Andenaes, H., Boe, K.E., Jensen, P., Bakken, M. 2000. The effects of weight asymmetry and resource distribution on aggression in groups of unacquainted pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 68: 107-120.
- Arora, S., Jain, J., Rajwade, J.M., Paknikar, K.M. 2008. Cellular responses induced by silver nanoparticles: In vitro studies. *Toxicology Letters* 30: 93-100.
- Bai, D.P., Lin, X.Y., Huang, Y.F., Zhang, X.F. 2018. Theranostics aspects of various nanoparticles in veterinary medicine. *International Journal of Molecular Sciences* 19: 3299.
- Bai, M.M.M., Liu, H.N.N., Xu, K., Wen, C.Y.Y., Yu, R., Deng, J.P.P., Yin, Y.L. 2019. Use of coated nano zinc oxide as an additive to improve the zinc excretion and intestinal morphology of growing pigs. *Journal of Animal Science* 97: 1772-1783.
- Bakowski, M., Kiczorowska, B., Samolinska, W., Klebaniuk, R., Lipiec, A. 2018. Silver and zinc nanoparticles in animal nutrition – a review. *Annals of Animal Science* 18: 879-898.
- Banach, M., Tymczynska, L., Chmielowiec-Korzeniowska, A., Pulit-Prociak, J. 2016. Nanosilver biocidal properties and their application in disinfection of hatcheries in poultry processing plants. *Bioinorganic Chemistry and Applications* 2016: 521478.
- Bengtsson, B., Greko, C. 2014. Antibiotic resistance-consequences for animal health, welfare, and food production. *Uppsala Journal of Medical Sciences* 119: 96-102.
- Breuer, K., Sutcliffe, M.E.M., Mercer, J.T., Rance, K.A., O'Connell, N.E., Sneddon, I.A., Edwards, S.A. 2005. Heritability of clinical tail-biting and its relation to performance traits. *Livestock Production Science* 93: 87-94.
- Campbell, J.M., Crenshaw, J.D., Polo, J. 2013. The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 4: 19.
- Dakal, T.C., Kumar, A., Majumdar, R.S., Yadav, V. 2016. Mechanistic basis of antimicrobial actions of AgNPs. *Frontiers in Microbiology* 7: 1831.
- Danchuk, O., Levchenko, A., da Silva Mesquita, R., Danchuk, V., Cengiz, S., Cengiz, M., Grafov, A. 2023. Meeting contemporary challenges: Development of nanomaterials for veterinary medicine. *Pharmaceutics* 15: 2326.
- Deshmukh, S., Patil, S., Mullani, S., Delekar, S. 2019. Silver nanoparticles as an effective disinfectant: A review. *Materials Science and Engineering C – for Biological Applications* 97: 954-965.
- Diana, A., Manzanilla, E.G., Calderón Díaz, J.A., Leonard, F.C., Boyle, L.A. 2017. Do weaner pigs need in-feed antibiotics to ensure good health and welfare? *Plos One*. 12: e0185622.
- Dung, T.T.N., Nam, V.N., Nhan, T.T., Ngoc, T.T.B., Minh, L.Q., Nga, B.T.T., Le, V.P., Quang, D.V. 2020. Silver nanoparticles as potential antiviral agents against African swine fever virus. *Materials Research Express* 6: 1250g9.
- Egbuna, C., Parmar, V.K., Jeevanandam, J., Ezzat, S.M., Patrick Iwuanyanwu, K.C., Adetunji, C.O., Khan, J., Onyeike, E.N., Uche, C.Z., Akram, M., Ibrahim, M.S., El Mahdy, N.M., Awuchi, C.G., Saravanan, K., Tijjani, H., Odoh, U.E., Messaoudi, M., Ifemeje, J.C., Olisah, M.C., Ezeofor, N.J., Chikwendu, C.J., Ibeabuchi, C.G. 2021. Toxicity of nanoparticles in biomedical application: Nanotoxicology. *Journal of Toxicology* 2021: 9954443.
- Espinosa, C.D., Stein, H.H. 2021. Digestibility and metabolism of copper in diets for pigs and influence of dietary copper on growth performance, intestinal health, and overall immune status: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 12: 13.
- Fedota, N., Gorchakov, E., Bagamaev, B., Kireev, I., Shahova, V., Kolodkin, V. 2019. Local treatment of burn wounds in animals using a new nanocomponent ointment. *E3S Web of Conference* 135: 01084.

- Fondevila, M., Herrer, R., Casallas, M.C., Abecia, L., Ducha, J.J. 2009. AgNPs as a potential antimicrobial additive for weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology* 150: 259-69.
- Gelaye, Y. 2023. Application of nanotechnology in animal nutrition: Bibliographic review. *Cogent Food Agriculture* 10: 2290308.
- Chen, C., Yin, H., Chen, X., Chen, T., Liu, H., Rao, S., Tan, Y., Qian, Y., Liu, Y., Hu, X., Luo, M., Wang, Z., Liu, Z., Cao, J., He, Z., Wu, B., Yue, T., Wang, Y., Xia, K., Luo, Z.W., Wang, Y., Situ, W. Y., Liu, W.E., Tang, S.Y., Xie, H. 2020. Ångstrom-scale silver particle-embedded carbomer gel promotes wound healing by inhibiting bacterial colonization and inflammation. *Science Advances* 6: eaba0942.
- Chmielowiec-Korzeniowska, A., Tymczyna, L., Dobrowolska, M., Banach, M., Nowakowicz-Dębek, B., Bryl, M., Drabik, A., Tymczyna-Sobotka, M., Kolejko, M. 2015. Silver (Ag) in tissues and eggshells, biochemical parameters and oxidative stress in chickens. *Open Chemistry* 13: 1269-1274.
- Jung, W.K., Koo, H.C., Kim, K.W., Shin, S., Kim, S.H., Park, Y.H. 2008. Antibacterial activity and mechanism of action of the silver ion in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology* 74: 2171-2178.
- Kedziora, A., Gerasymchuk, Y., Sroka, E., Bugla-Ploskonska, G., Doroszkiewicz, W., Rybak, Z., Hreniak, D., Strek, W. 2013. Wykorzystanie materiałów opartych na częściowo zredukowanym tlenku grafenu z nanocząstkami srebra jako środków bakteriostatycznych i bakteriobójczych [Use of the materials based on partially reduced graphene-oxide with silver nanoparticle as bacteriostatic and bactericidal agent]. *Polimery w Medycynie* 43: 129-134.
- Khafaga, A.F., Abu-Ahmed, H.M., El-Khamary, A.N., Elmehasseb, I.M., Shaheen, H.M. 2018. Enhancement of equid distal limb wounds healing by topical application of silver nanoparticles. *Journal of Equine Veterinary Science* 61: 76-87.
- Luceri, A., Francese, R., Lembo, D., Ferraris, M., Balagna, C. 2023. Silver nanoparticles: Review of antiviral properties, mechanism of action and applications. *Microorganisms* 11: 629.
- Nadworny, P.L., Wang, J., Tredget, E.E., Burrell, R.E. 2010. Anti-inflammatory activity of nanocrystalline silver-derived solutions in porcine contact dermatitis. *Journal of Inflammation - London* 7: 13.
- Nařízení Komise (EU) 2016/1095 o povolení octanu zinečnatého, dihydrátu, chloridu zinečnatého, bezvodého, oxidu zinečnatého, síranu zinečnatého, heptahydrátu, síranu zinečnatého, monohydrátu, chelátu zinku a aminokyselin, hydrátu, chelátu zinku a bílkovinných hydrolyzátů, chelátové formy zinku, hydrátu (v pevné formě) a chelátové formy zinku, hydrátu (v kapalně formě) jako doplňkových látek pro všechny druhy zvířat a o změně nařízení (ES) č. 1334/2003, (ES) č. 479/2006, (EU) č. 335/2010 a prováděcího nařízení (EU) č. 991/2012 a (EU) č. 636/2013. Dostupné z: http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2016/1095/oj
- Nařízení Komise (EU) 2018/1039 o povolení octanu měďnatého monohydrátu, uhličitanu-dihydroxidu měďnatého monohydrátu, chloridu měďnatého dihydrátu, oxidu měďnatého, síranu měďnatého pentahydrátu, chelátu mědi aminokyselin hydrátu, chelátu mědi a bílkovinných hydrolyzátů, měďnatého chelátu glycinu hydrátu (v pevné formě) a měďnatého chelátu glycinu hydrátu (v kapalně formě) jako doplňkových látek pro všechny druhy zvířat a o změně nařízení (ES) č. 1334/2003, (ES) č. 479/2006 a (EU) č. 349/2010 a prováděcích nařízení (EU) č. 269/2012, (EU) č. 1230/2014 a (EU) 2016/226. Dostupné z: http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2018/1039/oj
- Nařízení komise (EU) 2019/6 o veterinárních léčivých přípravcích a o zrušení směrnice 2001/82/ES. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/6/2022-01-28>
- Nia, J.R. 2007. Using of Nanosilver in Poultry, Livestock and Aquatics Industry, Google Patents.
- Noga, M., Milan, J., Frydrych, A., Jurowski, K. 2023. Toxicological aspects, safety assessment, and green toxicology of silver nanoparticles (AgNPs) – Critical review: State of the art. *International Journal of Molecular Science* 24: 5133.
- Nqakala, Z.B., Sibuyi, N.R.S., Fadaka, A.O., Meyer, M., Onani, M.O., Madiehe, A.M., 2021. Advances in Nanotechnology towards Development of Silver Nanoparticle-Based Wound-Healing Agents. *International Journal of Molecular Science* 22: 11272.
- Pantic, I. 2013. Application of silver nanoparticles in experimental physiology and clinical medicine: Current status and future prospects. *Reviews on Advanced Materials Science* 37: 15-19.
- Pasparakis, G. 2022. Recent developments in the use of gold and silver nanoparticles in biomedicine. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Nanomedicine and Nanobiotechnology* 14: e1817.

- Pérez-Duran, F., Acosta-Torres, L.S., Serrano-Díaz, P.N., Toscano-Torres, I.A., Olivo-Zepeda, I.B., García-Caxin, E., Nuñez-Anita, R.E. 2020. Toxicity and antimicrobial effect of silver nanoparticles in swine sperms. *Systems Biology in Reproductive Medicine* 66: 281-289.
- Porowski, M., Wojciechowski, J. 2023. Nanocząstki srebra w leczeniu pogryzien spowodowanych ostrą postacią kanibalizmu [Silver nanoparticles in the treatment of bite wounds caused by the acute form of cannibalism]. XXVII Międzynarodowa Konferencja Lekarzy Chorob Swini – Specjaliści Specjalistom, *Lecznica Dużych Zwierząt: Monografia*. Kraków.
- Poulsen, H.D., Larsen, T. 1995. Zinc excretion and retention in growing pigs fed increasing levels of zinc oxide. *Livestock Production Science* 43: 235-242.
- Rajendran, N.K., Kumar, S.S.D., Houreld, N.N., Abrahamse, H. 2018. A review on nanoparticle based treatment for wound healing. *Journal of Drug Delivery Science Technology* 44: 421-430.
- Ren, C., Ke, Q., Fan, X., Ning, K., Wu, Y., Liang, J. 2023. The shapedependent inhibitory effect of rhein/silver nanocomposites on porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Discover Nano* 18: 126.
- Shittu, O.K., Oluyomi, O.I., Gara, T.Y. 2021. Safety assessment of bio synthesized iodine-doped silver nanoparticle wound ointment in experimental rats. *Clinical Phytoscience* 7: 74.
- Wolska, K.J., Markowska, K., Wypij, M., Glińska, P., Dahn, H. 2017. Nanocząsteczki srebra synteza i biologiczna aktywność. *Kosmos* 66: 125-138.
- Yang, J., Huang, Y., Dai, J., Shi, X., Zheng, Y. 2021. A sandwich structure composite wound dressing with firmly anchored silver nanoparticles for severe burn wound healing in a porcine model. *Regenerative Biomaterials* 8: rbab037.
- Youssef, F.S., El-Banna, H.A., Elzorba, H.Y., Galal, A.M. 2019. Application of some nanoparticles in the field of veterinary medicine. *International Journal of Veterinary Science and Medicine* 7: 78-93.
- Zhao, G.J., Stevens, S.E. 1998. Multiple parameters for the comprehensive evaluation of the susceptibility of *Escherichia coli* to the silver ion. *Biometals* 11: 27-32.
- Zhao, J., Allee, G., Gerlemann, U., Ma, L., Gracia, M.I., Parker, D., Vazquez-Anon, M., Harrell, R.J. 2014. Effects of a chelated copper as growth promoter on performance and carcass traits in pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 27: 965-973.

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ DÉLKU BŘEZOSTI U DOJENÉHO SKOTU FACTORS AFFECTING GESTATION LENGTH IN DAIRY CATTLE

Adéla Miklíková, Michal Kaluža*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, ČR

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The length of gestation is a key indicator of reproductive performance and cow health, as well as calf vitality. Monitoring pregnancy and its duration is essential for managing calving and improving overall herd efficiency. The aim of this study was to evaluate the effect of selected internal (breed, parity, total number of calves, occurrence of twins, sex, and calf vitality) and external (housing conditions and management) factors on the gestation length in cows. A total of 598 calvings from culled cows in 2023 were evaluated. Two breeds were monitored: Holstein and Czech Fleckvieh, across six farms in the South Moravian Region (Czech Republic). The results showed that most calvings (73.4%) occurred within the physiological gestation range. Premature births were recorded in 17.6% of cases, while 9% were post-term ($p < 0.01$). Various factors and their influence on gestation length were assessed. Breed significantly influenced gestation length, with Czech Fleckvieh cows exhibiting a longer average gestation period and a higher incidence of post-term calvings compared to Holsteins. Housing conditions also affected gestation length, but only in Holstein cows ($p = 0.02$). Among internal factors, the occurrence of twins was associated with shorter gestation in Czech Fleckvieh cows ($p < 0.01$), but not in Holsteins ($p > 0.05$). Regardless of breed, calf vitality was associated with shorter gestation length ($p < 0.01$). Other factors such as parity, total number of calves, and sex of the calf showed no significant effect on gestation length in the cows studied ($p > 0.05$). The findings of this study may contribute to optimizing reproductive management, supporting cow health and welfare, and reducing the incidence of dystocia and calf mortality.

Key words: dairy cattle, gestation length, reproduction, welfare, affecting factors

Souhrn

Délka gravidity je klíčovým ukazatelem reprodukce a zdraví krávy, ale také vitality narozených telat. Monitoring březosti a její délky je nezbytný pro management řízení porodů a také pro efektivitu řízení celého stáda. Cílem této práce bylo zhodnotit vliv vybraných vnitřních (plemeno, parita, celkový počet telat, výskyt dvojčat, pohlaví a vitalita telat) a vnějších (podmínky chovu a management) faktorů na délku gravidity u krav. Pro účely této práce bylo vyhodnoceno celkem 598 porodů krav, které byly brakovány z chovu během roku 2023. Sledována byla 2 plemena: holštýnský a český strakatý skot na 6 farmách v Jihomoravském kraji. Výsledky ukázaly, že většina porodů (73,4 %) byla ve fyziologickém rozmezí. Prematurní porody byly zaznamenány v 17,6 % případů, 9 % porodů bylo postmaturních ($p < 0,01$). Dále byly hodnoceny vybrané faktory a jejich vliv na délku gravidity. U plemenné příslušnosti byl prokázán vliv na délku březosti u krav. Český strakatý skot vykazoval delší průměrnou délku gravidity a častější výskyt postmaturních porodů ve srovnání s holštýnským skotem. Potvrzen byl také vliv podmínek chovu na délku březosti, ale pouze u holštýnského skotu ($p = 0,02$). Z vnitřních faktorů byl dále prokázán vliv výskytu dvojčat, který byl spojen se zkrácením gravidity u českého strakatého skotu ($p < 0,01$), ne však u holštýnského skotu ($p > 0,05$). Vitalita telat byla bez ohledu na plemeno spojena s kratší délkou březosti ($p < 0,01$).

* kaluzam@vfu.cz

Ostatní faktory jako parita, celkový počet telat a pohlaví neprokázaly u sledovaných krav významný vliv na délku gravidity ($p > 0,05$). Výsledky této práce mohou přispět k optimalizaci reprodukčního managementu v chovech, podpoře zdraví a welfare krav a rovněž ke snížení výskytu dystokií a úhynů telat.

Klíčová slova: dojený skot, délka březosti, reprodukce, welfare, ovlivňující faktory

Úvod

Chov skotu je v České republice nadále stěžejní oblastí živočišné výroby (Šrédl et al., 2021). V posledních letech se počty chovaného skotu pohybují v rozmezí 1,3 – 1,4 miliónů kusů. Z aktuálních dat Českého statistického úřadu je zřejmé, že v roce 2024 bylo chováno v České republice 1 397 414 ks skotu (ČSÚ, 2025). Z pohledu užitkovosti převládá v tuzemských podmínkách mléčná produkce. V roce 2024 bylo chováno 579 648 ks krav, z toho 62,11 % tvořily dojnice (360 018 ks) a 37,89 % krávy bez tržní produkce mléka (219 630 ks). Pro účely tržní produkce mléka je v České republice primárně chováno plemeno holštýn (55,54 %). Tradiční postavení má nadále také český strakatý skot (40,15 %). Z ostatních plemen je to red holštýn (2,17 %), montbeliard (1,26 %), jersey (0,67 %), normandský skot (0,14 %) a ayrshire (0,08 %). Z dostupných dat je dále zřejmé, že v roce 2023 se chovem mléčného skotu zabývalo 3 204 chovatelů. Chov skotu s tržní produkcí mléka je pak v České republice soustředěn do intenzivních podmínek středně velkých až velkých farem s kapacitou 201 – 1000 ks dojnic (72,6 % chovaných zvířat) (ČMSCH, a.s., 2024).

Pro každého farmáře skotu s tržní produkcí mléka je úspěšnost samotného chovu, ekonomika mléčné produkce a vlastní existence v živočišné výrobě podmíněna dobře zvládnutým managementem reprodukce (Santos et al., 2019). Za klíčové lze považovat porozumění faktorů, které mohou ovlivňovat graviditu a její délku (Cardoso Consentini et al., 2021). Znalost délky gravidity je nezbytná pro optimalizaci výživy, ale i péči o samotnou plemenicí. Období mezi zabřeznutím a vlastním porodem je spojeno s vysokými nároky na energii skrze mléčnou produkci, ale také nároky na vývoj plodu. Důležité je také období stání na sucho, které má význam pro regeneraci mléčné žlázy před další laktací a také pro přípravu na samotný porod (Katthöfer et al., 2024).

Délka gravidity u krav je běžně stanovována na 283 dnů (Mitchell et al., 2024). Za standardní rozmezí fyziologické březosti dle mnohých autorů je považováno 270 až 292 dní (Jeon and Rho, 2019; Mappanganro et al., 2022; Ouarfli and Chehma, 2023). Vlastní délka březosti je ovlivněna řadou faktorů, které můžeme klasifikovat na vnější a vnitřní. Vnější faktory zahrnují management chovu, výživu, podmínky prostředí a typ ustájení. Mezi vnitřní faktory lze zařadit plemennou příslušnost, ale také paritu, celkový počet narozených telat, výskyt dvojčat, pohlaví telat a jejich vitalitu. Tyto faktory mohou ovlivňovat vlastní délku březosti a mít tak přímý dopad na průběh porodu i následnou péči o novorozená telata (Nogalski and Piwczynski, 2012).

Prematurní i postmaturní telata mohou mít sníženou vitalitu nebo defekty spojené s nízkou šancí na přežití nebo zařazení do chovů. Odchyly od fyziologické délky gravidity negativně ovlivňují i zdraví plemence, což může narušit její mléčnou produkci nebo ovlivnit její reprodukci (Basiel et al., 2024).

Při předčasném porodu se telata mohou rodit kachektická, s hypoplazií vnitřních orgánů a imunosupresí. Zvýšená je tak nejen morbidita, ale i mortalita narozených telat (Mee, 2023).

Postmaturní telata bývají nadměrně velká, což vede ke ztíženým porodům. Protrahovaná gravidita může u telat vyvolat rovněž sníženou vitalitu. Plemence mohou trpět na poporodní komplikace, jako je zadržení lůžka nebo zánětlivá onemocnění, které mohou negativně ovlivnit jejich další reprodukci a mléčnou užitkovost (Basiel et al., 2024; Murray and Leslie, 2013).

Absence předvídatelnosti termínů porodu je zásadní chybou v managementu reprodukce na farmě, což stěžuje práci zootechnikům, inseminátorům i veterinárním lékařům. Vyšší důraz je pak nutné klást na prevenci poporodních komplikací. Identifikace rizikových faktorů je tak klíčová pro

efektivní reprodukční management a zdraví plemenic (Higaki et al., 2022).

Faktory ovlivňující délku březosti se zabývalo několik autorů. Raschia et al. (2024) sledovali délku březosti u argentinské populace holštýnského skotu. Výsledky ukázaly, že nižší věk otelení je spojen s kratší délkou gravidity. K obdobnému závěru dospěli i další autoři (Echternkamp and Gregory, 1999; McClintock et al., 2003; Norman et al., 2009). Bogas et al. (2019) zjistili, že hlavními faktory, které ovlivňují délku gravidity, jsou parita a výskyt dvojčat. Tyto faktory mají současně významný vliv také na perinatální úmrtnost. Mitchell et al. (2024) dále uvádějí, že na délku gravidity má vliv i pohlaví. Býčci mají o jeden den delší graviditu ($280,8 \pm 0,07$ dní) než jalovičky ($279,6 \pm 0,07$ dní). Ke stejnému závěru dospěli i Petrovič et al. (2010) a mezi další faktory ovlivňující délku březosti zmiňují i roční období. Vlivem ročního období se zabývali Raschia et al. (2024), kdy kratší délka březosti byla zaznamenána v letním období ve srovnání s chladnějšími částmi roku. Scanavez and Mendonça (2018) dále sledovali vliv plemene na délku gravidity. Dospěli k závěru, že u otců plemene holštýn je březost kratší (274,9 dní) ve srovnání s otci plemene angus (276,5 dní) a jersey (278,0 dní).

Cílem této práce bylo posoudit vliv vybraných faktorů na délku gravidity u krav s tržní produkcí mléka. Sledovány byly stěžejní vnitřní a vnější faktory, které potenciálně mohou březost ovlivňovat a mít dopad na plemenici nebo plod.

Materiál a metodika

Pro účely této práce byla navázána spolupráce se šesti farmami s tržní produkcí mléka, a to na jižní Moravě. Vybrány byly 3 chovy holštýnského skotu a 3 chovy českého strakatého skotu.

Sběr dat a jejich zpracování

Sběr dat byl prováděn od plemenic, které byly brakovány z chovu v průběhu roku 2023. Získány byly kompletní údaje o reprodukci plemenic za celý jejich život. Shromážděny byly informace o jejich plemenitbě a také průběhu gravidit. Jako zdroj těchto údajů byla využita vnitřní evidence jednotlivých chovů, a dále pak centrální databáze plemenic (PLEMDAT).

Údaje o každé plemenici byly dohledány na základě identifikačního čísla brakovaných zvířat. Shromážděny byly následující informace: základní identifikační údaje (plemeno, datum narození a datum brakace z chovu, příčina brakace a věk při brakaci) a reprodukční ukazatele. Z reprodukčních ukazatelů byl sledován celkový počet porodů za život krávy a věk při posledním otelení. Dále byl zaznamenán celkový počet narozených telat, včetně rozdělení podle pohlaví (počet narozených jaloviček a býčků) za celou dobu reprodukce. U posledního porodu bylo zaznamenáno kromě pohlaví telete také výskyt mrtvě narozeného telete či dvojčat. V případě vybraných reprodukčních ukazatelů (počet laktčních dní, datum otelení, mezidobí, inseminační interval, servis perioda a délka březosti) bylo hodnocení provedeno pouze u poslední gravidity, jelikož údaje z předchozích gravidit nebyly v databázi plemenic dostupné.

Vybrané údaje bylo nutné doplnit výpočtem. Věk při brakaci byl vypočítán jako rozdíl mezi datem brakace a datem narození. Věk plemenice při posledním otelení byl stanoven jako rozdíl mezi datem posledního otelení a datem narození dané plemenice. Pro stanovení mezidobí u poslední gravidity byl využit rozdíl mezi datem posledního otelení a datem předchozího otelení, které bylo možné zjistit v databázi. Délka poslední březosti byla vypočtena odečtením délky servis periody od délky mezidobí.

Získané údaje byly dále zpracovány a připraveny pro analýzu. Nejprve byla u všech krav posouzena délka březosti a prevalence odchýlné délky březosti od fyziologického rozmezí. Dále byly určeny faktory, jejichž vliv na délku gravidity bude sledován. Pro účely této práce byly zvoleny:

plemeno, management chovu, celkový počet porodů za život plemenice (parita), celkový počet telat narozených za život plemenice, pohlaví narozených telat, výskyt dvojčat, vitalita telat při porodu.

V této práci byla u každé plemenice posuzována poslední gravidita před jejím vyřazením z chovu, a to ve vztahu k výše uvedeným faktorům.

Statistická analýza

Veškerá data byla systematicky uspořádána do tabulky pro následnou statistickou analýzu, která byla provedena pomocí programu Unistat 6.5 for Excel. Analyzována byla kvalitativní a kvantitativní data.

Statistická analýza kvalitativních dat byla využita při posuzování odchylné délky březosti od fyziologického rozmezí, kdy byly plemence rozděleny do 3 skupin: předčasné porody, fyziologická délka gravidity, prodloužená gravidita. Prevalence plemenic v těchto definovaných skupinách byla vzájemně srovnána v rámci všech sledovaných zvířat, v rámci plemenné příslušnosti a dále mezi plemeny navzájem. Pro tyto účely byl využit chi-kvadrát test pro hodnocení statistické významnosti v kontingenční tabulce $k \times m$ a 2×2 . Při četnostech > 5 se použila Yatesová korekce, při četnostech < 5 byl využit Fisherův přesný test.

U kvantitativních dat byly stanoveny základní charakteristiky zahrnující průměr, medián, minimální a maximální hodnotu (MIN a MAX), směrodatnou odchylku (SD), rozptyl, střední chybu průměru (SEM) a variační koeficient (V). Základní charakteristiky byly stanoveny pro vybrané ukazatele zahrnující délku březosti dle plemene a chovů, paritu krávy, celkový počet telat, výskyt dvojčat a vitalitu telat.

Vybrané faktory a jejich vliv na délku březosti byly analyzovány s využitím následujících testů. Nejprve byla data zhodnocena testem normality pomocí Shapiro-Wilkova testu. Výsledky ukázaly, že vždy alespoň u jedné ze sledovaných skupin nebylo splněno kritérium normálního rozdělení. Z tohoto důvodu byly pro další analýzu použity neparametrické testy. V případě, že byly v rámci daného faktoru sledovány dvě skupiny (plemeno, pohlaví, výskyt dvojčat, vitalita telat) byl použit Mann-Whitneyův U test. Pro faktory se třemi a více skupinami byl použit Kruskal-Wallisův test. V případě, že tímto testem byly potvrzeny statistické rozdíly ($p < 0,05$), byly dále sledovány rozdíly mezi konkrétními skupinami, a to s využitím post hoc testu (konkrétně Dunnův test).

Pro statistické vyhodnocení byla stanovena hladina významnosti $p < 0,05$ (statisticky významný rozdíl) a $p < 0,01$ (statisticky vysoce významný rozdíl).

Výsledky a diskuze

Data pro tuto práci byla shromážděna ze 6 farem z Jihomoravského kraje za kalendářní rok 2023. Celkem byly získány údaje od 598 krav, kdy 401 krav (67,06 %) bylo plemene holštýn a 197 krav (32,94 %) bylo plemene český strakatý skot.

Tato práce je věnována posouzení vlivu vybraných faktorů na délku gravidity u krav s tržní produkcí mléka. Dle Basiel et al. (2024) je standardní délka březosti v rozmezí 275-277 dní. Pro účely této práce bylo za fyziologické rozmezí délky gravidity stanoveno rozmezí 270 až 292 dní, jak uvádějí mnozí autoři (Fricke et al., 2016; Jeon and Rho, 2019; Mappanganro et al., 2022; Ouarfli and Chehma, 2023). Za prematurní považujeme telata narozená při kratší délce březosti. Při překročení standardní délky březosti se bavíme o opožděném porodu (postmaturní telata). Je nutné uvést, že abnormální délka gravidity může mít negativní dopad nejen na zdraví narozených telat, ale i zdraví plemenice (Jeon and Rho, 2019; Mappanganro et al., 2022).

Z dostupných studií je patrné, že délka gravidity je podmíněna faktory ze strany matky, plodu, ale také ji ovlivňuje prostředí a management chovu (Jeon and Rho, 2019; Mappanganro et al., 2022; Ouarfli and Chehma, 2023). V úvodu byla nejprve posouzena prevalence odchylné délky gravidity od fyziologického rozmezí.

Výskyt odchylné délky gravidity

Pro tyto účely byla hodnocena vždy poslední gravidita jednotlivých plemenic před jejich brakací z chovu. Odchylná délka březosti byla rozdělena do dvou kategorií. První kategorie zahrnovala případy gravidity kratší než 270 dní. Porod byl tak předčasný (prematurnita). Druhá kategorie byly porody opožděné, kdy gravidita překračovala 292 dní (postmaturnita).

Výsledky této práce ukázaly, že z celkového počtu analyzovaných porodů bylo ve fyziologickém rozmezí 73,4 % porodů ($n = 439$). Statisticky vysoce významně nižší prevalence byla u předčasných porodů, které byly v 17,6 % případů ($n = 105$) ($p < 0,01$). Opožděné porody byly detekovány naopak nejméně, a to v 9,0 % případů ($n = 54$) ($p < 0,01$).

Ze souhrnných výsledků je dále patrné, že ve fyziologickém rozmezí rodí většina plemenic, což je příznivé z pohledu zdraví, welfare i reprodukčního managementu farem. Detekovaná přítomnost zkrácené a prodloužené březosti může ale poukazovat na dystokie ze strany matky či plodu (Vieira-Neto et al., 2017). V souvislosti se zjištěnou prevalencí těchto odchylek nelze tyto případy považovat za zanedbatelné.

Prevalence odchylné délky gravidity pro sledovaná plemena je uvedena v tabulce č. 1. Z výsledků je zřejmé, že v případě holštýnského skotu je mezi fyziologickou graviditou a odchylnou délkou gravidit statisticky vysoce významný rozdíl ($p < 0,01$). Statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) je i mezi zkrácenou a prodlouženou březostí, kdy prevalence zkrácené březosti byla častější. V případě českého strakatého skotu byl potvrzen statisticky vysoce významný rozdíl mezi fyziologickou graviditou a odchylnými délkami gravidity ($p < 0,01$). Mezi zkrácenou a prodlouženou březostí statisticky významné rozdíly nebyly potvrzeny ($p > 0,05$).

V této práci byl dále posouzen rozdíl v délce gravidity mezi plemenem holštýn a českým strakatým skotem. Rozdíly v délce březosti mezi vybranými plemeny jsou rovněž uvedeny v tabulce č. 1. Z výsledků je patrné, že fyziologická gravidita byla u plemene holštýn zaznamenána u 74,3 %, zatímco u českého strakatého skotu u 71,6 % krav. Rozdíly v prevalenci fyziologické gravidity mezi oběma plemeny nebyly statisticky potvrzeny ($p > 0,05$).

K obdobnému závěru dospěli i Vieira-Neto et al. (2017), kteří fyziologickou délku gravidity zaznamenali u 76,36 % porodů holštýnek. Zkrácenou březost zaznamenali autoři pouze u 9,41 % krav. V této studii byla zkrácená gravidita zaznamenána u vyššího počtu porodů (holštýnský skot: 18,50 %, český strakatý skot: 15,70 %). Statisticky významný rozdíl v případě posouzení prevalence zkrácené březosti nebyl mezi plemeny prokázán ($p > 0,05$). V případě prodloužené březosti byly zaznamenány rozdíly v prevalenci, které byly statisticky významné ($p < 0,05$). Prodloužená březost byla v případě českého strakatého skotu detekována ve vyšší prevalenci (12,70 %) ve srovnání s holštýnským skotem (7,20 %). K jinému závěru dospěli Vieira-Neto et al. (2017), kteří zaznamenali vyšší prevalence prodloužené březosti u holštýnek (14,23 %). Zjištěné rozdíly mohou být dány rozdílnými chovatelskými podmínkami, ale i chybami v managementu (nepřesnosti v zaznamenávání dat inseminace).

Tabulka č. 1. Délka gravidity v závislosti na vybraném plemeni

Délka gravidity	holštýn		ČESTR	
	(n)	%	(n)	%
Zkrácená (< 270 dní)	74	18,50 ^{b, x}	31	15,70 ^{b, x}
Fyziologická (270–292 dní)	298	74,30 ^{a, x}	141	71,60 ^{a, x}
Prodloužená (> 292 dní)	29	7,20 ^{c, y}	25	12,70 ^{a, x}
Celkem plemenic	401	100,00	197	100,00

^{a-c} hodnoty s odlišnými indexy pro jednotlivá plemena se statisticky vysoce významně liší ($p < 0,01$)

^{x-y} hodnoty s odlišnými indexy mezi jednotlivými plemeny se statisticky vysoce významně liší ($p < 0,01$)

Plemenná příslušnost a její vliv na délku gravidity

Plemenná příslušnost je jedním z faktorů, které ovlivňují délku gravidity. Odlišnosti ve fyziologickém rozmezí můžeme sledovat mezi mléčnými a masnými plemeny skotu, kdy u skotu s tržní produkcí mléka bývá gravidita standardně kratší (Basiel et al., 2024). To potvrzují i Jourdain et al. (2024) a uvádějí, že u holštýnského skotu je průměrná délka gravidity 280 dní ve srovnání

s plavým aquitánským skotem, kde je výrazně delší (294 dní). Rozdíly lze sledovat i mezi plemeny s tržní produkcí mléka. Gravidita holštýnského skotu je kratší ve srovnání s plemenem jersey (Basiel et al., 2024). Délku březosti u holštýnského plemene sledovali Vieira-Neto et al. (2017), a to u 8 095 krav. Délka gravidity se pohybovala v rozmezí 256 až 296 dní s průměrnou délkou 276 dní. V této práci byla průměrná délka březosti u holštýnského skotu srovnatelná (275,17 dní) s rozmezím 47 až 585 dní. Delší průměrná délka gravidity byla zaznamenána u českého strakatého skotu (279,93 dní) s rozmezím 122 až 405 dní bez ohledu na přežití plodu.

Sledován byl vliv plemene na délku březosti. Shapiro-Wilkovým testem bylo potvrzeno nenormální rozdělení. Neparametrickým Mann-Whitneyův U testem byl prokázán statisticky vysoce významný rozdíl v délce březosti mezi sledovanými plemeny ($p < 0,01$). Z výsledků je patrné, že plemenná příslušnost je důležitým faktorem, který délku gravidity ovlivňuje. Další faktory jsou tak sledovány zvlášť pro jednotlivá plemena.

Dosažené závěry jsou v souladu s poznatky dostupných studií. Bogas et al. (2019) zjistili rozdíly v délce březosti mezi jednotlivými plemeny. Průměrná délka březosti byla 278,2 dní. Dle autorů plemeno Brown Swiss prodlužuje délku březosti v průměru o 2,0 dny, zatímco holštýnsko-fríské plemeno ji zkracuje o 2,0 dne a červené holštýnsko-fríské plemeno dokonce o 3,9 dne. Z dostupné studie je zřejmé, že mléčná plemena, zejména holštýnský skot mají tendenci zkracovat délku březosti. To potvrzují i výsledky této práce, kdy plemeno holštýn vykazovalo kratší průměrnou délku březosti než český strakatý skot. K obdobnému závěru dospěli i Basiel et al. (2024), kde byla průměrná délka březosti u holštýnských krav 277 dní. V případě plemene simentál, které tvoří genetický základ českého strakatého skotu, byla 280 dní.

K jinému závěru dospěli Vieira-Neto et al. (2017), kteří neprokázali statisticky významný rozdíl mezi plemeny ($p > 0,05$). Je tak nutné brát v úvahu i další faktory, které mohou mít vliv na délku březosti. Mezi tyto faktory jsou uváděny zejména zdravotní stav, výživa a chovatelské podmínky.

Management chovu jako faktor ovlivňující délku gravidity

Dále byl posouzen vliv chovatelských podmínek na délku gravidity. Posouzeny byly zvlášť farmy zabývající se chovem holštýnského a českého strakatého skotu. Délka březosti na jednotlivých farmách je uvedena v tabulce č. 2. Z výsledků jsou patrné rozdíly v délce březosti mezi jednotlivými chovy, které byly dále statisticky posouzeny. Nenormální rozložení potvrzené Shapiro-Wilkovým testem vedlo k výběru neparametrického Kruskal-Wallisova testu. Výsledky ukázaly, že statisticky významné rozdíly byly prokázány pouze v chovech holštýnského skotu ($p = 0,0169$). Dále bylo zhodnoceno, mezi kterými chovy tyto rozdíly v délce březosti jsou přítomny. Pro tyto účely byl využit Dunnův test, který prokázal, že statisticky významný rozdíl byl potvrzen pouze mezi chovem A a B ($p = 0,0250$).

Tabulka č. 2. Délka gravidity v jednotlivých chovech

Chov	holštýn			ČESTR		
	A	B	C	D	E	F
Počet sledovaných krav (n)	126	187	88	30	161	6
Průměrná délka březosti (D)	279,23 ^a	273,16 ^b	273,63 ^{ab}	274,17 ^a	280,84 ^a	284,17 ^a
Medián (D)	277	275	277	283	284	284,5
Min (D)	47	113	208	161	122	277
Max (D)	585	422	367	405	388	290

Pozn.: D – počet ve dnech

^{a-b} odlišné indexy značí statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) v délce březosti (hodnota pravděpodobnosti – p Dunnova testu pro dané plemeno)

Detekované rozdíly mezi farmami A a B mohou být podmíněny odlišnostmi v ustájení, v reprodukčním managementu, ale i zdravotním stavu stáda. K obdobnému závěru dospěli i Petrovič et al. (2010). Autoři se zabývali délkou březosti u plemene simentál a dospěli k závěru, že negenetické faktory mohou mít statisticky významný vliv na délku březosti. Ve srovnání s jinými faktory je však jejich vliv na variabilitu délky gravidity nízký. Délka březosti se tak může mezi jednotlivými farmami lišit, což může být dáno rozdílnými podmínkami prostředí či managementem. Ve srovnání s genetickými faktory však mají pouze omezený význam. Vliv prostředí lze tak vnímat spíše jako další parametr, který může ovlivnit již stávající faktory. Babaei et al. (2015) dospěli k jinému závěru, kdy uvádějí, že management v chovu, ale i složení stáda může významně ovlivňovat nejen délku gravidity, ale i další reprodukční ukazatele.

Pro praxi je tak významné, že optimalizace managementu může přispět ke zlepšení reprodukčních ukazatelů. Neměla by však být vnímána jako náhrada za genetický výběr.

Z dostupných studií jsou patrné rozdílné závěry. Některé studie poukazují na nízký význam negenetických faktorů na délku březosti. Jiné naopak poukazují na skutečnost, že správně řízený management může mít pozitivní vliv nejen na délku březosti, ale i na celkovou reprodukční výkonnost stáda. Z tohoto důvodu by mělo být více prostoru věnováno analýze interakcí mezi genetickými a negenetickými faktory. Zvláštní pozornost by měla být věnována specifickým podmínkám jednotlivých farem (např. výživa, technologie ustájení, reprodukční strategie).

Parita krav a její vliv na délku březosti

Vliv parity na délku březosti není jednoznačný. Ouarfli and Chehma (2023) uvádějí, že se délka gravidity s rostoucí paritou zkracuje. K opačnému závěru dospěli Nienartowicz-Zdrojewska et al. (2018). Rozdílné závěry mohou být podmíněny dalšími faktory, jako je genetika, způsob chovu, ale i způsob sběru dat. Jeon a Rha (2019) dále uvádějí, že parita krav má vliv i na reprodukční potenciál plemenic a jejich reprodukční ukazatele, stejně jako na riziko dystokií a vitalitu a kondici narozených telat. Dle autorů se parita projevuje i na kvalitě mléka a jeho složení. Echternkamp a Gregory (1999) rovněž dospěli k překvapivému závěru, že krávy po prvním a druhém porodu mají častější problémy s dystokiemi ve srovnání se staršími krávami. V rámci této práce se počet porodů u monitorovaných krav pohyboval v rozmezí od 2 do 10. Základní charakteristiky k počtu porodů u sledovaných plemen jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3. Parita krav u sledovaných plemen

	Holštýn ČESTR	
Počet sledovaných krav (n)	401	197
Průměrná počet porodů (n)	3,46	3,73
Medián (n)	3	4
Min (n)	2	2
Max (n)	9	10

Výsledky ukázaly, že průměrný počet porodů byl u českého strakatého skotu vyšší (3,73) oproti holštýnskému skotu. To souvisí i se skutečností, že český strakatý skot bývá v chovu využíván delší dobu ve srovnání s holštýnským skotem. K brakaci je přistupováno po vyšším počtu dosažených laktací, jak uvádějí Frelich et al. (2010).

Pro tuto práci byly parity rozděleny do 6 kategorií. Parity s četností do 5 porodů byly hodnoceny samostatně, parity s četností 6 a více porodů společně. Výsledky Shapiro-Wilkova testu odhalily nenormální rozdělení, dále tak byl využit neparametrický Kruskal-Wallisův test. Výsledky ukázaly, že v délce gravidity mezi různými paritami není statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Tato práce tak nepotvrdila vliv počtu dosažených porodů na délku březosti, a to jak u holštýnského ($p = 0,362$), tak u českého strakatého skotu ($p = 0,722$).

K opačnému závěru dospěly závěry jiných studií. Bogas et al. (2019) uvádějí, že parita krav má významný vliv na délku březosti. Dle jejich výsledků prvotelky dosahovaly kratší gravidity (v průměru o 1,4 dne) ve srovnání s multiparami. Obdobně i Vieira-Neto et al. (2017) potvrdili statisticky vysoce významný vliv parity na délku březosti, kdy u prvotetek byla průměrná délka březosti 274,1 dní, zatímco u multipar 276,8 dní ($p < 0,01$). Statisticky vysoce významný vliv ($p < 0,01$) rostoucího počtu laktací na prodlužující se délku březosti zaznamenali i Petrovič et al. (Petrovič et al., 2010). I další studie potvrzuje vliv rostoucího počtu laktací, kdy u prvotetek byla průměrná délka gravidity 276,34 dne, zatímco u krav v páté laktaci již dosahovala 278,51 dne (Babaei et al., 2015).

V této studii vliv parity prokázán nebyl, což může být podmíněno menším počtem sledovaných plemenic. Nabízí se tak dále tuto problematiku sledovat na větším vzorku farem a zvířat. Navzdory skutečnosti, že v této studii nebyla potvrzena statistická významnost, rostoucí počet porodů zvyšuje význam kvalitní péče o plemenici.

Celkový počet telat jako faktor ovlivňující délku březosti

Vedle parity může délku březosti ovlivnit i počet narozených telat za život plemenice (Nogalski and Piwczyński, 2012). Počet narozených telat se pohyboval v rozmezí 0 až 10 za život plemenice.

Základní charakteristiky počtu telat na jednu krávu jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4. Celkový počet narozených telat na krávu u sledovaných plemen

	Holštýn ČESTR	
Počet sledovaných krav (n)	401	197
Min	1	0
Max	10	10
Průměrný počet telat	3,43	3,72
Medián	3	3

Z výsledků je patrné, že v případě českého strakatého skotu byly případy krav, které neporodily žádné tele. Tyto případy byly ze statistické analýzy dále vyřazeny. U obou plemen byl zaznamenán maximální počet narozených telat, a to 10 na krávu za její produkční období. Průměrný počet narozených telat byl vyšší u českého strakatého skotu.

Dále byl posouzen vliv počtu narozených telat. Shapiro-Wilkův test ukázal, že data neodpovídají normální rozdělení. Z tohoto důvodu byl dále využit neparametrický Kruskal-Wallisův test. Z výsledků je patrné, že vliv celkového počtu narozených telat nemá ani u jednoho ze sledovaných plemen vliv na délku gravidity u krav ($p > 0,05$).

Souvislost mezi celkovým počtem narozených telat a délkou březosti nebyla zatím v mnoha studiích sledována. Tento faktor lze ale posuzovat nepřímou, a to prostřednictvím přímo souvisejících faktorů jako je parita, věk krávy a její reprodukční schopnosti.

Jak již bylo uvedeno, rostoucí počet porodů ovlivňuje délku březosti. Statisticky významné rozdíly lze sledovat mezi jalovicemi a krávami. Závěry studií potvrzují, že krávy s vyšší paritou a tedy i vyšším počtem již narozených telat, mohou vykazovat odlišnou délku březosti (Norman et al., 2009). Jiné studie však poukazují na skutečnost, že vliv parity, a tím i úzce související celkový počet narozených telat na délku březosti nemusí být jednoznačný, jak uvádějí Jeon a Rho (2019).

Závěry této práce prostřednictvím obou faktorů (parita i počet narozených telat) tak potvrzují, že tyto faktory nemusí být vždy rozhodující pro samotnou délku gravidity.

V souvislosti s absencí dostatečného množství studií má význam se problematice počtu narozených telat za život plemenice dále věnovat.

Pohlaví telete jako faktor ovlivňující délku gravidity

Na úvod byla zhodnocena četnost narozených jaloviček a býčků. Celková prevalence narozených jaloviček byla 47,1 % ($n = 241$) a narozených býčků 52,9 % ($n = 271$). V případě českého strakatého skotu se narodilo 74 býčků a 76 jaloviček. U holštýnského skotu to bylo 197 býčků a 165 jaloviček. Výsledky neprokázaly statisticky významný rozdíl mezi četností narozených jaloviček a býčků, a to celkové, v rámci plemen ani mezi chovy ($p > 0,05$).

Vliv pohlaví na délku gravidity byl sledován v několika studiích (Setyorini et al., 2023).

Jeon a Rho (2019) zjistili, že delší gravidita (o 1 až 5 dní) je zjišťována u samčího pohlaví.

K obdobnému závěru dospěli i Ouarfli and Chehmy (2023) a také Kašná et al. (2017).

V rámci této práce byl sledován vliv pohlaví u porodů jednoho telete. Shapiro-Wilkův test neprokázal normální rozdělení, a tak byl dále využit Mann-Whitney U test. Výsledky této práce neprokázaly statisticky významný vliv pohlaví na délku gravidity u krav, a to u žádného ze sledovaných plemen ($p > 0,05$).

K jinému závěru dospěli Vieira-Neto et al. (2017), kteří zjistili, že krávy rodící jalovičky měly kratší březost (275,4 dní), než krávy s býčky (276,7 dní). Vliv pohlaví potvrzují i Petrovič et al. (2010b), kteří zjistili průměrnou délku březosti delší u býčků (284,25 dní) ve srovnání s jalovičkami (283,31 dní). Bogas et al. (2019) zaznamenali prodloužení březosti s býčkem v průměru o 2,8 dní a dále uvádějí, že pohlaví plodu by mělo být zohledňováno při hodnocení reprodukčních ukazatelů, protože delší gravidita může mít vliv na organizaci reprodukčního cyklu a ekonomiku chovu.

Absence statistické významnosti vlivu pohlaví na délku březosti v této práci může být podmíněna velikostí vzorků sledovaných plemenic, ale také metodickým rozhodnutím vyloučit vícečetné porody a úhyny. V souvislosti s dosaženými výsledky tak má význam provést další výzkum na větším souboru dat a vzít v úvahu další faktory, které mohou lépe zohlednit možné interakce.

Jedním z těchto faktorů je i hmotnost. Vedle pohlaví je to váha, kdy býčci a jalovičky mají odlišnou rychlost růstu plodu. Vyšší porodní hmotnost býčků může vést k delšímu trvání březosti (Vieira-Neto et al., 2017). To potvrzují i Ouarfli and Chehmy (2023). Výsledkem je tak delší vývoj v děloze. Význam vyšší porodní hmotnosti zmiňuje ve své studii i Nadarajah et al. (1989).

Korelace mezi délkou gravidity a porodní hmotností byla potvrzena ve studii prováděné Mappanganro et al. (2022). Porodní hmotnost představuje významný faktor ovlivňující následný růst a vývoj mláďete. Vyšší porodní hmotnost je předpokladem pro lepší kondici i přežití samotného telete. Příliš vysoká porodní hmotnost je však riziková z pohledu dystokií (Jourdain et al., 2024). Faktory ovlivňující porodní hmotnost telete zahrnují nejen plemennou příslušnost a jeho genetickou výbavu a s tím související správný výběr inseminační dávky, ale také kondici (hmotnost a věk) plemenice nebo samotnou délku březosti.

Přítomnost dvojčat a jejich vliv na délku březosti

Prevalence porodů dvojčat se pohybuje v závislosti na plemenné příslušnosti od 1 do 8 % (Wakchaure and Ganguly, 2016). U mléčných plemen je podíl dvojčat v průměru vyšší než u plemen masných. Samotný výskyt dvojčat je podmíněn nejen plemenem, ale i genetickou predispozicí či stářím plemenice. Prevalence dvojčat stoupá s vyšším věkem a také paritou. Největší nárůst lze pozorovat mezi prvním a druhým porodem. Výskyt dvojčat může zvýšit i vyvolání superovulace skrze hormonální léčbu (Hosseini-Zadeh et al., 2008). Bylo rovněž prokázáno, že u vysoce produkčních krav se zvyšuje výskyt dvojčat a to skrze výskyt dvojí ovulace, který je u těchto krav častější (Hosseini-Zadeh et al., 2008). Potvrzuje se také, že plemenice, u kterých již došlo k porodu dvojčat, byla pravděpodobnost opakovaného porodu dvojčat vyšší (6,9 % po prvním porodu dvojčat a 9,6 % po dvou porodech dvojčat) (Silva del Río et al., 2007).

V této práci byl sledován výskyt jednoho telete a dvojčat u posledního porodu plemenice před její brakovou. Porody, kde došlo k úhynu telat, byly z této analýzy vyjmuty, protože jsou zhodnoceny samostatně. Výsledky ukázaly, že z celkového počtu porodů bylo 93,60 % (512 krav) s jedním teletem. Pouze 6,84 % porodů (35 krav) bylo spojeno s porodem dvojčat. Výskyt dvojčat byl tak

statisticky vysoce významně nižší ve srovnání s porody jednoho telete, ($p < 0,01$), což odpovídá fyziologickému stavu. Rozdíl v četnosti výskytu dvojčat mezi plemeny je uveden v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5. Prevalence dvojčat u sledovaných plemen

Chov	holštýn		ČESTR	
	n	%	n	%
Krávy s dvojčaty	17	4,49 ^b	18	11,17 ^a
Krávy s 1 teletem	362	95,51 ^a	150	88,83 ^b
Celkem	379	100,00	168	100,00

^{a-b} odlišné indexy značí statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) mezi plemeny

Výsledky potvrdily statisticky významný rozdíl v prevalenci dvojčat mezi plemeny ($p < 0,05$).

Z výsledků je zřejmé, že výskyt dvojčat byl u českého strakatého skotu významně vyšší než u holštýnského skotu.

Výskyt dvojčat v rámci reprodukce nelze považovat za příznivý. Je zde několik nežádoucích vlivů, které zahrnují zkrácení délky gravidity či zhoršení reprodukční výkonnosti vlivem prodloužení intervalů v období puerperia. Dochází také k zvýšené brakaci krav v následujících laktacích a vyšší incidenci perinatální mortality telat. Z pohledu onemocnění se setkáváme s vyšším výskytem vývojových poruch jako je freemartinismus u jalovic, výskytem potratů během gravidity, ale také se sníženou produkcí mléka u krav po porodu dvojčat (Mostafa, 2009).

Vliv výskytu dvojčat na délku březosti sledovali Jeon and Rho (2019). Autoři uvádějí, že délka březosti byla u dvojčat kratší ve srovnání s jednotlivými telaty.

Dále byl sledován vliv dvojčat na délku březosti u krav. Shapiro-Wilkův test odhalil nenormální rozdělení, a tak byl dále pro analýzu zvolen Mann-Whitney U test. Výsledky ukázaly, že výskyt dvojčat má statisticky vysoce významný vliv na délku gravidity u českého strakatého skotu ($p = 0,000081$). Délka březosti u krav s 1 teletem byla v průměru 287,7 dní. V případě dvojčat to bylo 265,6 dní. U holštýnského skotu nebyl vliv dvojčat statisticky prokázán ($p > 0,05$).

Závěry této práce potvrdily výsledky jiných studií, kdy vícečetné březosti jsou spojeny s kratší délkou gravidity. Bezdíček a Louda (2009) prokázali významné zkrácení délky gravidity u českého strakatého skotu (o 5,84 dní), i u holštýnského skotu (o 4,68 dní). V případě holštýnského skotu nemusí být vliv vícečetných porodů jednotný a může být ovlivněn dalšími faktory, které by bylo vhodné dále analyzovat.

Zkrácení délky gravidity vlivem vícečetné březosti zaznamenali i Echternkamp et al. (2007), a to o 6,8 dní ($p \leq 0,01$). Průměrná délka březosti u krav s jedním teletem byla 284,3 dní, zatímco u krav s dvojčaty byla 277,5 dní. K obdobnému závěru dospěli i Petrovič et al. (2010b) (2010), kde byla délka březosti u krav s jedním teletem 286,44 dní a u krav s dvojčaty 282,03 dní.

U holštýnského skotu, přítomnost dvojčat na délku březosti vliv neměla ($p > 0,05$). Důvodem zde může být menší počet zaznamenaných porodů dvojčat v případě holštýnského plemene.

Dosažené závěry poukazují na hypotézu, kdy přítomnost více plodů stimuluje dřívější porod kvůli vyšší metabolické a fyziologické zátěži na organismus plemence (Bogas et al., 2019).

Výsledky této práce poukazují na zvýšenou pozornost u vícečetných porodů. Některé studie poukazují na vyšší riziko dystokií při porodech dvojčat. Nienartowicz-Zdrojewska et al. (2018) poukazují na skutečnost, že dvojčata mohou být v horší kondici (v průměru až o 5 kg méně). Výskyt dvojčat je spojován také s vyšší mortalitou. Hossein-Zadeh et al. (2008). uvádějí, že prevalence mrtvých telat je vyšší při porodech dvojčat, kdy 18,8 % případů otelení dvojčat bylo spojeno s úmrtím jednoho nebo obou telat. Výskyt dvojčat může být tedy rizikem, které je nutné kontrolovat v průběhu gravidity a dále pak správným vedením samotného porodu.

Kratší březost spojená s dvojčaty je riziková pro plemenci, kde hrozí horší tělesná kondice. Kratší

období stání na sucho má dopad na nedostatečnou regeneraci samotného organismu, což se projeví po porodu i ztíženou obnovou říjového cyklu (Mostafa, 2009). Navzdory zmíněným negativům, vykazují dvojčata lepší růstový potenciál. Setkáváme se rovněž s cílenou indukcí vícečetných porodů. Jednou z možností je selekce krav s vrozenou tendencí k polyovulaci. Tato metoda je však málo efektivní. Mnohem častěji je aplikována umělá indukce polyovulace prostřednictvím hormonální stimulace vaječníků.

Vitalita telat

Vitalita telat je po porodu nezbytným aspektem pro jejich další využití pro chov. Kachexie může být důvodem k nuceným brakacím (Murray and Leslie, 2013). K úhynům může docházet bezprostředně po porodu. Četnost mrtvě narozených telat v rámci této práce je uvedena v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6. Vitalita telat u posledního porodu u sledovaných krav

	Holštýn		ČESTR		Celkem	
	n	%	n	%	n	%
Mrtvé tele	22	5,49 ^{b,y}	29	14,72 ^{b,x}	51	8,50 ^b
Živé tele	379	94,51 ^{a,x}	168	85,28 ^{a,y}	547	91,50 ^a
Celkem	401	100,00	197	100,00	598	100,00

^{a-b} hodnoty s odlišnými indexy ve sloupci se statisticky vysoce významně liší ($p < 0,01$)

^{x-y} hodnoty s odlišnými indexy mezi jednotlivými plemeny se statisticky vysoce významně liší ($p < 0,01$)

Z výsledků vyplývá, že celková prevalence mrtvě narozených telat byla poměrně vysoká (8,50 %). Vyšší míra úhynů byla v případě českého strakatého skotu (14,72 %), a to statisticky vysoce významně oproti holštýnskému skotu (5,49 %) ($p < 0,01$).

V této práci byl dále sledován vliv vitality telat na změny ve fyziologické délce gravidity. Normalita dat nebyla Shapiro-Wilkův testem potvrzena u všech sledovaných skupin, a tak byl dále použit neparametrický Mann-Whitney U test. Výsledky ukázaly, že se délka gravidity, při nichž došlo k úhynu plodu, statisticky vysoce významně liší oproti březostem, kde se tele narodilo živé, a to v případě holštýnského skotu ($p = 0,009500$) i v případě českého strakatého skotu ($p = 0,000034$). Z výsledků dále vyplývá, že délka gravidity byla v průměru delší u živě narozených telat než u mrtvě narozených, a to u obou sledovaných plemen. V případě holštýnského skotu byla průměrná délka březosti u živě narozených telat 275,97 dní, zatímco u mrtvě narozených 261,27 dní. Obdobně v případě českého strakatého skotu, gravidita u živě narozených telat trvala průměrně 282,73 dní, zatímco u mrtvě narozených jen 263,72 dní.

Získané závěry odpovídají poznatkům dosaženým v jiných studiích. Nogalski a Piwczynski (2012) uvádějí, že porody telat, u kterých došlo k úhynu bezprostředně po porodu, byly spjaty s prodlouženou graviditou z průměrných 275–277 dní na více než 283 dní.

Petrovič et al. (2010b) (2010) zjistili, že průměrná délka březosti u živých telat činila 284,24 dní, zatímco u mrtvě narozených telat byla průměrná doba gravidity 282,87 dne.

Úhyn plodu může vést i k extrémnímu prodloužení březosti, jak popisují Biswas et al. (2024). V rámci jejich studie došlo u křížanky holštýnsko-fríské krávy k prodloužení březosti na 365 dní. Rektálně byl potvrzen úhyn plodu. Komplikace u plemenice nebyly zjištěny. Příčinou prodloužení byla porucha hypotalamo-hypofyzárně-adrenální osy plodu, což zabránilo fyziologickému průběhu porodu. Prodloužená březost tak může být spojena s poruchami fetální endokrinní regulace.

Výsledky této práce potvrzují, že vitalita telat významně ovlivňuje délku březosti a to bez ohledu na sledované plemeno. Příčiny lze hledat v poruchách fetálního vývoje, hormonálních nerovnováhách nebo genetických predispozicích. Identifikace konkrétních příčin je podnětem k dalšímu výzkumu

v této oblasti. Další výzkum by se měl zaměřit na identifikaci konkrétních příčin, které vedou ke zkrácené březosti v případech, kdy je vitalita telat snížena, a na možnosti prevence těchto případů a na možnosti prevence. Podpora vitality telat během gravidity může pomoci optimalizovat její standardní délku a tím snížit podíl mrtvě narozených telat. Tyto závěry lze využít v praxi ke zlepšení managementu reprodukce i ke snížení ekonomických ztrát chovatelů. Klíčovými opatřeními jsou důsledný monitoring březosti, identifikace rizikových faktorů a včasná intervence u krav s podezřením na odchylky v průběhu březosti.

Závěr

Délka březosti u krav je významným reprodukčním ukazatelem, který může být ovlivněn mnohými faktory. Její monitoring poskytuje cenné informace o zdravotní kondici zvířat, ale i celkové úrovni nejen reprodukčního, ale i chovatelského managementu. Pro každého farmáře je nutné identifikovat klíčové faktory, které délku březosti významně ovlivňují, a to jak ze strany matky (plemeno, management, výskyt dvojčat), tak i ze strany plodu (vitalita), případně samotného prostředí, ve které jsou zvířata chována. Tato práce se zabývala posouzením vybraných faktorů, které mohou ovlivnit délku gravidity u skotu s tržní produkcí mléka. Byla získána data o 598 případech porodů plemenic, a to z 6 farem zabývajících se chovem holštýnského (67,06 % porodů) a českého strakatého skotu (32,94 % porodů). Jako fyziologické rozmezí délky gravidity bylo stanoveno 270-292 dní, což odráží závěry dostupných studií. Výsledky této práce ukázaly, že 73,4 % březostí proběhlo ve standardní délce. Předčasné porody byly zjištěny v 17,6 % případů. Opožděné porody byly detekovány statisticky vysoce významně méně často (9,0 %) ($p < 0,01$). Při posouzení četnosti odchylné délky gravidity u sledovaných plemen se ukázalo, že prodloužená březost byla zaznamenána statisticky významně ($p < 0,05$) ve vyšší četnosti (12,7 %) oproti holštýnskému plemeni (7,2 %). Plemennou predispozici k delší březosti je nutné zohlednit v reprodukční strategii v jednotlivých chovech.

Dále byly sledovány vybrané faktory, které mohou mít vliv na délku gravidity u krav. Plemenná příslušnost byla prokázána jako významný faktor ovlivňující délku gravidity. U českého strakatého skotu byla průměrná délka březosti statisticky vysoce významně delší (280 dní) než u holštýnského plemene (275 dní) ($p < 0,01$). Je tak zřejmý vliv genetické predispozice jednotlivých plemen k odlišné délce gravidity.

Posouzen byl dále vliv managementu chovu. Výsledky potvrdily statisticky významné rozdíly v délce březosti na farmách holštýnského skotu ($p = 0,02$). U českého strakatého skotu rozdíly nebyly statisticky významné ($p > 0,05$). Z výsledků lze usoudit, že vliv faktorů prostředí je významný, ale pro délku březosti má spíše omezený význam.

Parita krav jako faktor ovlivňující délku březosti nebyla v této studii potvrzena ($p > 0,05$). Délka gravidity tak může zůstat konzistentní v rámci plemene bez ohledu na počet předchozích porodů. Obdobně nebyl prokázán ani význam celkového počtu narozených telat na délku březosti ($p > 0,05$).

Dále byl sledován vliv pohlaví na délku gravidity, kde rovněž nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi porodem býčků či jaloviček ($p > 0,05$).

V rámci této studie se významným faktorem, který ovlivňuje délku gravidity, ukázaly být porody dvojčat. U českého strakatého skotu došlo k statisticky vysoce významnému zkrácení délky gravidity ve srovnání s březostí s jedním telem ($p < 0,01$). V případě holštýnského skotu však tento rozdíl prokázán nebyl ($p > 0,05$).

Výrazný vliv na délku březosti měla i vitalita telat po porodu. Případy, kdy došlo k úhynu plodu, vedly ke statisticky významné odchylce ($p < 0,01$) v délce gravidity oproti případům, kdy se narodilo živé tele, a to jak u holštýnského ($p < 0,01$), tak u českého strakatého skotu ($p < 0,01$).

Délka březosti tak může být ovlivněna nejen genetikou a prostředím, ale i životaschopností plodu během jeho vývoje.

Závěry této práce se ve zhodnocení vybraných faktorů liší oproti poznatkům dostupných studií.

Nutné je brát v úvahu rozsah provedeného monitoringu i použitou metodiku při samotném hodnocení. Vybrané faktory, jako je parita či celkový počet narozených mláďat jsou podnětem pro hlubší analýzu. Dostupné výsledky této práce mohou být využity při optimalizaci reprodukčních strategií v chovech skotu, a to s ohledem na rozdíly v plemenech chovaných krav na farmách.

Literatura

- Babaei, M., Hezarian, Z., Faghani, M., Vatankhah, M., 2015. Evaluation of genetic and non genetic factors affecting reproductive performance on holstein dairy cows of Isfahan. *Online International Journal* 4: 66–75.
- Basiel, B.L., Barragan, A.A., Felix, T.L., Dechow, C.D. 2024. The impact of beef sire breed on dystocia, stillbirth, gestation length, health, and lactation performance of cows that carry beef × dairy calves. *Journal of Dairy Science* 107: 2241–2252.
- Bezdiček, J., Louda, F. 2009. Analysis of pregnancy length in multiple births in Czech Fleckvieh and Holstein cattle. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 57: 27–32.
- Bogas, N.M., Sherasiya, A.V., Simoes, J.C. 2019. Concomitant factors affecting gestation length and perinatal mortality in holstein-friesian cows. *Veterinary Science Today* 3: 34–38.
- Cardoso Consentini, C.E., Wiltbank, M.C., Sartori, R. 2021. Factors That Optimize Reproductive Efficiency in Dairy Herds with an Emphasis on Timed Artificial Insemination Programs. *Animals (Basel)* 11: 301.
- ČMSCH, a.s., 2024. Ročenka chovu skotu v České republice. Hlavní výsledky a ukazatele za rok 2023 [online]. [vid. 23. 7. 2025]. Dostupné z: [https://www.cmsch.cz/plemenna-kniha/kontrola-uzitkovosti-\(ku\)/chovatelske-rocenky/rocenky-chovu-skotu](https://www.cmsch.cz/plemenna-kniha/kontrola-uzitkovosti-(ku)/chovatelske-rocenky/rocenky-chovu-skotu)
- ČSÚ, 2025. Stavby skotu podle krajů. [online]. [vid. 23. 7. 2025]. Dostupné z: <https://csu.gov.cz/produkty/chov-skotu-prvni-polovina-2024>
- Echternkamp, S.E., Gregory, K.E. 1999. Effects of twinning on gestation length, retained placenta, and dystocia. *Journal of Animal Science* 77: 39–47.
- Echternkamp, S.E., Thallman, R.M., Cushman, R.A., Allan, M.F., Gregory, K.E. 2007. Increased calf production in cattle selected for twin ovulations. *Journal of Animal Science* 85: 3239–3248.
- Frelich, J., Šlachta, M., Kobes, M., 2010. Analysis of longterm trends in the performance of dairy cows on low-input mountain farms. *Journal of Agrobiology* 27: 35–40.
- Fricke, P.M., Ricci, A., Giordano, J.O., Carvalho, P.D. 2016. Methods for and Implementation of Pregnancy Diagnosis in Dairy Cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 32: 165–180.
- Higaki, S., Matsui, Y., Sasaki, Y., Takahashi, K., Honkawa, K., Horii, Y., Minamino, T., Suda, T., Yoshioka, K. 2022. Prediction of 24-h and 6-h Periods before Calving Using a Multimodal Tail-Attached Device Equipped with a Thermistor and 3-Axis Accelerometer through Supervised Machine Learning. *Animals* 12: 2095.
- Hossein-Zadeh, N.G., Nejati-Javaremi, A., Miraei-Ashtiani, S.R., Kohram, H. 2008. An observational analysis of twin births, calf stillbirth, calf sex ratio, and abortion in Iranian holsteins. *Journal of Dairy Science* 91: 4198–4205.
- Jeon, R.-H., Rho, G.-J. 2019. Gestation length in Holstein cow depends on the number and sex of fetuses. *Korean Journal of Veterinary Research* 59: 181–185.
- Jourdain, J., Capitan, A., Saintilan, R., Hozé, C., Fouéré, C., Fritz, S., Boichard, D., Barbat, A. 2024. Genetic parameters, GWAS and selection perspective on gestation length in 16 French cattle breeds. *Journal of Dairy Science* 107: 8157–8169.
- Kašná, E., Fleischer, P., Zavadilová, L., Šlosárková, S., Staněk, S. 2017. Vyhodnocení výskytu nejčastějších onemocnění a zdravotních poruch dojnic v ČR. *Veterinářství* 67: 799–805.
- Katthöfer, P., Zhang, Y., Wente, N., Preine, F., Nitz, J., Krömker, V. 2024. The Influence of Milk Leakage, Udder Pressure and Further Risk Factors on the Development of New Intramammary Infections during the Dry Period of Dairy Cows. *Pathogens* 13: 430.
- Mappanganro, R., Ratnasari, D., Kiramang, K., Hidayat, M.N., Syam, J. 2022. Hubungan antara Lama Kebuntingan Induk Terhadap Jenis Kelamin dan Bobot Lahir Pedet Hasil Inseminasi Buatan pada Sapi Bali. *Jurnal Ilmu dan Industri Peternakan* 8: 75–83.
- McClintock, S., Beard, K., Gilmour, A., Goddard, M. 2003. Relationships between calving traits in heifers and mature cows in Australia. *Interbull Bulletin* 102–102.

- Mee, J.F. 2023. Invited review: Bovine neonatal morbidity and mortality—Causes, risk factors, incidences, sequelae and prevention. *Reproduction in Domestic Animals* 58: 15–22.
- Mitchell, C., Vidlund, T., Craun, H., Mercadante, V.R.G., Redifer, T., Currin, J. 2024. A retrospective analysis of gestational length and its influencers for *Bos taurus* beef cows. *Journal of Animal Science* 102: 2–3.
- Mostafa, A.S. 2009. Effect of twin vs. single births on gestation length, reproductive performance, dystocia, calf survival rate and culling in Holstein cows. *Journal of Veterinary Medical Research* 19: 19–23.
- Murray, C.F., Leslie, K.E. 2013. Newborn calf vitality: Risk factors, characteristics, assessment, resulting outcomes and strategies for improvement. *The Veterinary Journal* 198: 322–328.
- Nadarajah, K., Burnside, E.B., Schaeffer, L.R., 1989. Factors affecting gestation length in ontario holsteins. *Canadian Journal of Animal Science* 69: 1083–1086.
- Nienartowicz-Zdrojewska, A., Sobek, Z., Róžańska-Zawieja, J. 2018. Evaluation of gestation length and birth weight of offspring of Polish native cattle breeds in context of estimating genetic parameters. *Czech Journal of Animal Science* 63: 323–330.
- Nogalski, Z., Piwczyński, D. 2012. Association of Length of Pregnancy with Other Reproductive Traits in Dairy Cattle. *Asian-Australas Journal of Animal Science* 25: 22–27.
- Norman, H.D., Wright, J.R., Kuhn, M.T., Hubbard, S.M., Cole, J.B., VanRaden, P.M. 2009. Genetic and environmental factors that affect gestation length in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 92: 2259–2269.
- Ouarfli, L., Chehma, A. 2023. Influence of temperature-humidity index, calf sex, and parity on gestation length in Holstein cows. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 47: 34–41.
- Petrovič, M.D., Bogdanovi, V., Bogosavljevi, S. 2010. Effect of Systematic Factors on Gestation Length in Simmental Cows. *Acta Agriculturae Serbica* 15: 31–37.
- Raschia, M.A., Maizon, D.O., Amadio, A.F., Nani, J.P., Poli, M.A. 2024. Quantitative trait loci exploration and characterization of gestation length in Holstein cattle. *Theriogenology* 215: 43–49.
- Santos, J.E.P., Bisinotto, R.S., Ribeiro, E.S., Lima, F.S., Greco, L.F., Staples, C.R., Thatcher, W.W. 2019. Applying nutrition and physiology to improve reproduction in dairy cattle. *Society for Reproduction and Fertility* 67: 387–403.
- Scanavez, A., Mendonça, L. 2018. Gestation Length and Overall Performance in the Subsequent Lactation of Dairy Cows Conceiving to Holstein, Jersey, or Angus Semen: An Observational Study. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports* 4.
- Setyorini, Y.W., Kurnianto, E., Sutopo, Sutiyono 2023. Correlation between gestation period and the calf sex in dairy cows. *IOP Conf. Ser.: Earth Environmental Science* 1246: 012065.
- Silva del Río, N., Stewart, S., Rapnicki, P., Chang, Y.M., Fricke, P.M. 2007. An observational analysis of twin births, calf sex ratio, and calf mortality in Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 90: 1255–1264.
- Silva, H.M., Wilcox, C.J., Thatcher, W.W., Becker, R.B., Morse, D. 1992. Factors Affecting Days Open, Gestation Length, and Calving Interval in Florida Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 75: 288–293.
- Šrédli, K., Prášilová, M., Severová, L., Svoboda, R., Štěbeták, M. 2021. Social and Economic Aspects of Sustainable Development of Livestock Production and Meat Consumption in the Czech Republic. *Agriculture* 11: 102.
- Vieira-Neto, A., Galvão, K.N., Thatcher, W.W., Santos, J.E.P. 2017. Association among gestation length and health, production, and reproduction in Holstein cows and implications for their offspring. *Journal of Dairy Science* 100: 3166–3181.
- Wakchaure, R., Ganguly, S. 2016. Twinning in Cattle: A Review. *ARC Journal of Gynecology and Obstetrics* 1: 1–3.

VLIV ÚROVNĚ DOJIVOSTI A FÁZE LAKTACE NA POČET SOMATICKÝCH BUNĚK V MLÉCE DOJNIC

THE EFFECT OF MILK YIELD AND LACTATION PHASE ON SOMATIC CELL COUNT IN DAIRY COW MILK

Lucie Langová*, David Zapletal, Žaneta Skoupá

Ústav chovu zvířat, výživy zvířat a biochemie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Breeding, Animal Nutrition and Biochemistry, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The present study investigated the relationship between milk yield and the number of somatic cells (SC) count in the milk of dairy cows. The initial analysis, using an analysis of variance (ANOVA) model, did not demonstrate a statistically significant effect of milk yield on SC count in any of the lactations evaluated ($P > 0.05$). The highest level of SC count in each group were recorded in the cows with the lowest milk yield. In contrast, the lowest SC count, indicating optimal udder health, were observed in the cows with the highest milk yield during the first three lactations. However, this relationship did not attain statistical significance ($P > 0.05$). Subsequent Pearson correlation analysis yielded divergent results, demonstrating a statistically significant negative correlation between daily milk yield and SC count, with an increase in SC count as milk yield decreased. The relationship was found to be statistically significant in cows on the first lactation ($r = -0.29$; $P < 0.05$) and on the fourth and higher lactations ($r = -0.35$; $P < 0.05$). The lactation stage showed a highly statistically significant effect on SC count values in dairy cows on their second lactation ($P < 0.05$), and especially in dairy cows on their fourth and higher lactations ($P < 0.001$). In the present study, the highest mean of SC count was recorded in the final lactation phase (from day 301) in older dairy cows. In contrast, the effect of lactation phase on SC count was not statistically proved ($P > 0.05$) on the first and third lactation in cows. The results of the study demonstrated that mean SC count values were highest in cows on the fourth and higher lactations. This finding is consistent with the results reported in the recent literature and is associated with the ageing process of dairy cows and structural changes in their udder.

Key words: dairy cow, somatic cells, milk yield, lactation phase, parity

Souhrn

Ve studii byl sledován vztah mezi dojivostí a počtem somatických buněk (PSB) v mléce dojníc. Původní analýza pomocí ANOVA modelu neprokázala statisticky významný vliv dojivosti na PSB u žádné z hodnocených laktací ($P > 0,05$). Nejvyšší průměrné hodnoty PSB byly v jednotlivých skupinách zaznamenány u dojníc s nejnižší dojivostí. Naopak nejnižší hodnoty PSB, které naznačují dobrý zdravotní stav, byly pozorovány u dojníc s nejvyšší dojivostí během prvních tří laktací. Tento vztah však nebyl statisticky průkazný ($P > 0,05$). Následná Pearsonova korelační analýza přinesla odlišné zjištění, kdy prokázala statisticky významnou negativní korelaci mezi denní dojivostí a PSB – s klesající dojivostí se zvyšoval počet somatických buněk. Tento vztah byl statisticky průkazný u dojníc na první laktaci ($r = -0,29$; $P < 0,05$) a u dojníc na čtvrté a vyšší laktaci ($r = -0,35$; $P < 0,05$). Fáze laktace měla statisticky vysoce významný vliv na hodnoty PSB u dojníc na druhé laktaci ($P < 0,05$) a zejména u dojníc na čtvrté a vyšší laktaci ($P < 0,001$). U těchto starších dojníc byl nejvyšší průměrný PSB zaznamenán v závěrečné fázi laktace (od 301. dne). Naopak u prvotelek a dojníc na třetí laktaci nebyl vliv fáze laktace na PSB statisticky průkazný ($P > 0,05$). Výsledky

* langoval@vfu.cz

potvrdily, že průměrné hodnoty PSB jsou nejvyšší u dojnic na čtvrté a vyšší laktaci. Toto zjištění je v souladu s literárními údaji a je spojováno se stárnutím dojnic a strukturálními změnami vemene.

Klíčová slova: dojnice skotu, somatické buňky, dojivost, fáze laktace, parita

Úvod

Kvalita mléka je v mlékárenském průmyslu zásadním ukazatelem, jehož význam roste. Mezi klíčové parametry patří počet somatických buněk (PSB), které odrážejí zdravotní stav mléčné žlázy. PSB tvoří především leukocyty (neutrofily, makrofágy, lymfocyty) a epitelové buňky, přirozeně přítomné v mléce v nízké koncentraci (Alhussien a Dang, 2018). Hladina $\geq 200 \times 10^3$ SB/ml je obecně považována za indikátor zánětu, zejména mastitidy (Hisira et al., 2023), a současně ukazuje na hygienu produkce a kvalitu syrového mléka (Sharma et al., 2011). Faktory ovlivňující PSB lze rozdělit na vnitřní a vnější. Mezi vnitřní patří věk, pořadí a fáze laktace, genetika a plemeno. PSB s věkem a počtem laktací obvykle stoupá (Chernet et al., 2024), přičemž starší krávy jsou náchylnější k infekcím. Fáze laktace ovlivňuje PSB – vyšší hodnoty se vyskytují v rané a pozdní fázi (Lievaaert et al., 2007). Hlavní příčinou zvýšeného PSB je intramamární infekce (Deng et al., 2022), přičemž konkrétní patogeny jako *Staphylococcus aureus*, *E. coli* nebo *Streptococcus uberis* mají různý vliv na mastitidu (Peeler et al., 2000). Další faktory zahrnují tělesnou kondici (BCS) a hmotnost. Např. vyšší BCS při otelení je spojena s nižším PSB u prvotetek, ale vyšším u krav na 3. a vyšší laktaci (Berry et al., 2007). Tělesná hmotnost koreluje pozitivně s PSB, více u krav plemene jersey než u holštýnského skotu (Alhussien a Dang, 2018). Produkce mléka rovněž souvisí s PSB – krávy s vyšší dojivostí mohou mít vyšší PSB (Mukherjee a Dang, 2011), což negativně ovlivňuje kvalitu a složení mléka (Sharma et al., 2017). Vnější faktory zahrnují prostředí, hygienu a management. Nevhodné podmínky, stres a chybný management zvyšují PSB. Naopak dobrá hygiena dojení (čištění a dezinfekce struků, pořadí dojení infikovaných krav) a pracovníků snižuje PSB (Cicconi-Hogan et al., 2013). Důležitá je i údržba dojící techniky (Haskell et al., 2009) a čistota prostředí – stáje, pastviny, ostatní části farmy – zejména kvůli environmentálním patogenům (Goodger et al., 1993). Hygienické nedostatky a hmyz mohou u prvotetek podporovat mastitidu (De Vliegher et al., 2012). Léčba a kontrola mastitidy pomocí programů zaměřených na omezení šíření infekce (např. oddělené dojení, vyřazování chronicky nemocných krav) snižují PSB (Wilson et al., 1995). Rizikovým faktorem je i výživa – nedostatky mohou zvýšit výskyt mastitid (Bludau et al., 2014), zatímco antioxidanty a kvalitní krmná dávka PSB snižují. Vliv mají i roční období a klima – vyšší PSB bývá v období sucha (Chernet et al., 2024), na jaře a v létě (Morse et al., 1988). Extrémní teploty zvyšují stres a snižují příjem krmiva. Geografická poloha může ovlivnit riziko mastitidy u prvotetek (De Vliegher et al., 2012; Archer et al., 2013), stejně jako přenos patogenů mezi zvířaty (De Vliegher et al., 2012). Ekologické a konvenční farmy se liší v přístupu k léčbě, což může ovlivnit PSB, i když rozdíly jsou většinou malé (Haskell et al., 2009). Dalšími účinnými praktikami jsou volné ustájení, kvalitní podestýlka, sledování zdraví vemene a správná terapie suchostojných krav. Význam má i prevence stresu a selekce proti mastitidě. Cílem této studie bylo analyzovat vliv denní dojivosti a fáze laktace na PSB v mléce holštýnských krav ve vybraném chovu, se zaměřením na pořadí laktace.

Materiál a metodika

Hodnocení probíhalo ve velkochovu holštýnských dojnic v nížinné oblasti Jihomoravského kraje (1300 ha). Od října 2022 do září 2023 zde bylo chováno průměrně 373 produkčních dojnic, z 90 % holštýnského plemene. Dojnice byly ustájeny ve volném boxovém bezstelivovém ustájení s matracemi; prvotelky odděleně. Výživa byla přizpůsobena fázi laktace, krmné dávky byly pro skupiny konzistentní. Dojení probíhalo třikrát denně (ke konci laktace dvakrát) v rybinové dojírně Fullwood. Proces zahrnoval očistu vemene mokrou toaletou a prvotní odstříky. Data o nádoji a složkách mléka (včetně PSB) byla elektronicky zaznamenávána do databáze Plemdat s.r.o. a ukládána do systému kontroly užítkovosti (metoda A4), prováděné měsíčně.

Z celkových 373 produkčních dojnic bylo pro vyhodnocení vybráno 200 holštýnských dojnic (H100) s ukončenou normovanou laktací. Tyto dojnice byly rozděleny do skupin podle parity: 1. laktace (68 ks), 2. laktace (44 ks), 3. laktace (44 ks) a 4. a vyšší laktace (44 ks). V rámci každé parity byly dojnice dále rovnoměrně rozděleny do čtyř kvartilů dle produkce mléka za normovanou laktaci: N (nízká užitkovost), MP (mírně podprůměrná), MN (mírně nadprůměrná) a V (vysoká užitkovost). Data z ukončených laktací byla také rozdělena do pěti fází (A–E): A (otelení–40. den), B (41.–100. den), C (101.–200. den), D (201.–300. den) a E (301. den–zaprahnutí).

Statistická analýza dat byla provedena softwarem Statistica.CZ. Normalita dat byla testována Shapiro-Wilkovým testem. Pro normálně distribuovaná data byla použita ANOVA s následným HSD post-hoc testem. U souborů s nenormální distribucí hodnot byl použit Kruskal-Wallisův test a pro následné porovnání pak test vícenásobného porovnávání. Závislost mezi denní dojivostí a obsahem somatických buněk s ohledem na paritu dojnic byla hodnocena Pearsonovou korelační analýzou.

Výsledky a diskuze

V hodnoceném chovu byl vliv denní dojivosti na počet somatických buněk (PSB) v mléce zjišťován pomocí modelu ANOVA, který statisticky průkaznou závislost neprokázal ($P > 0,05$) u žádné z posuzovaných parit dojnic (tabulka č. 1). Výsledky mohly být ovlivněny nižším počtem jedinců v některých skupinách a způsobem jejich zařazení do kvartilů dle úrovně dojivosti, kdy byly dojnice rozděleny podle četnosti bez ohledu na to, zda se jejich produkce nacházela na hraničních hodnotách mezi jednotlivými skupinami. Nejvyšší průměrné hodnoty PSB v mléce (tis./ml) byly zjištěny u dojnic na první laktaci ve skupině MP, na druhé a třetí laktaci ve skupině MN a na čtvrté a vyšších laktacích ve skupině N. Naopak nejnižší průměrné hodnoty PSB byly zjištěny u dojnic s nejvyšší dojivostí na první až třetí laktaci, což svědčí o velmi dobrém zdravotním stavu mléčné žlázy těchto zvířat, který se pravděpodobně pozitivně promítl do jejich vyšší užitkovosti ($P > 0,05$).

Pro objektivnější posouzení vztahu mezi úrovní dojivosti a PSB byla následně provedena Pearsonova korelační analýza, která oproti modelu ANOVA potvrdila statisticky významnou negativní závislost mezi denním nádojem a PSB u dojnic na první ($r = -0,29$) a na čtvrté a vyšší laktaci ($r = -0,35$) ($P < 0,05$) (tabulka č. 2). Vyšší PSB byl tedy spojen s nižší denní dojivostí těchto zvířat. Výsledky jsou v souladu s prací Juozaitiene et al. (2006), kde zvýšení PSB v mléce z 100 na 800 tis./ml vedlo ke snížení dojivosti o 14,4 %. Podobně Pegolo et al. (2021) zaznamenali u holštýnských krav s průměrnou užitkovostí 10 000 kg/laktaci výrazný pokles produkce mléka při nárůstu PSB. Rearte et al. (2022) na základě rozsáhlé databáze více než 1,9 milionu laktací potvrdili vliv parity na vztah mezi PSB a dojivostí, přičemž ke znatelnému poklesu dojivosti při zvýšení PSB docházelo zejména u krav na druhé, třetí a vyšších laktacích, nikoliv u prvotetek. V podobném duchu Hanuš et al. (2007) popsali negativní vliv PSB na mléčnou užitkovost u českého strakatého skotu.

Při hodnocení vlivu fáze laktace byl potvrzen statisticky významný dopad tohoto faktoru na hodnoty PSB u krav na druhé ($P < 0,05$) a zejména na čtvrté a vyšších laktacích ($P < 0,001$) (tabulka č. 3). U starších krav byla nejvyšší průměrná hodnota PSB naměřena po 301. dni laktace, zatímco průkazně nižší hodnoty byly v rámci celé laktace zjištěny mezi 41.–100. a 201.–300. dnem. U prvotetek nebyl vliv fáze laktace statisticky významný ($P > 0,05$), přesto se i zde vyskytovaly vyšší hodnoty PSB na začátku laktace, s tendencí poklesu ve střední části. U krav na třetí laktaci se nejvyšší PSB vyskytoval mezi 41.–100. dnem, ale i zde nebyla statistická významnost prokázána ($P > 0,05$).

Tabulka č. 1. Počet somatických buněk (PSB) v mléce s ohledem na úroveň dojivosti krav

Výše dojivosti		Pořadí laktace							
		1.	PSB	2.	PSB	3.	PSB	4.+	PSB
		Produkce mléka (kg)	(tis./ml)	Produkce mléka (kg)	(tis./ml)	Produkce mléka (kg)	(tis./ml)	Produkce mléka (kg)	(tis./ml)
	n	16		10		12		10	
N	$\bar{x}$	7017 ^D	279	8330 ^C	266	8383 ^D	346	7541 ^{C,a}	631
	SEM	138	125	128,2	167	112,2	104	290	230
	n	17		11		12		10	
MP	$\bar{x}$	8300 ^{C,b}	307	9504 ^{B,a,b}	232	9511 ^C	219	9016 ^{B,b}	370
	SEM	59	84	116,8	86	132,1	61	192,6	97
	n	17		10		12		11	
MN	$\bar{x}$	8865 ^{B,a}	155	10286 ^{B,b}	293	10393 ^B	349	10167 ^{B,a,b}	191
	SEM	52,1	30	33,8	116	149	202	163,1	43
	n	16		10		12		10	
V	$\bar{x}$	10025 ^A	102	11231 ^{A,a}	215	11779 ^A	207	11863 ^A	267
	SEM	240,4	18	212,6	60	206	49	605,8	93
<i>P</i>			0,242		0,559		0,572		0,114

N = nízká úroveň užitkovosti; MP = mírně podprůměrná úroveň užitkovosti; MN = mírně nadprůměrná úroveň užitkovosti; V = vysoká úroveň užitkovosti; P = úroveň průkaznosti; A, B, C = průměry s odlišnými indexy se od sebe odlišují v úrovni $P < 0,01$; a, b = průměry s odlišnými indexy se od sebe odlišují v úrovni $P < 0,05$.

Tabulka č. 2. Hodnoty korelačních koeficientů mezi denní produkcí mléka (kg) a PSB (tis./ml) ve vztahu k pořadí laktace

Pořadí laktace	r
1.	-0,29*
2.	-0,1
3.	-0,1
4.+	-0,35*

* $P < 0,05$

Zvýšení PSB v počátku laktace bylo popsáno i jinými autory (Blowey, 2016), a je často spojováno s imunosupresí organismu a negativní energetickou bilancí typickou pro období po otelení. Oslabená imunita v této fázi může vést k pronikání patogenů do mléčné žlázy a následnému zvýšení PSB. Za klíčovou prevencí je považován odpovídající nutriční management dojníc v tomto období. Zajímavým zjištěním v této práci bylo rovněž to, že u krav na druhé laktaci PSB stoupalo postupně od počátku až do konce laktace ($P < 0,05$), přičemž nejvyšší hodnoty byly zjištěny právě v závěrečné fázi. Blowey (2016) uvádí, že PSB se v mléce mohou zvyšovat nezávisle na přítomnosti infekce, právě v důsledku imunologických změn na začátku a konci laktace.

V rámci sledovaných parit byly celkově nejvyšší průměrné hodnoty PSB naměřeny u krav na čtvrté a vyšších laktacích, což potvrzuje i závěry autorů jako Walsh et al. (2007), kteří uvádějí přímý vztah mezi věkem zvířat a zvýšením PSB v mléce. Starší dojnice bývají v důsledku opakovaných

laktací více náchylné k infekcím, a to, mimo jiné, kvůli prodloužení a rozšíření strukových kanálků, čímž se zvyšuje jejich zranitelnost vůči mastitidám a související nárůst somatických buněk v mléce.

Tabulka č. 3. Vliv fáze laktace na počet somatických buněk (PSB) v mléce krav

Fáze laktace		Pořadí laktace							
		1.		2.		3.		4.+	
		Denní nádoj (kg)	PSB (tis./ml)	Denní nádoj (kg)	PSB (tis./ml)	Denní nádoj (kg)	PSB (tis./ml)	Denní nádoj (kg)	PSB (tis./ml)
A	n	66		41		48		41	
	$\bar{x}$	27,6 ^A	397	36,8 ^{A, a}	156 ^B	37,9 ^D	304	37,5 ^A	391 ^{B, b}
	SEM	0,72	157,6	0,92	57,2	1,16	89,3	1,35	152,5
B	n	66		41		48		41	
	$\bar{x}$	29,1 ^A	180	36,8 ^{A, a}	190 ^{B, b}	36,8 ^{D, a, c}	354	35,5 ^A	332 ^c
	SEM	0,64	40,5	0,85	58,9	1,07	154,1	1,06	104,6
C	n	66		41		48		41	
	$\bar{x}$	29,0 ^A	190	33,1 ^{B, b}	270 ^{A, a}	32,6 ^{C, b}	215	33,0 ^A	358 ^{a, b, c}
	SEM	0,60	48,2	0,67	70,1	0,76	37,4	1,88	102,6
D	n	66		41		48		41	
	$\bar{x}$	27,1 ^A	155	27,4 ^C	319 ^{A, a}	28,7 ^{B, a, c}	203	25,2 ^B	356 ^{a, c}
	SEM	0,63	27,8	0,74	101,3	0,79	35,8	1,05	77,1
E	n	62		38		46		41	
	$\bar{x}$	21,3 ^B	151	22,7 ^D	345 ^{A, a}	22,9 ^A	340	18,6 ^C	490 ^{A, a}
	SEM	0,78	38,3	1,20	131,9	1,21	79,3	1,01	107,4
P			0,876		0,018		0,083		0,0001

A (otelení–40. den), B (41.–100. den), C (101.–200. den), D (201.–300. den) a E (301. den–zapravnutí); $\bar{x}$ = aritmetický průměr; SEM = střední chyba průměru; P = úroveň průkaznosti; A, B, C = průměry s odlišnými indexy se od sebe odlišují v úrovni $P < 0,01$; a, b, c = průměry s odlišnými indexy se od sebe odlišují v úrovni $P < 0,05$.

Závěr

Výsledky studie ukázaly, že vliv výše dojivosti za laktaci nebyl na počet somatických buněk statisticky průkazný dle ANOVA modelu, nicméně, Pearsonova analýza potvrdila negativní korelaci mezi denní dojivostí a PSB u krav na první a čtvrté a vyšších laktacích. Nejvyšší PSB byl zjištěn u starších dojnic a v pozdní fázi laktace, zatímco nejnižší hodnoty měly dojnice s nejvyšší užitkovostí. Byl rovněž potvrzen vztah mezi zvýšeným PSB a poklesem laktózy, což může naznačovat přítomnost subklinické mastitidy. Výsledky podporují význam sledování PSB v souvislosti s užitkovostí, fází laktace a věkem krav jako klíčový ukazatel zdravotního stavu mléčné žlázy a také welfare dojnic.

Studie byla podpořena z prostředků pro institutionální výzkum FVHE VETUNI.

Literatura

- Alhussien, M.N., Dang A.K. 2018. Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. *Veterinary World* 11: 562-577.
- Archer, S.C., McCoy, F., Wapenaar, W., Green, M.J. 2013. Association between somatic cell count early in the first lactation and the longevity of Irish dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96: 2939–2950.

- Berry, D.P., Lee, J.M., Macdonald, K.A., Stafford, K., Matthews, L., Roche, J.R. 2007. Associations among body condition score, body weight, somatic cell count, and clinical mastitis in seasonally calving dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 90: 637-48.
- Blowey, R.W. 2016. A veterinary book for dairy farmers, 4th ed. 5m Publishing.
- Bludau, M.J., Maeschli, A., Leiber, F., Steiner, A., Klocke, P. 2014. Mastitis in dairy heifers: Prevalence and risk factors. *Veterinary Journal* 202: 566-72.
- Cicconi-Hogan, K.M., Gamroth, M., Richert, R., Ruegg, P.L., Stiglbauer, K.E., Schukken, Y.H. 2013. Associations of risk factors with somatic cell count in bulk tank milk on organic and conventional dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science* 96: 3689-702.
- De Vliegher, S., Fox, L.K., Piepers, S., McDougall, S., Barkema, H.W. 2012. Mastitis in dairy heifers: Nature of the disease, potential impact, prevention, and control. *Journal of Dairy Science* 95: 1025-1040.
- Deng, Z., Wang, K., Xu, C., Cao, J., Ma, C. 2022. Prevalence and risk factors associated with high somatic cell count in Chinese dairy herds. *Frontiers in Veterinary Science* 9: 967275.
- Goodger, W.J., Farver, T., Pettetier, J., Johnson, P., DeSnayer, G., Galland, J. 1993. The association of milking management practices with bulk tank somatic cell counts. *Preventive Veterinary Medicine* 15: 235-251.
- Hanuš, O., Frelich, J., Janů, L., Macek, A., Zajíčková, I., Genčurová, V., Jedelská, R. 2007. Impact of different milk yields of cows on milk quality in Bohemian Spotted cattle. *Acta Veterinaria Brno* 76: 563-571.
- Haskell, M.J., Langford, F.M., Jack, M.C., Sherwood, L., Lawrence, A.B., Rutherford, K.M. 2009. The effect of organic status and management practices on somatic cell counts on UK dairy farms. *Journal of Dairy Science* 92: 3775-3780.
- Hisira, V., Zigo, F., Kadaši, M., Klein, R., Farkašová, Z., Vargová, M., Mudroň, P. 2023. Comparative analysis of methods for somatic cell counting in cow's milk and relationship between somatic cell count and occurrence of intramammary bacteria. *Veterinary Science* 10: 468.
- Chernet, T.F., Mwai, O., Meseret, S., Negussie, E., Mrode, R., Tarekegn, G.M., Edea, Z., Gebreyohanes, G., Ekine-Dzivenu, C., Tera, A., Tessema, T.S. 2024. Milk somatic cell count, composition and yield of multi-breed dairy cattle in Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture* 10: 2421957.
- Juozaityene, V., Juozaitis, A., Micikeviciene, R. 2006. Relationship between somatic cell count and milk production or morphological traits of udder in Black-and-White cows. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 30: 47-51.
- Lievaart, J.J., Barkema, H.W., Kremer, W.D.J., van Den Broek, J., Verheijden, J.H., Heesterbeek, J.A. 2007. Effect of herd characteristics, management practices, and season on different categories of the herd somatic cell count. *Journal of Dairy Science* 90: 4137-4414.
- Morse, D., De Lorenzo, M.A., Wilcox, C.J., Collier, R.J., Natzke, R.P., Bray, D.R. 1988. Climatic effects on occurrence of clinical mastitis. *Journal of Dairy Science* 71: 848-853.
- Mukherjee, J., Dang, A.K. 2011. Immune activity of milk leukocytes during early lactation period in high and low yielding crossbred cows. *Milchwissenschaft-Milk Science International* 66: 384-388.
- Peeler, E.J., Green, M.J., Fitzpatrick, J.L., Morgan, K.L., Green, L.E. 2000. Risk factors associated with clinical mastitis in low somatic cell count British dairy herds. *Journal of Dairy Science* 83: 2464-2472.
- Pegolo, S., Giannuzzi, D., Bisutti, V., Tessari, R., Gelain, M.E., Gallo, L., Schiavon, S., Tagliapietra, F., Trevisi, E., Ajmone Marsan, P., Bittante, G., Cecchinato, A. 2021. Associations between differential somatic cell count and milk yield, quality, and technological characteristics in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 104: 4822-4836.
- Rearte, R., Corva, S. G., De La Sota, R.L., Lacau-Mengido, I.M., Giuliodori, M.J. 2022. Associations of somatic cell count with milk yield and reproductive performance in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 105: 6251-6260.
- Sharma, N., Singh, N.K., Bhadwal, M.S. 2011. Relationship of somatic cell count and mastitis: An overview. *Asian Australasian Journal of Animal Science* 24: 429-438.
- Sharma, T., Das, P.K., Ghosh, P.R., Banerjee, D., Mukherjee, J. 2017. Association between udder morphology and in vitro activity of milk leukocytes in high yielding crossbred cows. *Veterinary World* 10: 342-347.
- Walsh, S., Buckley, F., Berry, D. P., Rath, M., Pierce, K., Byrne, N., Dillon, P. 2007. Effects of breed, feeding system, and parity on udder health and milking characteristics. *Journal of Dairy Science* 90: 5767-5779.

Wilson, D.J., Gonzalez, R.N., Sears, P.M. 1995. Segregation or use of separate milking units for cows infected with *Staphylococcus aureus*: Effects on prevalence of infection and bulk tank somatic cell count. *Journal of Dairy Science* 78: 2083-2085.

STANOVENÍ KONCENTRACE MINERÁLNÍCH LÁTEK V KOZÍM MLÉCE V PRŮBĚHU LAKTACE

DETERMINATION OF MINERAL CONCENTRATIONS IN GOAT MILK DURING LACTATION

Martina Kostůková*, Lucie Langová, Michaela Pechová

Ústav chovu zvířat, výživy zvířat a biochemie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární
univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Breeding, Animal Nutrition and Biochemistry, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The content of macro- and microelements in milk depends on a number of environmental, genetic, and physiological factors. The aim of the study was to determine the effect of the lactation phase, associated with the production season, on the content of selected macro- and microelements. The research was conducted between April and August 2024 at a goat farm in Rozsochy. Analyses of macroelements (P, K, Na, Ca, Mg) and microelements (Cu, Fe, Mn, Zn) were performed using flame atomic absorption spectrophotometry (FAAS) and a colorimetric method. The dry matter, ash, and pH contents of the milk samples were also determined. The results showed that the composition of goat milk varies during lactation. We observed a tendency for the concentration of dry matter and ash in milk to increase during lactation. The greatest fluctuations were observed in the concentrations of potassium (0.60–1.93 g/kg), sodium (0.43–1.34 g/kg), calcium (0.77–1.45 g/kg), magnesium (0.11–0.21 g/kg), copper (0.09–0.66 mg/kg), iron (1.32–4.64 mg/kg), and zinc (1.82–3.08 mg/kg).

Key words: goat milk, mineral composition, lactation

Souhrn

Obsah makro- a mikroprvků v mléce závisí na řadě environmentálních, genetických a fyziologických faktorů. Cílem studie bylo zjistit vliv fáze laktace, spojené s produkční sezónou, na obsah vybraných makro- a mikroprvků. Výzkum probíhal v období od dubna do srpna 2024 na kozi farmě v Rozsochách. Analýzy makroprvků (P, K, Na, Ca, Mg) a mikroprvků (Cu, Fe, Mn, Zn) byly prováděny metodou plamenové atomové absorpční spektrofotometrie (FAAS) a kolorimetrickou metodou. Ze vzorků mléka byly dále stanoveny obsahy sušiny, popela a pH. Výsledky ukázaly, že složení koziho mléka je během laktace proměnlivé. U sušiny a popela v mléce jsme zaznamenali tendence v růstu koncentrace těchto látek v průběhu laktace. Největší výkyvy byly zaznamenány u koncentrací draslíku (0,60–1,93 g/kg), sodíku (0,43–1,34 g/kg), vápníku (0,77–1,45 g/kg), hořčíku (0,11–0,21 g/kg), mědi (0,09–0,66 mg/kg), železa (1,32–4,64 mg/kg) a zinku (1,82–3,08 mg/kg).

Klíčová slova: kozí mléko, minerální složení, laktace

Úvod

Kozí mléko a výrobky z něj získávají v posledních letech rostoucí pozornost díky svým nutričním a zdravotním vlastnostem, především kvůli vysokému obsahu výživově hodnotných složek (Pan et al., 2024). Celosvětová populace koz činí přibližně 1,003 miliardy jedinců, z nichž přibližně 203 milionů tvoří dojná stáda. Ta se podílejí na roční produkci zhruba 15,26 milionu tun mléka (Nayik et al., 2022).

* kostukovam@vfu.cz

Kozí mléko se doporučuje jako vhodná alternativa ke kravskému mléku u osob, které mají s jeho konzumací zdravotní obtíže (Paszczyk et al., 2023). Tento potenciální přínos souvisí především s odlišným proteinovým profilem kozího mléka: obvykle obsahuje nižší podíl α s1-kaseinu, převahu varianty A2 β -kaseinu a větší kaseinové micely, což přispívá k rychlejšímu a snadnějšímu trávení (Hodgkinson et al., 2018).

Minerály hrají zásadní roli v udržování tělesného zdraví – podílejí se na stavbě kostí, na enzymatických funkcích a přenosu kyslíku (Chauhan et al., 2021a). Obsah minerálních látek v kozím mléce se pohybuje v rozmezí 0,70–0,85 %, což je více než v mléce kravském (Silanikove et al., 2010).

Úroveň minerálních prvků v mléce různých zvířecích druhů byla podrobně zkoumána. Obecně platí, že v mléce hospodářských zvířat se ve vyšších koncentracích vyskytují prvky jako Ca, Mg, Na a K, zatímco prvky jako Se, Fe, Cu a Zn se nacházejí v nižších koncentracích (Clark a García, 2017). Kozí mléko je zároveň bohaté na lipidy, bílkoviny i esenciální minerální látky jako Ca, P, Mg, Cu a další, což z něj činí cenný přírodní doplněk stravy (Chen et al., 2023).

Vyšší obsah vápníku, draslíku a sodíku přispívá k tomu, že kozí mléko má alkalické pH. Ve srovnání s mlékem kravským obsahuje také relativně více hořčíku, který působí proti stresu, podporuje imunitní systém a slouží jako kofaktor mnoha enzymatických reakcí (Chauhan et al., 2021b).

Obsah mikro – a makroprvků v kozím mléce a ve výrobcích z něj je vysoce variabilní a závisí na řadě faktorů, jako je druh, plemeno, způsob chovu, fáze laktace nebo typ krmiva (Paszczyk et al., 2023).

Hlavním cílem této práce bylo kvantitativně stanovit obsah vybraných makro- (P, K, Na, Ca, Mg) a mikroprvků (Cu, Fe, Mn, Zn) v kozím mléce v průběhu laktace. Dále se studie zaměřila na analýzu variability těchto minerálních složek v závislosti na fázi laktace

Materiál a metodika

Zvířata, výživa a sběr dat

Vzorky mléka pro stanovení obsahu minerálních prvků byly získávány od koz z Kozí farmy Rozsochy v pravidelných čtrnáctidenních intervalech od dubna do srpna 2024. Všechna zvířata byla chována na stejné farmě za stejných podmínek.

Do výzkumu bylo zařazeno 6 zdravých koz, které se nacházely ve stejné fázi laktace a porodily v březnu 2024. Mléko těchto koz bylo určeno výhradně pro výživu mláďat.

V průběhu experimentu byly kozy krmeny lučním senem, které bylo sklízeno na farmě a měly volný přístup k vodě (*ad libitum*). Denně byly od 8:00 do 16:00 vyháněny na pastvu, kde měly k dispozici vodu.

Jeden vzorek od jedné kozy měl objem 0,3–0,5 litru. Odběr byl prováděn ručně v odpoledních hodinách majitelkou farmy. Vzorky mléka nebyly konzervovány, po odběru byly ihned zchlazeny na teplotu od 5 do 8 °C. Od každé kozy bylo takto získáno 9 vzorků. Dohromady bylo analyzováno 54 vzorků mléka.

Odběr probíhal za standardních hygienických podmínek. Před každým odběrem bylo vemeno důkladně omyto a dezinfikováno, aby se zajistila zdravotní nezávadnost vzorků. Následoval odstřík prvního proudu mléka mimo sběrnou nádobu, poté bylo mléko odebráno do sterilních, označených nádob. Vzorky byly do 24 hodin transportovány v termoboxu do laboratoře k analýze.

Analýza minerálů

V rámci laboratorních analýz kozího mléka byly stanoveny následující složky: obsah sušiny, popela, pH a vybrané makro – a mikroprvky – fosfor (P), draslík (K), sodík (Na), vápník (Ca), hořčík (Mg), měď (Cu), železo (Fe), mangan (Mn) a zinek (Zn).

Hodnota pH byla stanovena bezprostředně po odběru vzorku pomocí kalibrovaného pH-metru FiveEasy FP20 (Mettler-Toledo, Greifensee, Switzerland).

Pro stanovení anorganických složek bylo mléko podrobeno suché mineralizaci podle normy ISO 5545. Vzniklý popel byl rozpuštěn v roztoku kyseliny chloristé a připraven pro následnou analýzu podle metodiky uvedené v ČSN EN ISO 6869.

Obsah minerálních prvků byl stanoven pomocí plamenového atomového absorpčního spektrofotometru (FAAS) Agilent 240 AA (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA), optimalizovaného pro měření v plameni vzduch–acetylen. Kvantifikace prvků byla provedena na základě kalibračních křivek připravených pomocí certifikovaných standardů (ASTASOL, Lach-Ner, Czech Republic).

Jednotlivé prvky byly měřeny při těchto vlnových délkách; Cu: 324,8 nm; Fe: 248,0 nm; Mn: 279,5 nm; Zn: 213,8 nm; Ca: 422,6 nm; K: 766,35 nm; Mg: 285,2 nm; Na: 589,6 nm.

Koncentrace K, Na, Ca a Mg byly vyjádřeny v jednotkách g/kg mléka, koncentrace Cu, Fe, Mn a Zn pak v mg/kg mléka.

Fosfor (P) byl stanoven samostatně pomocí kolorimetrické metody s molybdenanem amonným, při které vzniká žlutý komplex molybdenanu fosforečného. Absorbance byla měřena na spektrofotometru Agilent 240 AA při vlnové délce 880 nm.

Všechna měření byla provedena ve trojím opakování, přičemž byly použity slepé vzorky a kontrolní standardy k ověření přesnosti a reprodukovatelnosti výsledků.

Statistická analýza

Všechny statistické analýzy byly provedeny pomocí softwaru STATISTICA CZ, verze 10 (StatSoft Inc., Tulsa, USA). Pro všechny sledované znaky byly vypočteny aritmetické průměry a směrodatné chyby průměru (SE).

Normalita rozdělení dat byla ověřena pomocí Shapiro–Wilkova testu. Pro znaky, u nichž byla prokázána normalita (P, K, Ca, Fe, Mn a Zn), byla použita analýza rozptylu (ANOVA) s následným post-hoc testem Tukey HSD.

U proměnných, které nesplňovaly předpoklad normality (sušina, popel, pH, Na, Mg a Cu), byl aplikován neparametrický Kruskal–Wallisův test.

Ve všech statistických modelech bylo jako fixní efekt zahrnuto datum odběru vzorku. Statistická významnost byla posuzována na hladině $P < 0,05$.

Výsledky a diskuze

Tato studie se zabývala stanovením obsahu devíti minerálních prvků v kozím mléce v průběhu laktace. Sledované období bylo rozděleno do devíti odběrových dní, jak je znázorněno v tabulce č. 1. V pravidelných čtrnáctidenních intervalech byla hodnocena sušina, popel, pH a obsah minerálních látek v čerstvém mléce, a to se zaměřením na makroprvky (P, K, Na, Ca, Mg) a stopové prvky (Cu, Fe, Mn, Zn).

Hodnota pH kozího mléka (tab.1) se v našem sledovaném období pohybovala v rozmezí 6,57–7,23. Nejnížší hodnota pH byla naměřena 29. května, zatímco nejvyšší hodnota pH byla zjištěna na konci srpna. Kljajevic et al. (2018), ve své práci zaznamenali pouze mírné výkyvy pH během laktace, hodnota pH se pohybovala v rozmezí 6,69 – 6,73. Prokázali, že s rostoucí relativní vlhkostí pH kozího mléka klesá, naopak s delší dobou slunečního svitu pH mléka stoupá. Mukhekar et al. (2017) uvádí, že průměrná hodnota pH mléka plemene Sangamneri byla naměřena od 6,20 do 6,60; přičemž roční období nemělo významný vliv na pH kozího mléka. Naproti tomu byl v práci Barłowska et al. (2020) prokázány statisticky významné rozdíly v pH mezi zimou a jarem/létem a mezi zimou a podzimem, přičemž v zimě dosahovalo nejnižších hodnot pH, což odpovídá naší studii, kdy na jaře a v létě bylo pH vyšší.

Nejvyšší obsah sušiny v kozím mléce (tab.1) byl v naší práci zaznamenán na počátku sledovaného období, kdy průměrná hodnota dosáhla 13,42 %. Nejnížší hodnota byla naměřena dne 12. června a činila 9,47 %. Následně byl pozorován pozvolný nárůst až na 12,68 % ke konci sledovaného období. Singh et al. (2025) uvádí průměrnou hodnotu sušiny v mléce 13,09 %, zatímco Güzeler et al. (2010) uvádí hodnotu sušiny v rozmezí 9,94 % – 13,58 %, což odpovídá i naší studii. Složení

mléka, včetně obsahu sušiny, je významně ovlivňováno i negenetickými faktory, jako jsou konkrétní podmínky chovu, pořadí a fáze laktace (Pizarro et al., 2020). Ve studii Güzeler et al. (2010) dochází v průběhu laktace k výkyvům v obsahu sušiny, přičemž s jejím prodlužováním se koncentrace sušiny zvyšuje.

V naší studii se obsah popela pohyboval v rozmezí od 0,7 % do 0,9 %, přičemž maximální a minimální hodnoty byly zaznamenány mezi prvním a posledním odběrem vzorků (tab.1). Podle dostupných údajů se obsah popela v kozím mléce liší v závislosti na plemeni a geografické oblasti, přičemž obvykle kolísá mezi 0,67 % - 0,86 % (Jaafar et al., 2018). V pozdní fázi laktace má obsah popela tendenci výrazně stoupat oproti raným fázím (Noutfia et al., 2014). Tento trend byl potvrzen i v naší studii a ve studii Singh et al. (2025) u různých plemen koz i za rozdílných podmínek chovu, přičemž kozy chované na farmách vykazují vyšší hodnoty obsahu popela ve srovnání s kozami z volného chovu.

Tabulka č. 1. pH, sušina a popel v kozím mléce v průběhu laktace (Průměr±SD)

datum odběru	n	pH		sušina			popel		
29.04.2024	6	7,07	± 0,16	134,25 ^a	± 28,90		7,02 ^b	± 0,55	
14.05.2024	6	6,98	± 0,04	104,28	± 12,45		7,83	± 0,47	
29.05.2024	6	6,57 ^B	± 0,25	111,94	± 7,25		6,90	± 1,41	
12.06.2024	6	6,65 ^B	± 0,12	94,73 ^b	± 6,52		7,84	± 0,24	
04.07.2024	6	6,88	± 0,42	110,71	± 15,03		7,66	± 0,75	
18.07.2024	6	6,72	± 0,24	125,16	± 22,87		7,79	± 1,58	
01.08.2024	6	6,93	± 0,14	98,58	± 12,79		7,97	± 0,51	
15.08.2024	6	6,85	± 0,16	125,55	± 14,00		7,04 ^b	± 0,46	
30.08.2024	6	7,23 ^A	± 0,16	126,82 ^a	± 14,96		8,93 ^a	± 1,08	

A, B, C,D = průměry s odlišnými indexy se od sebe odlišují v úrovni $P < 0,01$; a, b, c, d, e = průměry s odlišnými indexy se od sebe odlišují v úrovni $P < 0,05$; n = četnost vzorku; SD = směrodatná odchylka

V této studii byly největší výkyvy během laktace zaznamenány v koncentraci draslíku (K), přičemž maximální průměrná hodnota byla naměřena 18. července a činila 1,93 g/kg (tab.2). Celkové průměrné koncentrace draslíku se v našem sledování pohybovaly v rozmezí od 0,60 do 1,93 g/kg. Rodríguez et al. (2002) uvádějí průměrné hodnoty obsahu draslíku v kozím mléce v intervalu 1,21–2,16 g/kg. Některé studie prokazují, že hladiny draslíku v mléce nejsou ovlivněny fází laktace (Gitam Singh & Sharma, 2016; Güzeler et al., 2010), jiné však (Sudharsan et al., 2021) v souladu s naší studií dokumentují významné rozdíly mezi jednotlivými fázemi laktace. Obdobně Park a Chukwu (1988) uvádějí kolísání koncentrací draslíku v průběhu laktace.

Koncentrace sodíku (Na) se v naší práci pohybovala v rozmezí od 0,43 do 1,34 g/kg (tab.2). Mezi jednotlivými odběrovými dny nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Na počátku sledovaného období byly hodnoty Na relativně nízké. Od poloviny května do konce června byl pozorován pozvolný nárůst, zejména ve dnech 12. června a 4. července, avšak tento trend nebyl statisticky průkazný. Zvýšení koncentrace Na může souviset se zvýšenými požadavky organismu na udržení iontové rovnováhy během teplejších měsíců. Tyto výsledky korespondují se studií Kędzierska-Matysek et al. (2015), kteří ve své práci zjistili, že koncentrace Na v kozím mléce dosahuje nejvyšších hodnot během pozdní fáze laktace, která často časově koresponduje s obdobím podzimně-zimního krmení. Hodnoty Na v mléce se však mohou výrazně lišit v průběhu roku, přičemž průměrná koncentrace dosahuje hodnoty 0,44 g/kg (Moreno-Rojas et al., 1994).

Koncentrace vápníku (Ca) v kozím mléce v průběhu sledovaného období výrazně kolísala. Nejvyšší koncentrace byly zaznamenány na jaře, zejména v květnu, zatímco nejnižší hodnoty byly naměřeny

koncem srpna (tab.2). Výsledky statistické analýzy potvrdily, že koncentrace Ca byla nejvyšší v jarních měsících a v průběhu léta postupně klesala. Podobný trend uvádí i studie Guo et al. (2001) provedená v Severní Americe, která zaznamenala pokles koncentrace Ca ve směsném kozím mléce od jara do léta, přičemž nejnižší hodnoty byly zaznamenány přibližně ve 20. týdnu laktace. S příchodem zimy pak koncentrace opět vzrostla. Ve Španělsku byla průměrná koncentrace Ca v kozím mléce stanovena na 1,55 g/kg, přičemž hodnoty vykazovaly sezónní variabilitu (Moreno-Rojas et al., 1994). Významné rozdíly v obsahu vápníku mezi ročními obdobími byly rovněž zaznamenány ve studii provedené v indickém Rádžasthánu, a to u plemen Jakhrana a Sirohi (Singh et al., 2025).

Průměrná koncentrace hořčíku (Mg) se v této studii pohybovala v rozmezí od 0,11 do 0,21 g/kg (tab.2). Během sledovaného období byl zaznamenán postupný nárůst koncentrace Mg od dubna do srpna, přičemž jednotlivé odběrové dny vykazovaly mírné výkyvy. Statisticky významné rozdíly byly prokázány mezi odběry provedenými v dubnu a květnu ve srovnání se srpnovými odběry, které vykazovaly nejvyšší koncentrace Mg v mléce. Sezónní variabilita koncentrace Mg v kozím mléce byla popsána v různých geografických oblastech i chovatelských podmínkách. V Indii vykazovaly kozy plemene Jakhrana vyšší koncentrace Mg v zimním období ve srovnání s létem a obdobím monzunových dešťů. Zároveň bylo zjištěno, že kozy chované ve stájích měly konzistentně vyšší hladiny Mg než kozy ve volném chovu (Singh et al., 2014). Výzkum provedený ve Španělsku rovněž potvrdil sezónní kolísání koncentrace Mg v kozím mléce, s průměrnou hodnotou 0,14 g/kg (Moreno-Rojas et al., 1994).

Tabulka č. 2. Koncentrace makroprvků v kozím mléce v průběhu laktace (Průměr±SD)

datum odběru	n	g/kg původní hmoty				
		P	K	Na	Ca	Mg
29.04.2024	6	0,74 ± 0,14	0,76 ^{B,D,c,d} ± 0,28	0,54 ± 0,40	1,07 ± 0,17	0,12 ^{b,c,e} ± 0,02
14.05.2024	6	0,84 ± 0,15	1,42 ^{A,B,a,b} ± 0,23	0,49 ± 0,19	1,45 ^{A,a} ± 0,28	0,11 ^{B,d,e} ± 0,02
29.05.2024	6	0,72 ± 0,19	1,65 ^A ± 0,19	0,43 ± 0,14	1,17 ± 0,19	0,11 ^{B,d,e} ± 0,02
12.06.2024	6	0,77 ± 0,06	1,77 ^A ± 0,42	0,65 ± 0,45	0,77 ^B ± 0,23	0,13 ± 0,02
04.07.2024	6	0,75 ± 0,15	1,41 ^{A,B,a,b} ± 0,57	0,79 ± 0,37	0,88 ^B ± 0,17	0,15 ± 0,04
18.07.2024	6	0,82 ± 0,21	1,93 ^{A,a} ± 0,43	0,88 ± 0,67	0,93 ^b ± 0,19	0,17 ± 0,03
01.08.2024	6	0,63 ± 0,18	1,27 ^{b,c} ± 0,27	0,66 ± 0,29	0,77 ^B ± 0,11	0,14 ± 0,02
15.08.2024	6	0,87 ± 0,21	0,6 ^{D,d,e} ± 0,14	0,83 ± 0,26	1,02 ± 0,14	0,18 ^{a,b} ± 0,03
30.08.2024	6	0,90 ± 0,22	0,74 ^{B,D,c,d} ± 0,24	1,34 ± 0,59	0,90 ^B ± 0,47	0,21 ^{A,a} ± 0,04

A, B, C,D = průměry s odlišnými indexy se od sebe odlišují v úrovni $P < 0,01$; a, b, c, d, e = průměry s odlišnými indexy se od sebe odlišují v úrovni $P < 0,05$; n = četnost vzorku; SD = směrodatná odchylka

V této studii se koncentrace mědi (Cu) v kozím mléce pohybovala v rozmezí od 0,09 do 0,66 mg/kg (tab.3). Nejvyšší hodnota (0,66 mg/kg) byla zaznamenána na počátku sledovaného období, poté následoval postupný pokles až do začátku července, kdy koncentrace klesla na 0,11 mg/kg. Výrazné výkyvy v koncentraci mědi, byly zaznamenány v průběhu celého sledovaného období, kdy při posledním odběru činila koncentrace Cu 0,09 mg/kg. Fyziologicky se Cu vyskytuje v nejvyšších koncentracích v mlezivu; její hladina klesá na obvyklé hodnoty během 5–6 dní po porodu (Akinsoyinu & Tewe, 1979). Podle Pan et al. (2024) dochází během laktace k poklesu koncentrace Cu mezi 1.–150. dnem, následně však probíhá nárůst v období 150.–240. dne. Tyto výsledky jsou v souladu s pozorováními Kędzierska-Matysek et al. (2015), kteří rovněž uvádějí, že koncentrace mědi v mléce klesá od začátku laktace do její střední fáze a v pozdní laktaci může opět narůstat. Koncentrace Cu jsou rovněž ovlivňovány sezónními podmínkami – vyšší hodnoty bývají běžně

zaznamenávány během zimního krmného období na počátku laktace ve srovnání s letními a podzimními měsíci (Kędzińska-Matysek et al., 2015). Podle Pan et al. (2024) může být tento trend spojen se změnami distribuce Cu v různých mléčných frakcích a s koncentrací ceruloplazminu – enzymu, jehož hladina se s prodlužující se laktací snižuje.

Koncentrace železa (Fe) v této studii vykazovaly výraznou variabilitu nejen mezi jednotlivými vzorky, ale i mezi odběrovými dny. Průměrné hodnoty se pohybovaly v rozmezí 1,32–4,64 mg/kg (tab.3). Celkově nebyl zaznamenán jednoznačný trend, ale spíše kolísání koncentrací Fe v průběhu fází laktace. Obsah Fe v kozím mléce dosahuje nejvyšších hodnot v mlezivu a během prvního týdne po porodu prudce klesá (Akinsoyinu & Tewe, 1979). Obdobné průměrné hodnoty v koncentraci Fe popisuje i Antunovic et al. 2024, avšak v rozporu s našimi výsledky uvádí, že koncentrace železa rostla do 90 dne laktace.

U manganu (Mn), obdobně jako u Fe, nebyl v této studii zaznamenán statisticky průkazný rozdíl v koncentraci mezi jednotlivými odběrovými termíny. Hodnoty koncentrace Mn se pohybovaly v rozmezí 0,13–0,39 mg/kg mléka (tab.3). Aganga et al. (2002) zjistili, že koncentrace Mn v průběhu laktace u koz plemene Tswana kolísají, což potvrzuje i studie Pan et al. (2024), která uvádí, že distribuce a koncentrace manganu se v průběhu laktace mění a nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v kaseinové frakci kozího mléka. Na rozdíl od výsledků Kędzińska-Matysek et al. (2015), kteří uvádějí rostoucí trend koncentrace Mn od začátku do konce laktace, naše výsledky tento vývoj nepotvrzují a spíše ukazují na kolísání hladin v průběhu laktace. Na koncentraci manganu v mléce mohou mít rovněž vliv faktory, jako jsou například oblast chovu a použité krmné strategie (Kędzińska-Matysek et al., 2015).

Tabulka č. 3. Koncentrace mikroprvků v kozím mléce v průběhu laktace (Průměr±SD)

datum odběru	n	mg/kg původní hmoty							
		Cu		Fe		Mn		Zn	
29.04.2024	6	0,66 ^{A,a,b}	± 0,24	3,78	± 2,56	0,23	± 0,18	2,91 ^{a,b}	± 0,56
14.05.2024	6	0,38	± 0,06	1,71	± 0,79	0,19	± 0,10	2,89 ^{a,b,c}	± 0,58
29.05.2024	6	0,35	± 0,04	1,32	± 0,69	0,23	± 0,16	2,23	± 0,68
12.06.2024	6	0,14 ^{B,C,c}	± 0,06	4,32	± 2,54	0,39	± 0,35	2,49	± 0,50
04.07.2024	6	0,11 ^C	± 0,04	1,56	± 1,25	0,13	± 0,08	1,92 ^{b,c,e}	± 0,41
18.07.2024	6	0,28	± 0,15	4,64	± 3,73	0,30	± 0,15	3,08 ^{A,a}	± 0,58
01.08.2024	6	0,17 ^{a,c}	± 0,07	3,01	± 0,93	0,27	± 0,24	1,82 ^{B,d,e}	± 0,30
15.08.2024	6	0,58 ^{A,B,a}	± 0,14	3,75	± 1,70	0,23	± 0,11	1,86 ^{c,d}	± 0,41
30.08.2024	6	0,09 ^C	± 0,03	2,24	± 1,05	0,14	± 0,05	2,23	± 0,84

A, B, C,D = průměry s odlišnými indexy se od sebe odlišují v úrovni $P < 0,01$; a, b, c, d, e = průměry s odlišnými indexy se od sebe odlišují v úrovni $P < 0,05$; n = četnost vzorku; SD = směrodatná odchylka

V naší studii vykazoval zinek (Zn) v kozím mléce postupně klesající trend s výjimkou výrazného výkyvu v polovině července, kdy koncentrace dosáhla maxima 3,08 mg/kg (tab.3). Průměrná koncentrace Zn se pohybovala v rozmezí 1,82–3,08 mg/kg. Obsah zinku v kozím mléce se mezi jednotlivými studiemi značně liší. Sawaya et al. (1984) uvádějí hodnotu 1,5 mg/kg u koz plemen Aardi a Masri, zatímco Rodríguez et al. (2002) zjistili vyšší koncentrace, s průměrnou hodnotou 3,31 mg/kg (rozmezí 1,6–4,6 mg/kg). Bilandžić et al. (2015) naměřili hodnotu 4,0 mg/kg v chorvatském kozím mléce a Moreno-Rojas et al. (1993) ve své roční studii uvádějí průměr 4,76 mg/kg. Rodríguez et al. (2002) rovněž zjistili, že četnost dojení ovlivňuje obsah Zn; kozy dojené jednou denně měly nižší koncentrace zinku než dojené dvakrát denně. Různé studie uvádějí rozporné výsledky ohledně vývoje koncentrace Zn v průběhu laktace. Zatímco Antunović et al.

(2018) zaznamenali zvýšení hladin Zn, v naší práci jsme zaznamenali pokles koncentrace s postupující laktací stejně jako ve studii Kędzierska-Matysek et al. (2015). Vyšší koncentrace Zn ve srovnání se zralým mlékem byly zjištěny v kolostru (Akinsoyinu & Tewe, 1979). Obsah zinku v mléce může být ovlivněn také oblastí produkce, typem krmení a managementem chovu (Kędzierska-Matysek et al., 2015).

Závěr

Výsledky analýz potvrdily, že složení minerálních látek v kozím mléce podléhá během laktace vysoké variabilitě. Největší variabilita byla zaznamenána u draslíku, sodíku, vápníku, hořčíku, mědi, železa a zinku. Zjištěné výsledky rovněž ukazují, že ačkoliv všechna sledovaná zvířata byla chována ve stejných podmínkách a krmena shodnou krmnou dávkou, mezi danými měřeními existovaly rozdíly ve složení minerálních látek v mléce. Tyto odlišnosti mohou být způsobeny genetickými predispozicemi samic, zdravotním stavem či věkem. Tyto faktory však nebyly v rámci této práce primárně sledovány a mohou být předmětem dalších výzkumů.

Na základě získaných dat lze konstatovat, že minerální složení kozího mléka je výsledkem komplexního působení celé řady faktorů, včetně výživy, zdravotního stavu, fáze laktace, klimatických podmínek a individuálních vlastností jednotlivých zvířat. Výsledky této práce mohou přispět k lepšímu pochopení nutriční hodnoty kozího mléka v různých obdobích pastevní sezóny a mohou být využity jako podklad pro optimalizaci krmné dávky či managementu chovu za účelem dosažení vyšší kvality mléka s ohledem na obsah minerálních látek.

Literatura

- Aganga, A.A., Amarteifio, J.O., Nkile, N. 2002. Effect of stage of lactation on nutrient composition of Tswana sheep and goat milk. *Journal of Food Composition and Analysis* 15: 533-543.
- Akinsoyinu, A.O., Tewe, O.O., Mba, A.U. 1979. Concentration of trace elements in milk of West African dwarf goats affected by state of lactation. *Journal of Dairy Science* 62: 921-924.
- Antunović, Z., Marić, I., Lončarić, Z., Novoselec, J., Mioč, B., Klir, Ž. 2018. Changes in macroelements, trace elements, heavy metal concentrations and chemical composition in milk of Croatian spotted goats during different lactation stages. *International Journal of Dairy Technology* 71: 621-628.
- Barłowska, J., Pastuszka, R., Krol, J., Brodziak, A., Teter, A., Litwinczuk, Z. 2020. Differences in physico-chemical parameters of goat milk depending on breed type, physiological and environmental factors. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 44: 720-728.
- Bilandžić, N., Sedak, M., Đokić, M., Božić, Đ. 2015. Determination of macro-and microelements in cow, goat, and human milk using inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Spectroscopy Letters* 48: 677-684.
- Clark, S., García, M.B.M. 2017. A 100-year review: Advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science* 100: 10026-10044.
- Guo, M.R., Dixon, P.H., Park, Y.W., Gilmore, J.A., Kindstedt, P.S. 2001. Seasonal changes in the chemical composition of commingled goat milk. *Journal of Dairy Science* 84: E79-E83.
- Güzeler, N., Say, D., Kaçar, A. 2010. Compositional changes of Saanen×Kilis goats' milk during lactation. *Journal of Dairy Research* 77: 325-330.
- Hodgkinson, A.J., McLachlan, M., Hessey, R., van den Brink, H.J.M. 2018. Gastric digestion of cow and goat milk: Impact of infant and young child in vitro digestion conditions. *Food Chemistry* 245: 275-281.
- Chauhan, S.S., Sharma, R.K., Singh, D.V., Shukla, S.K., Palod, J., Singh, M.K. 2021a. Studies on serum mineral profile and kidney function of broiler chickens fed diets containing different supplements. *Indian Journal of Animal Research* 55: 189-192.
- Chauhan, S., Powar, P., Mehra, R. 2021b. A review on nutritional advantages and nutraceutical properties of cow and goat milk. *International Journal of Applied Research* 7: 101-105.
- Chen, Q., Li, X., Wang, Y., Zhao, L., Huang, L., Zhang, S., Liu, J., Yang, X., Sun, W. 2023. Elucidating gut microbiota and metabolite patterns shaped by goat milk-based infant formula feeding in mice colonized by healthy infant feces. *Food Chemistry* 410: 135413.

- Jaafar, S.H.S., Hashim, R., Hassan, Z., Arifin, N. 2018. A comparative study on physicochemical characteristics of raw goat milk collected from different farms in Malaysia. *Tropical Life Sciences Research* 29: 195-204.
- Kedzierska-Matysek, M., Barłowska, J., Litwinczuk, Z., Koperska, N., 2015. Content of macro- and microelements in goat milk in relation to the lactation stage and region of production. *Journal of Elementology* 20: 177-186.
- Kljajevic, N.V., Tomasevic, I.B., Miloradovic, Z.N., Nedeljkovic, A., Miocinovic, J.B., Jovanovic, S.T. 2018. Seasonal variations of Saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions. *Journal of Food Science and Technology* 55: 299-303.
- Moreno-Rojas, R., Zurera-Cosano, G., Amaro-Lopez, M.A. 1994. Concentration and seasonal variation of calcium, magnesium, sodium and potassium in raw cow, ewe and goat milk. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 45: 99-105.
- Mukhekar, A., Desale, R.J., Potey, M. 2017. Studies on physico-chemical properties of Sangamneri goat milk in various seasons of milking. *International Journal of Biological & Pharmaceutical Sciences* 3: 21-28.
- Nayik, G.A., Hassan, I.F., Hasan, M.Z., Baba, W.N. 2022. Nutritional profile, processing and potential products: A comparative review of goat milk. *Dairy* 3: 622-647.
- Noutfia, Y., Zantar, S., Ibnelbachyr, M., Abdelouahab, S., Ounas, I. 2014. Effect of stage of lactation on the physical and chemical composition of Drâa goat milk. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 14: 1981-1991.
- Pan, J., Wang, Y., Li, H., Zhang, L. 2024. Effect of lactation on the distribution of mineral elements in goat milk. *Journal of Dairy Science* 107: 2774-2784.
- Park, Y. W., Chukwu, H. I. 1988. Macro-mineral concentrations in milk of two goat breeds at different stages of lactation. *Small Ruminant Research* 1: 157-166.
- Paszczyk, B., Średnicka-Tober, D., Wójcik, J., Zygmier, W. 2023. Health-promoting ingredients in goat's milk and fermented goat's milk drinks. *Animals* 13: 907.
- Pizarro I.M.G., Navas González, F.J., Landi, V., León Jurado, J.M., Delgado Bermejo, J.V., Fernández Álvarez, J., Martínez Martínez, M.D.A., 2020. Goat milk nutritional quality software-automatized individual curve model fitting, shape parameters calculation and Bayesian flexibility criteria comparison. *Animals* 10: 1693.
- Rodríguez, E. M., Sanz Alaejos, M., Díaz Romero, C., 2002. Mineral content in goats' milks. *Journal of Food Quality* 25: 343-358.
- Sawaya, W.N., Jehangir, K.K., Abdullah, F. Al-S. 1984. Mineral and vitamin content of goat's milk. *Journal of the American Dietetic Association* 84: 433-435.
- Serrano, M.P., Gambín, P., Landete-Castillejos, T., García, A., Cappelli, J., Pérez-Barbería, F. J., Gómez, J.A., Gallego, L. 2018. Effects of Mn supplementation in late-gestating and lactating red deer (*Cervus elaphus hispanicus*) on milk production, milk composition, and calf growth. *Journal of Animal Science* 96: 2038-2049.
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., Prosser, C.G. 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research* 89: 110-124.
- Singh, D., Chauhan, R., Kumar, N., Swarankar, P., Goura, R., Sharma, K., Kumar, N. 2025. Influence of seasons on the goat milk composition reared under conditions of Amber tehsil of Jaipur district. *Journal of Animal Science and Technology* 7: 21-28.
- Singh, G., Sharma, R.B., Mishra, R. 2014. Seasonal variations in the milk minerals of Jakhrana goats under field and farm rearing conditions. *Journal of Community Mobilization and Sustainable Development* 9: 120-123.
- Singh, G., Sharma, R.B. 2016. Effect of rearing systems on mineral contents of milk during lactation in Jamunapari goats. *Small Ruminant Research* 146: 270-271.
- Strzałkowska, N., Kowalski, Z., Czerniak, U., Nowak, A., Piotrowska, M., Zieliński, T. 2008. Macro- and micro-elements' concentration in goat milk during lactation. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 58: 404-411.
- Sudharsan, M., Kannan, A., Davis, J, Radha, K., Kamalahasan, K., Muralikrishna, P. 2017. Milk fat globule size of indigenous goat breeds in Kerala. *Journal of Food Science and Technology* 54: 24-27.

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ POMĚR PROTEINU KE KREATININU U KOZ FACTORS AFFECTING THE PROTEIN-TO-CREATININE RATIO IN GOATS

Jana Blahová*, Marie Bělocká

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Urinalysis is an integral part of assessing the health status of animals. Urine analysis plays a significant role in diagnosing urinary system diseases and other health conditions. A basic part of the examination includes determining protein, which is found in minimal concentrations in healthy animals, but its levels are often elevated in animals with urinary tract diseases. The protein content is frequently influenced by urine specific gravity; therefore, the protein-to-creatinine ratio (UPC) is used, as creatinine is excreted continuously. Previous studies have shown that in some animal species, the UPC parameter can be influenced by various factors, such as age or sex. However, for some animal species, information on this topic is minimal. The scientific literature lacks sufficient data on UPC values in goats and the factors that may influence this parameter are not well known. The present study aimed to determine whether UPC in goats can be affected by age or sex. A total of 109 urine samples were collected via spontaneous micturition and subsequently divided into three age groups: kids (0 to 6 months, $n=22$), young individuals (6 months to 2 years, $n=20$), and adult animals (2 years and older, $n=67$). Statistical analysis demonstrated the influence of both age and sex on UPC in goats. A significant effect of age was observed between the adult group and both younger groups. Adult animals had statistically significantly higher UPC values compared to the other groups. The same result was found for both protein and creatinine levels. The effect of sex on UPC, protein, and creatinine was assessed in males and females across all age groups and by comparing both sexes within each age category. In females, all analytes followed the same trend observed when evaluating age's influence across all samples. In males, no significant difference in UPC was found between age categories. However, a significant difference in protein levels was observed between the youngest and oldest age categories. Creatinine analysis showed the same trend in males as in females. Furthermore, differences between sexes within individual age groups were evaluated. The analysis revealed a statistically significant difference between males and females only for the UPC in the age category of individuals older than 24 months. In this group, females had significantly higher UPC values compared to males.

Key words: urine analysis, urine chemical examination, proteinuria, kidney

Souhrn

Vyšetření moči je nedílnou součástí hodnocení zdravotního stavu zvířat. Analýza moči se významně uplatňuje při diagnostice nejen onemocnění močového aparátu, ale také jiných onemocnění. Součástí základního vyšetření je stanovení proteinu, který se u zdravého zvířete vyskytuje v minimální koncentraci, ale u zvířete s onemocněním vylučovací soustavy bývají hodnoty zvýšené. Obsah proteinu je často ovlivněna hustotou moči, proto se používá stanovení poměru proteinu ke kreatininu (UPC), protože kreatinin se vylučuje kontinuálně. V dříve realizovaných studiích bylo zjištěno, že u některých druhů zvířat může být parametr UPC ovlivněn různými faktory, jako například věkem nebo pohlavím. U některých živočišných druhů jsou ovšem informace na toto téma

* blahovaj@vfu.cz

velmi omezené. V odborné literatuře není dostatek zdrojů uvádějících parametr UPC u koz a nejsou dostatečně známy faktory, které mohou tento ukazatel ovlivňovat. Cílem realizované studie bylo prokázat, zda UPC u koz může být ovlivněno věkem nebo pohlavím. V rámci studie bylo spontánní mikcí získáno 109 vzorků, které byly následně rozděleny do tří věkových skupin – kůzlata (0 až 6 měsíců, $n=22$), mladí jedinci (6 měsíců až 2 roky, $n=20$) a dospělá zvířata (2 roky a více, $n=67$). Statistická analýza prokázala vliv pohlaví i věku na UPC u koz. Signifikantní vliv věku byl zaznamenán mezi skupinou dospělých zvířat a oběma skupinami mladších jedinců. Dospělá zvířata měla statisticky vysoce významně vyšší hodnoty UPC oproti zbývajícím skupinám. Stejný výsledek byl zjištěn i v případě obsahu proteinu a kreatininu. Posouzení vlivu pohlaví na UPC, protein a kreatinin bylo provedeno u samců a samic všech věkových skupin a také srovnáním obou pohlaví v jednotlivých věkových skupinách. U samic byl u všech analytů zjištěn stejný trend jako při hodnocení vlivu věku všech vzorků. U samců nebyl při hodnocení UPC prokázán signifikantní rozdíl mezi věkovými kategoriemi. V případě proteinu se ukázalo, že existuje signifikantní rozdíl mezi nejmladší a nejstarší věkovou kategorií. Analýza kreatininu prokázala stejný výsledek jako v případě samic. Dále byly hodnoceny jednotlivé věkové skupiny a bylo zjišťováno, zda u nich existuje rozdíl mezi pohlavími. Vyhodnocení ukázalo, že statisticky významný rozdíl existuje mezi samci a samicemi pouze v případě parametru UPC ve věkové kategorii jedinců starších 24 měsíců. Hodnoty u samic byly statisticky významně vyšší než u samců.

Klíčová slova: analýza moči, chemické vyšetření moči, proteinurie, ledviny

Úvod

Vyšetření moči je nedílnou součástí hodnocení zdravotního stavu zvířat. Analýza moči se významně uplatňuje při diagnostice nejen onemocnění močového aparátu, ale také jiných onemocnění (Parrah et al., 2013). Součástí vyšetření je stanovení proteinu, který se u zdravého zvířete vyskytuje v minimální koncentraci, ale u zvířete s onemocněním vylučovací soustavy bývají hodnoty tohoto parametru zvýšené. Koncentrace proteinu je často ovlivněna hustotou moči, proto se používá stanovení poměru proteinu ke kreatininu (UPC), protože kreatinin se vylučuje kontinuálně. Normalizace na kreatinin zajišťuje přesnější kvantifikaci proteinurie a jedná se také o jednodušší metodu, a to i díky tomu, že pro vyhodnocení správnosti glomerulární filtrace stačí odebrat jen jeden vzorek, a není potřeba sbírat moč v průběhu celého dne. Hodnota UPC se u různých zvířat pohybuje v rozmezí, podle kterého se určuje, zda se jedná o proteinurii a o jak závažnou proteinurii se jedná (Kučera et al., 2007; Harley and Langston, 2012; Kovaříková 2014; Kovaříková and Blahová, 2019).

V dříve realizovaných studiích bylo zjištěno, že u některých druhů zvířat může být parametr UPC ovlivněn různými faktory, jako například věkem, pohlavím nebo plemenem (Kovarikova et al., 2024a; Kovarikova et al., 2024b). U některých živočišných druhů jsou ovšem informace na toto téma velmi omezené. V odborné literatuře není dostatek zdrojů uvádějících parametr UPC u koz a nejsou dostatečně známy faktory, které mohou tento ukazatel ovlivňovat. Cílem předkládané studie bylo zhodnocení vlivu pohlaví a věku na koncentraci proteinu, kreatininu a hodnoty UPC u koz.

Materiál a metodika

Vzorky moči koz byly získávány v období od poloviny května do konce září 2024. Jednotlivé chovy byly osločovány telefonicky s žádostí o poskytnutí vzorků moči koz, následně byl naplánován termín odběru a majitelům byly vždy poskytnuty veškeré informace ohledně odběrů a procesu analýzy a následném vyhodnocení. Celkem bylo získáno 109 vzorků ze 17 chovů různého zaměření. Některé byly pouze zájmové, jiné se zaměřovaly na mléčnou či masnou produkci, nebo šlo o zoologické zahrady či zookoutky s edukativní funkcí pro návštěvníky. Většina chovů se na nacházela v Královehradeckém a Libereckém kraji. Chovy byly značně variabilní v systémech chovu, zařízení a počtech zvířat. Vzorky byly získávány spontánní mikcí od zdravých jedinců.

Byly odebrány vzorky moči různých věkových kategorií koz a pro možnost vyhodnocení vlivu pohlaví a věku na parametr UPC byla zastoupena obě pohlaví. Celkově byly odebrány vzorky od 71 samic a 38 samců. Vzorky byly rozděleny do tří věkových skupin a to následovně: kůzlata (0 až 6 měsíců), mladí jedinci (6 měsíců až 2 roky) a dospělá zvířata (2 roky a více). Věkové rozmezí odebíraných jedinců bylo 1 měsíc až 12 let. Detailní rozpis vzorků v jednotlivých skupinách je uveden v tabulce č. 1. Skupiny byly zvoleny se zohledněním dosažení pohlavní dospělosti koz (6 až 9 měsíců), chovatelské dospělosti (18 měsíců) a tělesné dospělosti (24 až 36 měsíců).

Tabulka č. 1. Rozdělení do věkových skupin

věkové kategorie	samice	samci	celkem
0 až 6 měsíců	10	11	21
6 až 24 měsíců	11	9	20
24 měsíců a více	50	18	68
celkový počet	71	38	109

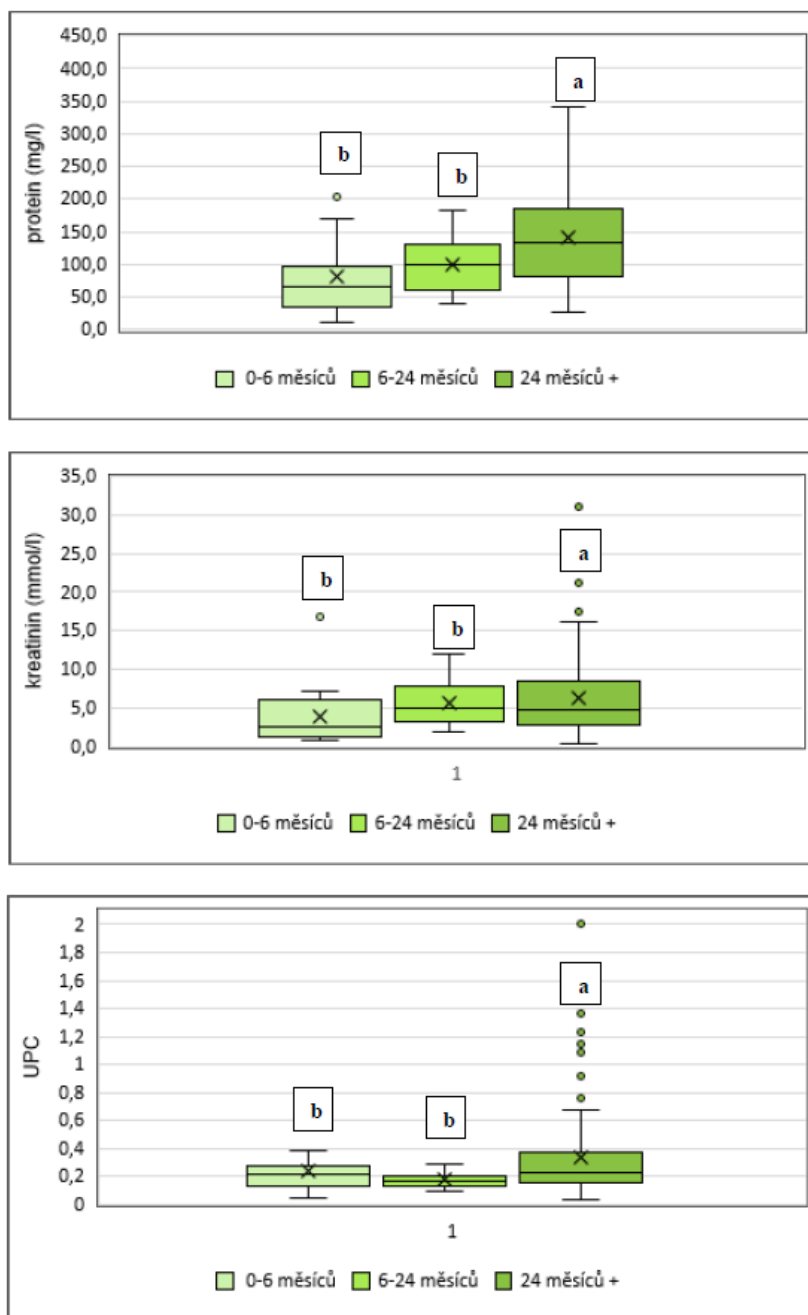
Vlastní odběr byl prováděn ze středního proudu moči pro minimalizování rizika kontaminace do jednorázových odběrových misek a následně byly vzorky pipetovány jednorázovými plastovými pipetami do 2 ml Eppendorf zkumavek. Vzorky byly při převozu chlazeny (8 °C) a následně došlo k jejich zamražení (-20 °C) do doby, než byla provedena analýza koncentrace proteinu a kreatininu. Doba chlazení nepřesáhla několik hodin a doba mražení 1,5 měsíce, aby nedošlo k degradaci sledovaných analytů. Před analýzou byly vzorky rozmrazeny při pokojové teplotě, následně byly odstředěny (3000 otáček/min; 3 minuty) a pro kvantifikaci proteinu i kreatininu byl využit supernatant. Stanovení sledovaných analytů proběhlo s využitím komerčních kitů od firmy Abbott a Biovendor a pomocí biochemického analyzátoru Konelab 20i. Hodnota UPC byla vypočítána ze získaných výsledků koncentrace proteinu a kreatininu ve vzorcích moči. UPC je bezrozměrná veličina, protože protein i kreatinin se do vzorce dosazují ve stejných jednotkách (mg/dl). Koncentrace kreatininu se běžně vyjadřuje v mmol/l, proto je pro převedení potřeba hodnotu násobit koeficientem 11,3. Hodnota proteinu je vyjádřena v mg/l a pro převedení na mg/dl je tedy násobena deseti.

Statistická analýza získaných dat byla provedena v programu Unistat for Excel 6.5. Data byla rozdělena do tří skupin podle věku, a to následovně: věková skupina do 6 měsíců, 6 až 24 měsíců a více než 24 měsíců. Nejprve bylo provedeno testování normality s využitím Shapiro-Wilkova testu, dále byla hodnocena homogenita rozptylu s využitím Levenova testu. Při splnění podmínky normality a homogenity rozptylu byla pro zjištění rozdílů mezi skupinami využita analýza rozptylu a test mnohonásobného porovnání (Tukey-HSD). Pokud normalita, případně homogenita rozptylů, potvrzena nebyla, bylo další testování provedeno pomocí neparametrického vícevýběrového mediánového testu. Při zjišťování rozdílů pouze mezi dvěma skupinami (tzn. hodnocení vlivu pohlaví) byl v případě dat s normálním rozdělením využit nepárový t-test, při nesplnění normality bylo k zjišťování rozdílů mezi skupinami využito Mann-Whitneyova testu. Statistické hodnocení bylo provedeno na hladině významnosti $p < 0,05$. Pro grafickou prezentaci byly využity boxové grafy, kdy vodorovná čára v obdélníku krabicového grafu je medián, křížek představuje hodnotu aritmetického průměru. Tečka představuje odlehlou hodnotu v datovém souboru (tzv. „outlier“). Obdélník představuje horní a dolní kvartil (tzn. 75 % a 25 % kvantil). Vrchní/spodní chybové úsečky jsou 1,5násobek horního/dolního interkvartilového rozpětí (tzn. rozdíl horního a dolního kvartilu).

Výsledky

Pro posouzení možného vlivu věku na obsah proteinu, kreatininu a parametru UPC bylo provedeno rozdělení do třech věkových kategorií, a to nejprve bez ohledu na pohlaví. Výsledky včetně statistické významnosti jsou uvedeny v grafu č. 1. Při hodnocení obsahu proteinu, kreatininu i UPC byl zjištěn statisticky vysoce významný rozdíl ($p < 0,01$) mezi skupinou jedinců starších 24 měsíců a věkovými skupinami 0 až 6 měsíců a 6 až 24 měsíců.

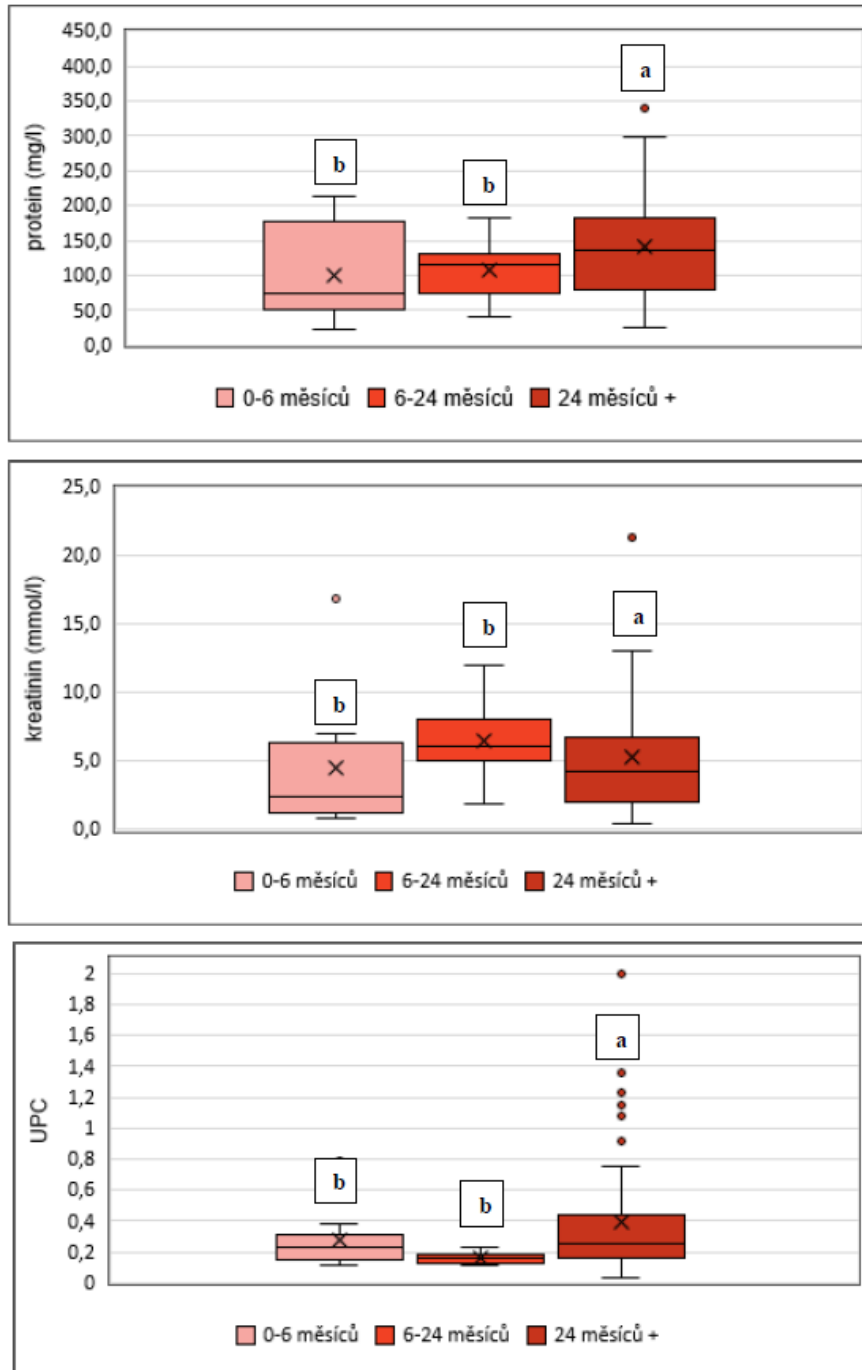
Graf č. 1. Výsledky statistické analýzy obsahu proteinu, kreatininu a UPC v moči koz –hodnocení vlivu věku. Statistická významnost na hladině $p < 0,05$ je v krabicovém grafu znázorněna písmeny (a, b), kdy rozdílná písmena představují statisticky významný rozdíl mezi danými skupinami.



Dále byl sledován potenciální vliv pohlaví na hodnocené ukazatele. Zvláště byla hodnocena kategorie samců a samic. U samic byly zaznamenány stejné trendy jako při hodnocení celé skupiny

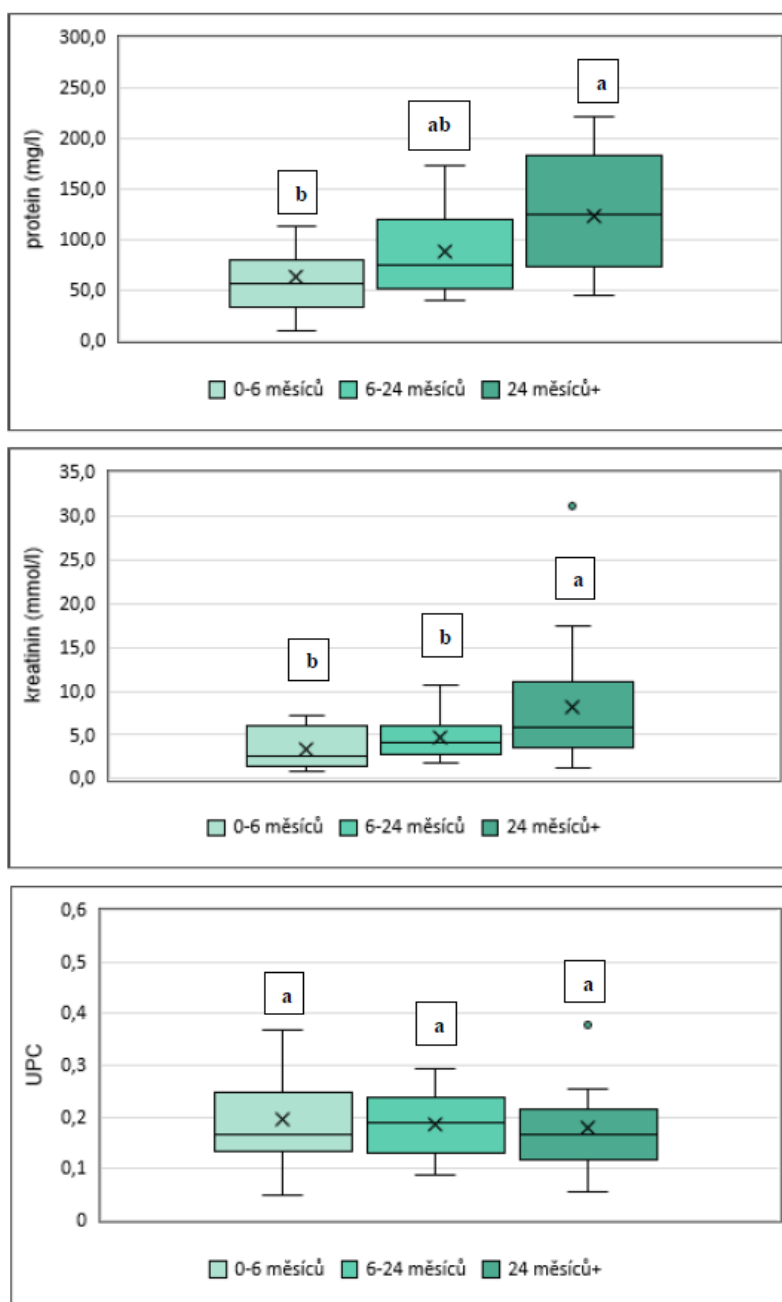
bez ohledu na pohlaví, tzn. nejvyšší hodnoty všech sledovaných analytů byly u nejstarší skupiny koz a tyto hodnoty se signifikantně lišily od zbylých dvou kategorií (graf č. 2).

Graf č. 2. Výsledky statistické analýzy obsah proteinu, kreatininu a UPC v moči samic koz – hodnocení vlivu věku a pohlaví. Statistická významnost na hladině $p < 0,05$ je v krabicovém grafu znázorněna písmeny (a, b), kdy rozdílná písmena představují statisticky významný rozdíl mezi danými skupinami.



Mírně odlišný trend byl zaznamenán v případě vyšetření moči samců. Signifikantní rozdíly byly zjištěny pouze v případě proteinu a kreatininu. Nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly při analýze UPC. Detailní výsledky jsou uvedeny v grafu č. 3.

Graf č. 3. Výsledky statistické analýzy obsah proteinu, kreatininu a UPC v moči samců koz – hodnocení vlivu věku a pohlaví. Statistická významnost na hladině $p < 0,05$ je v krabicovém grafu znázorněna písmeny (a, b), kdy rozdílná písmena představují statisticky významný rozdíl mezi danými skupinami.



Dále byl sledován možný rozdíl v obsahu proteinu, kreatininu a UPC mezi samicemi a samci stejných věkových kategorií. V případě věkových kategorií 0 až 6 měsíců a kategorie 6 až 24 měsíců nebyly mezi pohlavími zaznamenány signifikantní rozdíly. Při statistickém vyhodnocení nejstarší věkové skupiny (jedinci starší 24 měsíců) bylo zjištěno, že mezi samci a samicemi nebyl statisticky významný rozdíl u proteinu a kreatininu. Byl ovšem zaznamenán statisticky vysoce významný ($p < 0,01$) rozdíl mezi pohlavími v případě UPC, kdy samice vykazovaly signifikantně vyšší hodnotu UPC než samci.

Diskuze

Jedním z nejčastějších problémů urogenitálního traktu koz je obstrukce močové trubice. Uretra je místem, kde především u kozlů může docházet k usazování močových kamenů a bakteriálním infekcím (Mansour et al., 2023). Při těchto zdravotních problémech dochází k proteinurii a zjištění UPC pro kozy a jeho použití v praxi tedy může napomáhat při diagnostice a hodnocení účinnosti terapie. Ve dříve realizovaných studiích bylo zjištěno, že hodnota UPC může být ovlivněna různými faktory, jako je například věk, pohlaví, nebo plemeno zvířete (Kovaříková a Blahová, 2019). Stejně jako se liší hodnoty proteinu, kreatininu a UPC mezi různými druhy zvířat, tak se mohou lišit i faktory ovlivňující tyto parametry. U koz nebyly faktory, které mohou ovlivnit sledované parametry, dosud zkoumány.

V rámci předkládané studie bylo získáno 109 vzorků moči koz. Vzhledem k následnému vyhodnocování vlivu pohlaví a věku bylo potřeba získat vzorky od samců i samic různého věku. Kozy pohlavně dospívají ve věku 6 až 9 měsíců, v závislosti na věku a plemeni, nicméně připouštějí se až po dosažení 18 měsíců věku, tedy po dosažení chovatelské dospělosti. Jako tělesně dospělá se označuje koza po dosažení věku 24 až 36 měsíců (Belanger, 2014). Celkem byly odebrány vzorky 71 samic a 38 samců. Vzorky byly dále rozděleny do tří věkových skupin a to následovně: kůzlata (0 až 6 měsíců), mladí jedinci (6 měsíců až 2 roky) a dospělá zvířata (2 roky a více). Skupiny byly zvoleny se zohledněním dosažení pohlavní a tělesné dospělosti koz a také podle věkového rozložení odebraných jedinců, aby bylo možno provést relevantní statistickou analýzu. Vzorky byly získány spontánní mikcí, což je neinvazivní metoda, která zvíře nijak nezatěžuje. Mezi její nevýhody patří možné riziko kontaminace a také časová náročnost (Kovaříková, 2014). Časová náročnost odběrů moči koz byla potvrzena i při získávání vzorků pro tuto práci. Často byly odběry neúspěšné i po několikahodinovém čekání a bylo potřeba je zopakovat. Smith and Sherman (2009) uvádějí, že kozy často močí po zvednutí z lehu, nebo po příchodu do nového prostředí. Toto bylo v rámci našich odběrů potvrzeno a také bylo často pozorováno po náročnější fyzické aktivitě – běh po výběhu či hry mezi kůzlata. Smith and Sherman (2009) dále také uvádějí, že existuje možnost vyvolání mikce krátkodobým ucpaním nozder, nebo manuální stimulací perineální oblasti, a to např. slámou. Tato možnost stimulace mikce nebyla v našem případě nikdy úspěšná. V rámci odběrů pro uvedenou studii bylo dále pozorováno, že intervaly močení jsou delší u dospělých zvířat – zhruba 2 až 3 hodiny a kratší u mláďat – často 1 až 1,5 hodiny, což odporuje tvrzení Fantové (2012), která uvádí, že eliminační chování koz se jeví jako málo důležité a nebyla zjištěna žádná pravidelnost či systém při vyměšování.

Při sledování vlivu věku a pohlaví na koncentraci proteinu v moči bylo zjištěno, že jedinci starší 24 měsíců měli statisticky vysoce významně vyšší hodnoty ($p < 0,01$) než jedinci mladší 24 měsíců. U různých druhů zvířat se může vliv věku a pohlaví na koncentraci proteinu lišit. Vašková (2021) ve své práci zaměřené na faktory ovlivňující UPC u koní zjistila, že průměrné hodnoty proteinu byly vyšší u hříbat, ačkoli statisticky nebyl zjištěn signifikantní rozdíl. V obdobné práci zaměřené na morčata zjistila Kovarikova et al. (2024a) o něco nižší koncentraci proteinu u mláďat než u dospělých jedinců, jako tomu bylo i v této práci, ačkoli výsledek opět nebyl statisticky významný. V této práci byl při sledování vlivu pohlaví na uvedený analyt u samic zjištěn signifikantní rozdíl ($p < 0,01$) mezi nejstarší skupinou (více než 24 měsíců) a oběma mladšími skupinami, zatímco u samců byl potvrzen vysoce významný rozdíl ($p < 0,01$) pouze mezi nejmladší (0 až 6 měsíců) a nejstarší (více než 24 měsíců) skupinou. Rozdíly mezi samci a samicemi v jednotlivých věkových skupinách nebyly u proteinu prokázány.

Při statistické analýze kreatininu jsme potvrdili, že množství vylučovaného kreatininu je ovlivněno množstvím svalové hmoty. Tesař a Schück (2006) uvádějí, že objem svalové hmoty je ovlivněn například pohlavím, věkem a plemenem. Předpokládali jsme tedy nižší hodnoty kreatininu u kůzlat a tento předpoklad byl potvrzen. Byly zjištěny statisticky vysoce významně vyšší ($p < 0,01$) hodnoty kreatininu v moči u nejstarší skupiny jedinců oproti oběma skupinám mladších zvířat. Při hodnocení vlivu pohlaví nebyly v jednotlivých věkových skupinách zjištěny signifikantní rozdíly

($p>0,05$). Vliv pohlaví na koncentraci kreatininu byl sledován a potvrzen také v jiných studiích (Chang et al., 2016).

Analýza UPC prokázala, že opět existuje významný vliv věku na tento parametr. Nejvyšší hodnota UPC byla naměřena v nejstarší skupině. Tato hodnota se statisticky významně ($p<0,01$) lišila od středních hodnot zaznamenaných ve skupinách 0 až 6 měsíců a 6 až 24 měsíců. Jedinci starší 24 měsíců měli tedy statisticky vysoce významně vyšší hodnoty UPC než jedinci mladší, což znamená opačný výsledek, než byl zjištěn u jiných druhů zvířat. Kovářiková (2019) uvádí vyšší hodnoty UPC u štěňat v souvislosti s nedokončeným glomerulárním a tubulárním vývojem po narození, a tedy nedokonalou glomerulární filtrací tubulární reabsorpcí proteinů. Tento vývoj dále pokračuje postnatálně. Vyšší hodnoty u mláďat zjistily v obdobných závěrečných pracích také Vašková (2021) u koní a Kovarikova et al. (2024a) u morčat. Opačný výsledek v naší práci může značit, že mláďata koz mají dříve dokončený vývoj ledvin než psi nebo koně a do moči se vlivem dokončeného vývoje vylučovací soustavy nedostává větší množství proteinů, jako např. u štěňat. Toto může souviset také s faktem, že kozy jsou prekociální, tudíž se rodí lépe vyvinutá a méně závislá na péči rodičů než mláďata altriciální. Smith and Sherman (2009) uvádějí, že činnost ledvin u novorozených mláďat koz je sice nízká, ale velmi rychle se zlepšuje a už ve dvou týdnech věku dosahuje kapacity dospělých jedinců.

Při hodnocení vlivu pohlaví na UPC byly u samic zjištěny nejvyšší hodnoty v nejstarší skupině jedinců (více než 24 měsíců) oproti oběma mladším skupinám. U samců nebyly rozdíly mezi skupinami signifikantní. Porovnání samců a samic v jednotlivých věkových skupinách ukázalo, že pouze v nejstarší skupině (více než 24 měsíců) existuje vysoce významný rozdíl ($p<0,01$) v hodnotách samců a samic. Hodnota UPC u koz je tedy ovlivněna i pohlavím, ale pouze u jedinců starších 24 měsíců, kdy vyšší hodnoty byly naměřeny u samic. K obdobnému výsledku, tedy že UPC je ovlivněno pohlavím, došli také Ghys et al. (2015) u koček a Eshar et al. (2016) u psů prériových. Naopak u koní nebyl vliv pohlaví prokázán, jak zjistila Vašková (2021) a stejně tak nebyl prokázán ani u morčat (Kovarikova et al., 2024a). Existují také další druhy, u kterých nebyl v provedených studiích zjištěn žádný vliv pohlaví, věku, nebo jiných faktorů (způsob chovu, kastrace, nebo tělesná hmotnost jednotlivých jedinců), jako jsou například králíci (Reusch et al., 2009). Z toho vyplývá že jednotlivé druhy zvířat mají parametr UPC ovlivněn v různé míře a různým počtem faktorů.

Pro hodnocení proteinurie se často využívá porovnání výsledků s referenčním rozmezím UPC pro vyhodnocení, zda se jedná o proteinurii, případně v jaké rozsahu. Je také nezbytné využívat referenční rozmezí, které je určeno pro příslušnou věkovou kategorii a pohlaví, protože tyto faktory významným způsobem ovlivňují hodnotu tohoto parametru. S ohledem na výsledky této práce by bylo vhodné realizovat další studie s větším počtem jedinců, aby bylo možné vytvořit referenční rozmezí pro jednotlivé kategorie zvířat. V tomto případě nebylo možné výpočet referenčního rozmezí provést, protože byly zjištěny vysoce významné rozdíly mezi věkovými skupinami. Obě nejmladší věkové skupiny měly pro vytvoření referenčního rozmezí nedostatečný počet vzorku a u nejstarší skupiny s větším počtem jedinců byl následně zjištěn rozdíl mezi pohlavími, tudíž by rozmezí nebylo použitelné pro všechna zvířata.

Závěr

Indikátory funkce ledvin, mezi které patří i poměr proteinu ke kreatininu, významně napomáhají diagnostice onemocnění vylučovací soustavy. Zjištění jejich koncentrací u zdravých jedinců a také faktorů, které je mohou ovlivňovat, je tedy zásadní pro léčbu. V rámci realizované studie byl sledován vliv věku a pohlaví na poměr proteinu ke kreatininu v moči zdravých koz. Získané vzorky byly rozděleny do tří věkových skupin – kůzlata (0 až 6 měsíců), mladí jedinci (6 měsíců až 2 roky) a dospělá zvířata (2 roky a více). Statistická analýza prokázala vliv pohlaví i věku na UPC u koz. Signifikantní vliv věku byl zaznamenán mezi skupinou dospělých zvířat a oběma skupinami mladších jedinců, kdy dospělá zvířata vykazovala signifikantně vyšší hodnoty UPC oproti ostatním

skupinám. Posouzení vlivu pohlaví na UPC bylo provedeno u samců a samic všech věkových skupin a také srovnáním obou pohlaví v jednotlivých věkových skupinách. U samic byl zjištěn stejný trend jako při hodnocení vlivu věku všech vzorků. U samců nebyl při hodnocení UPC prokázán signifikantní rozdíl mezi věkovými kategoriemi. Vyhodnocení ukázalo, že statisticky významný rozdíl existuje mezi samci a samicemi pouze v případě parametru UPC ve věkové kategorii jedinců starších 24 měsíců. Hodnoty u samic byly statisticky významně vyšší než u samců. V rámci navazujícího výzkumu by bylo žádoucí zaměřit se na možný vliv plemene či produkční kategorie koz. Pro lepší diagnostiku chorob urogenitálního traktu by bylo dále vhodné rozšířit počet získaných vzorků v jednotlivých kategoriích pro stanovení referenčního rozmezí.

Tato práce byla zpracována v rámci řešení diplomové práce studentky Mgr. Marie Bělocké (obhajoba 2025, FVHE VETUNI, MSP Ochrana zvířat a welfare).

Literatura

- Belanger, J., Bredesen, S. 2014. Chov dojných koz. Knižní klub. Praha.
- Eshar, D., Pohlman, L., Harkin, K. 2016. Urine properties of captive black-tailed prairie dogs (*Cynomys ludovicianus*). *Journal of Exotic Pet Medicine* 25: 213-219.
- Fantová, M. 2012. Chov koz. 3. vyd. Brázda. Praha.
- Ghys, L., Paepe, D., Duchateau, L., Taffin, E., Marynissen, S., Delanghe, J., Daminet, S. 2015. Biological validation of feline serum cystatin C: The effect of breed, age and sex and establishment of a reference interval. *Veterinary Journal* 204: 168-173.
- Harley, L., Langston, C. 2012. Proteinuria in dogs and cats. *The Canadian Veterinary Journal* 53: 631-638.
- Chang, Y.M., Hadox, E., Szladovits, B., Garden, O.A. 2016. Serum Biochemical Phenotypes in the Domestic Dog. *Plos One* 11: 2.
- Kovarikova, S., Blahova, J., Truhlarova, A., Baslerova, S., Krepinska, I., Jekl, V. 2024a. Urinary protein-to-creatinine ratio guinea pigs (*Cavia porcellus*): Reference range and the effect of age and sex. *Veterinary Record* 196: e4911.
- Kovarikova, S., Jurujova, D., Panykova, K., Blahova, J. 2024b. Evaluation of urine protein to creatinine ration in sighthound breeds. *Veterinarni Medicina* 69: 420-426.
- Kovaříková, S. 2014. Vyšetření moči psa a kočky v klinické praxi. BVM. Brno.
- Kovaříková, S., Blahová, J. 2019. Poměr proteinu ke kreatininu v moči: stanovení a faktory ovlivňující výsledné hodnoty. *Veterinářství* 69: 549-553.
- Kučera, J., Vlašín, M., Kohout, P. 2007. Nefrologie a urologie psa a kočky. Noviko a.s. Brno.
- Mansour, M., Wilhite, R., Rowe, J., Hafiz, S. 2023. Guide to Ruminant Anatomy. 2. vyd. Wiley Blackwell. Hoboken, NJ.
- Parrah, J.D., Moulvi, B.A., Gazi, M.A., Makhdoomi, D.M., Athar, H., Din, M.U., Dar, S., Mir, A.Q. 2013. Importance of urinalysis in veterinary practice – A review. *Veterinary World* 6: 640-646.
- Reusch, B., Murray, J., Papasouliotis, K., Redrobe, S. 2009. Urinary protein:creatinine ratio in rabbits in relation to their serological status to *Encephalitozoon cuniculi*. *Veterinary Record* 164: 293-295.
- Smith, M., Sherman, D. 2009. Goat medicine. 2. vyd. Wiley – Blackwell. Ames, Iowa.
- Tesař, V., Schuck, O. 2006. Klinická nefrologie. 1. vyd. Grada Publishing, a.s. Praha.
- Vašková, N. 2021. Sledování poměru proteinu ke kreatininu v moči koní v závislosti na věku a pohlaví. Brno. Diplomová práce. Veterinární univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie. Vedoucí diplomové práce Jana Blahová.

WELFARE CHOVU KONÍ – REVIEW EQUINE WELFARE IN BREEDING - REVIEW

Tereza Vondráčková*, Miroslava Mráčková

Klinika chorob koní, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Equine Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Equine reproduction offers a wide range of methods, from natural mating to advanced techniques such as embryo transfer, in vitro procedures, and cloning. Each of these techniques places specific demands on breeding animals and may have a significant impact on their welfare. The aim of this paper is to provide a comprehensive overview of the reproductive techniques currently used and to evaluate their effects on equine welfare. The text focuses on the differences between natural reproductive behavior and breeding under managed conditions, the degree of handling, and the invasiveness of individual methods. It also discusses the ethical aspects of using assisted reproductive technologies and the need to balance breeding and economic objectives with the protection of mare welfare.

Key words: welfare, horses, assisted reproduction, artificial insemination, IVF, GIft, TVA, ICSI, cloning, ethical aspects of breeding, manipulation, stress

Souhrn

Reprodukce koní nabízí široké spektrum metod, od přirozené plemenitby po pokročilé techniky, jako je embryotransfer, in vitro postupy či klonování. Každá z těchto technik klade na chovná zvířata specifické nároky a může mít významný dopad na jejich welfare. Cílem této práce je přehledně shrnout používané reprodukční postupy a zhodnotit jejich vliv na pohodu koní. Text se zaměřuje na rozdíly mezi přirozeným reprodukčním chováním a podmínkami v chovu, na míru manipulace a invazivity jednotlivých metod. Součástí je také diskuse etických aspektů využívání asistovaných reprodukčních technik a potřeby vyvažovat chovatelské a ekonomické cíle s ochranou welfare klisen.

Klíčová slova: welfare, koně, asistovaná reprodukce, umělá inseminace, IVF, GIft, TVA, ICSI, klonování, etické aspekty chovu, manipulace, stres

Úvod

Celosvětově se v moderním chovu koní využívá široké spektrum technik k dosažení koncepce a gravidity. Běžně je v hpiatrické praxi rozšířena přirozená plemenitba, umělá inseminace a embryotransfer. Ovum pick up (OPU), in vitro fertilizace (IVF), intracytoplazmatická injekce spermie do oocyty (ICSI), transfer gamet do vejcovodu (GIft) a klonování patří u koní v současné době mezi pokročilé techniky asistované reprodukce, které se praktikují spíše v menším měřítku a pouze v rámci specializovaných zahraničních center (Campbell a Sandøe, 2015).

Tyto metody umožňují efektivnější využití genetického potenciálu plemenných zvířat, avšak současně přinášejí nové výzvy a otázky v oblasti etiky a welfare koní. U reprodukčně využívaných klisen se well-being dotýká celé řady aspektů, například časté manipulace, opakovaných vyšetření, aplikace hormonálních přípravků, invazivních zákroků i samotného porodu a poporodní péče. V souvislosti s hormonální stimulací je navíc nutné reflektovat i možné environmentální dopady, které se v odborných kruzích dostávají stále více do popředí.

* vondrackovat@vfu.cz

Cílem tohoto článku je proto poukázat na specifika welfare v kontextu reprodukce klisen, diskutovat etické souvislosti využívání moderních reprodukčních technologií a nastínit možnosti, jak v chovatelské praxi lépe spojit ekonomické zájmy s ochranou pohody a zdraví koní.

V následujícím textu jsou popsány jednotlivé způsoby koňské reprodukce a jejich možný dopad na welfare chovných zvířat.

Přirozená plemenitba

Princip přirozené plemenitby patří mezi nejstarší (Klecel a Martyniuk, 2021) a zároveň jednu z nejméně člověkem ovlivněných metod equinní reprodukce. Oproti pohlavnímu aktu ve volné přírodě se průběh připouštění do značné míry liší, což může vést k narušení welfare a potlačení přirozeného reprodukčního chování koní (Samper et al., 2008). Jen zřídka je v současné době možné pozorovat volně umístěného hřebce s harémem klisen na pastvině, kde páření jedinců mezi sebou probíhá samovolně bez vnějších zásahů člověka (Morel, 2020). V praxi je častější tzv. připouštění z ruky (Campbell & Sandøe, 2015). V takovém případě je vybraný hřebec k říjící se klisně přiveden na lonži a po krátkém sblížení, při němž zkouší reflex svolnosti k páření, je nasměrován k její zádi. Samotný koitus bývá u koní poměrně rychlý a zahrnuje erekci, vzeskok pleménika na klisnu, vyhledávací reflex, imisi pyje a 7-9 frikčních pohybů zakončených ejakulací, kterou lze rozpoznat podle typických kývavých pohybů ocasu hřebce (Campbell a Sandøe, 2015; McDonnell, 1992; Morel, 2020). Klisna může mít nasazené speciální měkké boty proti poranění hřebce při kopnutí nebo může mít zcela vyvázané pánevní končetiny lonžemi. Tento koncept připouštění umožňuje do značné míry kontrolovat chování obou zvířat a snížit výskyt komplikací či zranění, přesto je však přirozená plemenitba oproti technikám asistované reprodukce rizikovější (Morel, 2020).

K narušení welfare a omezení nativního sexuálního chování zvířat dochází do jisté míry i v průběhu přirozeného připouštění. U hřebců může negativně v tomto ohledu působit stres spojený s dlouhodobým transportem na různá místa plemenitby (Stallones et al., 2023) nebo střídání různých cizích klisen (Morel, 2020). U závodních koní, kde není přípustný jakýkoliv zájem o klisnu, může být omezování přirozených projevů sexuality zdrojem rozrušení a dysfunkce pohlavních reflexů (McDonnell et al., 1985). Přetěžování a nadužívání hřebce v plemenitbě může následně vyústit v poruchy libida. Ve srovnání s harémovým chovem má hřebec při připouštění z ruky pouze omezený prostor pro tolik důležitou interakci s klisnou před samotnou kopulací – očichávání, olizování a okusování v oblasti jejího krku s postupným zkoušením reflexu nehybnosti na zádech a v oblasti perinea (Campbell a Sandøe, 2015; McDonnell, 2000). Klisna bývá na místo setkání s pleménikem přivedena dříve, je nauzděná, má vyčištěné perineum, vyvázaný ocas, někdy i měkké ochranné boty nebo spoutané pánevní končetiny, aby nemohla svým kopnutím hřebci ublížit. V indikovaných případech je využíván nosní nebo ušní skřipce, a pokud je klisna nezvladatelná nebo agresivní, může být aplikována lehká sedace (Morel, 2020). Celkově z výše uvedeného textu vyplývá, že jsou při pohlavním aktu klisna i hřebec, z důvodu bezpečnosti jich samých i okolního personálu, fixováni. Tím mohou být jejich přirozené reakce do značné míry omezovány, což může být pro plemenná zvířata někdy velmi frustrující (Campbell a Sandøe, 2015). Při chovu anglického plnokrevníka je využití přirozené plemenitby povinné i přes eventuelní rizika, protože je to jediný způsob chovu, který opravňuje chovatele zapsat nově narozené hříbě do plemenné knihy (Campbell a Sandøe, 2015; Morel, 2020; Stallones et al., 2023). S nárůstem přirozeného světelného dne, který souvisí s poklesem melatoninu a zvýšenou hladinou gonodotropního hormonu GnRH, u klisen na severní polokouli probíhá od března do září reprodukční sezóna. Vzhledem k využití anglického plnokrevníka v dostihovém sportu, je pro chovatele žádoucí, aby klisna byla připuštěna co nejdříve na začátku roku. To totiž znamená, že předpokládané datum jejího porodu se bude blížit 1. lednu. V rámci zařazení hříběte do sportu je to stěžejní, protože oproti koním soutěžícím ve stejné skupině, ale narozeným později v průběhu roku, bude takový jedinec starší a silnější. To je i důvod, proč se ovlivňuje přirozený cyklus klisen

prostřednictvím umělého osvětlení, hormonální stimulace nebo tzv. *flushing* krmení (Khan et al., 2025; Sedlinská et al., 2015). Tato opatření sice umožňují nástup pohlavní aktivity po zimním anestru, ale zároveň představují významný zásah do přirozeného reprodukčního cyklu. Campbell (2015) ve svém review diskutuje použití technik umělé inseminace v chovech anglického plnokrevníka a do budoucna je považuje za velice přínosné z hlediska welfare a snížení stresu plemenných zvířat.

Umělá inseminace (AI)

Ačkoliv má přirozená plemenitba velice dobré výsledky koncepce a zabřezávání, nese s sebou řadu nevýhod. Patří k nim poměrně malá výtěžnost hřebce, který je schopen připustit pouze omezené množství klisen za danou reprodukční sezónu. Současně je za jedno z negativ považován i samotný kontakt cenných plemenných zvířat, při kterém může hrozit riziko vzájemného poranění (Morel, 2020; Samper et al., 2008). Umělá inseminace (AI) je, s ohledem na maximální využití potenciálu chovných hřebců a její relativní bezpečnost (Campbell a Sandøe, 2015), v dnešní době jednou z celosvětově nejrozšířenějších technik chovu koní (Kowalczyk et al., 2019; Aurich, 2012). Výhodou je též možnost minimalizace šíření systémových a pohlavně přenosných nemocí, redukce nákladů spojených s transportem koní či distribuce semene na různé vzdálenosti (Morel, 2020).

Při umělé inseminaci jsou samčí pohlavní buňky pomocí katetru vpraveny do dělohy klisny. V závislosti na druhu inseminační dávky (ID) je zapotřebí provádět inseminaci bezprostředně před anebo po ovulaci dominantního folikulu (Samper et al., 2008; Sedlinská et al., 2015). Čerstvými inseminačními dávkami lze inseminovat klisnu i 48 hodin před ovulací, na základě projevů příznaků říje či ultrasonografického vyšetření vaječníků a dělohy. V tomto případě nahrazuje AI technika koitus bez nutnosti bezprostředního potenciálně rizikového kontaktu plemenných zvířat (Samper et al., 2008). Chlazené ID jsou obvykle využívány až při průkazu blížící se ovulace prostřednictvím transrektálního USG vaječníků. U mrazených dávek umělá inseminace probíhá co nejdříve po prasknutí dominantního folikulu a vyplavení oocyty do vejcovodu, protože přežitelnost spermií po rozmrazení je obvykle daleko nižší než u ostatních typů dávek a velmi rychle klesá (Miller, 2008).

Příprava samotných inseminačních dávek spočívá v odebrání, manipulaci, zhodnocení fertility a zpracování semene. V kontextu welfare hřebců je nejdůležitějším faktorem právě odběr ejakulátu, protože v dalších fázích přípravy ID jde již o laboratorní práci s biologickým materiálem, nikoliv přímo s živými zvířaty (Samper et al., 2008). Odběr plemeníků může probíhat různými způsoby, ale nejvíce využívaným je skok na fantom za současného použití umělé pochvy a předvedení říjící se klisny (Morel, 2020). Stejně tak, jako bylo již zmíněno u přirozené plemenitby, mohou být do značné míry potlačeny i u tohoto způsobu chovu koní přirozené prvky sexuálního chování. Protože při tomto způsobu odběru hrozí méně rizik než při skoku na plemenici, je možné, že i velmi dobrý plemenný hřebec ve skutečnosti nikdy nepřišel do přímého kontaktu s živou klisnou (Campbell a Sandøe, 2015; McDonnell, 2000). Aby byla zachována dostatečná kvalita semene, je doporučeno odebírat hřebce zpravidla jednou za 2-3 dny (Morel, 2020). Nadužívání hřebců, ať už v přirozené plemenitbě, nebo při odebírání na umělou pochvu, může vést k fyzickému vyčerpání samce, nadměrnému stresu, dále pak snížení libida a zároveň kvality jeho ejakulátu (Campbell a Sandøe, 2015; Khan et al., 2025; Stout, 2005).

Jak uvádí ve své review Campbell a Sandøe (2015), metody asistované reprodukce ovlivňují welfare zvířat obou pohlaví, ale potenciálně větší impakt má na klisny nežli na plemenné hřebce, kde manipulace s nimi bývá většinou krátká. Klisny jsou naopak v rámci reprodukčního managementu monitorovány a vyšetřovány zpravidla několikrát, a to již před zahájením inseminace, po ovulaci, a i v průběhu gravidity (Samper et al., 2008).

Technika AI spočívá v důkladném očištění a dezinfekci vnějších pohlavních orgánů klisny, vsunutí inseminačního katetru do těla děložního a deponaci ID za pomoci injekční stříkačky, anebo u mrazených ID inseminační „zbraně“ (Samper et al., 2008). Pokročilejší techniky aplikace mrazených dávek, zahrnující peregální manipulaci s dělohou nebo hysteroskopii (Campbell

a Sandøe, 2015), umožňují nasměřovat inseminační katetr i do ipsilaterálního uterinního rohu k vejcovodu, na straně, kde proběhla ovulace (Miller, 2008). Při inseminaci je klisna většinou různým způsobem znehybněna, nejlépe ve speciální fixační kleci (Morel, 2020), což má za účel eliminaci rizik poranění zvířete při rektálním či vaginálním vyšetření, a současně i zachování relativní bezpečnosti pro ošetřujícího lékaře nebo technika. Aplikace sedativ nebo analgetik při těchto úkonech není rutinní záležitostí. Bývá k ní přistoupeno na základě rozhodnutí veterinárního lékaře v případech, kdy to vyžaduje temperament klisny (Campbell a Sandøe, 2015).

Embryotransfer (ET)

Další z relativně často používaných technik v koňské pokročilé reprodukci (Stout, 2025), která se dostává čím dál více do povědomí veterinárních lékařů i chovatelů koní po celém světě (McCue a Squires, 2015), je embryotransfer (ET). A to i přesto, že je většinou jeho provádění omezeno na specializovaná reprodukční centra s technickým zázemím a odborně kvalifikovaným personálem (Campbell a Sandøe, 2015; Morel, 2020).

Embryotransfer je definován jako přenos embrya z dělohy klisny dárkyně do hormonálně synchronizovaného prostředí dělohy příjemkyně. Celý proces začíná výplachem embrya ve fázi migrující blastocysty, nejčastěji 7.-8. den po ovulaci. ET se často využívá u klisen, u kterých by gravidita nebyla žádoucí s ohledem na jejich sportovní kariéru, nebo u takových, jež by nebyly schopné ze zdravotních důvodů donosit hříbě, například kvůli předchozím břišním operacím anebo celkovému zdravotnímu stavu. Důvodem pro ET může být ovšem i záměr majitele získat co nejvíce hříbat od cenné klisny za jednu reprodukční sezónu (McCue a Squires, 2015), což je za normálních podmínek velmi vzácné, protože u koní a příbuzných koňovitých má klisna pouze 1 mláďe a gravidita trvá rámcově 320-340 dní (Morel, 2020). Vypláchnuté embryo je promýváno speciálními roztoky a po domluvě s majitelem buďto rovnou deponováno do dělohy hormonálně synchronizované klisny příjemkyně, zchlazeno a za speciálních podmínek zasláno chovateli k transferu anebo prostřednictvím kryoprezervace v tekutém dusíku uchováno pro další účely (McCue a Squires, 2015; Morel, 2020; Stout, 2025).

Campbell a Sandøe (2015) uvádí, že výplach embryí u klisen dárkyň by ve srovnání s některými jinými živočišnými druhy neměl být bolestivý, protože krček klisny v diestru lze relativně snadno dilatovat a není zapotřebí žádného invazivního chirurgického přístupu. Stejně tak, by ani umístění embrya do děložního rohu recipientky, prostřednictvím inseminačního katetru, nemělo být vyloženo bolest působící zákrok. Lehce invazivní může být fixace vnější branky děložního hrdla za pomoci dlouhých laparoskopických kleští, která se provádí z důvodu vyrovnání děložního krčku a lumen dělohy, za účelem snížení rizika traumatizace reprodukčního aparátu klisny a zároveň usnadnění zavedení embrya (Morel, 2020). Současně lze diskutovat také mírný dyskomfort, které může způsobit zavedení vaginálního spekula. Ačkoliv by teoreticky samotná technika ET neměla způsobovat bolest, je běžnou praxí aplikace analgosedace klisnám dárkyním i recipientkám, což zajistí dostatečnou welfare zvířat při zákroku, eliminaci stresu klisny, a zároveň minimalizuje zranění koní i personálu (Campbell a Sandøe, 2015). Ta stejná review mimo jiné odkazuje na klinické zkušenosti zmiňované v publikaci Hartman (2011), kde je uvedeno, že i pouhý tlak při naplnění dělohy výplachovým roztokem může být pro klisnu značně nepříjemný, z čehož vyplývá, že analgosedace by měla být užitečným nástrojem k zachování welfare u ET.

Ačkoliv má ET nespočet výhod (McCue a Squires, 2015), nese s sebou ale i nemalý zásah do přirozeného hormonálního řízení reprodukčního cyklu klisny (Morel, 2020). V celkovém kontextu je pro zajištění dobrého časového managementu embryotransferu zapotřebí daleko více USG screeningových vyšetření a injekčních aplikací farmak, která synchronizují příjemkyně s dárkyněmi, než je tomu u prosté AI (Campbell a Sandøe, 2015). Opakovaná manipulace a vyšetřování klisen může být u klisen zásahem do welfare a přirozeného reprodukčního cyklu. Na druhou stranu celý proces mimo jiné napomáhá i výrazně lepšímu monitoringu reprodukčního zdraví dárkyň, gravidity recipientek a postpartum péče o hříbě i matku (Campbell a Sandøe, 2015).

Pokročilé techniky v reprodukci koní

Mezi pokročilé techniky v reprodukci koní lze zařadit klasickou in vitro fertilizaci (IVF), transvaginální aspiraci oocytů (TVA), intracytoplasmatickou injekci spermií (ICSI), přenos gamet do vejcovodu (GIFT) či klonování (Morel, 2020). V současnosti nejsou v hippiatrické praxi výše uvedené techniky rutinní záležitostmi a celosvětově se na ně zaměřuje pouze několik specializovaných pracovišť. I přesto, že velká část jednotlivých metod probíhá v laboratorním prostředí, je pro ně nezbytná manipulace s živými zvířaty, jako je například zvýšená frekvence vyšetřování klisen či injekční aplikace hormonálních přípravků (Campbell a Sandøe, 2015; Morel, 2020).

Ačkoliv klasická metoda IVF u koní byla již mnohokrát zkoumána (Leemans et al., 2016), dlouho nenesla očekávané výsledky. Až nejnovější studie Felix et al. (2022) a Martin-Pelaez et al. (2025), zmiňují úspěšnou IVF ze zmražené i čerstvé ID. Nové postupy by mohly být do budoucna slibným odrazovým můstkem pro další výzkum v této oblasti. Celkově se dá říci, že z hlediska welfare klisen při IVF je frekventní manipulace s klisnami obdobná, jako je tomu u ET (Cabeza a Gambini, 2023; Campbell a Sandøe, 2015; Leemans et al., 2016).

Na základě dostupných informací o odběru oocytů v humánní praxi (Wikland et al., 2011), Campbell a Sandøe (2015) diskutuje, že obdobná procedura bude i v equinní reprodukci poměrně bolestivý zákrok, spojený s vyšším rizikem případných komplikací. Přesto však zatím chybí studie, které by se zabývaly welfare při získávání oocytů u koní. Ačkoliv jsou popsány různé způsoby odběru vajíček neboli ovum pick-up (OPU), u klisen se většinou používá transvaginální aspirace (TVA) dlouhou jehlou pod ultrasonografickou kontrolou (Cabeza a Gambini, 2023; Campbell a Sandøe, 2015). S ohledem na invazivnost zákroku by dárkyně měla být vždy při odběru oocytů ve fixační kleci, sedována a současně pod dostatečnou systémovou analgetickou clonou (Campbell a Sandøe, 2015).

S odebranými oocyty lze naložit různými způsoby. Za prvé je možné technikou transferu gamet GIFT deponovat samičí gamety do vejcovodu recipientky společně se spermiemi. Druhou variantou je transfer oocytů do vejcovodu klisny příjemkyně, který je následován transcervikální AI. Častější v rámci pokročilé reprodukce koní je maturace odebraných oocytů za speciálních laboratorních podmínek, aplikace ICSI a inkubace ve formě embrya. Vitální embryo je následně vpraveno do dělohy klisny obdobně jako u ET (Cabeza a Gambini, 2023; Campbell a Sandøe, 2015).

Ačkoliv zatím nejsou pokročilé techniky v koňské reprodukci rutinně využívány (Campbell a Sandøe, 2015), mají potenciál se do budoucna stát velmi dobrým řešením neplodnosti hřebců a klisen (Squires, 2020). Podle Campbell a Sandøe (2015) je zapotřebí ovšem řešit také etickou stránku celého procesu a zajímat se i o vliv TVA na welfare tímto způsobem vzniklých plodů, potažmo narozených hříbat.

Nukleární transport jader koňských somatických buněk neboli klonování, je v současné době jednak relativně čerstvou novinkou v komerční nabídce reprodukčních laboratoří, a zároveň i předmětem intenzivního výzkumu. Campbell & Sandøe (2015) také zmiňuje důležitost zkoumání welfare klonovaných zvířat od raných stádií gravidity, přes vývoj embrya i plodu, po perinatální péči, až do dospělosti jedince. Vzhledem k tomu, že existuje pouze malá a relativně mladá populace klonovaných koní, není zatím zcela jasné, jaký vliv na celkový zdravotní stav a pohodu zvířat v různých ohledech může mít.

Závěr

Reprodukční techniky u koní přinášejí nové možnosti, ale také etické otázky spojené s welfare klisen. Hlavní problémy představují častá manipulace, hormonální stimulace a invazivní zákroky, které jsou často motivovány ekonomickým tlakem. Zlepšení lze dosáhnout důsledným používáním sedace a analgezie, omezením frekvence zákroků, podporou socializace a zapojením kvalifikovaného personálu. Do budoucna je klíčové vytvořit etický rámec a standardizovat hodnocení welfare, aby bylo možné vyvážit chovatelské cíle a současně ochranu zvířat.

Literatura

- Aurich, J.E. 2012. Artificial insemination in horses-more than a century of practice and research. *Journal of Equine Veterinary Science* 32: 458-463.
- Cabeza, J.P., Gambini, A. 2023. Advancements and challenges in in vitro reproductive technologies for the conservation of equine species. *Theriogenology Wild* 2: 100036.
- Campbell, M.L.H., Sandøe P. 2015. Welfare in horse breeding. *Veterinary Record* 176: 436-440.
- Felix, M.R., Turner, R.M., Dobbie, T., Hinrichs, K. 2022. Successful in vitro fertilization in the horse: production of blastocysts and birth of foals after prolonged sperm incubation for capacitation. *Biology of Reproduction* 107: 1551-1564.
- Hartman, D.L. 2011. Embryo transfer. In: McKinnon, A.O., Squires, E.L., Vaala, W.E., Varner, D.D. (Eds.): *Equine reproduction*. Wiley Blackwell, pp. 2871-2879.
- Khan, I.U., Khairullah, A.R., Khan, A.Y., Rehman, A.U., Mustofa, I. 2025. Strategic approaches to improve equine breeding and stud farm outcomes. *Veterinary World* 18: 311.
- Klecel, W., Martyniuk, E. 2021. From the Eurasian steppes to the Roman circuses: A review of early development of horse breeding and management. *Animals* 11: 1859.
- Kowalczyk, A., Czerniawska-Piątkowska, E., Kuczaj, M. 2019. Factors influencing the popularity of artificial insemination of mares in Europe. *Animals* 9: 460.
- Leemans, B., Gadella, B.M., Stout, T.A., De Schauwer, C., Nelis, H., Hoogewijs, M., Van Soom, A. 2016. Why doesn't conventional IVF work in the horse? The equine oviduct as a microenvironment for capacitation/fertilization. *Reproduction* 152: 233-245.
- Martin-Pelaez, S., de la Fuente, A., Takahashi, K., Perez, I.T., Orozco, J., Okada, C.T., Neto, C.R., Meyers, S., Dini, P. 2025. IVF with frozen-thawed sperm after prolonged capacitation yields comparable results to ICSI in horses: A morphokinetics study. *Theriogenology* 232: 39-45.
- McCue, P.M., Squires, E.L. 2015. *Equine embryo transfer*. 2nd ed. Teton NewMedia. Florence, OR, USA.
- McDonnell, S.M. 1992. Ejaculation: physiology and dysfunction. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 8: 57-70.
- McDonnell, S.M. 2000. Reproductive behavior of stallions and mares: comparison of free-running and domestic in-hand breeding. *Animal Reproduction Science* 60: 211-219.
- McDonnell, S.M., Keney R.M., Meckley P.E., Garcia M.C. 1985. Conditioned suppression of sexual behavior in stallions and reversal with diazepam. *Physiology & Behavior* 34: 951-956.
- Miller, C.D. 2008. Optimizing the use of frozen-thawed equine semen. *Theriogenology* 70: 463-468.
- Morel, M.C.D. 2020. *Equine reproductive physiology, breeding and stud management*. 5th ed. Wallingford UK Cabi.
- Samper, J.C. 2008. *Equine Breeding Management and Artificial Insemination*. Elsevier Health Sciences, Oxford UK.
- Sedlinská, M., Mráčková, M., Filla, J. 2015. Pohlavní aktivita u klisny. In: Doležel, R. et al.: *Veterinární gynekologie*, Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno, pp. 28-66.
- Stallones, L., McManus, P., McGreevy, P. 2023. Sustainability and the thoroughbred breeding and racing industries: An enhanced One Welfare perspective. *Animals* 13: 490.
- Squires, E. 2020. Current reproductive technologies impacting equine embryo production. *Journal of Equine Veterinary Science* 89: 102981.
- Stout, T.A.E. 2005. Modulating reproductive activity in stallions: a review. *Animal Reproduction Science* 89: 93-103.
- Stout, T.A.E. 2025. Current challenges in commercial equine embryo transfer. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 49: 315-320.
- Wikland, M., Blad, S., Bungum, I., Hillensjo, T., Karlstrom P.O., Nilsson, S. 2011. A randomized controlled study comparing pain experience between a newly designed needle with a thin tip and a standard needle for oocyte aspiration. *Human Reproduction* 26: 1377-1383.

MANAGEMENT KONÍ S EOTRH MANAGEMENT OF HORSES WITH EOTRH

Jakub Bartoň*, Filip Kološ

Klinika chorob koní, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Equine Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno,
Czech Republic

Summary

Equine Odontoclastic Tooth Resorption and Hypercementosis (EOTRH) has recently become an increasingly recognized and discussed topic. It is a progressive, painful disease primarily affecting the incisors and canines of horses, however, cases involving premolars and molars have also been reported. The lack of knowledge of the exact causes does not allow us to prevent this serious disease, although it is known that osteoclasts and odontoblasts play a significant and active role in its pathogenesis. Clinical signs may be subtle and can go unnoticed by both the owner and the veterinarian for an extended period. Diagnosis currently relies heavily on radiographic examination, which often reveals pathological changes even in teeth that appear clinically normal. To date, the only available therapeutic approach is the extraction of all affected teeth. Although this is a relatively invasive procedure and can be psychologically challenging for the owner, the majority of horses improve their quality of life and appetite following treatment.

Key words: EOTRH, resorptive changes, hypercementosis, tooth extraction

Souhrn

Equinní odontoklastická zubní resorpce a hypercementóza (EOTRH) je v poslední době čím dál více se rozvíjející a diskutované téma. Jedná se o progresivní bolestivé onemocnění postihující především řezáky a špičáky koní, nicméně již byly popsány i případy, kdy byly identickými změnami postiženy třenové zuby i stoličky. Neznalost přesných příčin nám neposkytuje možnost předcházet tomuto vážnému onemocnění, ale víme, že osteoklasty a odontoblasty hrají velmi významnou aktivní roli v patogenezi tohoto onemocnění. Klinické příznaky mohou být nenápadné a mohou unikat dlouhou dobu pozornosti majitele i veterinárního lékaře. Proto je nyní diagnostika silně závislá na rentgenologickém vyšetření, které často odhalí i problémy u zubů, které se klinicky jeví jako zdravé. Doposud jedinou využívanou terapeutickou metodou je extrakce všech postižených zubů. Přestože se jedná o poměrně invazivní a pro majitele psychicky náročný zákrok, dochází u většiny koní ke zlepšení kvality života i apetitu.

Klíčová slova: EOTRH, resorptivní změny, hypercementóza, extrakce zubu

Úvod

EOTRH je progresivní a velmi bolestivý syndrom postihující zuby koní (Staszyk et al., 2008). Tento stav byl poprvé popsán v roce 2004 jako periopatogenní onemocnění postihující řezáky a špičáky koní. V roce 2006 byla popsána spojitost s hyperplazií a hypoplazií cementu (Earley a Rawlinson, 2013). Staszyk et al. (2008) pak následně odvodili název onemocnění od probíhajících odontoklastických resorptivních změn a hypercementózy u postižených zubů, a proto bylo onemocnění pojmenováno jako Equinní odontoklastická zubní resorpce a hypercementóza. Tento patologický proces postihuje především řezáky a špičáky koní středního a vyššího věku (Staszyk et al., 2008).

Rehl et al. (2018) provedli studii s cílem zjistit prevalenci výskytu EOTRH u koní v severním Německu. Z jejich výsledků vyplynulo, že 94 % koní mělo na zubech mírné radiologické změny

* bartonj@vfu.cz

a dokonce 62 % koní mělo na zubech střední až vážné změny. Všechny koně starší 24 let měli střední rentgenologické příznaky EOTRH, avšak předpokládají, že řada mírných změn je způsobena pouze stárnutím a nejedná se o EOTRH jako takové (Rehl et al., 2018).

V nedávné době již byly popsány případy identických změn postihujících i třenové zuby a stoličky (Moore et al., 2018). Podobné změny, jaké nalézáme u EOTRH, bývají nalézány také u lidí, kde se označují jako Multipní idiopatická resorpce kořenů (MIRR). Podobný syndrom se objevuje také u koček, u kterých je označován jako Syndrom felinní odontoklastické resorpční léze (FORL). U obou těchto syndromů jsou nejvýraznější resorptivní léze a sekundárně pak hypercementóza (Staszyk et al., 2008). Oproti tomu u koní je tento proces především proliferační a primárně spojený s hypercementózou (Hole a Staszyk, 2018).

Etiologie a patogeneze

Příčina tohoto onemocnění je doposud neznámá, stejně tak jako u FORL a MIRR (Staszyk et al., 2008). Pravděpodobně se ale jedná o multifaktoriální onemocnění. Jedna z teorií vzniku onemocnění je rozvoj imunitně-mediovaného syndromu. Další teorie se pak zakládají na nadměrném působení fyzikálních sil, které působí na závěsný aparát zubu a následně dochází k nekróze spojené se zánětem. Starší koně mají méně periodontálních ligament než mladší koně, ale působící žvýkací síly zůstávají stejné. Dochází tak k přetížení závěsného aparátu zubu. U některých pacientů může docházet i k poškození špičáků, na které takováto mechanická síla nepůsobí. Simulace mechanického zatížení ale ukázaly, že dochází k výraznému přenosu napětíových sil podél čelisti přes margo intraalveolaris až ke špičákům (Hole a Staszyk, 2018). Během tvorby mikronekróz dochází k uvolňování cytokinů a rozvoji zánětu. Ve tkáních dochází k hromadění a aktivaci klastických buněk, které narušují zubní integritu. Tento proces pak aktivuje reparativní reakce a dochází k infiltraci fibroblasty, odontoblasty a cementoblasty, které se dostávají do prostoru mezi osteoklasty a produkují tkáň podobnou cementu s cílem vyplnit zubní defekty. Rovnováha mezi resorpcí a novotvorbou cementu se může lišit nejen v rámci jedinců, ale i mezi postiženými zuby jednoho pacienta (Earley a Rawlinson, 2013). Další etiologické jednotky mohou zahrnovat ischemickou nekrózu, geneticky podmíněné poruchy, systémové poruchy, jako je Cushing, hypervitaminóza A, hypokalcémie či hyperparathyreóza (Hole a Staszyk, 2018).

Sykora et al. (2014) ve své studii uvedli možný význam bakterií rodu *Treponema* a *Tannerella* u pacientů s EOTRH. U všech koní s EOTRH, kteří se nacházeli ve studii, byla nalezena infekce těmito dvěma rody bakterií, což může naznačovat jejich roli v patogenezi tohoto onemocnění. Pearson et al. (2013) uvádějí, že jako rizikové faktory podporující vznik EOTRH mohou působit: nadměrné stomatologické ošetření (časté nebo agresivní ošetření), výživa založená na vojtěšce bez pastvy, vysoký obsah vápníku a vitamínu A, nedostatečné žvýkání a snížené slinění, parodontální onemocnění či endokrinní onemocnění.

Klinické příznaky

Při vyšetření dutiny ústní může být nalézán snížený řezákový úhel neodpovídající věku pacienta nebo ztráta dentálních papil. V důsledku lokálního zánětu může docházet k rozvoji gingiválních a mukózogingiválních fistul s hnisavým výtokem či k rozvoji zubního kamene na poškozených zubech (Earley a Rawlinson, 2013). Při narušení závěsného aparátu zubu může docházet k akumulaci krmiva v periodontu, zvýšené zubní mobilitě až vypadávání zubů (Hole a Staszyk, 2018). Dalšími významnými objevujícími se příznaky jsou hypoplazie gingivy, ústup gingivy, bulbózní zvětšení dentálních struktur a supragingivální resorpce zubu. U starších koní může být resorpce skryta pod zubním kamenem, nejčastěji se tak děje u špičáků. Po odstranění kamene a odhalení lézí se může objevit větší diskomfort koně. Samotná resorpce zubu bývá spojována s rozvojem citlivosti a bolesti a její míra je ovlivněna vážností těchto lézí (Earley a Rawlinson, 2013).

Běžným a prvním příznakem, kterého si majitelé všimají, bývá snížená schopnost uchopit jablko nebo mrkev. Další možné příznaky bývají: zvýšená citlivost na udidlo, potřásání hlavou, hypersalivace, odmítání práce, zvýšená citlivost na doteky v oblasti hlavy, nechutenství, úbytek hmotnosti a snížená schopnost přijímat pastvu. U některých koní, a to především v úvodní fázi onemocnění, nemusí být tento diskomfort vůbec pozorován. Vyšetření dutiny ústní u pacientů s tímto onemocněním může být problematické, protože koně odmítají manipulaci s pysky a postiženými zuby, a především odmítají snášet rozvěrač dutiny ústní (Earley a Rawlinson, 2013).

Diagnostika

Diagnostika EOTRH vyžaduje rentgenologické snímky řezáků, špičáků, třenových zubů i stoliček (James, 2022). U postižených koní je běžné, že rentgenologické vyšetření odhaluje známky onemocnění i u zubů, které se zdají být klinicky v pořádku. U více než poloviny pacientů rentgen odhalí mnohem rozsáhlejší změny, než se předpokládá, na základě předešlého klinického vyšetření (Lorello et al., 2016). Pokud jsou již klinické příznaky přítomny, jsou změny na rentgenologických snímcích viditelné. Změny primárně postihují intraalveolární části zubů (rezervní korunka a kořen) a přilehlý periodont (Staszyk et al., 2008). Rentgenologické nálezy obvykle zahrnují resorpci zuboviny a hypercementózu v okolí kořene, ztrátu alveolární kosti, osteomyelitidu, ankylózu rezervní korunky a kořene, fraktury zubů (James, 2022). Při histopatologickém vyšetření je postižený periodont infiltrován zánětlivými buňkami, především neutrofily, lymfocyty a plazmatickými buňkami. Předpokládá se, že zánět je iniciální fází celého patologického procesu, následovaný resorptivními změnami a kalcifikací okolních tkání (Staszyk et al., 2008). Dalším významným nálezem je výskyt abnormální lokalizace a aktivity osteoklastů, odontoklastů a cementoblastů. Osteoklasty se normálně nacházejí na povrchu kosti v mělkých prohlubních, které si samy vytvořily, tyto prohlubně se nazývají Howshipovy lakuny. U resorptivních lézí se osteoklasty a odontoklasty nacházejí ve velkých atypických lakunách uvnitř kosti, cementu, skloviny a dentinu (Earley a Rawlinson, 2013).

Terapie a management

Jedinou definitivní terapeutickou technikou je vytržení všech postižených zubů. Techniky vedoucí k zachování zubů doposud nebyly objeveny (Staszyk et al., 2008). Léčebný postup závisí především na klinickém vyšetření, rentgenologických nálezech, projevu bolestivosti a komfortu pacienta. U koní s mírnou subgingivální resorpcí a bez lokální osteitidy nebo alveolitidy může být stav monitorován pouze pravidelným orálním a rentgenologickým vyšetřením, protože rychlost postupu onemocnění se může mezi jednotlivými případy lišit. Je běžné pozorovat rozdílné fáze progresu, od normálních zubů až po těžké postižení jak řezáků, tak i špičáků. Pokud se na rentgenologických snímcích již objeví supragingivální léze, alveolitida, osteomyelitida, fraktury zubů, rozsáhlá resorpce rezervní korunky a kořene, je doporučována extrakce. Středně vážné a vážné případy vyžadují postupnou nebo úplnou extrakci postižených zubů vedoucí k úlevě od bolesti a předcházení infekce. Extrakce řezáků může být provedena dvěma způsoby. Postupné vytrhávání může být provedeno u mírných až středně vážných případů. U těžkých patologií je pak možné využít multipní extrakci. U rozvinutého onemocnění je však doporučováno referovat pacienty na extrakci veterináři s dostatečnými zkušenostmi v této oblasti, jelikož vytažení patologicky změněných zubů může být velice komplikované (Earley a Rawlinson, 2013).

V případě pokusu o co nejdelší zachování dentice je možná domácí péče zahrnující čištění zubů, odstraňování naakumulovaného krmiva z periodontu a topickou aplikaci 0,12% roztoku chlorhexidinu. Dalšími možnostmi podpůrného managementu jsou podávání antibiotik, kortikosteroidů, úprava diety, gingivoplastika, chirurgická kyretáž a debridement nebo intraorální splinting. Nicméně se jedná o progresivní onemocnění, které vždy vede k extrakci zubu (Hole a Staszyk, 2018).

Samotná extrakce může být provedena v analgosedaci doplněné o lokální a svodnou anestezii. Vytažení postižených zubů by mělo být následováno rentgenologickým vyšetřením, což umožní odhalení případného fragmentu zubu v alveolu. Pooperační péče pak zahrnuje medikaci nesteroidními antiflogistiky a antibiotiky. Strana dutiny ústní, kde došlo k extrakci, by měla být omývána vodou dvakrát denně, případně 0,12% roztokem chlorhexidinu. Po extrakci je doporučováno krmit koně především granulovaným krmivem, alespoň po dobu jednoho dne. Poté je již možné, podle stavu dentice, krmit jemným máčeným senem (Schröder, 2016). Koně tyto procedury zvládají dobře a jsou schopni žít i po těchto zásazích kvalitní život i bez přetrvávající chronické bolesti (Lorello et al., 2016).

Významnou součástí managementu je správná a dostatečná edukace majitele pacienta, a to především ohledně vlivu onemocnění na jeho život. S takto vzdělaným majitelem je možné vytvořit co nejideálnější léčebný plán, přičemž je zároveň nutné pracovat i s finančním zajištěním majitele. Samotná extrakce může být pro majitele příliš radikální způsob terapie, a proto je také podstatné s ním prodiskutovat, že se opravdu jedná o jedinou doposud efektivní metodu léčby tohoto onemocnění (Limone, 2020). Rainbow (2023) ve své studii uvádí, že po extrakci se počet koní s nižším než požadovaným BCS (Body Condition Score) snížil o více než 50 %. V menší míře bylo také pozorováno žmolkování, pomalý příjem sena, podrážděné chování, potřásání hlavou a vyhýbání se uždění, četnost těchto projevů se snížila o 61 až 86 %. Majitelé navíc popisují nižší četnost agresivity vůči nim a jiným koním ve stádě. Studie zahrnovala také hodnocení nešťastnosti koně majiteli na stupnici od 1 do 10, kdy 1 bylo extrémně nešťastný a 10 extrémně šťastný. Průměrné hodnocení se zvýšilo z 5,34 před extrakcí na 8,40 po extrakci. Přes 91 % respondentů částečně nebo zcela souhlasilo s tím, že vytržení všech řezáků zlepšilo welfare jejich koně a v případě diagnózy EOTRH u svého jiného koně by se opět rozhodli podstoupit kompletní extrakci řezáků.

Závěr

EOTRH je progresivní bolestivé onemocnění koní vyššího věku. Nejčastěji dochází k postižení řezáků a špičáků. V nedávné době však byly identické změny popsány také na třenových zubech a stoličkách. Postižení pacienti vykazují orální diskomfort, zvýšenou citlivost na hlavě, snížený příjem krmiva, hubnutí. Při orálním vyšetření můžeme nalézat gingivitidu, fistuly s hnisavým výtokem, zvýšenou mobilitu zubů až vypadávání, bulbózní zvětšení dentálních struktur prominujících do dutiny ústní, případně až resorpci supragingiválních částí zubu. Pro definitivní potvrzení je třeba rentgenologické vyšetření, které může odhalit postižení i jinak klinicky zdravě vypadajících zubů. Na snímcích je možné především pozorovat resorpci a hypercementózu v okolí zubu v různém poměru. Na základě klinického vyšetření a zobrazovacích metod je důležité nastavit správný management léčby. U mírných případů je možná zachovná terapie, nicméně v důsledku neustálé progresy je nakonec i tak doporučena extrakce. U těžkých případů je vytažení zubů indikováno co nejdříve. Pacienti kompletní extrakci řezáků i špičáků zvládají dobře. U většiny došlo ke zmírnění až vymizení orálního diskomfortu, zvýšení příjmu krmiva a zvyšování BCS.

Literatura

- Earley, E., Rawlinson, J.T. 2013. A new understanding of oral and dental disorders of the equine incisor and canine teeth. *Veterinary Clinics: Equine Practice* 29: 273-300.
- Hole, S.L., Staszky, C. 2018. Equine odontoclastic tooth resorption and hypercementosis. *Equine Veterinary Education* 30: 386-391.
- James, O. 2022. How to diagnose equine odontoclastic tooth resorption and hypercementosis in the equine. In: 68th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, San Antonio, Texas, USA, 18-22 November 2022, s. 451-454.
- Limone, L.E. 2020. Update on equine odontoclastic tooth resorption and hypercementosis. *Veterinary Clinics: Equine Practice* 36: 671-689.

- Loorello, O., Foster, D.L., Levine, D.G., Boyle, A., Engiles, J., Orsini, J.A. 2016. Clinical treatment and prognosis of equine odontoclastic tooth resorption and hypercementosis. *Equine Veterinary Journal* 48: 188-194.
- Moore, N.T., Schröder, W., Staszyk, C. 2016. Equine odontoclastic tooth resorption and hypercementosis affecting all cheek teeth in two horses: clinical and histopathological findings. *Equine Veterinary Education* 28: 123-130.
- Pearson, A.M., Mansfield, G., Conaway, M., Koput, K. 2013. Associated risk factors of equine odontoclastic tooth resorption and hypercementosis. In: *Proceedings of the 59th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*, Nashville, Tennessee, USA, 7-11 December 2013, s. 65-70.
- Rainbow, W. 2024. Behavioural and physical changes in equine patients after complete extraction of all incisors due to equine odontoclastic tooth resorption with hypercementosis. *Equine Veterinary Education* 36: 240-244.
- Rehrl, S., Schröder, W., Müller, C., Staszyk, C., Lischer, C. 2018. Radiological prevalence of equine odontoclastic tooth resorption and hypercementosis. *Equine Veterinary Journal* 50: 481-487.
- Schröder, O.E. 2016. Important topics in equine dentistry. In: *NAVC Conference 2016*. Orlando, Florida, s. 212-214
- Staszyk, C., Bienerth, A., Kreutzerc, R., Wohlseinc, P., Simhoferd, H. 2008. Equine odontoclastic tooth resorption and hypercementosis. *The Veterinary Journal* 178: 372-379.
- Sykora, S., Pieber, K., Simhofer, H., Hackl, V., Brodesser, D., Brandt, S. 2014. Isolation of *T. reponema* and *T. annerella* spp. from equine odontoclastic tooth resorption and hypercementosis related periodontal disease. *Equine Veterinary Journal* 46: 358-363.

INCIDENCE RESPIRAČNÍCH ONEMOCNĚNÍ V CHOVECH KRÁLÍKŮ VE VZTAHU K MIKROKLIMATICKÝM PODMÍNKÁM CHOVU

INCIDENCE OF RESPIRATORY DISEASES IN RABBIT FARMS IN RELATION TO MICROCLIMATIC CONDITIONS IN THE HOUSING ENVIRONMENT

Valentina Šubová¹, Lenka Rozsypalová^{2*}

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Ústav chovu zvířat, výživy zvířat a biochemie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Department of Animal Breeding, Animal Nutrition and Biochemistry, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The aim of this study was to assess the relationship between microclimatic conditions in rabbit farms and the incidence of respiratory diseases. Particular attention was paid to the temperature-humidity index (THI), seasonal variations, and differences between fattening and rearing halls. Measurements were carried out over a six-month period in an intensive commercial rabbit farm. Temperature and relative humidity were continuously monitored using data loggers placed both indoors and outdoors. Every fourteen days, the number of animals and the occurrence of clinical signs of respiratory disease—such as nasal discharge, eye discharge, torticollis, and ataxia—were recorded. The measured data showed that THI did not exceed the heat stress threshold throughout the observation period, indicating suitable thermal-humidity conditions. A strong positive correlation was found between indoor and outdoor temperatures. Relative humidity differed significantly between the two halls and across seasons, with higher values recorded in the fattening hall. The incidence of clinical signs varied significantly both between the two halls and between seasons. Temperature had a highly significant effect on disease occurrence in both halls, while the influence of humidity was statistically significant only in the fattening hall.

Key words: rabbit, temperature, humidity, temperature-humidity index, respiratory diseases

Souhrn

Cílem této studie bylo posoudit vztah mezi mikroklimatickými podmínkami v chovech králíků a výskytem respiračních onemocnění. Pozornost byla věnována zejména hodnotám teplotně-vlhkostního indexu (THI), sezónním rozdílům a rozdílům mezi výkrmovou a odchovnou halou. Měření probíhalo po dobu šesti měsíců v intenzivním chovu. Pomocí datalogerů byly kontinuálně monitorovány teplota a relativní vlhkost vzduchu uvnitř hal i ve venkovním prostředí. Každých čtrnáct dní byl zaznamenán výskyt klinických příznaků respiračních onemocnění u králíků, jako je mukopurulentní a serózní výtok z nosu, slzení z očí a tortikolis, ataxie. Naměřené hodnoty ukázaly, že po celé sledované období THI nepřekročil hranici tepelného stresu 27,8, což svědčí o příznivých podmínkách z hlediska teplotně-vlhkostní zátěže. Byla zjištěna silná pozitivní korelace mezi vnitřní a venkovní teplotou, což potvrzuje, že teplota v halách úzce souvisí s venkovními teplotami. Relativní vlhkost se statisticky významně lišila mezi halami i napříč sezónami, s vyššími hodnotami ve výkrmové hale. Výskyt klinických příznaků se statisticky významně lišil jak mezi halami, tak mezi jednotlivými sezónami s vyšším podílem v hale výkrm. Teplota měla na výskyt respiračních onemocnění statisticky vysoce významný vliv v obou halách, zatímco vliv relativní vlhkosti byl významný pouze v hale pro výkrm.

* rozsypaloval@vfu.cz

Klíčová slova: králík, teplota, vlhkost, teplotně-vlhkostní index, respirační onemocnění

Úvod

Králík domácí (*Oryctolagus cuniculus f. domesticus*) je celosvětově rozšířený druh, který se chová nejen v intenzivních produkčních systémech, ale i v zájmových chovech. Díky své vysoké reprodukční schopnosti, rychlému růstu a relativně nízkým nárokům na prostor je považován za hospodářsky významné zvíře, vhodné pro masný výkrm i laboratorní využití (Irlbeck, 2001; Knotek et al., 2017). Je to velmi sociální druh, který ve volné přírodě vytváří kolonie a jeho chov vyžaduje odpovídající životní podmínky a péči (Verga et al., 2009).

Jedním z častých zdravotních problémů, se kterými se v chovech králíků setkáváme, jsou onemocnění dýchacího traktu. Tato onemocnění představují závažný problém nejen z pohledu welfare, ale i z hlediska produkční efektivity. Správné porozumění anatomii respiračního systému králíka, jeho fyziologickým zvláštnostem i vlivu prostředí je proto klíčové pro prevenci a léčbu respiračních onemocnění. (Johnson-Delaney and Orosz, 2011; Knotek, 2017; Rosell et al., 2023).

Králíci jsou obligátní nosodýchači, což znamená, že v běžných podmínkách dýchají výhradně nosem, protože hrtan je u nich uložen v ostrém úhlu vůči orofaryngu a komunikuje přímo s nosohltanem. Již částečná obstrukce nosu tak může vážně narušit jejich schopnost dýchat (Langan et al., 2000). Dýchání ústy je u nich patologickým příznakem, který často signalizuje závažné onemocnění horních cest dýchacích (Hillyer and Quesenberry, 1997; Abd Al-Hussan et al., 2022).

Nosní dutina králíka je velmi členitá a rozdělena do čtyř oblastí: vestibula, oblasti maxilloturbinátů, nasomaxilární oblasti a etmoturbinátů. Proudění vzduchu, přenos chemických látek a termoregulace jsou ovlivněny řadou struktur, včetně spirálovitě uspořádaného nosního vestibulu a alární řasy (Jekl, 2021). Nosní sliznice je pokryta hlenem, který plní ochrannou, zvlhčovací a čichovou funkci. Laterální nosní žlázy navíc zvlhčují vdechovaný vzduch a napomáhají jeho ohřevu (Harcourt-Brown, 2002).

Hrudní dutina je u králíků relativně malá a plíce jsou asymetrické – pravá plíce se skládá ze čtyř laloků, levá má pouze dva (Vennen and Mitchell, 2009). Králíci dýchají převážně pomocí bránice, což je důležité z hlediska anesteziologických postupů. Úzká ústní dutina navíc ztěžuje intubaci, a proto se u pacientů s respiračním onemocněním zvyšuje riziko komplikací při narkóze (Hillyer and Quesenberry, 1997; Jekl, 2021).

Respirační potíže u králíků mohou být způsobeny řadou infekčních i neinfekčních faktorů. Mezi typické příznaky patří kýchání, serózní až hnisavý nosní výtok, sípání, dušnost, zánět spojivek nebo slepená srst na předních končetinách (Murray, 2006).

Nejčastějším bakteriálním původcem je *Pasteurella multocida*, která způsobuje rinitidy, konjunktivitidy, pneumonie a v těžších případech sepse. Infekce se šíří přímým kontaktem nebo aerosolem (Knotek et al., 2017; Jekl, 2021). Důležitým virovým agens je RHDV (Rabbit Hemorrhagic Disease Virus), jehož nová varianta RHDV2 může postihnout i zajíce a způsobuje selhání jater, plic a dalších orgánů. Myxomatóza, způsobená leporixovirem, vyvolává silné respirační příznaky, otoky a sekundární infekce, často s fatálním průběhem (Rosell et al., 2019; Jekl, 2021).

Neinfekční příčiny zahrnují např. hypertermii, která je u králíků častým problémem v letních měsících. Vzhledem k absenci potních žláz je hlavní cestou termoregulace krevní tok v uších. Nadměrné teplo vede k tachypnoe, apatii, výtoku z nosu s pěnou a v těžkých případech k edému plic (Knotek et al., 2017). Dalšími příčinami mohou být cizí tělesa v nosní dutině, dentální onemocnění s retrotubulárními abscesy, neoplazie (např. adenokarcinom, thymom) nebo kardiomyopatie (Adamcová et al., 2010; Johnson-Delaney and Orosz, 2011).

Mikroklimatické podmínky hrají zásadní roli v rozvoji a průběhu respiračních onemocnění. Teplota, vlhkost, cirkulace vzduchu a koncentrace škodlivých plynů (zejména čpavku) ovlivňují imunitu, replikaci patogenů a přežití mikroorganismů v prostředí (Dennis, 1986; Veterinární univerzita, 2008).

Králíci mají úzce vymezenou termoneutrální zónu (15–17 °C), přičemž bez větších problémů snášejí nízké teploty do 5 °C, zatímco teploty nad 22 °C jsou rizikové (Šimek, 2023). Relativní vlhkost by se měla pohybovat mezi 50–70 %, optimální teplotně-vlhkostní index (THI) je pod hodnotou 27,8 (Marai et al., 2002). Cirkulace vzduchu má vliv na rovnoměrnost mikroklimatu, optimální proudění činí 0,1–0,3 m/s, při vysokých teplotách až 1,5 m/s (Zejdová et al., 2014). Přítomnost čpavku (NH_3), který vzniká při rozkladu trusu a moči, může dráždit sliznice a zvyšovat riziko zánětů spojivek a dýchacích cest. Vysoká prašnost, nedostatečná ventilace a tepelné přetížení patří k nejčastějším environmentálním stresorům, které predisponují králíky k respiračním infekcím (Lindberg et al., 2009; Wolf et al., 2020).

Materiál a metodika

Data byla získávána v komerčním farmovém chovu brojlerových králíků plemene HYLA s kapacitou přibližně 2000 kusů. Chov zahrnoval halu pro odchov a výkrm a byl vybaven automatickým napájecím systémem, zatímco krmení probíhalo manuálně. Chov je vybaven centrálním ventilátorem. Výkaly byly odstraňovány ručně, dezinfekce probíhala každých 14 dní pomocí přípravku Virkon a po vyskladnění skupiny z haly také opalováním. Veterinární péče byla zajišťována dle potřeby, králíci byli očkováni vakcínou Pestorin Mormyx (Bioveta a.s.).

Sběr dat probíhal od 14. června do 15. listopadu 2024 v čtrnácti denních intervalech. Při každé návštěvě byl zaznamenán, jak celkový počet zvířat, tak počet s klinickými příznaky respiračního onemocnění (kýchání, serózní výtok z nosu, mukopurulentní výtok z nosu, slzení z očí, tortikolis a ataxie), a to zvláště pro halu odchovu a výkrmu. Posouzení klinického stavu bylo provedeno adspekci, bez manipulace se zvířaty.

Současně byly po celé období monitorovány mikroklimatické podmínky pomocí pěti dataloggerů (Testo Saveris 2–H a TFA WeatherHub). Čtyři byly umístěny ve výšce 140 cm uvnitř hal a jeden byl pod střechou venku. Přístroje měřily teplotu a relativní vlhkost vzduchu osmkrát denně v tříhodinových intervalech. Přesnost měření činila $\pm 0,5$ °C pro teplotu a ± 2 % RH pro vlhkost. Data byla stažena dvakrát – v září a listopadu 2024.

Získané údaje byly zpracovány v programech Microsoft Excel a STATISTICA 10 (StatSoft Inc., 2011). Byly spočítány průměrné denní hodnoty teploty a vlhkosti, a následně vypočítán teplotně-vlhkostní index (THI) dle vzorce od Marai et al. (2002). Hodnoty byly klasifikovány do čtyř kategorií dle míry tepelného stresu.

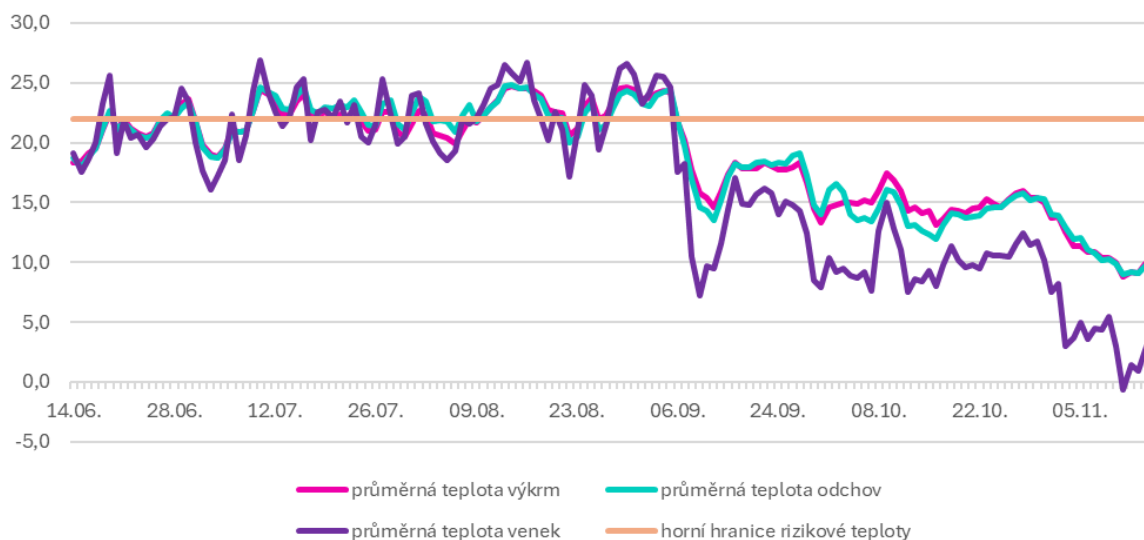
Statistická analýza zahrnovala: Spearmanovu korelaci pro porovnání vnitřní a venkovní teploty, t-test pro porovnání mikroklimatických podmínek mezi halami, chí-kvadrát test pro vyhodnocení vlivu mikroklimatu, sezóny a typu haly na výskyt klinických příznaků. Výsledky jsou uvedeny ve formátu s hladinou pravděpodobnosti $p < 0,05$.

Výsledky

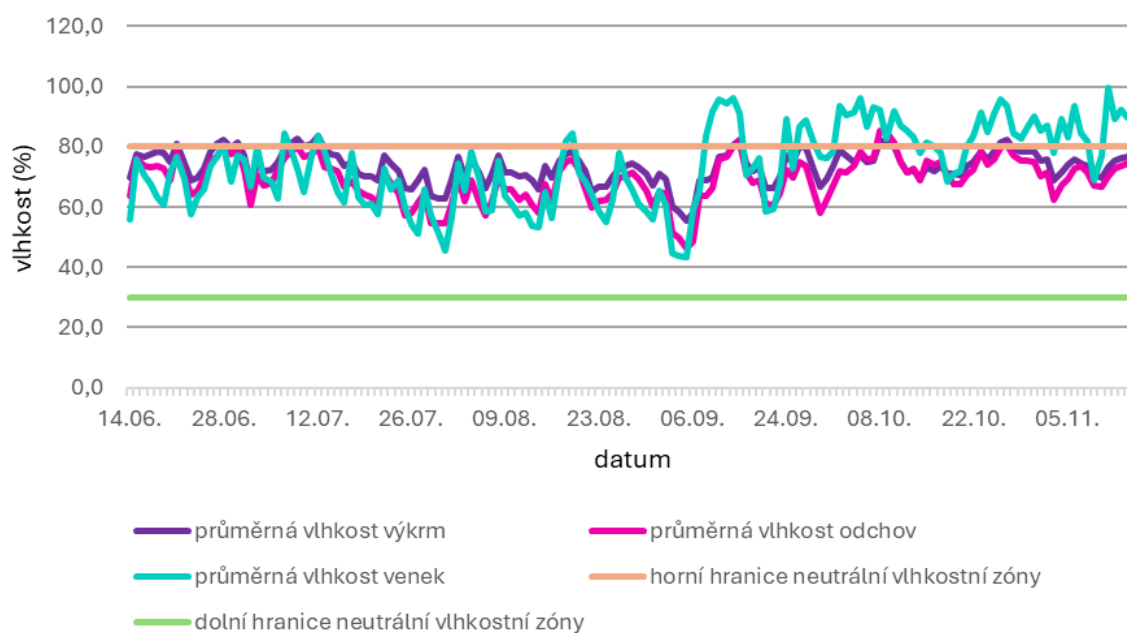
Mikroklimatické podmínky a nemocnost v chovných prostorách byly sledovány během šestiměsíčního období. Průměrné denní teploty byly porovnávány mezi halou pro výkrm, halou pro odchov a venkovním prostředím (obrázek č. 1). Na začátku sledování se teploty v halách pohybovaly mezi 20 a 25 °C. V letním období (14. července až 19. září) byly teploty v halách nad horní hranici termoneutrální zóny, což může naznačovat možný tepelný stres. V podzimním období (20. září až 15. listopadu) se teploty pohybovaly v rozmezí 8,8 °C až 19,1 °C. Podobné závěry uvádí i Dermendzhieva et al. (2017), podle níž letní teploty překračující komfortní rozmezí mohou negativně ovlivnit zdraví králíků. Byla zjištěna statisticky významná korelace mezi vnitřní a venkovní teplotou ($r = 0,9487$ pro výkrm; $r = 0,9452$ pro odchov; $p = 0$), což potvrzuje, že teplota uvnitř hal byla ovlivněna venkovními teplotami. Toto zjištění ukazuje na možný dopad extrémních venkovních teplot na stabilitu mikroklimatu v halách, a tím i na zdraví a pohodu chovaných zvířat. Průměrná denní relativní vlhkost se ve vnitřních prostorách chovu pohybovala mezi 60–75 %, což spadá mezi tolerované hodnoty u králíků (obrázek č. 2). V letních měsících (14. července až 19.

září) byla vlhkost v halách stabilnější (62–72 %) a nižší než venkovní, ale v podzimním období došlo ke zvýšení vlhkosti v obou halách (70–80 %) a rozdíly mezi vnějším a vnitřním prostředím se snížily.

Obrázek č. 1. Vývoj průměrné denní teploty ve vnitřních a vnějších prostorách chovu

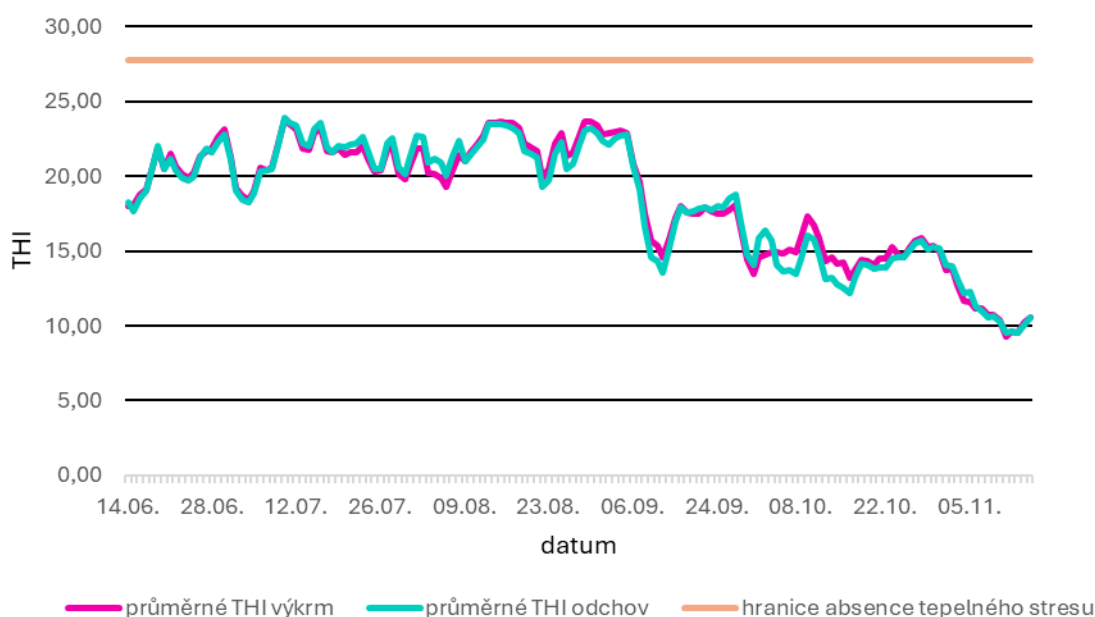


Obrázek č. 2. Vývoj průměrné denní vlhkosti ve vnitřních a vnějších prostorách chovu



Pro přesnější posouzení tepelného komfortu byl použit teplotně-vlhkostní index (THI), který kombinuje hodnoty teploty a relativní vlhkosti (obrázek č. 3).

Ačkoli teplota a vlhkost byly v některých obdobích nad komfortním rozmezím, THI index v průběhu sledovaného období nepřekročil kritickou hodnotu, což naznačuje, že králíci nebyli vystaveni tepelnému stresu. Vzhledem k absenci potních žláz jsou králíci na vyšší teploty citliví (McNitt et al., 2013) a změny mikroklimatu mohou zvyšovat náchylnost k infekcím (Ivanova and Hristev, 2022).

Obrázek č. 3. Vývoj průměrného denního THI ve vnitřních prostorách chovu

Rozdíly mikroklimatických podmínek mezi halami byly hodnoceny na základě průměrných denních teplot, vlhkostí a THI, bez statisticky významných rozdílů v teplotě a hodnotách THI. Výraznější rozdíl byl zjištěn pouze ve vlhkosti, která byla v hale pro výkrm signifikantně vyšší ($p < 0,01$). Tyto rozdíly mohou souviset s provozními podmínkami, jako je ventilace, hustota zvířat nebo frekvence odstraňování výkalů.

Sezónní analýza ukázala (Tabulka č. 1), že průměrné teploty byly v obou halách v létě statisticky významně vyšší než na podzim ($p < 0,01$). Rovněž relativní vlhkost vzduchu byla na podzim vyšší, přičemž v hale pro odchov byl tento rozdíl statisticky vysoce významný ($p < 0,01$), zatímco ve výkrmu byl rozdíl mírnější ($p < 0,05$). Tyto výsledky potvrzují, že mikroklima je sezónně ovlivňováno a jak uvádí další studie, je třeba mu věnovat zvýšenou pozornost zejména v období extrémních teplot a vlhkosti (Dennis, 1986; Bodnar et al., 2019).

Tabulka č. 1. Sezónní porovnání mikroklimatických parametrů v halách

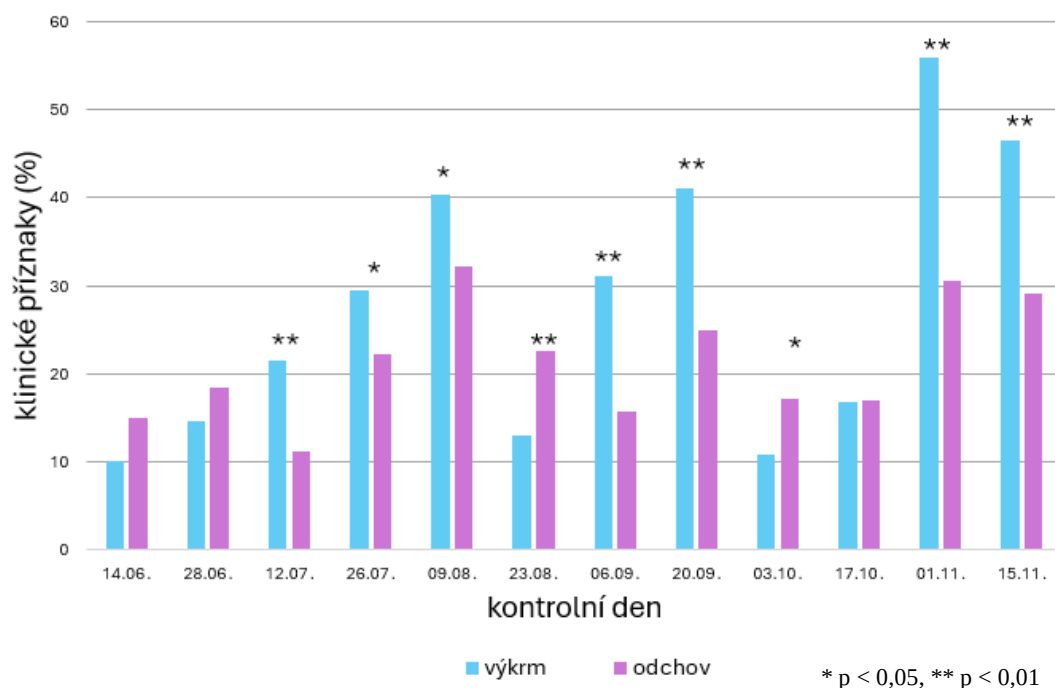
Parametr	Hala	Léto (průměr $\pm$ SD)	Podzim (průměr $\pm$ SD)	p-hodnota
Teplota ($^{\circ}\text{C}$)	Výkrm	21,651 $\pm$ SD	14,292 $\pm$ SD	< 0,01
Teplota ($^{\circ}\text{C}$)	Odchov	21,711 $\pm$ SD	14,102 $\pm$ SD	< 0,01
Relativní vlhkost (%)	Výkrm	72,799 $\pm$ SD	74,771 $\pm$ SD	< 0,05
Relativní vlhkost (%)	Odchov	67,501 $\pm$ SD	72,141 $\pm$ SD	< 0,01

Z hlediska typu klinických příznaků převažoval mukopurulentní výtok z nosu, který dominoval jak ve výkrmové hale (průměrně 84,81 %), tak v odchovné hale (71,86 %). Serózní výtok z nosu byl zaznamenán méně často, s průměrem 13,58 % ve výkrmu a 26,81 % v odchovu. Neurologické příznaky, jako tortikolis a ataxie, byly zaznamenány pouze u výkrmových králíků (1,34 %), v odchovné hale nebyly zaznamenány vůbec. Slzení z očí bylo přítomno jen výjimečně a v obou halách mělo minimální výskyt.

Podíl nemocných králíků se výrazně lišil mezi jednotlivými termíny i mezi sledovanými prostory. V hale pro výkrm se incidence příznaků pohybovala mezi 10,12 % a 55,89 %, zatímco v hale pro

odchov byly hodnoty nižší a stabilnější, s rozmezím od 11,16 % do 32,27 %. Nejvyšší nemocnost byla ve výkrmové hale zaznamenána začátkem listopadu, zatímco v hale pro odchov k maximální hodnotě došlo již v srpnu. Ve výkrmové hale byl podíl králíků s klinickými příznaky významně vyšší než v hale pro odchov ($p < 0,01$). Tento rozdíl může být způsoben rozdílnými podmínkami v jednotlivých halách, například vyšší relativní vlhkostí ve výkrmové hale, která byla statisticky významně odlišná.

Obrázek č. 4. Srovnání nemocnosti v hale pro výkrm a odchov v kontrolních termínech



Analýza výskytu příznaků v jednotlivých kontrolních termínech ukázala, že nemocnost byla častěji vyšší ve výkrmové hale, a to v sedmi z dvanácti sledovaných termínů. Statisticky vysoce významné rozdíly v nemocnosti mezi halami byly zaznamenány zejména na konci sledovaného období (např. 1. 11. a 15. 11.), kdy byly rozdíly mezi halami nejvýraznější.

Sezónní porovnání ukázalo, že v podzimním období byl podíl nemocných králíků vyšší než v létě v obou halách (tabulka č. 2). Tyto výsledky potvrzují, že sezóna významně ovlivnila výskyt respiračních příznaků, pravděpodobně v souvislosti se změnami teploty a vlhkosti vzduchu, které podle Dennise (1986) hrají klíčovou roli ve výskytu respiračních onemocnění u hospodářských zvířat.

Chí-kvadrát test potvrdil statisticky vysoce významné rozdíly v nemocnosti v závislosti na teplotních kategoriích v obou halách ($p < 0,01$). Nejvyšší podíl králíků s klinickými příznaky ve výkrmové i odchovné hale byl zaznamenán při teplotách mimo termoneutrální zónu, konkrétně při teplotách mezi 5,1–15 °C.

Relativní vlhkost vykazovala statisticky významný vliv na výskyt klinických příznaků pouze ve výkrmové hale ($p < 0,01$), kde byl nejvyšší podíl klinických příznaků zaznamenán při vlhkosti v rozmezí 70–79 %, tedy na horní hranici doporučených hodnot. V odchovné hale tento vztah prokázán nebyl ($p > 0,05$). Tyto výsledky naznačují, že kolísání teploty a zvýšená vlhkost mohou významně ovlivňovat zdravotní stav králíků, zejména pokud jsou přítomny i další rizikové faktory.

Tabulka č. 2. Sezónní porovnání podílu králíků s klinickými příznaky v halách

Hala	Léto (%)	Podzim (%)	p-hodnota
Výkrm	21	32	< 0,01
Odchov	20	24	< 0,05

Rosell et al. (2023) uvádějí, že mezi hlavní faktory zvyšující náchylnost k respiračním infekcím patří proudění studeného vzduchu, zvýšené koncentrace amoniaku a náhlé výkyvy teplot. Dennis (1986) dále popisuje, že chladné a vlhké prostředí podporuje přežívání patogenů v aerosolech a zároveň oslabuje obranné mechanismy dýchacího aparátu. Bodnar (2019) zmiňuje sezónní vlivy na výskyt *Pasteurella multocida*, přičemž klíčovým faktorem jsou rychlé změny teploty, relativní vlhkosti a proudění vzduchu. Ivanova and Hristev (2022) doplňují, že nadměrná vlhkost snižuje odolnost organismu vůči infekcím a hraje významnou roli v patogenezi pasteurelózy.

Závěr

Studie se zaměřila na vztah mezi mikroklimatickými podmínkami a výskytem respiračních onemocnění u králíků. Monitoring teploty, relativní vlhkosti a teplotně-vlhkostního indexu probíhal po dobu šesti měsíců, paralelně se sledováním klinických příznaků onemocnění. Ačkoliv hodnoty teploty i vlhkosti občas překračovaly komfortní zónu králíků, žádný den nebyla překročena mez tepelného stresu (THI 27,8).

Analýza ukázala, že teplota a relativní vlhkost se mezi sledovanými halami lišily, přičemž vyšší vlhkost byla zjištěna ve výkrmové hale. Výskyt klinických příznaků byl v této hale také častější, přičemž nejčastěji šlo o mukopurulentní výtok z nosu. Statistické testy potvrdily významný vliv teploty na nemocnost v obou halách, a vlhkosti ve výkrmové hale. Zaznamenány byly i rozdíly mezi sezónami – na podzim se nemocnost zvyšovala.

Z výsledků vyplývá, že mikroklimatické faktory, zejména teplota a vlhkost, mohou významně ovlivnit zdravotní stav králíků. Výsledky přispívají k lepšímu pochopení souvislostí mezi prostředím chovu a výskytem onemocnění a mohou sloužit jako podklad pro optimalizaci podmínek a prevenci v komerčních chovech.

Literatura

- Adamcova, M., Potačova, A., Popelova, O., Štěrbá, M., Mazurova, Y., Aupperle, H.A., Geršl, V. 2010. Remodeling and MMPs on the model of chronic daunorubicin-induced cardiomyopathy in rabbits. *Physiological Research* 59: 831-836.
- Abd Al-Hussan, G., AL-Hashemi, W., abed AL-Kelaby, W.E., Mansur, M. 2022. Morphological and histological study of respiratory system of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Revis Bionatura* 7: 1–7.
- Bodnar, K., Makra, L., Bodnar, G., Privoczki, Z.I. 2019. A review on environmental management of rabbit production. *Lucrări Științifice* 21: 5-12.
- Veterinární univerzita. 2008. Mikroklimatická měření ve stájích pro hospodářská zvířata [online]. [vid. 10. 7. 2025]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/mikroklima/>
- Dennis, M.J. 1986. The effects of temperature and humidity on some animal diseases—A review. *British Veterinary Journal* 142: 472-485.
- Dermendzhieva, D., Kostadinova, G., Petkov, G., Dinev, T., Vasilev, V. 2017. Hygienic and ecological assessment of the microclimate in a farm for intensive breeding of rabbits. *Macedonian Journal of Animal Science*: 7: 97-105.
- Harcourt-Brown, F. 2002. Textbook of rabbit medicine. 3rd ed. Elsevier Health Sciences. London, UK.
- Hillyer, E.V., Katherine, E.Q. 1997. Ferrets, Rabbits and Rodents: Clinical Medicine and Surgery. Saunders. Philadelphia, USA.
- Irlbeck, N.A. 2001. How to feed the rabbit gastrointestinal tract. *Journal of Animal Science* 79: E343-E346.
- Ivanova, R., Hristev, H. 2022. A study of the influence of environmental factors and the prevalence of pasteurellosis in rabbits. *Animal Science* 65: 237-241.

- Jekl, V. 2021. Respiratory Disorders in Rabbits. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 24: 459-482.
- Johnson-Delaney C.A., Orosz S.E. 2011. Rabbit respiratory system: clinical anatomy, physiology and disease. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 14: 257-266.
- Knotek, Z., Hauptman, K., Chloupek, P., Jekl, V., Knotkova, Z., Kohutova, S., Minarikova, A., Stehlik, L. 2017. *Nemoci zvířat zájmových chovů: drobní savci*. 1st ed. Profi Press. Praha, CZ.
- Langan, G.P., Lohmiller, J.J., Swing, S.P., Wardrip, C.L. 2000. Respiratory diseases of rodents and rabbits. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 30: 1325-1335.
- Lindberg, S., Dolata, J., Mercke, U. 2009. Nasal exposure to airway irritants triggers a mucociliary defence reflex in the rabbit maxillary sinus. *Acta Oto-Laryngologica* 104: 552-560.
- Marai, I.F.M., Habeeb, A.A.M., Gad, A.E. 2002. Rabbits' productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: a review. *Livestock Production Science* 78: 71-90.
- McNitt, J.I., Lukefahr, S.D., Cheeke, P.R., Patton, H.M. 2013. *Rabbit production*. 9th ed. CABI Wallingford and Boston. Wallingford, UK.
- Murray, M.J. 2006. Rabbits: It's not always Pasteurella. In: *North American Veterinary Conference 2006*. Orlando: Monterey Bay Aquarium, s. 1761-1763
- Rosell, J.M., De La Fuente, L.F., Badiola, J.I., Perez de Rozas, A., Fernández de Luco, D., Arnal, M.C., Casal, J., Fernández, S.M., Pinto de Carvalho, A. 2023. Health and welfare of rabbits farmed in different production systems. *World Rabbit Science* 31: 147-161.
- Rosell, J.M., De La Fuente, L.F., Parra, F., Dalton, K.P., Badiola Sáiz, J.I., Pérez de Rozas, A., Badiola Díez J.J., Fernández de Luco, D., Casal, J., Májó, N., Casas, J., Garriga, R., Fernández Magariños, X.M. 2019. Myxomatosis and Rabbit Haemorrhagic Disease: A 30-Year Study of the occurrence on commercial farms in Spain. *Animals* 9: 780.
- Šimek, V. 2023. Králíci v zimě – základní chovatelská opatření [online]. [vid. 26. 7. 2023]. Dostupné z: <https://www.ifauna.cz/kralici/clanky/r/detail/7739/8569-kralici-v-zime-zakladni-chovatelska-opatreni>
- Vennen, K.M., Mitchell, M.A. 2009. Rabbits. In: Mitchell, M.A., Tully, T. N. (Eds.): *Manual of Exotic Pet Practice*, Saunders, Missouri, pp. 375-405.
- Verga, M., Luzi, F., Petracci, M., Cavani, C. 2009. Welfare aspects in rabbit rearing and transport. *Italian Journal of Animal Science* 8: 191-204.
- Wolf, P., Speers, R., Cappai, M.G. 2020. Influence of different types of bedding material on the prevalence of pododermatitis in rabbits. *Research in Veterinary Science* 129: 1-5.

ZÁSADY SOUČASNÉHO CHOVU A MANAGEMENT JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍ BROJLEROVÝCH A ZÁJMOVÝCH KRÁLÍKŮ – REVIEW

THE RECENT HUSBANDRY PRINCIPLES AND MANAGEMENT OF THE SPECIFIC CATEGORIES OF BROILER AND HOBBY RABBITS – REVIEW

Klára Poláková*, Vlastimil Šimek

Ústav chovu zvířat, výživy zvířat a biochemie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární
univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Breeding, Animal Nutrition and Biochemistry, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

This review focuses on a comprehensive summary of rabbit housing methods in the Czech Republic and other member countries of EU, both in intensive farms and hobby farms. Traditional as well as modern housing types are described, including standard cages, enriched cages, bedding and outdoor housing systems. The work also focuses on a comparison of the space, zoohygiene and welfare requirements of the different systems. The work includes an overview of national legislation and also the EFSA (European Food and Safety Authority) recommendations from 2020. The requirements of the legislation and recommendations are intended to ensure better welfare conditions for rabbits. Various shelters, elevated platforms and other interactive elements are used to enrich the environment and help improve rabbit welfare. A focus on feeding and watering technology is also an integral part of the work. The work thus offers a comprehensive view of the current state and new trends in rabbit housing systems.

Key words: housing technology; enriched environment; new husbandry approaches

Souhrn

Tato práce se zaměřuje na komplexní přehled způsobů ustájení králíků chovaných v České republice a dalších zemích EU, a to jak v intenzivních farmových chovech, tak i v zájmových chovech. Jsou zde popsány tradiční, ale i moderní typy ustájení, včetně konvenčních klecí, obohacených klecí, ustájení na podestýlce či venkovních systémů ustájení. Dále se práce soustředí na porovnání nároků jednotlivých systémů na prostor, zoohygieny a welfare králíků. Součástí práce je přehled národní legislativy a také doporučení EFSA (European Food and Safety Authority) z roku 2020. Požadavky legislativy a doporučení mají zajistit lepší životní podmínky králíků. Pro obohacení prostředí se využívají různé úkryty, vyvýšené plošiny a další interaktivní prvky, které napomáhají zlepšit welfare králíků. Nedílnou součástí práce je i zaměření na technologii krmení a napájení. Práce tak nabízí ucelený pohled na současný stav a nové trendy v oblasti ustájení králíků.

Klíčová slova: technologie ustájení; obohacené prostředí; nové chovatelské přístupy

Úvod

Králík domácí (*Oryctolagus cuniculus* f. *domesticus*) je v České republice (ČR) oblíbeným zájmovým zvířetem. V ČR se také setkáváme s chovy brojlerových králíků, které u nás mají již dlouholetou tradici. Většina populace brojlerových králíků chovaných v ČR pochází ze zahraničí. Brojleroví králíci jsou pak známi pod firemním označením, jako je např. HYLA, HY 2000, HY PLUS, ZIKA, GENIA apod. (Zadina et al., 2012).

Světová produkce králíčího masa se pohybuje okolo 1,5 milionů tun. Z celosvětového měřítka je největším producentem králíčího masa Čína (Volek, 2020). EU je po Číně druhým největším

* polakovak@vfu.cz

producentem králíčího masa, přičemž hlavními dovozci mezi členskými státy jsou Německo, Belgie a Portugalsko. Španělsko, Maďarsko a Francie patří k hlavním zemím vývozu králíčího masa. Nejvíce králíků v rámci EU je ve Španělsku (48,5 milionů králíků), Francii (29 milionů králíků) a Itálii (24,5 milionů králíků) (Saxmose et al., 2020). Podle zprávy Evropské komise z roku 2017 se v EU ročně chová okolo 180 milionů brojlerových králíků, z nichž 66 % pochází z konvenčních chovů a je poráženo pro lidskou spotřebu na schválených jatkách a 34 % pochází z drobných chovů (Evropská komise, 2017).

Současná situace týkající se počtu králíků v ČR je v meziročním srovnání 2022/2021 taková, že došlo k poklesu počtu králíků v tuzemských malochovech, a to o 2,3 % na cca 4 730 tis. kusů. U faremně chovaných králíků je situace obdobná, kdy ve stejném meziročním srovnání došlo také k poklesu, a to o 5 % na cca 293,5 tis. kusů (Kupcová a Leiblová, 2023). Dle Situační a výhledové zprávy Ministerstva zemědělství ČR (2020) dochází k významnému snižování počtu králíků již od roku 2010.

V dnešní době existuje velké množství možností ustájení králíků, uplatňují se i nové přístupy enrichmentu prostředí. Jednotlivé možnosti budou rozebrány v rámci tohoto přehledu.

Přehled typů ustájení králíků

Zařízení pro chov králíků mohou být umístěna ve venkovním, nebo vnitřním prostředí. V konvenčních vnitřních systémech se využívají různá technologická zařízení pro úpravu podmínek prostředí. Jedná se například o řízený světelný režim 16 hodin světla a 8 hodin tmy pro ovlivnění reprodukčních schopností králíků, minimální intenzita osvětlení je 20 luxů. Dále se využívají ventilátory, systémy chlazení či topení. Umělé větrání je nutné zajistit vždy při teplotách nad 30 °C, aby se předešlo tepelnému stresu. Králík je homoiotermním zvířetem. Termoregulace je u králíků nedostatečná, protože nemají potní žlázy. Pokud je králík vystaven teplotnímu stresu, reaguje zvýšením dechové frekvence a rozšířením cév v ušních boltcích. Termoneutrální zóna králíků se pohybuje kolem 18 až 21 °C. Již od 27 °C mohou být v chovech králíků zaznamenány příznaky teplotního stresu (Oladimeji et al., 2022). Dalším možným ustájením je systém venkovní, kdy jsou podmínky mikroklimatu a světelný režim ovlivněny sezónními změnami (Saxmose et al., 2020).

Obecný trend, který se uplatňuje v konvenčním chovu králíků, je chovat v jedné budově pouze zvířata ve stejné fázi reprodukce nebo mláďata stejného věku, což umožňuje provádět systém „all-in all-out“, tedy turnusový systém chovu (EFSA Journal, 2005).

V roce 2020 vydala European Food and Safety Authority (EFSA) na žádost Evropského parlamentu zprávu s názvem „Health and welfare of rabbits farmed in different production systems“. Jedná se o rozšířenou a aktualizovanou vědeckou poznatky týkající se zdraví a dobrých životních podmínek králíků ve velkochovech. Již v roce 2005 vydala EFSA dokument s názvem „The impact of the current housing and husbandry systems on the health and welfare of farmed domestic rabbits“ (Saxmose et al., 2020).

Aktualizované stanovisko z roku 2020 hodnotí šest různých systémů ustájení, konkrétně konvenční klece, strukturálně obohacené klece, vyvýšené kotce, vnitřní kotce, venkovní či částečně venkovní systémy a ekologické systémy. Hodnocení se dále zaměřilo na tyto tři kategorie zvířat: samice v reprodukci (od prvního zapaštění do jejich vyřazení z reprodukce), mláďata (od narození do odstavu) a rostoucí králíky (od odstavu do jatečného věku) (Saxmose et al., 2020).

Konvenční chovy

Ve většině konvenčních chovů jsou samice před zapaštěním a samice, které byly inseminované, ale zatím u nich nebyla potvrzena březost, po krátkou dobu (5–8 týdnů) umístěny v individuálních klecích. V některých chovech zůstává samice po odstavu u svých mláďat ve stejné kleci, aby zde mohla porodit další vrh. Odstavená mláďata jsou přemístěna do kotců pro rostoucí králíky. V jiných chovech je samice po odstavu přemístěna do čisté a vydezinfikované klece, zatímco mláďata zůstávají v kleci, ve které se narodila, až do porážky (Saxmose et al., 2020).

Konvenční klece se využívají pro rostoucí, výkrmové králíky a mladé, nezabřezlé samice. Zvláštními typy konvenčních klecí jsou bicelulární klece určené pro výkrm králíků. V doporučení vydané EFSA (2020) se uvádí celková plocha bicelulární klece 1 200 cm², výška 28 cm, délka 44 cm a šířka 25,4 cm. Doporučená výška klecí pro kategorii výkrmových králíků v ČR je 40 až 50 cm a pro samice s mláďaty 40 až 60 cm. Evropská komise se v červnu roku 2021 veřejně zavázala k tomu, že připraví právní předpis, který postupně ukončí chov hospodářských zvířat v klecích; zatím se tak ovšem nestalo. Nejčastějším typem ustájení v EU jsou stále klecové chovy, tímto způsobem se v rámci EU chová asi 85 % králíků. Hustota králíků umístěných v jedné kleci se v rámci členských států EU liší, pohybuje se od 45 kg/m² do 50 kg/m². Maďarsko využívá pro chov králíků obohacené klece, přestože to nevyžaduje jejich národní legislativa. V Maďarsku je asi 40 % králíků ve výkrmu ustájeno v obohacených klecích. Důvodem je především tlak vnějšího trhu na lepší podmínky welfare zvířat během výkrmu. Itálie a Francie začínají zvyšovat podíl králíků chovaných v obohacených klecích, současná úroveň obohacených chovů dosahuje 4 %. Španělsko zatím zůstává u tradičních klecových chovů. Rakousko v roce 2012 zakázalo klecový chov výkrmových králíků. Belgie má právní předpisy, jejichž cílem je postupné zrušení klecových chovů králíků s tím, že do roku 2025 mají být původní klecové chovy nahrazeny chovy králíků v ohradách (Leiblová, 2020). Nizozemsko rovněž zakázalo chov králíků v klecových systémech v roce 2016, Německo se se stejným zákazem přidalo v roce 2024. V rámci EU neexistuje jednotná legislativa týkající se problematiky chovů králíků se zaměřením na jejich welfare. Rakousko, Švédsko, Německo a Nizozemsko mají národní právní předpisy, které se týkají zajištění dobrých životních podmínek králíků v konvenčních chovech (End the Cage Age, 2020). V publikaci autorů Trocino et al. (2013) je doporučená šířka 28 cm, délka 40 cm a výška 30 cm. Konvenční bicelulární klece se nejčastěji využívají pro 1–2 rostoucí králíky od odstavu do konce výkrmu a dosažení požadované porážkové hmotnosti. Je vyrobena z drátěného pletiva a je vybavena krmítkem a napáječkou. S tímto typem klecí se setkáváme zejména ve starších zařízeních pro chov králíků (Saxmose et al., 2020).

Můžeme se setkat s různými typy podlah, které se využívají pro chovné samice a pro rostoucí králíky. Nejčastěji používaným materiálem je pletivo v kombinaci s plastovou podložkou o velikosti 25 x 36 cm. Z dalších materiálů se používají plastové rošty, betonové podlahy pokryté podestýlkou, kombinace pevných a roštových podlah nebo mohou být zvířata chována přímo na zemi, a to zejména ve venkovních systémech (Saxmose et al., 2020).

Mezi další typ konvenčních klecí patří dvouúčelové klece, které mají své nepostradatelné místo ve všech systémech „all-in all-out“. Systém „all-in all-out“ spočívá v tom, že se v rámci jednoho hospodářství nachází dvě budovy, které jsou navzájem propojené. V určitou chvíli je jedna z budov prázdná a probíhají v ní sanitární práce, ve druhé budově jsou odchováni králíci (Volek, 2020). Dvouúčelová klec slouží k individuálnímu umístění chovné samice několik dní před plánovaným zapuštěním až do odstavu mláďat, poté je samice přemístěna do čisté a vydezinfikované individuální klece a její rostoucí mláďata zůstávají v původní kleci. I tato klec je vyrobena z drátěného pletiva, je vybavena krmítkem, napáječkou a odnímatelným plastovým hnízdem pro mláďata, navíc zde lze umístit plastovou podložku, kterou lze po odstavu mláďat odstranit nebo ponechat pro rostoucí králíky. Standardní model dvouúčelové klece určené pro samice s mláďaty a rostoucí králíky má doporučenou celkovou plochu 3 300–3 900 cm², výšku 32–39 cm, délku 87–102 cm a šířku 38 cm (Saxmose et al., 2020).

V posledních letech se především v nově vybudovaných či zrekonstruovaných zařízeních používají obohacené klece. Mohou být přidány plošiny, které vedou ke zvýšení aktivity zvířat (např. skákání). Součástí obohacených klecí mohou být také různé úkryty v podobě krabice nebo roury. V neposlední řadě lze králíkům nabídnout tyčinky k okusování (dřevo, lisované seno apod.) (Saxmose et al., 2020). Obohacené klece, ve kterých byly umístěny plastové barevné kuličky a zrcadla, významně zvýšily užitek králíků, a to zejména konečnou porážkovou hmotnost

a přírůstek hmotnosti. Kromě těchto zjištění dosáhli králíci z takto upravených klecí nejlepších výsledků konverze krmiva (Elsayed et al., 2024).

Příkladem obohacených klecí jsou dvouúčelové obohacené klece. Tento typ klece je větší a vyšší než běžné dvouúčelové klece. Používá se k individuálnímu ustájení chovných samic od několika dnů před samotným zapuštěním až do konce laktace a odstavu mláďat, kdy po odstranění některých prvků zůstávají mláďata v původní kleci a samice je ustájena individuálně. Klece jsou opět vyrobeny nejčastěji z drátěného pletiva, jsou vybaveny krmítky a niplovou napáječkou. Součástí je také plošina a plastová podložka. V přední části klece je umístěno odnímatelné plastové hnízdo (kotiště) pro mláďata. Tento hnízdní prostor je od zbytku klece oddělen odnímatelnou stěnou s posuvnými dvířky (Saxmose et al., 2020).

Dále se můžeme setkat s dvouúčelovými vyvýšenými klecemi (nazývají se také jako „parks“). Tento systém se skládá z jednotlivých modulů, které je možné vzájemně propojit. Jednotlivé typy modulů jsou větší než obohacené dvouúčelové klece a mají otevřenou vrchní část klece. Jednotlivé moduly slouží k individuálnímu ustájení chovných samic několik dní před zapuštěním až do odstavu mláďat. Po odstranění některých prvků a po propojení jednotlivých modulů se využívá pro skupinový odchov rostoucích mladých králíků. Obvykle se spojují čtyři jednotlivé moduly v jeden větší prostor. Klece jsou vyrobeny z drátěného pletiva, podlaha může být z plastových lamel nebo drátěného pletiva. Jednotlivé moduly jsou vybaveny krmítky a niplovými napáječkami (Saxmose et al., 2020). Dále se můžeme setkat s modelem tzv. semi-skupinového ustájení samic v období od 18. dne laktace do 3 dnů před okocení. Tento systém se skládá z komplexu individuálních klecí, které lze po odstranění přepážek propojit, čímž vznikne společný prostor. Bohužel tento systém je spojený se zvýšenou agresivitou a poraněním samic, především ve fázi vyvážení nové skupiny zvířat, když dojde k propojení klecí, proto není zcela vhodnou alternativou pro komerční chovy (Volek, 2020).

Z posledních dostupných dat je vhodné zmínit, že plastová podlaha nebo kombinace plastové podlahy s pletivem má pozitivní dopad na welfare králíků. Došlo k významnému zlepšení projevů péče o tělo, také se výrazně zvýšila pohybová aktivita takto chovaných králíků ve srovnání s těmi, kteří jsou chováni v klecích s podlahami z pletiva. Kromě toho bylo zjištěno, že tělesná hmotnost a denní přírůstky hmotnosti byly u skupiny králíků chovaných na plastové podlaze výrazně vyšší než u skupin chovaných na pletivu či kombinované variantě podlahy (Elsayed et al., 2024). Králíci nejméně preferují podlahu s podestýlkou, tento typ ustájení je navíc spojen s nedostatečnou úrovní hygieny, se zvýšeným výskytem onemocnění a v neposlední řadě vede ke snížení welfare králíků (Volek, 2020).

Alternativní produkční systémy

V alternativních produkčních systémech existuje různá řada možností ustájení pro chovné samice a rostoucí králíky. Mohou být založeny na venkovních výbězích nebo podzemních systémech, které kombinují drátěné klece a podzemní komorové systémy a také boudy. Tyto systémy jsou obvykle určeny pro individuální ustájení chovných samic s jejich mláďaty a pro skupinové ustájení rostoucích králíků (Saxmose et al., 2020).

Kromě toho jsou ve Švýcarsku menší soukromé farmy, které využívají vnitřní ustájení na hluboké podestýlce (tento typ ustájení je možné najít také pod názvem „floor pens“), a to pro skupinový chov chovných samic i rostoucích králíků. Zpravidla se jedná o velké otevřené kotce s pevnou podlahou a podestýlkou. K automatickému napájení se používají niplové napáječky, ke krmení se využívají kruhová krmítka. Kotce jsou vybaveny jeslemi na seno. Dohromady je ve Švýcarsku v tomto systému chováno asi 3 600 chovných samic (průměrná velikost farmy: 64 samic na farmu) (Saxmose et al., 2020).

Jiné alternativní systémy využívají různé fixní (klece, boudy, výběhy) nebo pohyblivé systémy ustájení (obvykle klece), které mohou umožňovat přístup na venkovní plochy a výběhy. Jsou označovány pojmem venkovní systémy (Saxmose et al., 2020).

Pro venkovní systémy ustájení nejsou k dispozici žádné normy, ale zvířata mají zpravidla možnost přístupu k venkovnímu výběhu, nemusí se nutně jednat o pastvinu. Příkladem je francouzský chov králíků Label Rouge. Králíci jsou od odstavu chováni ve skupinách a mají přístup do venkovního výběhu. Tento prostor je chráněn před volně žijícími zvířaty pletivem. Jeho součástí bývá přístřešek a jesle na seno. Otvory ve stěně umožňují volný pohyb zvířat mezi vnitřním a vnějším prostorem ustájení. Ve vnitřních prostorách jsou velké kotce se stěnami z drátěného pletiva (Saxmose et al., 2020).

V případě, že se jedná o ekologický chov, základní požadavky jsou stanoveny nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/848 ze dne 30. května 2018 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení Rady (ES) č. 834/2007. Všechny takové chovy musí zahrnovat přístup do výběhů a k zastřešenému přístřešku včetně úkrytu, vyvýšené plošiny, stejně jako hnízdní materiál pro všechny březí samice. V těchto systémech se setkáváme se skupinovým způsobem chovu. Žádné další obecné požadavky týkající se ekologických chovů králíků nebyly dosud EU specifikovány (Saxmose et al., 2020).

Obohacené systémy pro chov králíků dle publikovaných studií

Králíci jsou velmi citliví na stres. Stres může mít negativní dopad na welfare a produktivitu králíků. Mezi hlavní negativní důsledky patří zvýšená náchylnost k infekcím, snížená rychlost růstu i reprodukční výkonnost, často se objevují poruchy chování, jako je například zvýšená agresivita. Obohacování prostředí je cílenou úpravou podmínek prostředí, ve kterém se domestikovaná zvířata chovají tak, aby byly zajištěny základní potřeby přirozeného chování (El-Sabrou et al., 2024).

Hansen a Berthelsen (2000) zkoumali vliv chovu králíků v obohacených klecích s přístupem do úkrytu a upravenou výškou klece na jejich chování a welfare. Přístup k úkrytu a přítomnost vyvýšených plošin by měly být považovány za standardní prvky obohacující klecové prostředí. Výsledky této studie podporují tvrzení, že obohacené prostředí může snížit abnormální chování a stres, zejména u samic králíků.

Trocino et al. (2019) hodnotili použití dvou typů obohacení – vyvýšené plastové plošiny a plastové roury, která by sloužila jako úkryt pro králíky – na chování a užitkovost rostoucích králíků ustájených ve společných kotcích ve velkých skupinách. Podle jejich zjištění používání plastové plošiny umožnilo králíkům pohybovat se směrem nahoru a dolů, odpočívat v pohodlnější poloze a zlepšit jejich přirozené projevy. Na konci sledování však bylo v kotcích s plastovými plošinami větší množství zraněných králíků. Zařazení plastové roury do kotců neovlivnilo chování králíků.

Feng et al. (2021) publikovali výsledky související s obohaceným prostředím a jeho vlivem na růstové ukazatele, kvalitu masa a vývoj chlupových folikulů u králíků plemene rex. Kontrolní skupina králíků byla umístěna v tradičních konvenčních klecích, další tři skupiny králíků byly rozmístěny do klecí obohacených o různé předměty – vrbové větve, gumovou kachničku a plechovku naplněnou fazolemi. Takto obohacené prostředí zvýšilo průměrné denní přírůstky, došlo ke zlepšení některých jatečných znaků, kvality masa a hustoty chlupových folikulů. Průměrné denní přírůstky byly nejvyšší u skupiny králíků, kde byly umístěny plechovky naplněné fazolemi, významně se lišila od ostatních skupin ($p < 0,05$). Ze studie proto vychází doporučení pro využití plechovek naplněných fazolemi k obohacení klecových chovů králíků.

Da Silva et al. (2021) se zabývali využitím kartonového materiálu a gumových předmětů jako potenciálních materiálů pro obohacení prostředí králíků. Předpokládalo se jejich využití zejména jako alternativní materiál určený k okusování. Po ukončení pokusu nebyly zaznamenány žádné změny v chování králíků. Jedním z možných důvodů, proč nedošlo ke změně v chování králíků, je, že všichni králíci měli během pokusu k dispozici seno. Podle Hansena a Berthelsena (2000) lze seno považovat za další zdroj obohacení pro králíky.

Huang et al. (2021) hodnotili vliv škrabadel, materiálu k okusování a vyvýšené plastové plošiny na chování samic králíků. Ve studii je uvedeno, že samice preferovaly podlahu z plastového materiálu před drátěným pletivem. Z pozorování vyplývá, že primiparní samice byly na vyvýšené plastové plošině častěji (35 %) než multiparní (23 %). Frekvence výskytu samic na plošinách se od 1. týdne

(4,6 %) do 9. týdne zvyšovala (28,1 %). Využití škrabadel během pokusu bylo u skupinově ustájených samic i ve skupině individuálně ustájených samic podobné. Poskytnutí těchto enrichmentů navíc stimuluje specifické chování, jako je okusování a škrábání, což může zlepšit welfare králíků.

Princz et al. (2008) uvádí, že rostoucí králíci preferují plastové podlahy a klece, které jsou vybaveny tyčinkami určenými k okusování. Zařazení těchto tyčinek do klecí vedlo ke snížení četnosti výskytu zranění.

Rashed a El-Edel (2015) hodnotili vliv různých typů podlah (plastové, drátěné a kombinované) na chování, welfare a produktivitu u rostoucích odstavených králíků. Zjistili, že plastová podlaha, ať už samotná, nebo v kombinaci s drátěnou, významně zvýšila pohyb, průzkumnou aktivitu a péči o tělo ve srovnání s drátěnou podlahou. Dále bylo zjištěno, že tělesná hmotnost a denní přírůstky u skupiny chované na plastové podlaze byly významně vyšší než u skupiny chované na drátěné nebo kombinované podlaze. Rashed a El-Edel (2015) dospěli k závěru, že použití plastových podlah vede ke zvýšení produktivity a pohody králíků. Gharib et al. (2015) upozorovali, že umístění plastových nebo gumových rohoží na podlahách v klecích snížilo agresivní a abnormální chování, snížilo hladinu kortizolu jako ukazatele stresu a zlepšilo produktivitu a welfare u rostoucích králíků. Oblíbeným prvkem pro obohacení králíčích klecí se v poslední době stalo použití zrcadel. Zrcadla zřejmě napomáhají k tomu, že imitují situaci, kdy králíci mohou navázat oční kontakt s jinými jedinci, což opět vede ke zlepšení projevů přirozeného chování (Jekkel et al., 2009). Mastellone et al. (2019) zjistili, že použití zrcadel může představovat levný a účinný prostředek ke stimulaci projevů přirozeného chování u králíků chovaných v malých skupinách ve volném výběhu. Musco et al. (2019) uvedli, že zrcadla mohou mít pozitivní vliv na růstovou intenzitu a kvalitu jatečně upraveného těla. Králíci z kontrolní skupiny vykazovali nejnížší jatečnou hmotnost. Králíci, kteří byli umístěni do obohacených klecí se zrcadly, vykazovali nejnížší hodnoty FCR a vyšší jatečnou hmotnost. Používání zrcadel může zlepšit růstovou intenzitu králíků a kvalitu jatečně upraveného těla tím, že sníží pohybovou aktivitu králíků ve srovnání s ostatními sledovanými skupinami.

Fetiveau et al. (2023) se zabývali výzkumem, který byl zaměřen na přístup králíků do venkovního prostoru a jeho vlivu na růst, zdraví a chování králíků. V rámci experimentu pracovali se 144 králíky, kteří byli rozděleni do čtyř skupin. Výsledky této studie ukázaly, že doba přístupu do venkovních prostor ani přítomnost úkrytů na pastvě neměly vliv na růst a zdraví králíků, pouze došlo k ovlivnění jejich chování.

V neposlední řadě je důležité si uvědomit, že jakékoli zavedení enrichmentu klecového prostředí má nepochybně dopad na ekonomickou udržitelnost farmy. Obohacení prostředí má vliv na chování králíků, snižuje orální stereotypy, jako je např. okusování klece, agresivní chování a sebepoškozování. Toto nasvědčuje předpokladu, že králíci, kteří jsou chováni v obohacených klecích, jsou schopni lépe naplňovat své fyziologické potřeby (Verga et al., 2004). Při zavádění obohacování prostředí a lepších technologií obecně závisí na individuálních rozhodnutích a preferencích chovatelů, kteří se řídí zejména ekonomickými výhodami. Modin et al. (2021) uvádí, že chovatelé králíků se rozhodnou zavést vyšší standardy welfare zvířat, pokud získají určité výhody, jako je například vyšší tržní cena, která často souvisí s lepší kvalitou masa.

Chov králíků z pohledu národní legislativy

Ve vyhlášce č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat, ve znění pozdějších předpisů jsou uvedeny minimální standardy pro ochranu králíků (§ 13).

Chovatel je povinen zajistit, aby prostory pro chov králíků umožňovaly králíkům vstávat, uléhat a otáčet se bez obtíží, a dále zaujmout pozici v sedě se vzprámenými ušima, ležet v uvolněné pozici s protaženými pánevními končetinami, provádět normální pohyby při péči o povrch těla, přijímání potravy, vody a při hryzní, projevovat jiné chování, jako je např. průzkumné chování, chování při hníždění nebo mateřské chování.

Ve všech budovách musí chovatel zajistit intenzitu světla dostatečnou k tomu, aby na sebe králíci navzájem viděli, aby mohli zrakem prozkoumávat své okolí a vyvíjet normální aktivity. Světelný režim a intenzita světla musí být takové, aby předcházely vzniku behaviorálních a zdravotních problémů. Chovatel musí dodržovat 24hodinový cyklus s dostatečně dlouhými nepřerušovanými periodami tmy tvořícími přibližně třetinu dne, aby zvířata měla možnost odpočívat a projevovat své noční aktivity. V rámci světelného režimu je králíkům poskytováno období stmívání.

U systému ustájení s pevnou podlahou nebo u podestýlkových boxů chovatel zajistí vhodný materiál, zejména slámu, seno, dřevěné klacíky, které umožní snížení agresivity králíků a obrousování jejich zubů. V případě roštového ustájení chovatel zajistí dřevěné klacíky nebo jiný vhodný materiál, který nezpůsobí nefunkčnost technologie.

Klece pro králíky chované venku musí být izolované, dobře větrané a navržené tak, aby králíci mohli bez obtíží udržovat svou tepelnou rovnováhu, a musí být zkonstruovány tak, aby chránily králíky před větrem, přímým slunečním světlem, srážkami, horkem, chladem a vlhkostí.

Samice králíků musí mít přístup ke svým hnízdním boxům nejméně tři dny před očekávaným porodem, aby si mohly vytvořit hnízdo. Chovatel musí králíkům poskytnout dostatečné množství materiálů pro stavbu hnízda, zejména slámy, hoblin nebo jiných přírodních materiálů. Všechny kojící samice králíků musí mít možnost vzdálit se od svých mláďat. Samice králíků s mláďaty musí mít zrakový nebo sluchový a čichový kontakt s příslušníky téhož druhu. Mladí králíci nesmí být odstaveni dříve než ve věku 28 dnů.

Vše výše uvedené se týká pouze takových zařízení, ve kterých je chováno více než 100 kusů dospělých králíků.

Malochov králíků

V současné době je v rámci České republiky chov králíků oblíbený zejména na venkově. Aktuálně platí, že v malochovech i faremních chovech dochází k poklesu v počtech chovaných králíků. Z posledních dostupných dat se v rámci malochovu uvádí cca 4 730 tis. kusů králíků, u faremních chovů králíků se jedná o počet cca 293,5 tis. kusů králíků (Kupcová a Leiblová, 2023).

Králíci jsou chováni častěji ve venkovních králíkárnách, případně ve vnitřních králíkárnách, jako je tomu ve velkochovech.

Venkovní králíkárný jsou tvořeny několika krytými kotci umístěnými v řadách. Přední strana kotců zůstává otevřená, aby byla zajištěna dostatečná cirkulace vzduchu. Základní nevýhodou je, že chovatel není schopen regulovat podmínky prostředí, králíci se tak zejména v letním období mohou dostat do nežádoucího teplotního šoku, který může mít negativní dopad na jejich reprodukci. Je doporučeno umístit králíkárnou směrem na východ či jihovýchod, jelikož tato orientace vytváří optimální světelné i teplotní podmínky. Čelní strana kotců nesmí být umístěna na stranu ve směru nejčastějších dešťů a větrů, při orientaci k jihu v letním období králíci trpí silným osluněním a vysokými teplotami (Zadina et al., 2012).

Vnitřní králíkárný v extenzivních chovech zajišťují králíkům lepší ochranu před nepříznivými vnějšími podmínkami prostředí. Jejich nevýhodou ovšem je horší odvětrávání, a tím pádem i vyšší riziko respiračních infekcí. Mezi další nevýhody patří vyšší vlhkost a vyšší koncentrace čpavku (Zadina et al., 2012).

Jednotlivé kotce by měly být vybaveny jeslemi (zásobník na objemnou píci), které musí být dostatečně dlouhé a prostorné. Králíci by neměli mít přístup do jeslí, je nutné je upravit tak, aby seno či zelená píce samovolně nevypadávaly. Krmítka by měla být těžká, aby s nimi králíci nemohli manipulovat. Není vhodné používat krátká krmítka, protože o taková krmítka králíci rádi soutěží a vyhrabávají z nich krmivo, které se pak snadno znečistí.

Nejpoužívanějším systémem ustájení je chov na podestýlce. Jako podestýlka se nejčastěji používají dřevěné hobliny, pelety nebo sláma. Nejvyšší je tvrdá pšeničná sláma, která má i nejvyšší nasáklivost (Zadina et al., 2012). Není doporučeno používat piliny, jelikož mohou dráždit respirační trakt králíků.

V malochovech lze také využít systém roštových podlah. Tohoto typu ustájení je tvorba otlaků, týká se to především těžších a krátkosrstých plemen králíků. V období porodů je nutné připravit vhodné prostředí na porod, neboť hrozí riziko propadnutí mláďat skrz rošty (Zadina a kol., 2012). V tomto období je nutné vložení kотиště (Šimek, 2020).

Studie Schepers et al. (2009) se týkala hodnocení welfare králíků chovaných v zájmových chovech na území Nizozemska. Celkově bylo posouzeno 66 chovů. Průzkum ukázal, že průměrná délka života králíků je okolo 4,2 roku. Více než polovina všech posuzovaných chovů se potýkala s problémem týkající se nevhodné velikosti klecí. Bylo zpozorováno stereotypní chování a snížený zájem o vyhledávání potravy, také byly zaznamenány problémy se socializací zvířat.

Zájmově chovaní králíci a poznatky z praxe jejich chovu v ČR

Králík se coby společenské zvíře v podmínkách ČR dosti etabloval a náleží mu zpravidla třetí místo v popularitě chovaných druhů, za psy a kočkami. Chov (také) králíků s ryze mimoprodukčními účely lze datovat již do počátku 20. století, kdy vznikala a rozšiřovala se především zakrslá plemena králíků; to lze dokladovat z dnes již historické odborné literatury. Výskyt specifického tohoto genofondu čistokrevných králíků v tuzemských podmínkách přečkal i nepříznivé období dvou světových válek, kdy se naopak preferovala hlavně produkční plemena. Poválečný stav v počátku 50. let byl však pro mimoprodukčně zaměřené zakrslé králíky snad ještě obtížnější, a jejich příznivci často čelili dokonce posměchu v porovnání s králíky produkčního směru šlechtění (Schönfelder, 2009). Určitým zákazem bylo založení speciálního chovatelského klubu, kde se sdružovali chovatelé těchto zakrslých plemen a realizovala se cílevědomá plemenitba. Rozmachu se společenským plemenům králíků dostalo zejména v 90. letech, kdy proběhla řada importů geneticky cenných chovných zvířat mnoha barevných rázů, a současně začal vzrůstat zájem veřejnosti o chov zakrslých králíků. Tento trend od té doby trvá až do současnosti s tím, že podíl plemenné skupiny zakrslých králíků z celkové registrace mláďat králíků v ČR neustále vzrůstá; oproti začátku sledování roku 2016 se podíl zakrslých plemen dokonce zdvojnásobil (Tabulka č. 1.)

Tabulka č. 1. Podíl registrace mláďat zakrslých králíků v Českém svazu chovatelů ve sledovaných letech

Rok	2016¹	2017¹	2018¹	2019¹	2020¹	2021¹	2022¹	2023²	2024²
Podíl zakrslých plemen (%)	5,15	6,00	6,65	7,12	8,38	8,85	8,99	9,01	10,06

¹ Šimek, 2023; ² Jahoda, 2025

Tato tendence v aktuálním rozšiřování zakrslých králíků je propojena s profilací navazující praxe ve výživě a krmení králíků, v technikách chovatelské péče a welfare s nedílným přesahem do veterinární medicíny králíků – ať již ve výuce studentů či přímo ve vlastní veterinární praxi.

V současné době lze zájmové chovy zakrslých králíků segmentovat do následujících sekcí, z nichž každá má svá chovatelská specifika, která je nezbytné dodržovat.

Tradiční pet chovy zakrslých králíků

S jistotou lze tvrdit, že tyto chovy zahrnují velkou část chované populace zakrslých králíků. Z praxe těchto chovů se většinou jedná o chov jednoho či dvou sociálně slučitelných králíků. Standardní ustájovací technologií je klec s plastovým dnem vybavená nezbytnými prvky sloužícími k předkládání pevného suchého krmiva, vody a sena, a dále prvky enrichmentu životního prostředí, např. úkryty, vyvýšené plošiny k odpočinku apod. V dotazníkové studii Příbylové et al. (2024) se tomuto typu chovu věnovaly převážně ženy (více jak 92 % respondentů) s tím, že v chovaném pohlaví králíků mírně převažovaly samice (54 %). Více jak polovina králíků z výše uvedené studie

vykazovala hmotnost v rozmezí 1,6 – 2,5 kg, což je převážně vyšší hmotnost, než je požadovaná dle platných standardů (Šimek et al., 2020); to lze vysvětlit tím, že se v tomto stupni chovu chovají převážně kříženci zakrslých plemen a také krmný management je v praxi dosti rozdílný. Z hlediska ustájení těchto králíků, již nějaký čas je trendem využívat kombinovaný pohyb/ustájení. Tedy pobyt v kleci rozšířený o pravidelný pohyb mimo klec, např. v ohradce okolo klece s cílem větší motivace k pohybu králíka (Šimek, 2020). Poměrně zajímavé je zjištění Příbylové et al. (2024), kde více než polovina respondentů uvedla, u králíka preferují kombinovaný pobyt v kleci s pravidelným volným pohybem po celém bytě, zatímco ohrádky okolo klece preferuje jen okolo 9 % respondentů, a především téměř čtvrtina respondentů nepoužívá k ustájení klec, ale jen volný pohyb po bytě; poslední zmíněná možnost je však pro králíka potencionálně nebezpečná (pády, okusy kabelů a rostlin apod.) a má zřejmě konsekvence s celkovou hygienou v bytě.

Výstavní chovy zakrslých králíků

Tyto chovy představují čistokrevné chovy zakrslých plemen králíků. Aktuálně je v ČR uznáno 16 plemen králíků se zakrslým tělesným rámcem, avšak zatím jsou pravidelně registrována a vystavována předně plemena zakrslý beran, zakrslý strakáč, hermelín, zakrslý (v cca 30 barevných rázech), zakrslý rex, zakrslý liščí, zakrslý saténový, zakrslý beran saténový, zakrslý lvíček, zakrslý teddy a zakrslý beran teddy. Cílem těchto chovů je uchování a zkvalitnění genofondu těchto plemen. Kvalita zvířat s ohledem na zhodnocení exteriérových požadavků vč. základních znaků zdraví je hodnocena vyškolenými posuzovateli králíků na pořádaných výstavách. Králíci z těchto chovů mají vystaven Rodokmen králíka ČSCH s tím, že jsou trvale označeni tetováním do uší (Šimek et al., 2020). Tento zdroj zakrslých králíků má řadu výhod, především zpravidla větší garanci velikosti a dalších znaků exteriéru ve srovnání s nákupem zakrslých králíků od neorganizovaných chovatelů či ze zooprodeje (Šimek, 2020); to je v souladu s nedávným zjištěním Příbylové et al. (2024), kde majitelé zakrslých králíků v pet chovech uvedli, že jejich králíci pocházeli z více než 26 % právě od organizovaných chovatelů zakrslých králíků.

Jedním z nezastupitelných významů čistokrevných chovů zakrslých králíků je také generování potencionálních jedinců coby společníků pro tradiční pet chovy zakrslých králíků. Zakrslá plemena králíků mají mnoho odlišností v srovnání s chovy „nezakrslých“ plemen, především v minulosti byla častým problémem zejména nižší mléčnost, menší velikost vrhu, obtížná plemenitba v zimním období, nutnost importů chovných králíků ze zahraničí, a hlavně specifika ve výživě a krmení těchto králíků. I přesto je ČR v rámci Evropy i světa známa pro vysoce kvalitní tuzemské chovy zakrslých králíků s pravidelnými exporty kvalitních zvířat a opakovanými úspěchy na mezinárodních a evropských výstavách králíků. Za všechny přední chovatele zakrslých králíků s takovými dlouholetými úspěchy lze jmenovat zejména chovatele Tomáše Červinku z Kroměříže a Jindřicha Šípa z Chotěboře. V nedávné době mají pravidelné úspěchy také další chovatelé čistokrevných zakrslých králíků v ČR, zejména díky právě kvalitnímu servisu a dostupnosti zabezpečení kvalitních chovných králíků. Z hlediska technologie ustájení jsou v praxi chovu využívány nejvíce králíkárný s plnou podlahou. U zakrslých králíků jsou častěji kombinovány způsoby venkovního ustájení s vnitřním ustájením formou tzv. králíčinců, či rovnou jen interiérově umístěných králíkáren s částečně řízeným mikroklimatem. Tento přístup je efektivnější z hlediska optimalizace chovu zakrslých králíků a uspokojení jejich potřeb, které jsou poněkud odlišné od jiných plemenných skupin.

Králičí hop

Toto mimoprodukční využití králíků má v ČR přibližně patnáctiletou tradici a je organizačně začleněna pod Český svaz chovatelů v rámci Klubu králičího hopu. Jako tzv. sportovní králíci se dají využít zakrslí králíci, či častěji králíci s podílem genotypu zakrslých králíků. Přestože jsou základy králičího hopu spjatý zejména se Švédskem, čeští závodníci se v prostředí Evropy poměrně rychle etablovali mezi špičku. Technika závodění spočívá v soutěžní dvojici závodník-králík, kdy

králík na dostatečně dlouhém vodítku pod vedením závodníka (staršího 10 let) překonává patřičné překážky a sleduje se čas a chybovost při přeskakování. Pro závodníky jsou organizovány závody, které mají pevně stanovený organizační řád. Jedná se o aktivitu, která má příznivý vliv na vztah závodníka s králíkem; tomuto sportu se věnuje zejména mládež, která s králíky dosahuje úctyhodných výsledků v rámci výkonnosti (Šimek a Davidová, 2022). Ustájení těchto králíků je především ve venkovních králíkárnách s tím, že důležitým odlišovacím znakem je pravidelný trénink v ohraničeném venkovním prostoru, nejčastěji na krátce střiženém trávníku, přes zimní období jsou využívány halové prostory s koberci.

Mezi další možné mimoprodukční aktivity se zakrslými králíky lze řadit také asistovanou animoterapii ve specifických centrech nemocnic, domovů pro seniory, dětských center apod.

Závěr

V současné době je patrný pozitivní trend ve zlepšování životních podmínek hospodářských zvířat, včetně králíků chovaných v konvenčních chovech. Stále více členských států Evropské unie se aktivně zasazuje o posílení ochrany zvířat a podporuje opatření směřující ke zlepšení jejich welfare. Jedním z důležitých kroků je zavádění obohacujících prvků. Tyto prvky přispívají k přirozenějšímu chování králíků, snižují stres a celkově mají pozitivní dopad na jejich pohodu. Přestože pokrok v oblasti enrichmentu prostředí je zřejmý, je nezbytné v těchto aktivitách i nadále pokračovat s ohledem na konkrétní účel (význam) chovu. Dalším krokem, jak optimalizovat životní podmínky zvířat, je úprava národních legislativních požadavků po předchozí důkladné diskuzi s odbornými orgány, a především zástupci chovatelů. Jen tak bude možné dlouhodobě zajistit udržitelný a etický přístup k chovu hospodářských zvířat v souladu s rostoucími nároky společnosti na jejich welfare.

Literatura

- El-Sabrou, K. 2024. Environmental enrichment in rabbit husbandry: comparative impacts on performance and welfare. *Animals* 14: 2367.
- Elsayed, M., Soliman, F., Elghalid, O., El-Sabrou, K. 2024. Using different cage enrichments to improve rabbits' performance, behavior, and welfare. *Animals* 14: 2271.
- Fetiveau, M., Savietto, D., Fillon, V., Bannelier, C., Pujol, S., Fortun-Lamothe, L. 2023. Effect of outdoor grazing-area access time and enrichment on space and pasture use, behaviour, health and growth traits of weaned rabbits. *Animal* 17: 100724.
- Hansen, L.T., Berthelsen, H. 2000. The effect of environmental enrichment on the behaviour of caged rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Applied Animal Behaviour Science* 68: 163-178.
- Huang, Y., Bréda, J., Savietto, D., Debrusse, A.M., Bonnemere, J.M., Gidenne, T., Combes, S., Fortun-Lamothe, L. 2021. Effect of housing enrichment and type of flooring on the performance and behaviour of female rabbits. *World Rabbit Science* 29: 275-285.
- Chodová, D., Tůmová, E., Volek, Z. 2017. Restrikce krmiva a kvalita masa brojlerových králíků. Česká zemědělská univerzita, Praha, Výzkumný ústav živočišné výroby v.v.i., Uhřetěves.
- Leiblová, J. 2020. Situační a výhledová zpráva králíci 2020. Ministerstvo zemědělství České republiky.
- Musco, N., Lombardi, P., Addeo, N.F., Secci, G., Parisi G., Pero, M.E., Piccolo, G., Nizza, A., Bovera, F. 2019. Can affect growth rate, blood profile, carcass and meat traits and caecal microbial activity of rabbits reared in a "small group" free-range system. *Animals* 9: 639.
- Kupcová, L., Leiblová, J. 2023. Současná situace v chovu králíků v ČR. Nové směry v intenzivních a zájmových chovech králíků. In: XVII. celostátní seminář, Praha, s. 6-10.
- Oladimeji, A.M., Johnson, T.G., Metwally, K., Farghly, M., Mahrose, K.M. 2022. Environmental heat stress in rabbits: implications and ameliorations. *International Journal of Biometeorology* 66: 1–11.
- Příbylová, L., Součková, M., Frühauf Kolářová, M., Vostrá-Vydrová, H., Chaloupková, H. 2024. Does a stronger bond with pet rabbits equate to better conditions for them? *Applied Animal Behaviour Science* 270: 106143.
- Santos, R. V., Bhatt, S., Foote, S., Church, D., Fernandes, R., Bernal, J., Singer, L. 2023. Method of measuring effects of study procedures in single and pair housed New Zealand White rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods* 119: 107-204.

- Saxmose Nielsen, S., Alvarez, J., Bicout, D.J., Calistri, P., Depner, K., Drewe, J.A., Garin-Bastuji, B., Rojas J.L.G., Schmidt, Ch.G., Michel, V., Chueca, M.A.M., Roberts, H.C., Sihvonen, L.H., Spoolder, H., Stahl, K., Calvo, A.V., Viltrop, A., Buijs, S., Edwards, S., Candiani, D., Mosbach-Schulz, O., Van der Stede, Y., Winckler, Ch. 2020. EFSA Panel on Animal Health and Welfare, Scientific Opinion on the health and welfare of rabbits farmed in different production systems. *EFSA Journal* 18: 5944.
- Schepers, F., Koene, P., Beerda, B. 2009. Welfare assessment in pet rabbits. *Animal Welfare* 18: 477-485.
- Schönfelder, J. 2009. Králík hermelín. *Chovatel* 11: 10-11.
- Szendrő, Z., J.I. McNitt, J.I. 2012. Housing of rabbit does: Group and individual systems: A review. *Livestock Science* 150: 1-10.
- Szendrő, Z., Trocino, A., Hoy, S., Xiccato, G., Villagrà, A., Maertens, L. 2019. A review of recent research outcomes on the housing of farmed domestic rabbits: reproducing does. *World Rabbit Science* 27: 1-14.
- Šimek, V. 2020. Chov králíků, druhé, aktualizované vydání. Profi Press, Praha.
- Šimek, V., Martinec, M., Fasora, P., Patras, J., Šíp, J., Caithamlová, D., Červinka, T., Zens, H., Jahoda, J. 2020. Vzorník plemen králíků. 1. vydání. Český svaz chovatelů, Praha.
- Šimek, V., Davidová, M. Analýza základních výkonnostních ukazatelů králíků začleněných v králičím hopu: předběžná studie. In: *Ochrana zvířat a welfare*. Brno: VETUNI, s. 210-214.
- Trocino, A., Majolini, D., Tazzoli, M., Filiou, E., Xiccato, G. 2013. Housing of growing rabbits in individual, bicellular and collective cages: fear level and behavioural patterns. *Animal* 7: 633-639.
- Verga, M., Zingarelli, I., Heinzl, E., Ferrante, V., Martino, P.A., Luzi, F. 2004. Effect of housing and enviromental enrichment on performance and behaviour in fattening rabbits, 8th World Rabbit Congress. *World Rabbit Science* 1283-1288.
- Verga, M., Luzi, F., Carenzi, C. 2007. Effects of husbandry and management systems on physiology and behaviour of farmed and laboratory rabbits. *Hormones and Behavior* 52: 122-129.
- Volek, Z. 2020. Krmiva, krmné směsi a technika krmení králíků. Agrární komora České republiky, Praha.
- Vyhláška č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat. In: *ASPI [právní informační systém]*. Wolters Kluwer ČR [vid. 31. 7. 2025].
- Zadina, J., Hejlíček, K., Mach, K., Majzlík, I., Skřivanová, V. 2012. Chov králíků, třetí vydání. Nakladatelství Brázda, Praha.

**VLIV SUPLEMENTACE KRMIVA ROSTLINAMI RODU *ALLIUM* NA PARAMETRY
OXIDATIVNÍHO STRESU, KREVNÍ PARAMETRY U BROJLEROVÝCH KUŘAT
A JEJICH ANTIKOKCIDIÁLNÍ EFEKT – REVIEW**

**EFFECT OF FEED SUPPLEMENTATION WITH *ALLIUM* GENUS PLANTS ON
OXIDATIVE STRESS PARAMETERS, BLOOD PARAMETERS IN BROILER
CHICKENS AND THEIR ANTICOCIDIAL EFFECT – REVIEW**

Jana Uřičářová*, Radka Dobšíková

Ústav chovu zvířat, výživy zvířat a biochemie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární
univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Breeding, Animal Nutrition and Biochemistry, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The review focuses on the issue of oxidative stress in broilers and the possibilities of mitigating it using plant additives, particularly plants of the Allium genus, such as an onion (Allium cepa) or a garlic (Allium sativum). Oxidative stress negatively affects the health and performance of poultry. Intensive farming conditions and infections, such as coccidiosis, contribute to oxidative damage to the body. Allium genus plants contain biologically active substances with antioxidants, antibacterial and antiparasitic effects, particularly flavonoids and sulfuric compounds. Studies show that adding onion or garlic extracts to feed increases the activity of antioxidant enzymes and reduces oxidative damage.

Key words: antioxidants, onion extract, broilers

Souhrn

Tento přehled se zaměřuje na problematiku oxidativního stresu u brojlerů a možnosti jeho zmírnění pomocí rostlinných aditiv, zejména rostlin rodu Allium, jako je cibule kuchyňská (Allium cepa) nebo česnek setý (Allium sativum). Oxidativní stres negativně ovlivňuje zdraví a užitkovost drůbeže. Podmínky intenzivního chovu a infekce, například kokcidióza, přispívají ke vzniku oxidačního poškození organismu. Rostliny rodu Allium obsahují biologicky aktivní látky s antioxidačním, antibakteriálním a antiparazitárním účinkem, zejména flavonoidy a sírné sloučeniny. Studie ukazují, že přidavek extraktů z cibule nebo česneku do krmiva zvyšuje aktivitu antioxidačních enzymů a snižuje oxidační poškození.

Klíčová slova: antioxidanty, extrakt z cibule, brojleři

Úvod

Drůbežářský průmysl je již dlouhodobě klíčovým odvětvím živočišné výroby s nejrychlejším tempem růstu. Brojleři jsou díky rychlému intenzivnímu růstu a vysoké tělesné teplotě a hmotnosti predisponováni k rozvoji oxidativního stresu, který ovlivňuje celkové zdraví kuřat a jejich užitkovost v moderních produkčních systémech (Oke, 2024). Z tohoto důvodu jsou kromě jiného intenzivně hodnoceny účinky různých fytoaditiv, které mohou zmírnit negativní dopady oxidativního stresu na organismus. V tomto odvětví mají poměrně velký potenciál např. rostliny rodu *Allium*, protože obsahují velké množství biologicky aktivních látek s antioxidačním účinkem (Villar-Patiño, 2023).

* uricarovaj@vfu.cz

Problematika oxidativního stresu u brojlerových kuřat

Oxidativní stres je definován jako nerovnováha mezi antioxidačními obrannými mechanismy a produkcí prooxidačních látek, zejména reaktivních forem kyslíku a dusíku (RONS) (Oke, 2024; Abuja and Albertini, 2001).

Oxidační poškození způsobují zejména volné radikály, tedy molekuly s volným nepárovým elektronem. Reaktivní formy kyslíku mohou být i neradikálové povahy. Příkladem neradikálových ROS jsou peroxid vodíku a singletový kyslík, který má antiparalelní spin dvou nepárových elektronů. Neradikálové ROS jsou reaktivní molekuly, které představují riziko tím, že se v reakcích s přechodnými kovy nebo superoxidovým radikálem změní v reaktivnější radikál, který je schopný jedoelektronovou oxidací poškodit biomolekuly (Abuja and Albertini, 2001).

Podmínky intenzivního chovu drůbeže, jako je vysoká teplota prostředí, velká koncentrace zvířat, vysoká hmotnost vzhledem k povrchu těla u brojlerových kuřat a šlechtění na vysokou produkci, predisponují drůbež k produkci vyššího množství volných radikálů a ke snížení aktivity antioxidačních enzymů (Oke, 2024).

Oxidativní stres mohou vyvolat i infekce kuřat. Velký ekonomický problém představuje pro velkochovy kokcidióza. Během infekce vyvolané kokcidiemi *Eimeria tenella* dochází v krevní plazmě kuřat ke zvýšení hladiny malondialdehydu (MDA), který je indikátorem oxidačního poškození buněčných membrán. Zároveň s oxidačním poškozením buněk dochází ke snížení aktivity antioxidačních enzymů superoxid dismutázy (SOD) a katalázy (CAT) (Georgieva, 2006). V současnosti se kokcidióza léčí pomocí syntetických antikokcidik, která s sebou nesou určité problémy, jako je např. rozvoj rezistence patogenů k antikokcidikům nebo delší ochranné lhůty léčivých přípravků (Aguinada-Casañas, 2022; Oke, 2024).

Nedávné výzkumy se zaměřují na prokázání účinku rostlinných extraktů v krmivu, které mohou představovat účinnou alternativu k antimikrobním látkám a dalším syntetickým sloučeninám (Uzeme, 2021). Výhodou použití těchto rostlinných extraktů jsou nulové ochranné lhůty, zvýšení chutnosti krmiva, často vysoký obsah antioxidantů, popř. imunomodulační a antimikrobiální účinky (Aguinada-Casañas, 2022). Dalšími pozitivy přírodních suplementů v krmivu jsou relativně nízké náklady na pořízení, jejich snadná dostupnost a rychlá biologická odbouratelnost, bez zatížení organismu rezidui (Uzeme, 2021).

Biologicky aktivní látky obsažené v cibuli kuchyňské (*Allium cepa*) a česneku setého (*Allium sativum*)

Rostlinám rodu *Allium* spp. jsou již od starověku připisovány léčivé účinky (Kim, 2013). Cibule kuchyňská (*Allium cepa*), rostlina z čeledi *Amaryllidaceae*, je bohatým zdrojem biologicky aktivních látek, jako jsou stopové prvky, flavonoidy, vitamíny, saponiny, sirné a fenolové sloučeniny (Uzeme, 2021). Díky obsahu těchto látek má cibule výrazný antioxidační potenciál.

V různých množstvích jsou v cibuli přítomny především allyl-cystein, S-propyl-L-cysteinsulfoxid, cykloallicin, sulfoxidy a sulfáty methyl-cysteinu. Velmi významnými antioxidanty obsaženými v cibuli jsou flavonoidy, mezi které patří například kvercetin, katechiny a flavony (Shah, 2023). Hlavním flavonoidem je pak kvercetin, který je známý svým silným antioxidačním potenciálem, jeho účinky jsou prokázány zejména v procesu zpomalení oxidace masa. Obsah kvercetinu v cibuli je až desetinásobný ve srovnání například s borůvkami (40 mg/kg) nebo brokolicí (100 mg/kg). Aditya et al. (2017) ve své studii uvádí obsah kvercetinu v cibuli až 347 mg/kg. Srovnání antioxidačního potenciálu rostlin z rodu *Allium* prováděli ve své studii Kavalcová et al. (2014) prostřednictvím stanovení celkového obsahu polyfenolů v česneku (*Allium sativum*), cibuli (*Allium cepa*) a pórků (*Allium ampeloprasum* var. *Porrum*), přičemž nejvyšší obsah polyfenolů byl prokázán v cibuli, a to v rozmezí $389,64 \pm 20,31$ až $429,58 \pm 17,44$ mg/kg.

Česnek (*Allium sativum*), rostlina z čeledi *Liliaceae*, obsahuje četné organosirné sloučeniny, jako např. alicin, aliin, ajoen, allylpropyldisulfid, sallylcystein a další. Vedle těchto sloučenin obsahuje

i množství enzymů, kterými jsou α -aliináza, myrosináza, peroxidáza a další (Omer, 2019; Omar and Al-Wabel., 2010).

Potenciálně velmi účinnými sekundárními metabolity v cibuli a česneku jsou sírné sloučeniny PTSO (propylpropanthiosulfonát) a PTS (propylpropanthiosulfínát). PTS vzniká působením enzymu aliinázy z propiinu (S-propyl-L-cysteinsulfoxidu) a dismutuje se na PTSO. U těchto sekundárních metabolitů byl prokázán antibakteriální a antifungální účinek, ale antiparazitární účinek a vliv na *in vivo* parametry oxidativního stresu dosud nebyl v dostatečné míře prozkoumán (Aguinada-Casañas, 2022; Kim, 2013). PTSO je chemicky stabilní sloučenina, která ale není rozpustná ve vodě, proto je vhodné jej navázat na vhodný nosič, aby se zvýšila jeho biologická dostupnost (Villar-Patiño, 2023).

Vliv na parametry oxidativního stresu

Omar et al. (2020) ve své studii hodnotili vliv extraktu z cibule (*Allium cepa*) s vysokým obsahem fenolů přidaného k základní krmné směsi na antioxidační parametry v krevním séru brojlerových kuřat. V experimentu využili kontrolní skupinu, která byla krmena pouze základní dietou, a dále pokusné skupiny, které byly krmeny základní dietou s přídatkem 1 g/kg, 2 g/kg a 3 g/kg PROE (Phenolic-Rich Onion Extract). Tento extrakt byl připraven podle metodiky Parka et al. (2009), při které byly po odstranění slupek cibule homogenizovány v 70 % methanolu, methanol byl pomocí vakua odstraněn, zbylý homogenát byl lyofilizován a v něm byl stanoven celkový obsah fenolických látek, který byl 70,55 mg GAE/g (ekvivalent kyseliny galové na gram sušiny), z čehož byl celkový obsah flavonoidů 11,8 mg QE/g (ekvivalent kvercetinu na gram sušiny). V této studii zjistili statisticky významný nárůst aktivity CAT a SOD a zvýšení koncentrace redukovaného glutathionu (GSH) v séru oproti kontrolní skupině. Výsledky této studie podpořili Aditya et al. (2017), kteří suplemtovali krmivo brojlerových kuřat cibulovým extraktem v dávkách 5 g/kg, 7,5 g/kg a 10 g/kg krmiva. Celkový obsah fenolických látek byl zjištěn 0,39 g/kg cibulového extraktu (OE), přičemž jako převažující byl naměřen obsah kvercetinu (0,36 g/kg OE). Prokázali snížení hladiny MDA v masu u experimentálních skupin brojlerů ve srovnání s kontrolní skupinou, což souvisí se zlepšením antioxidační kapacity svaloviny.

Antioxidační potenciál rostlin z rodu *Allium* potvrdila i studie Hashema et al. (2021), kteří u brojlerových kuřat testovali vliv přídatku česneku setého (*Allium sativum*) v koncentraci 1 g/kg v krmivu brojlerových kuřat experimentálně infikovaných *E. coli*. V krevním séru stanovovali hladinu MDA a zjistili, že u skupin s doplňkem česneku došlo k signifikantnímu poklesu sérové koncentrace tohoto parametru. Podobný výsledek získali i Shah et al. (2023), kteří sledovali vliv přídatku cibule (*Allium cepa*) a zázvoru (*Zingiber officinale*) na antioxidační status a růstové parametry brojlerů. Prokázali antioxidační vliv u skupiny kuřat s přídatkem 2,5 g/kg cibulového prášku, resp. 10 g/kg zázvorového prášku v krmivu.

Attia et al. (2023) provedli experiment na brojlerových kuřatech vystavených tepelnému stresu, což vedlo k výraznému nárůstu oxidativního stresu organismu. Jako experimentální skupiny použili brojlery, jejichž krmivo suplemtovali česnekovým práškem (GP) v koncentraci 200 mg/kg, řasou *Spirulina platensis* (SP) v koncentraci 1 g/kg a jejich kombinací (SP 1 g/kg a GP 200 mg/kg). Suplementace krmiva česnekovým práškem, spirulinou, resp. jejich kombinací prokazatelně zvýšila celkovou antioxidační kapacitu v krevním séru a snížila koncentraci MDA.

Antikokcidiální účinky rostlin rodu *Allium* spp.

Narušení střevního epitelu u kuřat během ptačí kokcidiózy omezuje konverzi krmiva v komerční produkci drůbeže, což způsobuje výrazné ekonomické ztráty (Kim, 2013; Aguinada-Casañas, 2022). *Eimeria maxima*, *E. tenella* a *E. acervulina* jsou hlavní druhy kokcidií, které způsobují klinická onemocnění u brojlerových kuřat a zhoršují jak funkci střev, tak i růstové parametry. Dosud se prevence kokcidiózy provádí přidáváním syntetických antikokcidik, jako je nikarbazin, dekokchinát, resp. ionoforů, jako je např. monensin, salinomycin, narasin, do krmiva nebo do vody.

Další variantou je použití vakcín. *Eimeria* spp. si však za dobu používání antikokcidik vyvinula vůči těmto léčivům rezistenci, což způsobuje ztrátu jejich účinnosti (Villar-Patiño, 2023).

Aguinada-Casañas et al. (2022) ve své studii testovali *in vitro* antikokcidiální efekt sekundárních metabolitů PTISO a PTS obsažených v cibuli a česneku na buněčných kulturách MDBK (Madin-Darby bovine kidney) infikovaných sporozoity *Eimeria acervulina*. Zjistili, že u sporozoitů inkubovaných s 10 µg/ml PTS a PTISO došlo ke snížení schopnosti invaze do buněk. Zároveň tyto metabolity neovlivnily životaschopnost buněk.

Kim et al. (2013) prokázali, že přidavek PTS a PTISO z česneku do krmiva významně zvýšil přírůstky tělesné hmotnosti u kuřat experimentálně nakažených infekcí *Eimeria acervulina* ve srovnání s nakaženými jedinci, kterým tyto doplňky krmiva podávány nebyly. Kromě toho u kuřat krmených přídatkem PTISO/PTS došlo k významnému snížení vylučování oocyst trusem a ke zvýšení jejich protilátkové odpovědi oproti kontrolní skupině. Antikokcidiální efekt PTISO a PTS potvrdili i Villar-Patiño et al. (2023), kteří krmivo suplementovali extraktem rostlin rodu *Allium* spp. s obsahem 12 g/kg PTISO obaleném v dextrin-lecitinové matrici. Podle jejich studie měl nejvyšší antikokcidiální potenciál přídatek 500 mg/kg extraktu do krmiva, protože tato experimentální skupina vykazovala nejlepší antikokcidiální index (ACI). Dobrou konverzi krmiva (FCR) pak měli jedinci, kterým bylo přidáváno 750 mg/kg extraktu. Komplexně nejlepší výsledky FCR, ACI a nejméně střevních lézí vykazovala skupina ošetřená ionofory. Podobné výsledky měli i Ali et al. (2019), kteří testovali kokcidistatický efekt česneku a zázvoru u brojlerových kuřat, prokázali, že suplementace česnekem v dávce 15 g/kg snížila výskyt střevních lézí u kuřat nakažených *Eimeria* spp. a že došlo k významnému snížení vylučování oocyst ve skupině, které byla přidávána kombinace česneku a zázvoru oproti pozitivní kontrole.

Alcalá-Canto et al. (2024) testovali antikokcidiální efekt fermentovaného česneku setého (*Allium sativum*) a kurkumy (*Curcuma longa*) u krůt. Podávali je ve formě sušených alginátových kuliček v koncentraci 4 % černého česneku, 4 % kurkumy a jejich kombinace 8 % v krmivu. Prokázali, že u krůt krmených černým česnekem v kombinaci s kurkumou došlo ke snížení vylučování oocyst kokcií v porovnání s kontrolní skupinou.

Vliv na biochemické parametry krve

U rostlin rodu *Allium* se předpokládá jejich pozitivní vliv na biochemické krevní parametry. Zejména snižují koncentraci cholesterolu v krvi, protože klíčový enzym syntézy cholesterolu, hydroxymethylglutaryl-CoA reduktáza, je inhibována alicinem obsaženým v rostlinách rodu *Allium* (Attia, 2023).

Omer et al. (2019) ve své studii hodnotili vliv česnekového (GP) a cibulového prášku (OP) na zdravotní stav nosnic, které v rámci experimentu rozdělili do šesti pokusných skupin. Kontrolní skupina byla krmena základním krmivem a experimentální skupiny dostávaly ke krmivu přídatek česnekového a cibulového prášku v koncentracích 5 g/kg GP, 10 g/kg GP, 10 g/kg OP, resp. v kombinaci 5 g GP s 10 g OP a GP s 10 g OP. Prokázali, že přídatek česneku v koncentraci 10 g významně snížil celkovou koncentraci sérových bílkovin. U ostatních experimentálních skupin s výjimkou skupiny, které byla podávána koncentrace 10 g GP, došlo k významnému zvýšení sérového albuminu. U všech experimentálních skupin byl zjištěn významný pokles hladiny cholesterolu v krevním séru.

Podobné výsledky prokázali i Attia et al. (2023), kteří testovali účinek česnekového extraktu v kombinaci se spirulinou (*Spirulina platensis*) na brojlerová kuřata vystavená tepelnému stresu. Tepelný stres významně zvýšil hladiny sérových lipidů ve srovnání s negativní kontrolní skupinou, která nebyla vystavena vysoké okolní teplotě. U experimentálních skupin, kterým byly podávány česnekový extrakt a spirulina a které byly vystaveny teplotnímu stresu, se hladiny sérových lipidů, oproti pozitivní kontrole, významně snížily. Zároveň přídatek česneku, spiruliny, resp. jejich kombinace významně zvýšil koncentraci HDL („high density lipoprotein“) v krevním séru.

Goodarzi et al. (2013) ve své studii rovněž prokázali, že přidavek cibule v koncentraci 30 g/kg krmiva významně zvýšil hladiny HDL v krevním séru a snížil hladinu triacylglycerolů ve srovnání s kontrolní skupinou. An et al. (2015) provedli experiment na mini brojlerových kuřatech a přidávali do krmiva 0,3 % a 0,5 % cibulový extrakt a rovněž prokázali významné snížení sérové hladiny cholesterolu a triacylglycerolů oproti kontrole.

Závěr

Na základě dostupných vědeckých poznatků lze konstatovat, že rostliny rodu *Allium*, zejména cibule kuchyňská (*Allium cepa*) a česnek setý (*Allium sativum*), představují perspektivní přírodní alternativu syntetických antiparazitárních a antimikrobních látek pro použití ve velkochovech drůbeže ke zlepšení celkového zdravotního stavu a produkčních ukazatelů. Vysoký obsah biologicky aktivních látek v těchto rostlinách se projevuje výrazným antioxidačním, imunomodulačním a antimikrobiálním účinkem, což bylo v řadě studií potvrzeno snížením oxidativního poškození buněk, zlepšením antioxidační kapacity a snížením dopadů kokcidiózy. Významné jsou také jejich pozitivní dopady na snižování hladiny cholesterolu v krvi i svalovině brojlerových kuřat, což může mít pozitivní vliv na nutriční význam pro člověka.

Využití rostlinných extraktů v krmivu přináší výhody, jako je např. absence reziduí účinných látek v potravinách, nulové ochranné lhůty, nižší pořizovací náklady a minimální vliv na životní prostředí. Přestože recentní výsledky poukazují na slibné benefity použití těchto fytoaditiv, zůstává prostor pro další výzkum zejména v oblasti účinků sekundárních metabolitů česneku a cibule a optimalizace jejich dávkování, forem podání či synergistických, antagonistických, popř. kumulativních účinků s dalšími přírodními aditivy.

Literatura

- Abuja, P.M., Albertini, R. 2001. Methods for monitoring oxidative stress, lipid peroxidation and oxidation resistance of lipoproteins. *Clinica Chimica Acta* 306: 1–17.
- Aditya, S., Ahammed, M., Jang, S.H., Ohh, S.J. 2017. Effects of dietary onion (*Allium cepa*) extract supplementation on performance, apparent total tract retention of nutrients, blood profile and meat quality of broiler chicks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 30: 229–235.
- Aguinaga-Casañas, M.A., Mut-Salud, N., Falcón-Piñeiro, A., Alcaraz-Martínez, Á., Guillamón, E., Baños, A. 2022. *In vitro* antiparasitic activity of propyl-propane-thiosulfinate (PTS) and propyl-propane-thiosulfonate (PTSO) from *Allium cepa* against *Eimeria acervulina* sporozoites. *Microorganisms* 10: 2040.
- Alcalá-Canto, Y., Sumano, H., Gutiérrez, L. 2024. Efficacy of a pharmaceutically alginate-coated phytoremedy (black garlic and turmeric) for the control of natural coccidia infestation in turkeys. *Veterinaria México OA* 11.
- Ali, M., Chand, N., Khan, R. U., Naz, S., Gul, S. 2019. Anticoccidial effect of garlic (*Allium sativum*) and ginger (*Zingiber officinale*) against experimentally induced coccidiosis in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research* 47: 79–84.
- An, B.K., Kim, J.Y., Oh, S.T., Kang, C.W., Cho, S. and Kim, S.K. 2015. Effects of onion extracts on growth performance, carcass characteristics and blood profiles of white mini broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 28: 247–251.
- Attia, Y. A., Hassan, R.A., Addeo, N.F., Bovera, F., Alhotan, R.A., Al-qurashi, A.D., Al-Baadani, H.H., Al-Banoby, M.A., Khafaga, A.F., Eisenreich, W., Shehata, A.A., Basiouni, S. 2023. Effects of *Spirulina platensis* and/or *Allium sativum* on antioxidant status, immune response, gut morphology, and intestinal lactobacilli and coliforms of heat-stressed broiler chicken. *Veterinary Sciences* 10: 678.
- Georgieva, V., Koinarski, V., Gadjeva, V. 2006. Antioxidant status during the course of *Eimeria tenella* infection in broiler chickens. *The Veterinary Journal* 172: 488–492.
- Goodarzi, M., Landy, N., Nanekarani, S. 2013. Effect of onion (*Allium cepa* L.) as an antibiotic growth promoter substitution on performance, immune responses and serum biochemical parameters in broiler chicks. *Health* 5: 1210–1215.

- Hashem, M., Neamat-Allah, A.N.F., Hammza, H.E.E., Abou-Elnaga, H.M. 2021. Soothing effect of dietary *Allium sativum* supplementation on immuno-biochemical alterations, and oxidative stress parameters in *E. coli*–experimentally infected broiler chickens. *Comparative Clinical Pathology* 30: 927–934.
- Kavalcová, P., Bystrická, J., Tomáš, J., Karovičová, J., Kuchtová, V. 2014. Evaluation and comparison of the content of total polyphenols and antioxidant activity in onion, garlic and leek. *Potravinárstvo* 8: 272–276.
- Kim, D.K., Lillehoj, H.S., Lee, S.H., Lillehoj, E.P., Bravo, D. 2013. Improved resistance to *Eimeria acervulina* infection in chickens due to dietary supplementation with garlic metabolites. *British Journal of Nutrition* 109: 76–88.
- Oke, O.E., Akosile, O.A., Oni, A.I., Opowoye, I.O., Ishola, C.A., Adebisi, J.O., Odeyemi, A.J., Adjei-Mensah, B., Uyanga, V.A., Abioja, M.O. 2024. Oxidative stress in poultry production. *Poultry Science* 103: 104003.
- Omar S.H., Al-Wabel N.A. 2010. Organosulfur compounds and possible mechanism of garlic in cancer. *Saudi Pharmaceutical Journal* 18: 51-58.
- Omar, A.E., Al-Khalaifah, H.S., Mohamed, W.A.M., Gharib, H.S.A., Osman, A., Al-Gabri, N.A., Amer, S.A. 2020. Effects of phenolic-rich onion (*Allium cepa* L.) extract on the growth performance, behavior, intestinal histology, amino acid digestibility, antioxidant activity, and the immune status of broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science* 7: 582–612.
- Omer, H.A.A., Ahmed, S.M., Abdel-Magid, S.S. El-Mallah, G.M.H, Bakr, A.A, Abdel Fattah, M.M. 2019. Nutritional impact of inclusion of garlic (*Allium sativum*) and/or onion (*Allium cepa* L.) powder in laying hens' diets on their performance, egg quality, and some blood constituents. *Bulletin of the National Research Centre* 43: 23.
- Park, S., Kim, M.-Y., Lee, D.H., Lee, S.H., Baik, E.J., Moon, C.-H., Park, S.W., Ko, E.Y., Oh, S.-R., Jung, Y.S. 2009. Methanolic extract of onion (*Allium cepa*) attenuates ischemia/hypoxia-induced apoptosis in cardiomyocytes via antioxidant effect. *European Journal of Nutrition* 48: 235-242.
- Shah, M., Chand, N., Khan, R., Saeed, M., Ragni, M., Tarricone, S., Laudadio, V., Losacco, C., Tufarelli, V. 2023. Mitigating heat stress in broiler chickens using dietary onion (*Allium cepa*) and ginger (*Zingiber officinale*) supplementation. *South African Journal of Animal Science* 52: 811-818.
- Uzeme, P.A., Aderolu, A.Z., Lawal, M.O., Olutola, A.A. 2021. Inclusion effect of onion peel powder in the diet of African catfish, *Clarias gariepinus*: Growth, blood chemistry, hepatic antioxidant enzymes activities and SOD mRNA responses. *Scientific African* 12: e00780.
- Villar-Patiño, G., Camacho-Rea, M.D.C., Olvera-García, M.E., Baltazar-Vázquez, J.C., Gómez-Verduzco, G., Téllez, G., Labastida, A., Ramírez-Pérez, A.H. 2023. Effect of an *Alliaceae* encapsulated extract on growth performance, gut health, and intestinal microbiota in broiler chickens challenged with *Eimeria* spp. *Animals* 13: 3884.

WELFARE V CHOVECH BĚŽCŮ Z POHLEDU ÚŘEDNÍCH KONTROL DOBRÝCH ŽIVOTNÍCH PODMÍNEK

WELFARE IN RATITE FARMS FROM THE PERSPECTIVE OF OFFICIAL WELFARE CONTROLS

Eva Justová¹, Vladimír Večerek^{1*}, Eva Voslářová¹, Zbyněk Semerád², Alena Bartošková¹, Jana Kozáková³

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Státní veterinární správa, Česká republika, ³ KVS SVS pro Jihomoravský kraj, Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² State Veterinary Administration, Czech Republic, ³ Regional Veterinary Administration of the State Veterinary Administration for South Moravian Region, Czech Republic

Summary

The welfare of animals in farming operations is based on the level of provision of appropriate living conditions by the farmer. The aim of this work was to determine the overall welfare level of ratites kept in farms during the period from 2016 to 2024, and to assess long-term trends in ratite welfare by comparing the periods 2016–2018 and 2022–2024. This assessment was based on the total number and changes in the number of ratites kept in farms with identified deficiencies, as well as the total number and changes in the number of inspections with deficiencies. The welfare level was evaluated in farms keeping a total of 786 ratites across 131 farm inspections. In official veterinary inspections of ratite farms, it was found that 19.0% of the animals were kept in non-compliant conditions. Furthermore, a statistically significant deterioration ($P = 0.000$) was observed in the number of ratites kept in farms with identified welfare deficiencies, with an increase from 6.7% to 24.5% of animals being housed in farms where deficiencies were found. The total proportion of farms in which a deficiency in ensuring animal welfare was identified stood at 27.5%. However, no statistically significant change was found ($P = 0.435$) in the number of farms with identified deficiencies, indicating that the number of problematic inspections has not changed over time based on the official veterinary control investigations. In conclusion, it can be stated that 19.0% of ratites are housed in conditions that do not fully meet welfare requirements, and that the trend in the number of ratites kept in farms with deficiencies is worsening, rising from 6.7% to 24.5% of animals kept in such conditions.

Key words: animal welfare, ratites, non-compliant farms, veterinary inspection

Souhrn

Pohoda zvířat v chovech vychází z úrovně zajišťování dobrých životních podmínek pro zvířata chovatelem. Cílem práce bylo určit celkovou úroveň welfare běžců v chovech chovaných v období let 2016 až 2024 a dále dlouhodobý trend ve welfare běžců v chovech při porovnávání období let 2016 až 2018 a let 2022 až 2024, a to na základě celkového počtu a změn v počtech běžců, chovaných v chovech se závadou, a na základě celkového počtu a změn v počtech kontrol se závadou. Byla hodnocena úroveň welfare v chovech 786 běžců při 131 kontrolách chovů. V chovu běžců v rámci úředních veterinárních kontrol byla zjištěna pohoda zvířat na celkové úrovni 19,0 % zvířat chovaných v neodpovídajících podmínkách. Dále bylo zjištěno v chovech běžců statisticky významné zhoršení ($P = 0,000$) v počtu běžců chovaných v chovech se zjištěnou závadou v oblasti dobrých životních podmínek, a to ve smyslu nárůstu z 6,7 % na 24,5 % počtu běžců, kteří byli

* vecerekv@vfu.cz

chováni v chovech, v nichž byla zjištěna závada. Celkový počet chovů, v nichž byla zjištěna závada v oblasti zajišťování dobrých životních podmínek, byl na úrovni 27,5 %. Nebyla zjištěna statisticky významná změna ($P = 0,435$) v počtu chovů se zjištěnou závadou, což dokládá, že nedošlo ke změně v počtu kontrol s nedostatky v chovu běžců zjištěnými v rámci kontrolního šetření prováděného úředními veterinárními lékaři. Celkově je možné konstatovat, že 19,0 % běžců je chováno v ne plně odpovídajících podmínkách podle požadavků dobrých životních podmínek, přičemž trend v počtu běžců, chovaných v chovech se závadou v posuzování dobrých životních podmínek, je zhoršující se z 6,7 % na 24,5 % zvířat, která byla chována v chovech, v nichž byla zjištěna závada.

Klíčová slova: welfare zvířat, běžci, chovy se závadou, veterinární kontrola

Úvod

Pohoda zvířat v chovech vychází z úrovně zajišťování dobrých životních podmínek pro zvířata chovatelem, která je dána jednotlivými parametry chovu. Kontrolu chovů zvířat z pohledu zajišťování dobrých životních podmínek provádí v rámci dozorové činnosti úřední veterinární lékaři. Změny v počtu zvířat chovaných v chovech, v nichž byly v rámci veterinárního dozoru zjištěny nedostatky v zajišťování dobrých životních podmínek pro zvířata a případně změny v počtu kontrol s nedostatky týkajícími se zajišťování dobrých životních podmínek pro zvířata mohou ukazovat na zlepšující se nebo zhoršující se trend v zajišťování dobrých životních podmínek pro daný druh zvířat.

Požadavky na chovy běžců z pohledu ochrany zvířat a dobrých životních podmínek určuje zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů (Zákon č. 246/1992 Sb., 1992). Bližší požadavky na chovy běžců z pohledu minimálních standardů pro ochranu zvířat a dobrých životních podmínek jsou stanoveny ve vyhlášce č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu zvířat hospodářských zvířat, ve znění pozdějších předpisů (Vyhláška č. 208/2004 Sb., 2004). Z pohledu veterinární péče požadavky na chov a zacházení se zvířaty stanoví zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů (Zákon č. 166/1999 Sb., 1999). Bližší veterinární požadavky na chov zvířat stanoví vyhláška č. 176/2023 Sb., o zdraví zvířat a jeho ochraně a o oprávnění a odborné způsobilosti k výkonu některých odborných veterinárních činnostech (Vyhláška č. 176/2023 Sb., 2023). Kontroly prováděné orgány veterinární správy upravuje nařízení Rady č. 625/2017 EU, o úředních kontrolách a jiných úředních činnostech prováděných s cílem zajistit uplatňování potravinového a krmivového práva a pravidel týkajících se zdraví zvířat a dobrých životních podmínek zvířat, zdraví rostlin a přípravků na ochranu rostlin (Nařízení č. 625/2017 EU, 2017), a dále zákon č. 255/2012 Sb., o kontrole (kontrolní řád), ve znění pozdějších předpisů (Zákon č. 255/2012 Sb., 2012), zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů (Zákon č. 500/2004 Sb., 2004) a zákon č. 361/2000 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů (Zákon č. 361/2000 Sb.).

Tulloch and Phillips (2011) se ve své práci zabývali etickými otázkami chovu běžců, kteří jako relativně nová a málo domestikovaná skupina zvířat představují zvláštní výzvu. Podle Cloete and Malecki (2011) existuje značný prostor pro zlepšení welfare chovných běžců ve farmových podmínkách z hlediska etologických potřeb zvířat. Glatz and Miao (2008) se zaměřili na klíčové faktory ovlivňující welfare běžců, jako je hygiena lůhů, manipulace s vejci, hustota ustájení, vhodné krmení, zacházení se zvířaty, transport a porážka. Autoři zdůrazňují, že správná péče v každé fázi produkce – od chovu přes přepravu až po porážku – má zásadní vliv na pohodu zvířat a že dodržování správných chovatelských postupů je klíčem k zachování welfare běžců. Korbel et al. (2015) se věnovali problematice chovu pštrosů v Německu, který je v posledních letech na vzestupu – jak z hlediska zemědělské produkce (maso, kůže, vejce), tak i jako zájmový chov. Autoři vyzdvihují rostoucí objem odborných poznatků souvisejících s welfare běžců a jejich chovem podle moderních standardů v souladu s legislativou na ochranu zvířat. Bejaei a Cheng (2014) se zaměřili na nedostatečně prozkoumané aspekty manipulace a transportu pštrosů před porážkou v Kanadě

a Spojených státech, kde chybí oficiální kodexy dobré praxe pro transport běžců. Na základě dotazníkového šetření mezi chovateli identifikovali potenciální problémy z hlediska welfare, mezi které patří nedostatek vědeckých informací, neznalost správného zacházení ze strany obsluhy i zvířat, a nevhodné míchání ptáků během manipulace a přepravy bez ohledu na jejich pohlaví, sociální vazby, chování a fyzický stav.

Cílem této práce bylo určit celkovou úroveň welfare běžců v chovech chovaných v období let 2016 až 2024 a dále dlouhodobý trend ve welfare běžců v chovech při porovnávání období let 2016 až 2018 a let 2022 až 2024, a to na základě celkového počtu a změn v počtech běžců, chovaných v chovech se závadou, a na základě celkového počtu a změn v počtech kontrol se závadou.

Materiál a metodika

Práce je zaměřena na úroveň welfare pštrosů zjišťovanou z pohledu úředních kontrol dobrých životních podmínek v chovech zvířat.

Práce vychází z výsledků dozorové činnosti úředních veterinárních lékařů v chovech pštrosů v období let 2016 až 2024.

Byla hodnocena úroveň welfare v chovech 786 běžců při 131 kontrolách chovů.

Kontroly byly prováděny podle systému kontrolních bodů pro kontroly welfare v chovech zvířat prováděné úředními veterinárními lékaři, které zahrnovaly zejména kontrolu budov a ustájení (objekty, vnitřní vybavení objektů; prostory chovu, uličky, podlahy, stěny a hrazení, dezinfekce, dezinfekce, deratizace, odklíz výkalů, způsob ustájení, skupinový nebo individuální chov, volnost pohybu, krmení, napájení; zoohygiena – teplota, vlhkost, osvětlení, větrání, hluk, koncentrace amoniaku a koncentrace kyslíčnicku uhličitého); výběhy; krmiva a způsobu krmení, napájecí vody a způsobu napájení; evidence a označování zvířat; činností se zvířaty, zacházení se zvířaty, péče o zvířata, zákroků na zvířatech, kondice zvířat, zdravotního stavu zvířat, minimálních standardů dobrých životních podmínek, odborné způsobilosti personálu, vedení záznamů, a dalších.

Byla zjišťována úroveň ochrany zvířat a zajišťování dobrých životních podmínek v chovech s výsledkem: vyhovující kontrola, tj. bez závad v případě nezjištění závady u některého z kontrolních bodů, nebo nevyhovující kontrola, tj. kontrola se závadou v případě zjištění závady u některého z kontrolních bodů.

Byly vypočítány počty zvířat v kontrolovaných chovech a dále počty zvířat v chovech s nevyhovující kontrolou a byla dopočítávána relativní četnost počtu zvířat v chovech s nevyhovující kontrolou; byly vypočítány celkové počty provedených kontrol a počty nevyhovujících kontrol a byla dopočítávána relativní četnost počtu nevyhovujících kontrol, a to celkově za celé sledované období 2016 až 2024, a dále pro jednotlivé roky sledovaného období, pro první období 2016 až 2018 a pro poslední období 2022 až 2024.

Celková úroveň byly zjišťována na základě celkového počtu zvířat v chovech s nevyhovující kontrolou a počtu nevyhovujících kontrol na celé sledované období. Trendy vývoje počtu zvířat v chovech s nevyhovující kontrolou a počtu nevyhovujících kontrol byly zjišťovány na základě statistického porovnání prvního a posledního období a na tomto základě bylo zjišťováno, zda-li se počet zvířat v chovech s nevyhovující kontrolou zlepšuje nebo zhoršuje a zda-li počet nevyhovujících kontrol klesá nebo stoupá, a to k dovození celkového zjištění, zdali se úroveň ochrany zvířat a dobrých životních podmínek a s nimi související welfare zvířat v chovech zlepšuje a nebo zhoršuje.

Statistické posuzování vycházelo z porovnávání relativních četností pomocí χ^2 testu s určováním statistické významnosti na hladině $P < 0,05$. Výpočty byly provedeny pomocí programu Excel Microsoft Office Professional Plus 2019.

Výsledky a diskuse

Počet kontrolovaných běžců v chovech a počet běžců v chovech s nevyhovující kontrolou z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek v jednotlivých rocích ve sledovaném období 2016 až 2024 je uveden v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1. Počet běžců v chovech s nevyhovující kontrolou - jednotlivé roky

Běžci	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Počet kontrolovaných běžců	35	18	140	164	30	76	81	179	63
Počet běžců v chovech s nevyhovující kontrolou	6	2	5	16	8	33	45	5	29
Počet běžců v chovech s nevyhovující kontrolou (%)	17,1	11,1	3,6	9,8	26,7	43,4	55,6	2,8	46,0

Porovnání počtu kontrolovaných běžců v chovech a počtu běžců v chovech s nevyhovující kontrolou z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek ve sledovaném období 2016 až 2018 a ve sledovaném období 2022 až 2024, a dále v celkových počtech období 2016 až 2024 je uveden v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2. Počet běžců v chovech s nevyhovující kontrolou - sledovaná období a celkem

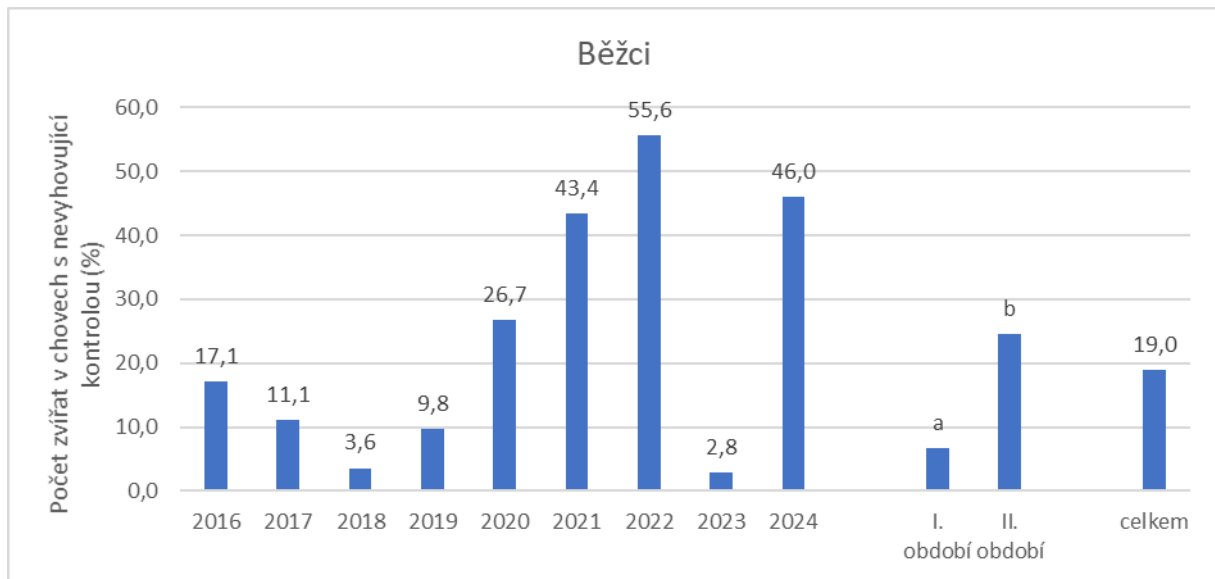
Běžci	I. období 2016 až 2018	II. období 2022 až 2024	statistické porovnání I. a II. období (χ^2 test) (p=)	Celkem 2016 až 2024
Počet kontrolovaných běžců	193	323		786
Počet běžců v chovech s nevyhovující kontrolou	13	79		149
Počet běžců v chovech s nevyhovující kontrolou (%)	6,7	24,5	0,000	19,0

Relativní počet běžců v chovech s nevyhovující kontrolou (%) z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek v jednotlivých letech, porovnání relativního počtu běžců v chovech s nevyhovující kontrolou (%) z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek ve sledovaném období 2016 až 2018 a ve sledovaném období 2022 až 2024, a dále celkový relativní počet běžců s nevyhovující kontrolou v období 2016 až 2024 (%) je znázorněn v grafu č. 1.

Z tabulky č. 1 a č. 2 a z grafu č. 1 vyplývá, že za celé období 9 let bylo kontrolováno 786 běžců, v chovech s nevyhovující kontrolou bylo 149 běžců, tzn. 19,0 %.

Mezi období 2016 až 2018 a období 2022 až 2024 bylo zjištěno statisticky významné zvýšení ($P = 0,000$) počtu běžců v chovech s nevyhovující kontrolou, což ukazuje na významné zvýšení počtu běžců z 6,7 % na 24,5 %, kteří byli chováni v chovech, v nichž byla zjištěna závada v rámci kontrolního šetření prováděného úředními veterinárními lékaři.

Počet kontrol dobrých životních podmínek a počet chovů s nevyhovující kontrolou z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek v jednotlivých letech ve sledovaném období 2016 až 2024 je uveden v tabulce č. 3.

Graf č. 1. Počet běžců v chovech s nevyhovující kontrolou

^{a,b} při srovnání I. a II. období rozdílná písmena označují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$)

Tabulka č. 3. Počet chovů s nevyhovující kontrolou - jednotlivé roky

Běžci	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Počet kontrol dobrých životních podmínek	9	6	7	19	12	18	23	14	23
Počet chovů s nevyhovující kontrolou	3	1	3	5	5	5	6	2	6
Počet chovů s nevyhovující kontrolou (%)	33,3	16,7	42,9	26,3	41,7	27,8	26,1	14,3	26,1

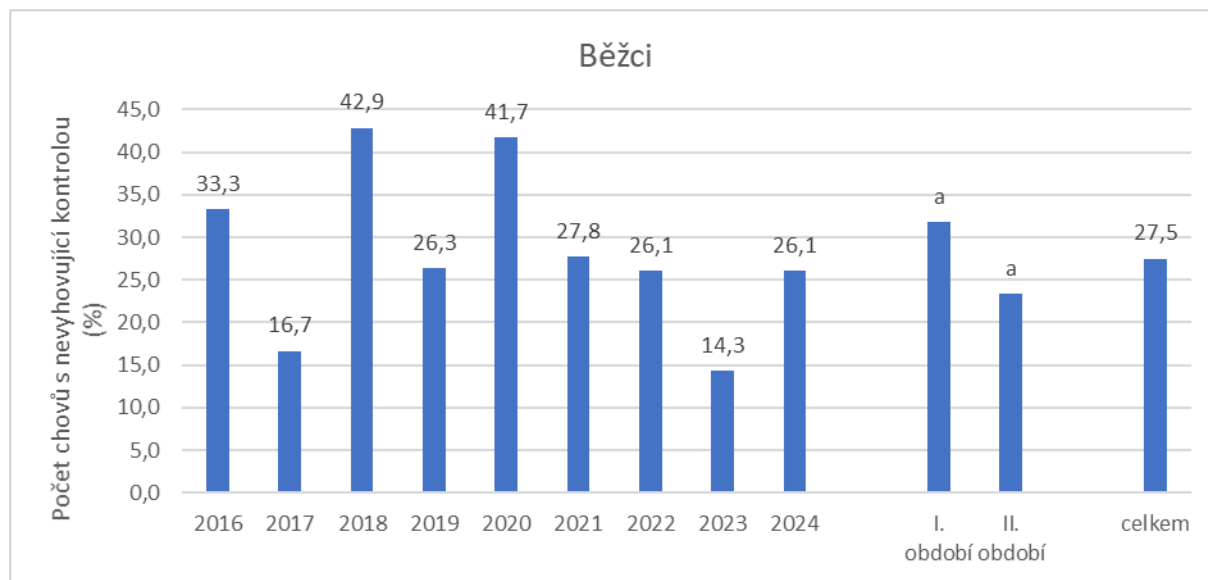
Porovnání počtu kontrol dobrých životních podmínek běžců v chovech a počtu chovů s nevyhovující kontrolou z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek ve sledovaném období 2016 až 2018 a ve sledovaném období 2022 až 2024, a dále celkový počet nevyhovujících kontrol období 2016 až 2024 je uveden v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4. Počet v chovů s nevyhovující kontrolou - sledovaná období a celkem

Běžci	I. období 2016 až 2018	II. období 2022 až 2024	statistické porovnání I. a II. období (χ^2 test) ($p=$)	celkem 2016 až 2024
Počet kontrol dobrých životních podmínek	22	60		131
Počet chovů s nevyhovující kontrolou	7	14		36
Počet chovů s nevyhovující kontrolou (%)	31,8	23,3	0,435	27,5

Relativní počet chovů s nevyhovující kontrolou (%) z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek v jednotlivých letech, porovnání relativního počtu chovů s nevyhovující kontrolou (%) z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek ve sledovaném období 2016 až 2018 a ve sledovaném období 2022 až 2024, a dále celkový relativní počet nevyhovujících kontrol období 2016 až 2024 (%) je znázorněn v grafu č. 2.

Graf č. 2. Počet chovů s nevyhovující kontrolou



^{a,a} při srovnání I. a II. období stejná písmena označují statisticky nevýznamný rozdíl ($P > 0,05$)

Z tabulky č. 3 a č. 4 a z grafu č. 2 vyplývá, že za celé období 9 let bylo provedeno 131 kontrol v chovech běžců, bylo zaznamenáno 36 chovů s nevyhovující kontrolou, tzn. 27,5 %.

Mezi obdobími 2016 až 2018 a obdobími 2022 až 2024 nebyla zjištěna statisticky významná změna ($P = 0,435$) v počtu chovů s nevyhovující kontrolou, což ukazuje, že nedošlo k významnému zvýšení nebo snížení počtu kontrol s nedostatky v chovu běžců zjištěnými v rámci kontrolního šetření prováděného úředními veterinárními lékaři.

Zjištěný nárůst podílu běžců chovaných v chovech se zjištěnou závadou z 6,7 % na 24,5 % a skutečnost, že 19,0 % zvířat je nadále chováno v podmínkách, které ne zcela odpovídají požadavkům na dobré životní podmínky, ukazují na neuspokojivý vývoj v oblasti welfare běžců v chovech. Tento trend je v souladu s poznatky Tulloch and Phillips (2011), kteří upozorňují na etickou problematičnost chovu běžců jako málo domestikovaného a specifického druhu, jehož chování a potřeby jsou obtížně slučitelné s intenzivním zemědělským chovem. Také Cloete and Malecki (2011) poukazují na nedostatečné zohlednění etologických potřeb běžců v chovech, což může vést k narušení jejich pohody. Podle Glatz a Miao (2008) je welfare běžců ovlivněno celým řetězcem chovatelských praktik – od líhnutí přes ustájení a krmení až po zacházení, transport a porážku – a pouze důsledné dodržování správných postupů může zajistit přiměřenou úroveň welfare. Přestože dle Korbel et al. (2015) dochází k rozvoji znalostí a modernizaci přístupů k chovu běžců v souladu s legislativními požadavky, výsledky této studie ukazují, že v praxi zůstává zajištění welfare stále problematické. Obdobně i Bejaei and Cheng (2014) poukázali na nedostatky v manipulaci a přepravě pštrosů v Severní Americe, kde chybí jasná pravidla a personál často postrádá potřebné znalosti. Tyto skutečnosti mohou být analogicky přítomné i v tuzemských podmínkách a přispívat k pozorovanému zhoršení welfare běžců.

Závěr

Souhrnně tak lze konstatovat, že v chovu běžců v rámci úředních veterinárních kontrol byla zjištěna pohoda zvířat na celkové úrovni 19,0 % zvířat chovaných v neodpovídajících podmínkách.

Dále bylo zjištěno v chovech běžců statisticky významné zhoršení ($P = 0,000$) v počtu běžců chovaných v chovech se zjištěnou závadou v oblasti dobrých životních podmínek nebo ochrany běžců, a to ve smyslu nárůstu z 6,7 % na 24,5 % počtu běžců, kteří byli chováni v chovech, v nichž byla zjištěna závada. Nebyla zjištěna statisticky významná změna ($P = 0,435$) v počtu chovů se zjištěnou závadou, což dokládá, že nedošlo ke změně v počtu kontrol s nedostatky v chovu běžců zjištěnými v rámci kontrolního šetření prováděného úředními veterinárními lékaři.

Celkově je možné konstatovat, že 19,0 % běžců bylo chováno v ne plně odpovídajících podmínkách, přičemž trend v počtu běžců, chovaných v chovech se závadou, týkající se dobrých životních podmínek a ochrany zvířat, je zhoršující se z 6,7 % na 24,5 % počtu běžců, kteří byli chováni v chovech, v nichž byla zjištěna závada.

Tato práce byla finančně podpořena ITA VETUNI (projekt č. 2025ITA25).

Literatura

- Bejaei, M., Cheng, K.M. 2014. A survey of current ostrich handling and transport practices in North America with reference to ostrich welfare and transportation guidelines set up in other countries. *Poultry Science* 93: 296-306.
- Cloete, S.W.P., Malecki, I.A. 2011. Breeder welfare: The past, present and future. *Welfare of Farmed Ratites* 11: 13-43.
- Glatz, P.C., Miao, Z.H. 2008. Husbandry of ratites and potential welfare issues: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48: 1257-1265.
- Korbel, R., Schubert, M., Erhard, M., Wöhr, C., Bergmann, S., Rückschloss, S., Thiel, S., Engelhardt, H., Engelhardt, S. 2015. Considerations and recommendations for species-appropriate and welfare friendly keeping of ratitae in Germany. *Tieraerztliche Praxis Ausgabe Grosstiere Nutztiere* 43: 232-244.
- Nařízení Rady č. 625/2017 EU, o úředních kontrolách a jiných úředních činnostech prováděných s cílem zajistit uplatňování potravinového a krmivového práva a pravidel týkajících se zdraví zvířat a dobrých životních podmínek zvířat, zdraví rostlin a přípravků na ochranu rostlin (nařízení o úředních kontrolách). In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 17. 7. 2025]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- Tulloch, G., Phillips, C.J.C. 2011. The ethics of farming flightless birds. *Welfare of Farmed Ratites* 11: 1-11.
- Vyhláška č. 176/2023 Sb., o zdraví zvířat a jeho ochraně a o oprávnění a odborné způsobilosti k výkonu některých odborných veterinárních činnostech, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Vyhláška č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu zvířat hospodářských zvířat, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 255/2012 Sb., o kontrole (kontrolní řád), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 361/2000 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].

CHOVY RYB Z POHLEDU ÚŘEDNÍCH KONTROL DOBRÝCH ŽIVOTNÍCH PODMÍNEK

FISH FARMING FROM THE PERSPECTIVE OF OFFICIAL WELFARE CONTROLS

Eva Justová¹, Eva Voslášková¹, Vladimír Večerek^{1*}, Alena Bartošková¹, Jana Kozáková²,
Zbyněk Semerád³

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² KVS SVS pro Jihomoravský kraj, Česká republika, ³ Státní veterinární správa, Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Regional Veterinary Administration of the State Veterinary Administration for South Moravian Region, Czech Republic, ³ State Veterinary Administration, Czech Republic

Summary

The welfare of fish in farming operations depends on the extent to which farmers are able to provide appropriate living conditions in accordance with animal welfare requirements. The aim of this study was to assess the overall welfare status of fish in farms during the period 2016 to 2024 and to analyze the long-term trend in this indicator by comparing the periods 2016–2018 and 2022–2024. The assessment was based on the number of fish kept in facilities where deficiencies were identified during inspections, as well as on changes in the number of inspections in which welfare-related deficiencies were found. The study evaluated the welfare conditions of 1,497,894 fish across 98 farm inspections. Official veterinary controls revealed that 1.1% of fish were kept in non-compliant conditions. Furthermore, a statistically significant deterioration ($P = 0.000$) was observed in the number of fish kept in farms where deficiencies in welfare standards were identified, with an increase from 0.02% to 1.65% of fish being housed in such facilities. The total proportion of farms in which welfare deficiencies were identified was 6.1%. A statistically significant change ($P = 0.041$) was also found in the proportion of farms with identified deficiencies, increasing from 2.5% to 16.7%, indicating a worsening trend in the number of inspections with confirmed welfare issues in fish farming, as determined by official veterinary investigations. In conclusion, it can be stated that 1.1% of fish were kept in conditions not fully compliant with animal welfare requirements, and the trend in the number of fish kept in farms with deficiencies is worsening, with an increase from 0.02% to 1.65% of animals being housed in facilities where deficiencies were found.

Key words: fish welfare, fish farming, veterinary inspection

Souhrn

Úroveň pohody ryb v chovech je podmíněna mírou, s jakou chovatelé dokáží zajistit odpovídající životní podmínky v souladu s požadavky na welfare. Cílem této studie bylo zhodnotit celkový stav welfare ryb v chovech v období let 2016 až 2024 a dále analyzovat dlouhodobý vývoj tohoto ukazatele porovnáním období 2016–2018 a 2022–2024. Hodnocení bylo provedeno na základě počtu ryb chovaných v provozech, kde byly při kontrolách zjištěny závady, a dále na základě změn v počtu samotných kontrol, při nichž byly nedostatky v oblasti dobrých životních podmínek zaznamenány. V práci byla hodnocena úroveň welfare v chovech 1 497 894 ryb při 98 kontrolách chovů. V chovech ryb v rámci úředních veterinárních kontrol byla zjištěna pohoda zvířat na celkové úrovni 1,1 % zvířat chovaných v neodpovídajících podmínkách. Dále bylo zjištěno v chovech ryb statisticky významné zhoršení ($P = 0,000$) v počtu ryb chovaných v chovech se zjištěnou závadou

* vecerekv@vfu.cz

v oblasti dobrých životních podmínek, a to ve smyslu nárůstu z 0,02 % na 1,65 % počtu ryb, které byly chovány v chovech, v nichž byla zjištěna závada. Celkový počet chovů, v nichž byla zjištěna závada v oblasti zajišťování dobrých životních podmínek, byl na úrovni 6,1 %. Byla zjištěna statisticky významná změna ($P = 0,041$) v počtu chovů z 2,5 % na 16,7 % se zjištěnou závadou, což dokládá, že došlo ke změně v počtu kontrol s nedostatky v chovu ryb zjištěnými v rámci kontrolního šetření prováděného úředními veterinárními lékaři. Celkově je možné konstatovat, že 1,1 % ryb bylo chováno v ne plně odpovídajících podmínkách podle požadavků dobrých životních podmínek, přičemž trend v počtu ryb, chovaných v chovech se závadou v posuzování dobrých životních podmínek, je zhoršující se z 0,02 % na 1,65 % zvířat, která byla chována v chovech, v nichž byla zjištěna závada.

Klíčová slova: welfare ryb, chov ryb, veterinární kontrola

Úvod

Zajištění dobrých životních podmínek hospodářských zvířat je v současné době jedním z klíčových témat moderní živočišné produkce. Zatímco welfare savců a ptáků je relativně dobře popsáno a legislativně ukotveno, otázky spojené s welfare ryb jsou v mnoha ohledech méně rozpracované a dosud se jim nedostává srovnatelné pozornosti. Přitom právě ryby představují z hlediska počtu nejvíce chovanou skupinu obratlovců v intenzivní živočišné výrobě.

Welfare ryb zahrnuje široké spektrum faktorů, mezi něž patří kvalita vody, hustota obsádky, způsob manipulace, krmení, přeprava či podmínky porážky (Huntingford et al., 2006; Ashley, 2007; Algers et al., 2009; Poli, 2009; Saraiva et al., 2019; Barreto et al., 2022; Maia et al., 2022; Pavlidis, 2022). Specifické požadavky různých druhů, stejně jako obtížnější interpretace jejich behaviorálních projevů, však činí hodnocení welfare ryb náročnějším než u suchozemských zvířat.

Požadavky na chovy ryb z pohledu ochrany zvířat a dobrých životních podmínek v České republice určuje zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů (Zákon č. 246/1992 Sb., 1992). Zákon určuje, jaké zacházení se zvířaty se považuje za týrání a dále požadavky na ochranu hospodářských zvířat. Bližší požadavky na chovy hospodářských zvířat z pohledu minimálních standardů pro ochranu zvířat a dobrých životních podmínek jsou stanoveny ve vyhlášce č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu zvířat hospodářských zvířat, ve znění pozdějších předpisů (Vyhláška č. 208/2004 Sb., 2004), tato vyhláška stanovuje obecné minimální standardy pro zařízení pro hospodářská zvířata a obecné požadavky na chov hospodářských zvířat, konkrétní minimální standardy pro ochranu ryb a dobré životní podmínky pro ryby neobsahuje. Vyhláška č. 382/2004 Sb., o ochraně hospodářských zvířat při porážení, utrácení nebo jiném usmrcování, ve znění pozdějších předpisů (Vyhláška č. 382/2004 Sb., 2004) upravuje podmínky péče o ryby před usmrcením. Z pohledu veterinární péče požadavky na chov a zacházení se zvířaty stanoví zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů (Zákon č. 166/1999 Sb., 1999). Bližší veterinární požadavky na chov zvířat stanoví vyhláška č. 176/2023 Sb., o zdraví zvířat a jeho ochraně a o oprávnění a odborné způsobilosti k výkonu některých odborných veterinárních činnostech (Vyhláška č. 176/2023 Sb., 2023), tato vyhláška stanoví obecné požadavky na chov zvířat, konkrétní specifické požadavky týkající se chovu ryb neobsahuje. Kontroly prováděné orgány veterinární správy pak upravuje nařízení Rady č. 625/2017 EU, o úředních kontrolách a jiných úředních činnostech prováděných s cílem zajistit uplatňování potravinového a krmivového práva a pravidel týkajících se zdraví zvířat a dobrých životních podmínek zvířat, zdraví rostlin a přípravků na ochranu rostlin (Nařízení č. 625/2017 EU, 2017), a dále zákon č. 255/2012 Sb., o kontrole (kontrolní řád), ve znění pozdějších předpisů (Zákon č. 255/2012 Sb., 2012), zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů (Zákon č. 500/2004 Sb., 2004) a zákon č. 361/2000 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů (Zákon č. 361/2000 Sb.).

Cílem práce bylo určit celkovou úroveň welfare ryb v chovech v období let 2016 až 2024 a dále dlouhodobý trend ve welfare ryb v chovech při porovnávání období let 2016 až 2018 a let 2022 až

2024, a to na základě celkového počtu a změn v počtech ryb, chovaných v chovech se závadou, a na základě celkového počtu a změn v počtech kontrol se závadou.

Materiál a metodika

Tato práce se zaměřuje na hodnocení úrovně welfare ryb z pohledu úředních kontrol dobrých životních podmínek ryb v chovech. Analýza vychází z výsledků dozorové činnosti úředních veterinárních lékařů prováděné v chovech ryb v letech 2016 až 2024. Celkově bylo posouzeno welfare v chovech zahrnujících 1 497 894 ryb na základě 98 provedených kontrol.

Kontroly byly prováděny podle systému kontrolních bodů pro kontroly welfare v chovech zvířat prováděné úředními veterinárními lékaři. Byla zjišťována úroveň ochrany ryb a zajišťování dobrých životních podmínek v chovech s výsledkem: vyhovující kontrola, tj. bez závad v případě nezjištění závady u některého z kontrolních bodů, nebo nevyhovující kontrola, tj. kontrola se závadou v případě zjištění závady u některého z kontrolních bodů.

Byly vypočítány počty ryb v kontrolovaných chovech a dále počty ryb v chovech s nevyhovující kontrolou a byla dopočítávána relativní četnost počtu ryb v chovech s nevyhovující kontrolou; byly vypočítány celkové počty provedených kontrol a počty nevyhovujících kontrol a byla dopočítávána relativní četnost počtu nevyhovujících kontrol, a to celkově za celé sledované období 2016 až 2024, a dále pro jednotlivé roky sledovaného období, pro první období 2016 až 2018 a pro poslední období 2022 až 2024.

Celková úroveň byly zjišťována na základě celkového počtu ryb v chovech s nevyhovující kontrolou a počtu nevyhovujících kontrol za celé sledované období. Trendy vývoje počtu ryb v chovech s nevyhovující kontrolou a počtu nevyhovujících kontrol byly zjišťovány na základě statistického porovnání prvního a posledního období a na tomto základě bylo zjišťováno, zda-li se počet ryb v chovech s nevyhovující kontrolou zlepšuje nebo zhoršuje a zda-li počet nevyhovujících kontrol klesá nebo stoupá, a to k dovození celkového zjištění, zdali se úroveň ochrany zvířat a dobrých životních podmínek a s nimi související welfare zvířat v chovech zlepšuje a nebo zhoršuje.

Statistické posuzování vycházelo z porovnávání relativních četností pomocí χ^2 testu s určováním statistické významnosti na hladině $P < 0,05$. Výpočty byly provedeny pomocí programu Excel Microsoft Office Professional Plus 2019.

Výsledky a diskuse

Počet ryb v kontrolovaných chovech a počet ryb v chovech s nevyhovující kontrolou z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek v jednotlivých rocích ve sledovaném období 2016 až 2024 je uveden v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1. Počet ryb v chovech s nevyhovující kontrolou v jednotlivých letech sledovaného období

Ryby sladkovodní konzumní	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Počet kontrolovaných ryb	283 722	76 574	332 554	183 863	193 725	16 390	182 041	42 251	186 774
Počet ryb v chovech s nevyhovující kontrolou	0	0	150	10 000	0	0	6 500	1	300
Počet ryb v chovech s nevyhovující kontrolou (%)	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	3,6	0,0	0,2

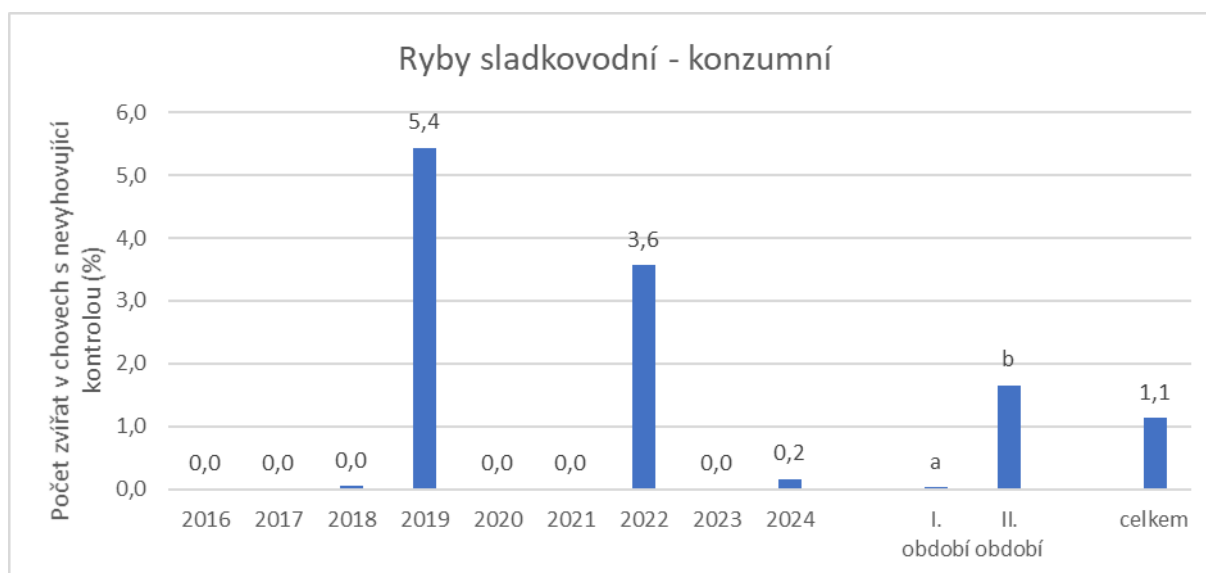
Porovnání počtu ryb v kontrolovaných chovech a počtu ryb v chovech s nevyhovující kontrolou z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek ve sledovaném období 2016 až 2018 a ve sledovaném období 2022 až 2024, a dále v celkových počtech období 2016 až 2024 je uveden v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2. Počet ryb v chovech s nevyhovující kontrolou v prvním, posledním a celém období

Ryby sladkovodní konzumní	I. období 2016 až 2018	II. období 2022 až 2024	statistické porovnání I. a II. období (χ^2 test) (p=)	celkem 2016 až 2024
Počet kontrolovaných ryb	692 850	411 066		1 497 894
Počet ryb v chovech s nevyhovující kontrolou	150	6 801		16 951
Počet ryb v chovech s nevyhovující kontrolou (%)	0,02	1,65	0,000	1,1

Relativní počet ryb v chovech s nevyhovující kontrolou (%) z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek v jednotlivých rocích, porovnání relativního počtu ryb v chovech s nevyhovující kontrolou (%) z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek ve sledovaném období 2016 až 2018 a ve sledovaném období 2022 až 2024, a dále celkový relativní počet ryb s nevyhovující kontrolou období 2016 až 2024 (%) je znázorněn v grafu č. 1.

Graf č. 1. Počet ryb v chovech s nevyhovující kontrolou



^{a,b} při srovnání I. a II. období různá písmena označují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$)

Z tabulky č. 1 a č. 2 a z grafu č. 1 vyplývá, že za celé období 9 let bylo kontrolováno 1 497 894 ryb, v chovech s nevyhovující kontrolou bylo 16 951 ryb, tzn. 1,1 %. Mezi obdobími 2016 až 2018 a obdobími 2022 až 2024 bylo zjištěno statisticky významné zvýšení ($P = 0,000$) počtu ryb v chovech s nevyhovující kontrolou, což ukazuje na významné zvýšení počtu ryb z 0,02 % na 1,65 %, které byly chovány v chovech, v nichž byla zjištěna závada v rámci kontrolního šetření prováděného úředními veterinárními lékaři.

Počet kontrol dobrých životních podmínek a počet chovů ryb s nevyhovující kontrolou z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek v jednotlivých rocích ve sledovaném období 2016 až 2024 je uveden v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3. Počet chovů ryb s nevyhovující kontrolou v jednotlivých letech sledovaného období

Ryby sladkovodní konzumní	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Počet kontrol dobrých životních podmínek	13	14	13	17	11	6	11	6	7
Počet chovů s nevyhovující kontrolou	0	0	1	1	0	0	1	1	2
Počet chovů s nevyhovující kontrolou (%)	0,0	0,0	7,7	5,9	0,0	0,0	9,1	16,7	28,6

Porovnání počtu kontrol dobrých životních podmínek v chovech ryb a počtu chovů s nevyhovující kontrolou z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek ve sledovaném období 2016 až 2018 a ve sledovaném období 2022 až 2024, a dále celkový počet nevyhovujících kontrol období 2016 až 2024 je uveden v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4. Počet chovů ryb s nevyhovující kontrolou v prvním, posledním a celém sledovaném období

Ryby sladkovodní konzumní	I. období 2016 až 2018	II. období 2022 až 2024	statistické porovnání I. a II. období (χ^2 test) (p=)	celkem 2016 až 2024
Počet kontrol dobrých životních podmínek	40	24		98
Počet chovů s nevyhovující kontrolou	1	4		6
Počet chovů s nevyhovující kontrolou (%)	2,5	16,7	0,041	6,1

Relativní počet chovů ryb s nevyhovující kontrolou (%) z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek v jednotlivých rocích, porovnání relativního počtu chovů s nevyhovující kontrolou (%) z pohledu dodržování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek ve sledovaném období 2016 až 2018 a ve sledovaném období 2022 až 2024, a dále celkový relativní počet nevyhovujících kontrol v období 2016 až 2024 (%) je znázorněn v grafu č. 2.

Z tabulky č. 3 a č. 4 a z grafu č. 2 vyplývá, že za celé období 9 let bylo provedeno 98 kontrol v chovech ryb, bylo zaznamenáno 6 chovů s nevyhovující kontrolou, tzn. 6,1 %. Mezi obdobími 2016 až 2018 a obdobími 2022 až 2024 byla zjištěna statisticky významná změna ($P = 0,041$) v počtu chovů s nevyhovující kontrolou, což ukazuje, že došlo k významnému zvýšení počtu kontrol v chovu ryb z 2,5 % na 16,7 % s nedostatky zjištěnými v rámci kontrolního šetření prováděného úředními veterinárními lékaři.

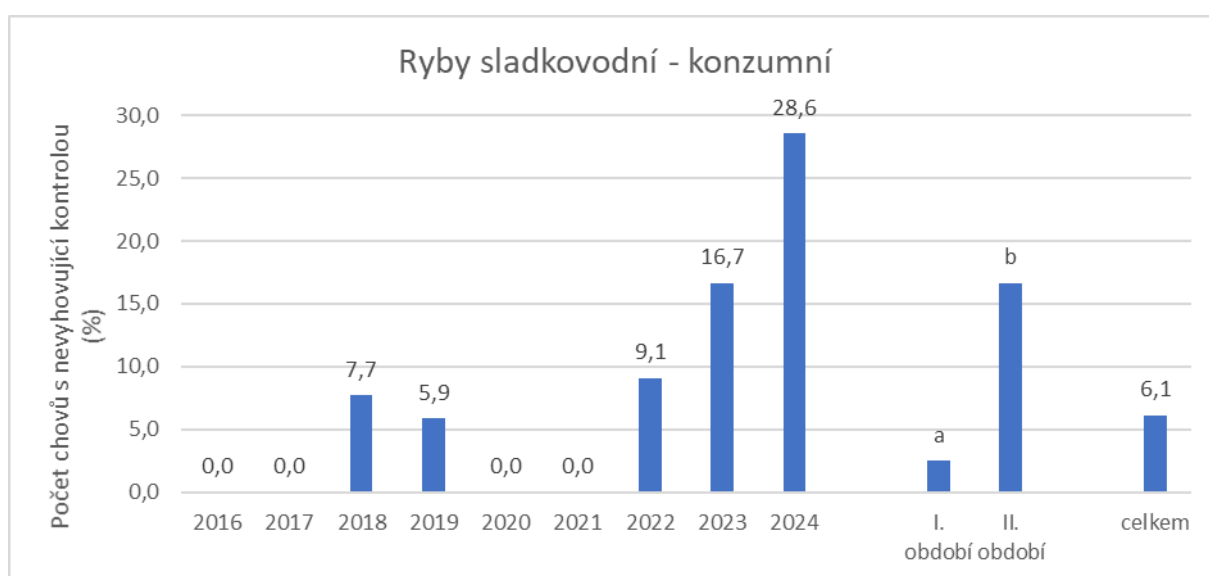
Tento trend může odrážet jak reálné zhoršení podmínek v některých chovech, tak také zvyšující se nároky a citlivost kontrolních mechanismů na zachycení i méně zjevných nedostatků. Podobně jako v jiných zemích EU i v České republice lze předpokládat, že s rostoucím důrazem na pohodu ryb

a s narůstajícím počtem vědeckých poznatků dochází k přísnějšímu posuzování provozních podmínek, které by v minulosti mohly být ještě tolerovány.

Jak uvádějí Huntingford et al. (2006) a Ashley (2007), welfare ryb je specifickou oblastí, kde přetrvává mnoho nejasností ohledně etologických a fyziologických potřeb jednotlivých druhů. Zároveň Algers et al. (2009) upozorňují, že standardy welfare ryb jsou méně ustálené než u jiných hospodářských zvířat, což komplikuje jejich uplatnění v praxi. To může vést k tomu, že některé chovy – zejména menší nebo tradičně zaměřené – nejsou plně přizpůsobeny novějším požadavkům na chovatelskou praxi a jejich úroveň welfare tak nemusí odpovídat aktuálním doporučením.

Zjištěné zvýšení podílu závad by proto nemělo být interpretováno pouze jako důkaz zhoršující se praxe, ale i jako projev zpřesnění kontrolních metod a narůstající profesionalizace dozorových činností, která je v souladu s evropskými trendy směřujícími ke zlepšení pohody všech hospodářských zvířat včetně ryb.

Graf č. 2. Počet chovů ryb s nevyhovující kontrolou



^{a,b} při srovnání I. a II. období různá písmena označují statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$)

Závěr

V chovu ryb v rámci úředních veterinárních kontrol bylo celkově zjištěno 1,1 % zvířat chovaných v neodpovídajících podmínkách.

Dále bylo v rámci úředních veterinárních kontrol zjištěno v chovu ryb ve sledovaném období 2016 až 2024 statisticky významné zhoršení ($P = 0,000$) v počtu ryb chovaných v chovech se zjištěnou závadou v oblasti dobrých životních podmínek nebo ochrany zvířat a to ve smyslu nárůstu počtu ryb z 0,02 % na 1,65 %, které byly chovány v chovech, v nichž byla zjištěna závada. Dále bylo zjištěno 6,1 % chovů s nevyhovující kontrolou, přičemž byla zjištěna statisticky významná změna ($P = 0,041$) v počtu chovů se zjištěnou závadou ve smyslu zvýšení počtu kontrol v chovu ryb z 2,5 % na 16,7 % s nedostatky zjištěnými v rámci kontrolního šetření prováděného úředními veterinárními lékaři.

Celkově je možné konstatovat, že 1,1 % ryb bylo chováno v ne plně odpovídajících podmínkách, přičemž trend v počtu ryb, chovaných v chovech se závadou, týkající se dobrých životních podmínek a ochrany zvířat, je zhoršující se z 0,02 % na 1,65 % počtu ryb, které byly chovány v chovech, v nichž byla zjištěna závada.

Tato práce byla finančně podpořena ITA VETUNI (projekt č. 2025ITA25).

Literatura

- Algers, B., Blokhuis, H.J., Bøtner, A., Broom, D.M., Costa, P., Domingo, M., Greiner, M., Hartung, J., Koenen, F., Müller-Graf, C., Morton, D.B., Osterhaus, A., Pfeiffer, D.U., Raj, M., Roberts, R., Sanaa, M., Salman, M., Sharp, J.M., Vannier, P., Wierup, M. 2009. Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from European Commission on General approach to fish welfare and to the concept of sentience in fish. *The EFSA Journal* 954: 1-26.
- Ashley, P.J. 2007. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science* 104: 199-235.
- Barreto, M.O., Planellas, S.R., Yang, Y.F., Phillips, C., Descovich, K. 2022. Emerging indicators of fish welfare in aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 14: 343-361.
- Huntingford, F.A., Adams, C., Braithwaite, V.A., Kadri, S., Pottinger, T.G., Sandøe, P., Turnbull, J.F. 2006. Current issues in fish welfare. *Journal of Fish Biology* 68: 332-372.
- Maia, C.M., Saraiva, J.L., Gonçalves-de-Freitas, E. 2024. Fish welfare in farms: potential, knowledge gaps and other insights from the fair-fish database. *Frontiers in Veterinary Science* 11: 1450087.
- Martins, C.I.M., Galhardo, L., Noble, C., Damsgard, B., Spedicato, M.T., Zupa, W., Beauchaud, M., Kulczykowska, E., Massabuau, J.C., Carter, T., Planellas, S.R., Kristiansen, T. 2012. Behavioural indicators of welfare in farmed fish. *Fish Physiology and Biochemistry* 38: 17-41.
- Nařízení Rady č. 625/2017 EU, o úředních kontrolách a jiných úředních činnostech prováděných s cílem zajistit uplatňování potravinového a krmivového práva a pravidel týkajících se zdraví zvířat a dobrých životních podmínek zvířat, zdraví rostlin a přípravků na ochranu rostlin (nařízení o úředních kontrolách). In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 17. 7. 2025]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- Pavlidis, M. 2022. Welfare of farmed fish: Moral considerations, science, and problems of implementation. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 41: 174-77.
- Poli, B.M. 2009. Farmed fish welfare-suffering assessment and impact on product quality. *Italian Journal of Animal Science* 8: 139-160.
- Saraiva, J.L., Arechavala-Lopez, P., Castanheira, M.F., Volstorff, J., Studer, B.H. 2019. A global assessment of welfare in farmed fishes: The FishEthoBase. *Fishes* 4: 2.
- Vyhláška č. 176/2023 Sb., o zdraví zvířat a jeho ochraně a o oprávnění a odborné způsobilosti k výkonu některých odborných veterinárních činností, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Vyhláška č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu zvířat hospodářských zvířat, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Vyhláška č. 382/2004 Sb., o ochraně hospodářských zvířat při porážení, utrácení nebo jiném usmrcování, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 255/2012 Sb., o kontrole (kontrolní řád), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 361/2000 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].

**EVROPSKÉ REFERENČNÍ CENTRUM PRO WELFARE VODNÍCH ŽIVOČICHŮ
(EURCAW-AQUA): AKTIVITY 2025–2027**

**THE EU REFERENCE CENTRE FOR THE WELFARE OF AQUATIC ANIMALS
(EURCAW-AQUA): ACTIVITIES 2025–2027**

Anna Holčáková^{1*}, Tereza Křesalová¹, Ivona Mladineo^{1,2}

¹ Laboratoř funkční helmintologie, Parazitologický ústav, Biologické centrum Akademie věd ČR, Česká republika, ² Institut pro mořská a antarktická studia, Tasmánská univerzita, Austrálie

¹ Laboratory of Functional Helminthology, Institute of Parasitology, Biology Centre of the Czech Academy of Sciences, Czech Republic, ² Institute for Marine and Antarctic Studies, University of Tasmania, Australia

Summary

The European Union Reference Centre for the Welfare of Aquatic Animals (EURCAW-Aqua) continues its mission in 2025, supporting the implementation of EU welfare standards with an emphasis on aquaculture species. Coordinated by the University of Crete in partnership with the Biology Centre of the Czech Academy of Sciences and the Universitat Autònoma de Barcelona, the Centre offers scientific advice, validated indicators, training, and tools to assist competent authorities in effectively applying and enforcing welfare regulations. The current work program (2025–2027) addresses key welfare issues throughout the life cycle of farmed fish and certain crustaceans, broadening its focus to include hatchery conditions, intensive systems, humane slaughter, and the development of positive welfare strategies. Further information is available at: www.eurcaw-aqua.eu

Key words: welfare of aquatic animals, EU Reference Centre, aquaculture

Souhrn

Evropské referenční centrum pro welfare vodních živočichů (EURCAW-Aqua) pokračuje ve své činnosti i v roce 2025 a nadále podporuje implementaci standardů EU v oblasti welfare s důrazem na akvakulturní druhy. Centrum je koordinováno Krétskou univerzitou ve spolupráci s Biologickým centrem Akademie věd České republiky a Universitat Autònoma de Barcelona. Nabízí vědecké poradenství, ověřené ukazatele, školení a nástroje, které pomáhají příslušným orgánům efektivně uplatňovat a prosazovat legislativu v oblasti welfare. Aktuální pracovní program na období 2025–2027 se zaměřuje na klíčové otázky welfare v průběhu celého životního cyklu chovaných ryb a vybraných koryšů a rozšiřuje svůj záběr na podmínky v líhních, intenzivní chovné systémy, humánní porážku a rozvoj strategií pro pozitivní welfare. Více informací je k dispozici na: www.eurcaw-aqua.eu

Klíčová slova: welfare vodních živočichů, evropské referenční centrum, akvakultura

Úvod

Evropské referenční centrum pro welfare vodních živočichů (EURCAW-Aqua) bylo oficiálně zřízeno v lednu 2024 jako čtvrté referenční centrum svého druhu v EU. Podporuje Evropskou komisi a členské státy při implementaci legislativy týkající se welfare vodních živočichů, zejména ryb a koryšů chovaných pro hospodářské účely. Centrum je koordinováno Krétskou univerzitou (Řecko) ve spolupráci s Biologickým centrem AV ČR (Česká republika) a Universitat Autònoma de Barcelona (Španělsko).

Cílem centra je poskytovat vědeckou a technickou podporu národním kompetentním orgánům, národním referenčním centrům a národním vědeckým podpůrným sítím. Mezi jeho aktivity patří

* anna.holcakova@paru.cas.cz

vývoj operačních indikátorů welfare, publikace informačních a metodických dokumentů, vědecké přehledy, školení inspektorů a odborná komunikace. Veškeré výstupy jsou navrženy tak, aby byly praktické a v souladu s platnou legislativou a vědeckými poznatky.

Cíle a aktivity

Hlavním cílem EURCAW-Aqua je podpořit důsledné prosazování pravidel EU v oblasti welfare vodních živočichů prostřednictvím poskytování harmonizovaných, vědecky podložených nástrojů a znalostí členským státům. Pracovní program na období 2025–2027 se věnuje pěti prioritním tématům: welfare ryb v líhních, welfare ryb v intenzivních chovech (včetně recirkulačních akvakulturních systémů – RAS), welfare při manipulaci, přepravě a porážce, welfare desetinožců během odchytu a usmrcení a rozvoj indikátorů pozitivního welfare.

Centrum se zaměřuje na druhy s vysokým významem pro akvakulturu v EU, včetně pstruha duhového, kapra obecného, lososa atlantského, mořčáka evropského, pražmy zlaté a vybraných desetinožců, jako je krab jedlý a langusta norská. Pro tyto druhy EURCAW-Aqua vyvíjí indikátory a hodnoticí schémata pro jednotlivé fáze produkce. Mezi výstupy patří informační listy, pilotní validační studie a metodické dokumenty, které podporují každodenní práci inspektorů a odborníků z praxe.

Zvláštní důraz je kladen na přehled osvědčených postupů a technik humánní porážky, včetně hodnocení metod omračování a usmrcení a jejich účinnosti.

Cílové skupiny a sdílení znalostí

EURCAW-Aqua se zaměřuje na národní kompetentní orgány, zejména na veterinární inspektory. Na podporu jejich práce centrum organizuje webináře, praktická školení (tzv. roadshow) a vyvíjí přístupné výukové materiály, včetně videí, infografik, kvízů a přeložených informačních listů.

Zároveň se buduje komunita praxe (Community of Practice – CoP), která nabídne veterinářům inspektorům a odborníkům na welfare z celé EU bezpečný prostor pro sdílení praktických zkušeností, diskusi o technických otázkách a společné učení. Vzniká také mobilně přístupný digitální nástroj pro hodnocení welfare, který inspektorům umožní pracovat s ukazateli a hodnoticími schémata přímo v terénu.

Centrum rovněž spolupracuje se zbývajícími třemi referenčními centry EURCAW a podílí se na společných výstupech, školeních a mezioborových diseminačních aktivitách.

Závěr

Pracovní program EURCAW-Aqua pro období 2025–2027 navazuje na základy položené během prvního roku existence centra a přináší nové nástroje a znalosti na podporu efektivního prosazování welfare vodních živočichů v EU. Aktivity centra usilují o propojení vědeckých poznatků s inspekční praxí a poskytují veterinářům odborníkům praktická řešení a harmonizované metodiky. Účast vědeckých institucí, jako je Biologické centrum Akademie věd České republiky, zajišťuje, že sladkovodní druhy, systémy chovu ve střední Evropě a místní potřeby implementace jsou v evropském rámci náležitě zastoupeny.

ÚČINEK RŮZNÝCH KONCENTRACÍ TŘECH TYPŮ V SOUČASNÉ DOBĚ POUŽÍVANÝCH ANESTETIK NA HLAVATKU OBECNOU (*HUCHO HUCHO*)

EFFECT OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF THREE TYPES OF CURRENTLY USED ANESTHETICS ON THE DANUBE SALMON (*HUCHO HUCHO*)

Jan Kouřil¹, Ondřej Kareš¹, Zdeňka Svobodová^{1,2*}

¹ Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz (CENAKVA), Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Česká republika, ² Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

¹ Research Center of Aquaculture and Biodiversity of Hydrocenoses (CENAKVA), Faculty of Fisheries and Protection of Waters, University of South Bohemia in České Budějovice, Czech Republic, ² Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The aim of the present work was to assess the effect of three types of currently used anesthetics on the danube salmon (*Hucho hucho*). Eugenol (concentrations 0.020 - 0.040 ml.l⁻¹), MS-222 (60 - 140 mg.l⁻¹) and 2-phenoxyethanol (0.40 - 0.60 ml.l⁻¹) were tested in given concentration ranges. Within the each concentration range of the individual anesthetic a series of 5 different concentrations were always tested, with 10 individuals in each concentration. The experiments were performed on starved danube salmon fry with an average weight of 17.3 g in water at a temperature of 10 °C. The study included the evaluation of the onset of individual anesthesia stages (2, 3a, 3b and 4) and, after 10 minutes of exposure and transfer of the fish to clean water, the onset of individual anesthesia recovery stages (3b, 3a, 2). No fish mortality was recorded during the tests. Only with the anesthetic MS-222, a 20% mortality was recorded at the highest tested concentration (140 mg.l⁻¹). Based on the achieved results, the most suitable concentrations of tested anesthetics for the danube salmon can be recommended as follows Eugenol (0.030 - 0.035 ml.l⁻¹), MS-222 (80 - 100 mg.l⁻¹) and 2-phenoxyethanol (0.45 - 0.50 ml.l⁻¹).

Key words: Eugenol, MS-222, 2-phenoxyethanol

Souhrn

Cílem předkládané práce bylo posoudit účinek třech typů v současné době používaných anestetik na hlavatku obecnou (*Hucho hucho*). Testovány byly přípravky Eugenol (o koncentracích 0,020 - 0,040 ml.l⁻¹), MS-222 (60 - 140 mg.l⁻¹) a 2-fenoxyetanol (0,40 - 0,60 ml.l⁻¹). V rámci uvedených rozpětí koncentrací jednotlivých anestetik byla vždy testována řada 5 různých koncentrací, v každé koncentraci vždy individuálně 10 jedinců. Experimenty byly prováděny u vyláčeného plůdku hlavatky obecné o průměrné hmotnosti 17,3 g ve vodě o teplotě 10 °C. Studie zahrnuje nástup jednotlivých stupňů anestezie (2, 3a, 3b a 4) a po 10 minutové expozici a přenesení ryb do čisté vody nástup jednotlivých stupňů odeznívání anestezie (3b, 3a, 2). V průběhu provedených testů nebyla evidována žádná mortalita ryb. Pouze u anestetika MS-222 byla u nejvyšší testované koncentrace (140 mg.l⁻¹) zaznamenána 20% mortalita. Na základě dosažených výsledků testování možno doporučit pro hlavatku jako nejvhodnější použití anestetik Eugenol (o koncentraci 0,030 - 0,035 ml.l⁻¹), MS-222 (80 - 100 mg.l⁻¹) a 2-fenoxyetanol (0,45 - 0,50 ml.l⁻¹).

Klíčová slova: Eugenol, MS-222, 2-fenoxyetanol

* svobodovaz@vfu.cz

Úvod

Používání anestezie je v akvakulturní praxi velmi důležitá, až nezastupitelná (Sedgwick, 1986). Některé postupy v chovu ryb, mohou vytvářet nepříznivé životní podmínky pro ryby, které mají často negativní dopad na jejich zdraví (Ferreira et al., 2015). Mohou například vyvolávat stres, snížení apetitu a imunitní funkce. Běžným postupem v akvakultuře je umělý výtěr, značkování, třídění a chirurgický zákrok, všechny tyto činnosti jednoznačně vyžadují použití anestezie (Ross a Ross, 2009). Stejně tak tomu je v akvakulturní praxi a při ichtyologickém výzkumu na volných vodách, při zjišťování biometrických parametrů, odběru biologických vzorků (šupin, krve, vzorků tkáně na genetické analýzy apod.) a posuzování zdravotního stavu. Na rybích líhních se speciálně u chovaných remontních a generačních hlavatek též provádí s využitím anestezie i kontrola výskytu a případné mechanické odstranění parazita sepnutky hlavatkové (*Basanistes huchonis*) z vnitřní strany skřelí (Gelnar et al., 1988).

Hlavatka obecná je největší lososovitá ryba v České republice a jedna z největších lososovitých ryb na světě. S výjimkou dunajského povodí se na území ČR jedná o nepůvodní druh ryby, což je příčinou jejího omezeného rozšíření a vysazování. V ČR se jen zřídka vyskytuje v povodí Odry, Bečvy a Moravy, zcela výjimečně i v jiných řekách (Vltava). Přípravuje se její vysazení do některých severomoravských údolních nádrží. Generační ryby se chovají v průtočných nádržích na farmách, krmí se rybami, případně též granulami větší velikosti pro generační lososovité ryby. Vytírají se uměle při teplotách 8-12 °C. Inkubace jiker a faremí odchov násadového materiálu je zpravidla prováděn do věku 1-3 roků, pak následuje jeho vysazení do volných vod (především na Slovensku, v Německu a Rakousku). V ČR je hlavatka obecná faremě chována a do volných vod vysazována ojediněle. Speciálně u hlavatky obecné testoval Příhoda (2023), dnes již nepoužívané anestetikum Propoxat. Jiná anestetika nebyla u hlavatky obecné speciálně testována, při jejich použití v praxi se vychází z doporučených zásad a koncentrací obecně platných pro lososovité ryby. Pokud se prokáže ekonomická reálnost intenzivní akvakulturní produkce tržních hlavatek obecných v průtočných nebo recirkulačních systémech, najdou výsledky této studie o využití anestetik uplatnění i zde. Cílem předložené práce bylo posoudit účinek třech typů v současné době používaných anestetik na hlavatku obecnou.

Literární přehled

V rybářské praxi ČR je v současné době možno používat následující anestetika: Eugenol, MS-222 a 2-fenoxyetanol.

Eugenol

Eugenol je aktivní složka hřebíčkového oleje, který se získává z pupenů listu a stonku rostliny *Eugenia caryphyllus*. Komerčně prodávaný hřebíčkový olej obsahuje přibližně 84 % Eugenolu (Harper, 2003). Eugenol je světle žlutá čirá kapalina olejovitého charakteru (Chaieb et al., 2007). Hřebíčkový olej má oproti ostatním anestetikům mnoho výhod. Velkou výhodou je snadná dostupnost. Eugenol je organická látka, která, nepředstavuje nebezpečí pro obsluhu. Eugenol není mutagenní ani karcinogenní látka (Nagabadu a Lakshmaiah, 1992). Negativní vlastností Eugenolu je perzistence na žaberním epitelu, která může blokovat difúzi plynů. Další nevýhoda Eugenolu je jeho fotosenzitivita, tedy citlivost na světlo (Bressler a Ron, 2004). Eugenol je špatně rozpustný ve vodě, a to především při nízkých teplotách, proto je doporučováno použít směs 1:10 s ethanolem pro lepší rozpustnost. Pro většinu druhů ryb se používají koncentrace v rozmezí 40-120 mg.l⁻¹ (Harms, 2003). Použití Eugenolu není schváleno pro ryby určené ke konzumaci. Eugenol je snadno dostupný, výhodný a vysoce účinný i v malých dávkách, z tohoto důvodu je hojně využíván v akvakultuře (Cho a Heath, 2000). V případě použití hřebíčkového oleje musí být nařízena veterinárním lékařem ochranná lhůta 500 °D (stupňodnů) (Kolářová et al., 2012).

MS-222

MS-222 je derivátem benzokainu s chemickým názvem trikain methanosulfát. Toto anestetikum je jedním z nejužívanějších v akvakultuře a výzkumu ryb (Ross a Ross, 1999). Anestetikum je

dodáváno jako krystalický bílý prášek určený k rozpuštění ve vodě, kde se dobře rozpouští za vzniku bezbarvého roztoku. MS-222 je vhodné použít ve slané i sladké vodě (Popovic et al., 2012). Anestetikum MS-222 může být použito pro ryby určené ke konzumaci v USA a Spojeném království (Mercy et al., 2013). Země vyvážející ryby do EU jsou povinné dodržet příslušné předpisy o použití anestetika (Topic et al., 2012). V České republice je možné použít MS-222 jako léčivo pro ryby, je však zapotřebí souhlasu Státní veterinární správy (Kolářová et al., 2012). Ochranná lhůta před konzumací ryb se u MS-222 liší na základě jednotlivých států. Při zacházení s MS-222 je zapotřebí postupovat opatrně za použití ochranných pomůcek, jelikož může docházet k podráždění dýchacích cest a kůže (Carter et al., 2011). Doporučené dávkování se pohybuje v širokém rozmezí 25 až 480 mg.l⁻¹ s expozicí od několika sekund pro vyšší koncentrace a řádu hodin pro nízké koncentrace (Ross a Ross, 1999). Dle Kolářové et al. (2012) se MS-222 používá v rozmezí koncentrací 30-350 mg.l⁻¹ v závislosti na druhu ryb, přičemž sedace můžeme pozorovat v čase 1 až 30 min. Při zvolení nižší koncentrace je sedace až 48 hodinová. Při použití MS-222 je nutno dodržet ochranou lhůtu uvedenou na příbalovém letáku.

2-fenoxyetanol

Aktivní látkou 2-fenoxyetanolu je ethylen-glykol-monofenyl-ether, jeho vzorec je C₈H₁₀O₂. Toto anestetikum je hůře rozpustné ve vodě, ale dobře rozpustné v etanolu. 2-fenoxyetanol se do ryb dostává přes žábry a kůži (Velíšek et al., 2007). 2-fenoxyetanol je čirý nebo mírně nažloutlý olejovitého charakteru se slabě aromatickým zápachem. V akvakultuře byl 2-fenoxyetanol původně používán jako léčebný prostředek proti bakteriálním, parazitárním a houbovým onemocněním. Toto anestetikum je levnější v porovnání s ostatními anestetiky a je široce používáno při přepravě ryb i k celkové anestezii (Ross a Ross, 2001). 2-fenoxyetanol je nejčastěji používán v koncentracích 0,3 až 0,4 ml.l⁻¹. Nástup anestezie přichází za 5 až 10 minut, odeznění anestezie trvá obvykle 10 minut. Při použití ryb ke konzumaci musí být dodržena ochranná lhůta, která je dlouhá 500 °D (stupňodů). Anestetikum 2-fenoxyetanol má negativní účinek na obsluhu. Při použití je nutné respektovat bezpečnostní pravidla a použít potřebné ochranné pomůcky, například rukavice (Kolářová et al., 2012).

Materiál a metodika

Plůdek hlavátky obecné (*Hucho hucho*) byl dovezen z rybí líhně v Martině (Slovensko) a odchováván v recirkulačním akvakulturním systému (RAS) ve Výzkumném ústavu rybářském a hydrobiologickém (VÚRH) ve Vodňanech Fakulty rybářství a ochrany vod JU České Budějovice (Obr. č. 1) při krmení kvalitním granulovaným krmivem pro lososovité ryby. K testům byl použit vyláchný plůdek hlavátky obecné o hmotnosti průměrné 17,3 g (Obr. č. 2). Testy byly prováděny při teplotě vody 10 °C. Hodnoceny byly účinky třech různých anestetik (Eugenol, MS-222, 2-fenoxyetanol).

Eugenol

Použitý preparát Eugenol je čistá olejovitá kapalina o koncentraci ≥ 98%, molekulární vzorec C₁₀H₁₂O₂, značka Sigma – Aldrich, číslo produktu: W246719. Eugenol byl rozpuštěn pro potřebu anestetických koupelí v pěti koncentracích (0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹).

MS-222

MS-222 (tricaine-s) čistý bílý krystalický prášek 100%. Molekulární vzorec C₁₀H₁₅NO₅S. Výrobce Syndel, WA, USA. MS-222 byl použit v pěti koncentracích (60 mg.l⁻¹, 80 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹, 120 mg.l⁻¹, 140 mg.l⁻¹).

2-fenoxyetanol

Organická bezbarvá kapalina olejovitého charakteru. Molekulární vzorec C₆H₅OCH₂CH₂OH. Použitý 2-fenoxyetanol byl o koncentraci ≥ 99%, značka Sigm-Aldrich, číslo produktu 77699. 2-fenoxyetanol byl použit v 5 různých koncentracích (0,40 ml.l⁻¹, 0,45 ml.l⁻¹, 0,50 ml.l⁻¹, 0,55 ml.l⁻¹, 0,60 ml.l⁻¹).

Průběh anestezie byl hodnocen ve čtyřech plynule navazujících fázích dle chování a odezvy ryb. Při odeznívání anestetik byla použita stejná posloupnost fází v opačném pořadí (Kolářová et al., 2012).

1. Fáze, v první fázi se ryba nachází ve fyziologické poloze, dýchání je pravidelné a stabilní. Pohyby ryb jsou přirozené.

2. Fáze, ve druhé fázi se chování ryby mění, stále je však ve fyziologické poloze, dále je u ryb možné pozorovat nepravidelné dýchání, projevy obranných reflexů, zrychlené plavání doprovázené narážením do překážek, ryby obecně vykazují zvýšenou aktivitu.

3a Fáze se u ryb projevuje celkovou povrchní ztrátou citlivosti, ryba snižuje svou aktivitu, dochází k útlumu obranných reflexů, dýchací pohyby jsou pomalejší ale pravidelné. Ryby vykazují zpomalené pohyby doprovázené nakláněním do boční polohy.

3b Fáze je charakterizována celkovým znecitlivěním. Ryba nevykonává žádný pohyb kromě dýchání, které je pravidelné a zpomalené. Ryby jsou v této fázi v boční poloze, obranné reflexy jsou zcela potlačeny.

4. Fáze, ve čtvrté fázi je dýchání málo znatelné nebo zcela zastavené. Ryby se jako u předchozí fáze nacházejí v boční poloze zcela bez reflexů (Kolářová et al., 2012).

Obrázek č. 1. Recirkulační systém experimentálního pracoviště (VÚHR) (foto: Kareš)



Obrázek č. 2. Plůdek hlavatky obecné (*Hucho hucho*) (foto: Kareš)

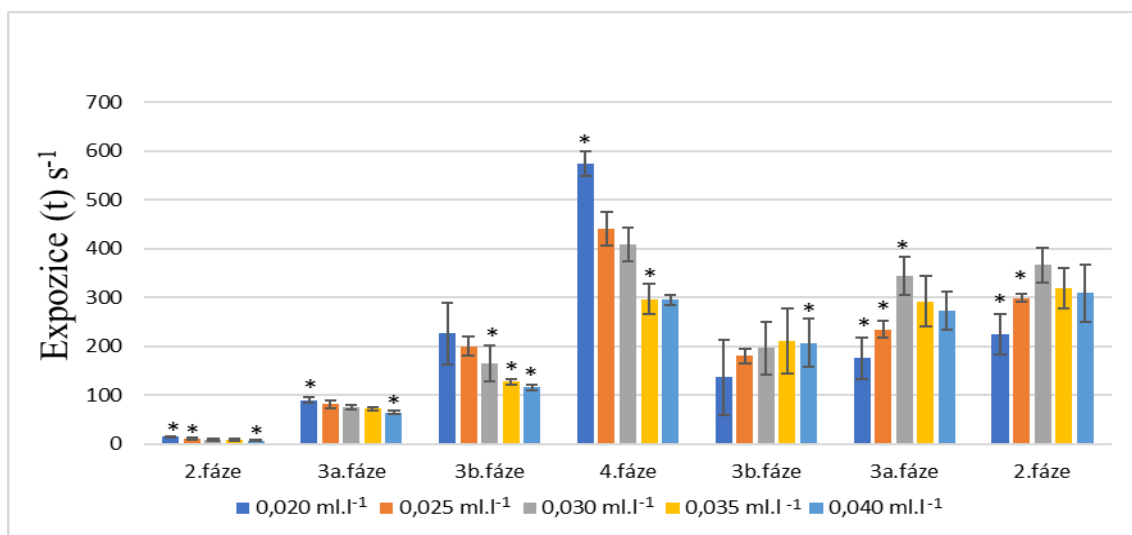


Před testy byl plůdek hlavatky obecné 10 dnů adaptován na teplotu 10 °C, při které byly všechny testy prováděny. V experimentální části práce byly měřeny časy dosažení nástupu jednotlivých stupňů anestezie (2, 3a, 3b a 4) od vložení ryb do roztoku anestetika v sekundách ($\bar{x} \pm \text{SD}$). Po desetiminutové expozici byly ryby vyjmuty z roztoku anestetika a přeneseny do čisté prokysličené vody o teplotě 10 °C, byly zaznamenávány časy dosažení jednotlivých stupňů anestezie (3b, 3a, 2), při jejím odeznívání. V rámci uvedených rozpětí koncentrací jednotlivých anestetik byla vždy testována řada 5 různých koncentrací, v každé koncentraci vždy individuálně 10 jedinců.

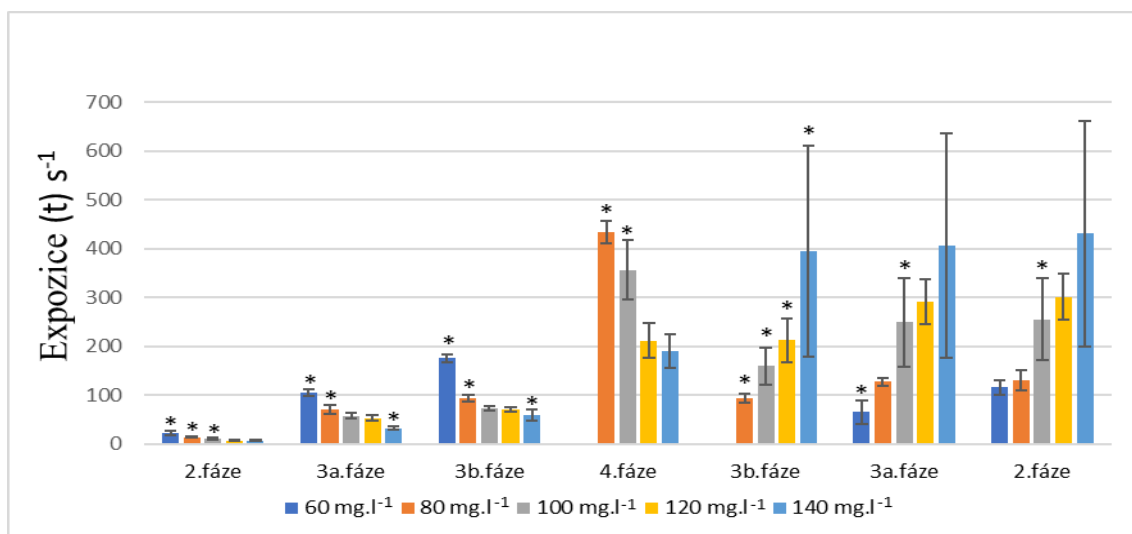
Výsledky

Průběh anestezie a odeznění anestezie je znázorněno v jednotlivých grafech č. 1 (Eugenol), č. 2 (MS-222) a č. 3 (2-fenoxyetanol).

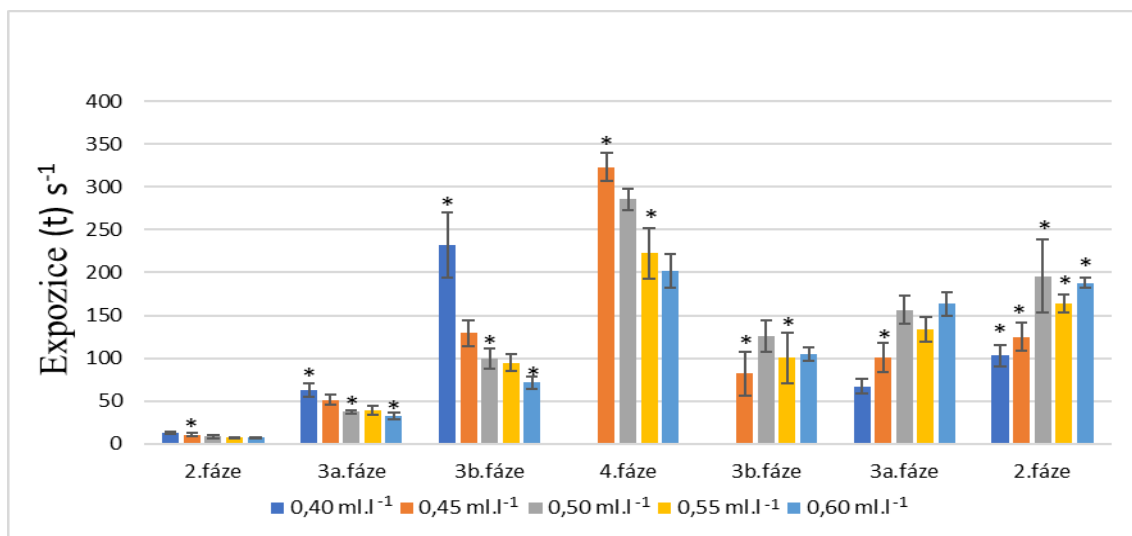
Graf č. 1. Průměrné hodnoty nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 10 °C u 5 koncentrací Eugenolu. Průměrná hmotnost ryb 17,35 g. Statisticky významné rozdíly $p < 0,05^*$, výsledky jsou vyjádřeny v hodnotě $\bar{x} \pm \text{SD}$



Graf č. 2. Průměrné hodnoty nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 10 °C u 5 koncentrací MS-222. Průměrná hmotnost ryb 17,35 g. Statisticky významné rozdíly $p < 0,05^*$, výsledky jsou vyjádřeny v hodnotě $\bar{x} \pm \text{SD}$



Graf č. 3. Průměrné hodnoty nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 10 °C u 5 koncentrací 2-fenoxyetanolu. Průměrná hmotnost ryb 17,35 g. Statisticky významné rozdíly $p < 0,05^*$, výsledky jsou vyjádřeny v hodnotě $\bar{x} \pm SD$



U všech testovaných anestetik se projevil významný vliv zvyšování jejich koncentrace na zkracování potřebného času pro dosažení jednotlivých stupňů anestezie a prodlužování času nástupu jednotlivých stupňů odeznívání anestezie. V průběhu provedených testů nebyla evidována žádná mortalita ryb. Pouze u anestetika MS-222 byla u nejvyšší testované koncentrace (140 mg.l⁻¹) zaznamenána 20% mortalita.

Diskuze

Ve světě a České republice je v chovu ryb anestezie hojně využívána. Anestezie má v rybářství dlouholetou historii a v současné době jsou stále vyvíjena nová anestetika a postupy. V případě již známých a odzkoušených anestetik prohlubujeme poznání a snažíme se zlepšit jejich dosavadní užívání, jako je například volba vhodné koncentrace v závislosti na teplotě, velikosti a druhu ryb. Hlávka obecná (*Hucho hucho*) je v České republice největší lososovitá ryba s historicky větším rozsahem výskytu, než je tomu v současnosti. Využití znalostí o citlivosti a účincích anestetik u hlávky obecné lze předpokládat, jak v případě rozšiřování druhového spektra v akvakultuře chovaných tržních lososovitých ryb pro konzumní účely, včetně hlávky obecné, tak i při ichtyologickém výzkumu a pokusech s umělým výtěrem u příbuzného asijského endemita, tajmena sibiřského (*Hucho taimen*).

Hodnocení účinku anestetik bylo prováděno i u dalších druhů lososovitých ryb. Dle metodiky Kolářová et al. (2012) byly u anestetika MS-222 ověřeny koncentrace 50 mg.l⁻¹, 75 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹ u pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) o průměrné hmotnosti 200 g a teplotě 15,5 °C. V čase po 1 minutě byla sledována 3. fáze anestezie, délka odeznění se zde pohybovala od 2 do 25 minut. Topic (2012) udává pro lososovité druhy koncentraci 80 až 135 mg.l⁻¹, kde se pohybuje čas hluboké anestezie od 4 do 12 minut s časem odeznění 3 až 19 minut. Dle Hikasa et al. (1986) vykazuje zvýšená teplota vyšší účinnost anestetika MS-222 zkrácením doby nástupu anestezie také u kapra. Shalueia et al. (2012) udává čas nástupu hluboké anestezie u vyzy velké (*Huso huso*) pomocí 2-fenoxyetanolu při koncentraci 0,5 ml.l⁻¹ v čase přibližně 300 s a čas odeznění přibližně 90 s.

Závěr

Na základě provedených testů doporučujeme k anestezii pro hlavátku obecnou následující anestetika v uvedených koncentracích: Eugenol (o koncentraci 0,030 - 0,035 ml.l-1), MS-222 (80 - 100 mg.l-1) a 2-fenoxyetanol (0,45 - 0,50 ml.l-1).

Literatura

- Bressler, K., Ron, B. 2004. Effect of anesthetics on stress and the innate immune system of gilthead seabream (*Sparus aurata*). The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh 56: 5-13.
- Carter, K.M., Woodley, C.M., Brown, R.S. 2011. A review of tricaine methanesulfonate for anesthesia of fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries 21: 51-59.
- Ferreira, C.I., Calisto, V., Santos, S.M., Cuerda-Correa, E.M., Otero, M., Nadais, H., Esteves, V.I. 2015. Application of pyrolysed agricultural biowastes as adsorbents for fish anaesthetic (MS-222) removal from water. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 112: 313-324.
- Gelnar, M., Svobodová, Z., Zajíček, J. 1988. Mnohobuněční cizopasníci našich užitkových ryb. VII. Parazitičtí koryši: charakteristiky druhů a možnosti omezování jejich výskytu a šíření. Československé rybníkářství 2: 44-50.
- Harms, C.A. 2003. Fish. In: Fowler, M.E., Miller, R.E. (Eds.): Zoo and Wild Animal Medicine, W.B. Saunders, St. Louis, pp. 2–20.
- Harper, C. 2003. Status of clove oil and eugenol for anesthesia of fish. Aquaculture Magazine 41-42.
- Hikasa, Y., Takase K., Ogasawara T., Ogasawara S. 1986. Anesthesia and recovery with tricaine methanesulfonate, eugenol and thiopental sodium in the carp, *Cyprinus carpio*. Japanese Journal of Veterinary Science 48: 341-351.
- Chaieb, K., Hajlaoui, H., Zmantar, T., Kahla-Nakbi, A.B., Rouabhia, M., Mahdouani, K., Bakhrouf, A. 2007. The Chemical Composition and Biological 501-506.
- Cho, G. K., Heath, D.D. 2000. Comparison of tricaine methanesulphonate (MS-222) and clove oil anaesthesia effects on the physiology of juvenile chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum). Aquaculture Research 31: 537-546.
- Kolářová, J., Velíšek, J., Nepejchalová, L., Svobodová, Z., Kouřil, J., Hamáčková, J., Máchová, J., Piačková, V., Hajšlová, J., Holadová, K., Kocourek, V., Klimánková, E., Modrá, H., Dobšíková, R., Groch, L., Novotný, L. 2012. Anestetika pro ryby. Edice Metodiky pro praxi. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod.
- Mercy, T. A., Malika, V., Sajan, S. 2013. Use of tricaine methanesulfonate (MS-222) to induce anaesthesia in *Puntius denisonii* (Day, 1865) (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae), a threatened barb of the Western Ghats, India. Journal of Threatened Taxa 4414-4419.
- Nagababu, E., Lakshmaiah, N. 1992. Inhibitory effect of eugenol on non-enzymatic lipid peroxidation in rat liver mitochondria. Biochemical Pharmacology 43: 2393-2400.
- Popovic, N.T., Strunjak-Perovic, I., Coz-Rakovac, R., Barisic, J., Jadan, M., Persin Berakovic, A., Sauerborn Klobucar, R. 2012. Tricaine methane-sulfonate (MS-222) application in fish anaesthesia. Journal of Applied Ichthyology 28: 553-564.
- Příhoda, J. 2023. Chov lososovitých ryb. 2. Vyd. Style. Žilina.
- Ross, L.G. 2001. Restraint, anaesthesia and euthanasia. In: BSAVA manual of ornamental fish, pp. 75-84.
- Ross, L.G., Ross, B. 2009. Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals. John Wiley & Sons, pp. 62-185.
- Sedgwick, C.J. 1986. Anesthesia for fish. The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice 2: 737-742.
- Shaluei, F., Hedayati, A., Jahanbakhshi, A., Baghfalaki, M. 2012. Physiological responses of great sturgeon (*Huso huso*) to different concentrations of 2-phenoxyethanol as an anesthetic. Fish Physiology and Biochemistry 38: 1-8.
- Velíšek, J., Wlasow, T., Gomulka, P., Svobodova, Z., Novotný, L. 2007. Effects of 2-phenoxyethanol anaesthesia on sheatfish (*Silurus glanis* L.). Veterinary Medicine 52: 103-110.

DEPOPULACE V OHNISCÍCH VYSOCE PATOGENNÍ AVIÁRNÍ INFLUENZY V ČESKÉ REPUBLICE V LETECH 2017 - 2024

DEPOPULATION IN HIGHLY PATHOGENIC AVIAN INFLUENZA OUTBREAKS IN THE CZECH REPUBLIC BETWEEN 2017 AND 2024

Nela Boňková, Jana Jozefová*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Highly pathogenic avian influenza is a viral disease affecting a wide range of bird species, often leading to the death of animals. In domestic poultry, susceptible animals are culled in the event of an outbreak of the disease. This paper focuses on determining the difference between the number of animals that died and those that were culled as part of the depopulation of highly pathogenic avian influenza in small and large farms and in individual regions of the Czech Republic. Publicly available data on outbreaks of the disease from the World Organisation for Animal Health and the State Veterinary Administration of the Czech Republic for the years 2017–2024 were evaluated. The evaluation was performed using the UNISTAT for Excel software, using contingency tables. A statistically highly significant lower number of dead animals ($p = 0.000$) was found in small-scale farms in the Ústí and Zlín regions compared to other regions of the Czech Republic. In the Ústí and South Bohemian regions, the highest percentage of dead individuals was found in large-scale farms ($p = 0.000$), while in the Pardubice region, early depopulation is more significant ($p = 0.000 - 0.0141$). The evaluated data show that in most cases of highly pathogenic avian influenza outbreaks, the depopulation of infected animals was carried out in a timely manner, thus minimising the disruption to animal welfare in the given situation.

Key words: poultry, birds, mortality

Souhrn

Vysoce patogenní aviární influenza je virové onemocnění postihující široké spektrum ptačích druhů, které často vede až k úhynu zvířat. V rámci chovu domácí drůbeže se v případě výskytu onemocnění vnímavá zvířata v chovu usmrcují. Příspěvek je zaměřen na zjištění rozdílu mezi počty uhynulých zvířat a zvířat usmrcených v rámci depopulace vysoce patogenní aviární infekce v malochovech a velkochovech a v jednotlivých krajích České republiky. Vyhodnoceny byly veřejně dostupné údaje o propuknutí nálezů od Světové organizace pro zdraví zvířat a Státní veterinární správy České republiky v letech 2017 – 2024. Zhodnocení bylo provedeno s použitím programu UNISTAT for Excel, pomocí kontingenčních tabulek. Statisticky vysoce významně nižší počet uhynulých zvířat ($p = 0,000$) byl prokázán v malochovech v Ústeckém a Zlínském kraji oproti ostatním krajům České republiky. V Ústeckém a Jihočeském kraji byl nejvyšší počet uhynulých jedinců ve velkochovech ($p = 0,000$), zatímco v Pardubickém kraji výrazně převyšuje včasná depopulace ($p = 0,000 - 0,0141$). Z hodnocených dat vyplývá, že bylo ve většině případů ohnisek vysoce patogenní aviární infekce přistoupeno k depopulaci infikovaných zvířat včas, tudíž bylo v rámci dané situace sníženo narušení welfare zvířat na minimum.

Klíčová slova: drůbež, ptáci, mortalita

* jozefovaj@vfu.cz

Úvod

Aviární influenza je virové onemocnění postihující široké spektrum ptačích druhů, například kura domácího, krůty, vodní drůbež, pernatou zvěř, exotické ptáky a volně žijící ptactvo (Státní veterinární správa, 2025). Mezi subtypy viru vysoce patogenní aviární infekce (typ A) se řadí H5 a H7 (Capua and Mutinelli, 2001). Vir vysoce patogenní aviární infekce navíc vykazuje vysokou schopnost genetické proměnlivosti (Hall et al., 2015). K přenosu aviární infekce dochází především prostřednictvím trusu infikovaných ptáků, ale také dalšími sekrety, přímým kontaktem či větrem (Nagy et al., 2025; Státní veterinární správa, 2025; Tremblé aj., 2014). Mezi nejčastější klinické příznaky aviární infekce u ptáků patří načepýřené peří, respirační obtíže a celková apatie zvířat. U nosnic může dojít k deformaci vajec, změnám ve snášce nebo k poklesu produkce (Státní veterinární správa, 2025; Tremblé aj., 2014). Jedná se o nákazu povinnou hlášením, veterinárním zákonem je také hlavně z důvodu rychlého zachycení ohnisek aviární infekce stanovena povinnost pro hlášení zvýšené úmrtnosti drůbeže, poklesu produkce a sníženého příjmu krmiva a vody (zákon č. 166/1999 Sb.; vyhláška 176/2023 Sb.). V rámci likvidace nákazy se během mimořádných veterinárních opatření mimo jiné přistupuje k depopulaci zvířat, tedy usmrcení všech vnímavých zvířat v ohnisku nákazy (zákon č. 166/1999 Sb.; Nařízení EU 2016/429). Usmrcování zvířat pak probíhá v souladu s Nařízením Rady (ES) č. 1099/2009, o ochraně zvířat při usmrcování. Příspěvek je zaměřen na zjištění rozdílu mezi počty uhynulých zvířat a zvířat usmrcených v rámci depopulace vysoce patogenní aviární infekce v malochovech a velkochovech a v jednotlivých krajích České republiky. Jedná se totiž o významný indikátor welfare zvířat v rámci řešení ohnisek vysoce patogenní aviární infekce.

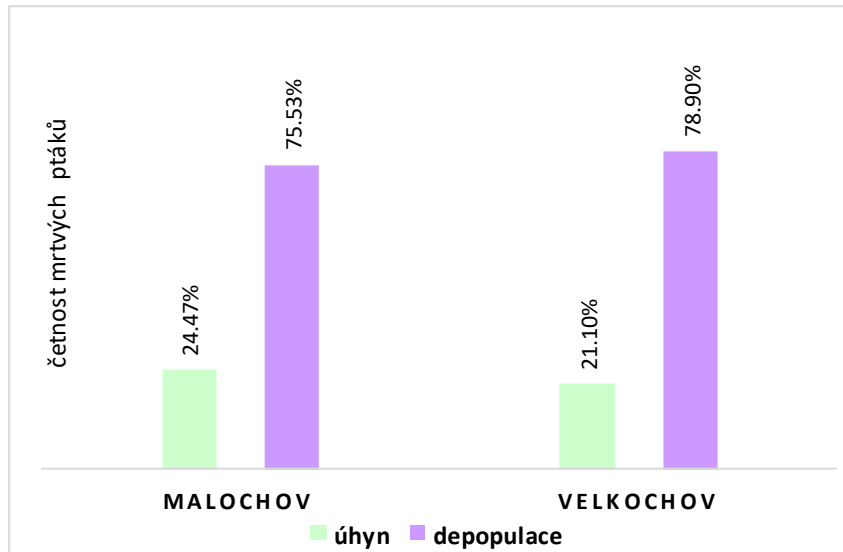
Materiál a metodika

Podkladem pro statistické vyhodnocení byly veřejně dostupné údaje o propuknutí nákaz od Světové organizace pro zdraví zvířat a Státní veterinární správy České republiky. Zvolené období výskytu ohnisek v České republice bylo v letech 2017 až 2024. Shromážděná data, tedy počty zvířat uhynulých na nákazu a usmrcených v rámci depopulace, byla roztríděna dle kraje výskytu a dle typu chovu (malochov/komerční velkochov). Zhodnocení bylo provedeno s použitím programu UNISTAT for Excel. Pomocí kontingenčních tabulek byla vyhodnocena statistická významnost rozdílu četnosti výskytu uhynulých a usmrcených zvířat mezi jednotlivými kraji v daném typu chovu – malochovy a velkochovy. Dále byly zhodnoceny stavy uhynulých/usmrcených jedinců podle krajů pomocí kontingenčních tabulek 2×2 (Zar, 1999). Za statisticky významnou byla považována hladina významnosti do 5 % ($p \leq 0,05$) a za statisticky vysoce významnou četnost hladina významnosti do 1 % ($p \leq 0,01$). Hladina významnosti více než 5 % ($p > 0,05$) byla považována za statisticky nevýznamnou.

Výsledky

Při porovnání malochovů v jednotlivých krajích byl zjištěn statisticky vysoce významně nižší počet uhynulých zvířat ($p = 0,000$) v Ústeckém a Zlínském kraji oproti všem ostatním krajům České republiky. Například Liberecký kraj vykazoval spíše statisticky nevýznamné rozdíly v poměru počtu uhynulých a depopulovaných zvířat s výjimkou srovnání s krajem Ústeckým, Zlínským a Olomouckým ($p = 0,000$). Rozdíly mezi velkochovy napříč jednotlivými kraji byly ve většině případů statisticky vysoce významné. Porovnání však nebylo možné provést mezi všemi kraji, neboť v kraji Libereckém, Olomouckém a Zlínském nebylo ve sledovaném období ohnisko nákazy aviární infekce ve velkochovech zaznamenáno. V Ústeckém a Jihočeském kraji byl vysoce významně vyšší počet uhynulých jedinců ve velkochovech ($p = 0,000$), zatímco v Pardubickém kraji výrazně převyšuje včasná depopulace ($p = 0,000 - 0,0141$). Porovnání četnosti ptáků uhynulých z důvodu onemocnění aviární infekcí a ptáků depopulovaných za celé sledované období v malochovech a velkochovech je zobrazeno v grafu 1. Procento uhynulých zvířat je obdobné a nezávisí na typu chovu.

Graf č. 1. Porovnání četnosti ptáků uhynulých z důvodu onemocnění aviární influenzou a ptáků depopulovaných v České republice v období 2017 až 2024 v malochovech a velkochovech



Diskuze

Celkově se v České republice v rámci sledovaného období jak ve velkochovech, tak v malochovech, více prováděla depopulace. Stejný trend je možné zaznamenat v rámci jednotlivých krajů, kde téměř vždy převyšují počty depopulovaných ptáků. Tento fakt má výrazný vliv na welfare zvířat, protože došlo k jejich usmrcení dle platné legislativy. Zvířata jsou tím chráněna před stresem a bolestí, které by mohly nastat v důsledku nákazy aviární influenzou a postižení jejími klinickými příznaky (Boňková, 2025; Tremel aj. 2014). Ústecký a Zlínský kraj vykazovaly nízké procento zvířat uhynulých v malochovech na nákazu vysoce patogenní aviární influenzou, podobně tomu bylo v Pardubickém kraji u velkochovů. Analýza depopulace drůbeže v USA během let 2022-2023 potvrzuje klíčový význam včasného řešení nakažové situace. Mezi nejdůležitější kroky patří rychlé zahájení epidemiologického šetření a odběr vzorků. Dále k jednoduššímu zvládnutí mimořádných veterinárních opatření významně přispívá edukace veřejnosti a správně vyškolený personál (Simancas-Racines et al., 2023). V České republice pak platí povinnost u drůbeže sledovat a hlásit zvýšené úhyny, snížený příjem krmiva a vody a sníženou produkci (zákon č. 166/1999 Sb.; vyhláška 176/2023 Sb.). Zpoždění při ohlášení propuknutí nákazy je důležitým aspektem pro riziko šíření aviární infekce na sousední hospodářství. Včasné hlášení také snižuje riziko infekce lidí (Tasiame et al., 2020). Studie Simancas-Racines et al. (2023) vyzdvihuje efektivitu včasné depopulace zvířat pomocí oxidu uhličitého, což je látka využívaná k depopulaci v České republice (Státní veterinární správa, 2006). V optimálních podmínkách může 50 litrů této látky spolehlivě a rychle usmrtit přibližně 20-30 tisíc jedinců (Simancas-Racines et al., 2023).

Důležité je dodržovat veškerá mimořádná veterinární opatření vydaná Státní veterinární správou. Ideální ochranou je zabránění kontaktu drůbeže a domácího ptactva s volně žijícími ptáky, např. jejich uzavření v budovách, a zabránění kontaminace potravy, vody a steliva (Státní veterinární správa, 2022).

Zvýšený úhyn v Jihočeském a Ústeckém kraji se připisuje problematickému řešení vždy jednoho z ohnisek, kde byl zaznamenán zvýšený úhyn zvířat. Byť tyto situace lze připisovat špatnému managementu události, lze vidět, že např. v Ústeckém kraji byla v malochovech situace vždy řešena rychle, proto je třeba pátrat i po jiných důvodech. Jako možná příčina rychlého úhynu desítek zvířat se tedy nabízí vysoká virulence varianty viru, kdy v témže období se vyskytovala na území České republiky varianta viru způsobující vysokou mortalitu racků (Nagy et al., 2024).

Závěr

Z hodnocených dat vyplývá, že bylo ve většině případů ohnisek vysoce patogenní aviární infekce přistoupeno k depopulaci infikovaných zvířat včas, tudíž bylo v rámci dané situace sníženo narušení welfare zvířat na minimum. Pouze ve velkochovech v rámci Ústeckého a Jihočeského kraje byl vysoký počet uhynulých jedinců, což je ale připisováno spíše virulenci kmenu než odlišnému managementu řešení situace v ohnisku oproti standardu. Správně a rychle provedená depopulace může být v případě propuknutí nebezpečných nákaz povinných hlášení nejefektivnější a zároveň velmi etický prostředek k jejich zdolání. To v důsledku vede také k vyšší ochraně zdraví zvířat a lidí.

Literatura

- Boňková, N. 2025. Hodnocení počtu zvířat usmrčených v rámci depopulace v České republice od roku 2017. Bakalářská práce. Brno: Veterinární univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie. Vedoucí práce MVDr. Jana Jozefová, Ph.D.
- Capua, I., Mutinelli, F. 2021. A Colour Atlas and Text on Avian Influenza. Papi Editore.
- Hall, J., Dusek, R., Spackman, E. 2015. Rapidly expanding range of highly pathogenic avian influenza viruses. *Emerging Infectious Diseases* 21: 1251-1252.
- Nagy, A., Stará, M., Černíková, L., Kličková, E., Horák, O., Hofmannová, L., Sedlák, K. 2024. Enzootic circulation, massive gull mortality and poultry outbreaks during the 2022/2023 high-pathogenicity avian influenza H5N1 season in the Czech Republic. *Viruses* 16: 221.
- Nagy, A., Černíková, L., Sedlák, K. 2025. Genetic data and meteorological conditions: unravelling the windborne transmission of H5N1 highpathogenicity avian influenza between commercial poultry outbreaks. Státní veterinární institut Praha [online]. [vid. 30. 7. 2025]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/388933818_Genetic_data_and_meteorological_conditions_unravelling_the_windborne_transmission_of_H5N1_high-pathogenicity_avian_influenza_between_commercial_poultry_outbreaks
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/429 ze dne 9. března 2016 o nákazách a o změně a zrušení některých aktů v oblasti zdraví zvířat. [online]. [vid. 30. 7. 2025]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02016R0429-20210421&qid=1753882418244>
- Nařízení Rady (ES) č. 1099/2009, o ochraně zvířat při usmrcování. [online]. [vid. 30. 7. 2025]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02009R1099-20191214&qid=1753882336795>
- Státní veterinární správa. 2006. Operační manuál pro aviární infekci [online]. [vid. 28. 07. 2024]. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.kr-karlovarsky.cz/system/files/migrate/krajsky-urad/cinnosti/dokumenty/oper_manual.pdf
- Státní veterinární správa. 2022. Mimořádná veterinární opatření - nařízení SVS - aviární infekce [online]. [vid. 30. 07. 2025]. Dostupné z: <https://sbirkapp.gov.cz/detail/SPPVDBB7ZWG65DHU>
- Státní veterinární správa. 2025. Ptáci chřipka v ČR [online]. [vid. 30. 07. 2025]. Dostupné z: <https://www.svs.cz/zdravi-zvirat/ptaci-chripka-influenza-drubeze/>
- Tasiame, W., Johnson, S., Burimuah, V., Akyereko, E., Duah-El, P., Amemor, E., Emikpe, O.B, Owired, W.E. 2020. Outbreak of highly pathogenic avian influenza in Ghana, 2015. *Epidemiology and Infection* 148: 1-8.
- Treml, F., Lány, P., Pospíšil, Z., Zendulková, D. 2014. Infekční choroby zvířat II., virové a prionové infekce. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
- Vyhláška č. 176/2023 Sb., o zdraví zvířat a jeho ochraně a o oprávnění a odborné způsobilosti k výkonu některých odborných veterinárních činnostech. ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 27. 7. 2025].
- Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 27. 7. 2025].
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical Analysis. 4th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ.

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MONITORINGU CIZORODÝCH LÁTEK VE VZTAHU KE ZDRAVÍ A WELFARE HOSPODÁŘSKÝCH ZVÍŘAT

EVALUATION OF THE RESULTS OF MONITORING OF CONTAMINANTS IN RELATION TO THE HEALTH AND WELFARE OF FARM ANIMALS

Petr Chloupek, Petra Mačáková, Jana Jozefová*, Kamila Novotná Kružíková

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

This paper deals with the evaluation of the monitoring of extraneous substances carried out by the State Veterinary Administration in the years 2015 to 2022. Contaminants were divided into two main categories, namely substances with an anabolic effect and unauthorised substances, and veterinary medicinal products and contaminants. The evaluation of the trend in the occurrence of non-compliant samples was carried out by dividing the data into two equal time periods and comparing the relative numbers of non-compliant samples. Non-compliant samples in Group A range from 0 to 0.13 % and in Group B range from 0 to 1.7 %. In the case of prohibited substances of group A3 steroids, a decrease in non-compliant samples in the period 2019-2022 would be demonstrated, as well as a decrease in non-compliant samples in groups B1, B2b, B2e, B3c.

Key words: act, prohibited substances, animal, maximum limits

Souhrn

Tento příspěvek se zabývá hodnocením monitoringu cizorodých látek prováděných Státní veterinární správou v letech 2015 až 2022. Cizorodé látky byly rozděleny do dvou hlavních kategorií, a to na látky s anabolickým účinkem a nepovolené látky a na veterinární léčivé přípravky a látky kontaminující. Hodnocení trendu výskytu nevyhovujících vzorků bylo provedeno rozdělením dat do dvou stejně dlouhých časových úseků a porovnání relativních počtů nevyhovujících vzorků. Nevyhovující vzorky ve skupině A od 0 do 0,13 % a ve skupině B se pohybují od 0 do 1,7 %. V případě zakázaných látek skupiny A3 steroidy by prokázán pokles nevyhovujících vzorků v období 2019-2022, stejně tak byl prokázán pokles nevyhovujících vzorků ve skupinách B1, B2b, B2e, B3c.

Klíčová slova: zákon, zakázané látky, zvíře, maximální limity

Úvod

Státní veterinární správa (dále také „SVS“) provádí v rámci monitoringu každý rok vyšetřování reziduí a kontaminantů (tzv. „cizorodých látek“) u živých hospodářských zvířat, v surovinách a potravinách živočišného původu a v krmivech. Výsledky těchto vyšetření zveřejňuje formou informačních bulletinů, které jsou dostupné na webových stránkách Státní veterinární správy (<https://www.svscr.cz/category/dokumenty-a-publikace/prehled-podle-temat/kontaminace-potravin-retetcu/>).

Sledování je prováděno podle vyhlášky č. 291/2003 Sb., o zákazu podávání některých látek zvířatům, jejichž produkty jsou určeny k výživě lidí, a o sledování (monitoringu) přítomnosti nepovolených látek, reziduí a látek kontaminujících, pro něž by živočišné produkty mohly být škodlivé pro zdraví lidí, u zvířat a v jejich produktech, kterou vydalo Ministerstvo zemědělství, a která je prováděcím předpisem k zákonu č. 166/1999 S., o veterinární péči a o změně některých

* jozefovaj@vfu.cz

souvisejících zákonů (veterinární zákon). Tato povinnost vyplývá z evropské legislativy, směrnic a rozhodnutí, které jsou zapracovány do této vyhlášky.

Ve vyhlášce č. 291/2003 Sb. jsou definovány tyto pojmy:

- rezidua – rezidua látek s farmakologickým účinkem, jejich metabolitů a jiných látek, které se dostaly do živočišných produktů a které by mohly být škodlivé pro zdraví lidí.
- kontaminující látky – látky, které se dostaly do živočišných produktů neúmyslně při výrobě, zpracování, balení, přepravě nebo skladování, mimo mechanické znečištění, mikroby, živé nebo mrtvé živočišné škůdce a části jejich těl,
- látky s farmakologickým účinkem – látky, které jsou farmakodynamicky aktivní v dávce, ve které jsou podávány zvířatům prostřednictvím veterinárních léčivých přípravků, v nichž jsou obsaženy,
- beta agonisty – agonisté adrenergních receptorů typu beta
- úřední vzorek – vzorek odebraný orgánem vykonávajícím státní veterinární dozor za účelem vyšetření na rezidua nebo na látky kontaminující, a to s uvedením typu, množství a způsobu odběru, jakož i druhu, pohlaví a původu zvířete anebo druhu a původu živočišného produktu či krmiva (Vyhláška č. 291/2003 Sb.).

Pro monitoring cizorodých látek jsou odebírány vzorky proškolenými úředními veterinární lékaři podle zásad odběru úředních vzorků, jež je v příloze č. 3 k vyhlášce č. 291/2003 Sb. Vzorky jsou odebírány v hospodářstvích, na jatkách, v podnicích pro ošetření mléka, v zařízeních na zpracování ryb a ve sběrnách a balárnách (třídárnách) vajec (Vyhláška č. 291/2003 Sb.).

Sledované látky jsou uvedeny v příloze č. 1 k vyhlášce č. 291/2003 Sb., a jsou zařazeny do dvou skupin označovaných jako skupina A a skupina B. Rozdělení látek do skupin A a B a jejich podskupin je uvedeno v tabulce č. 1. V případě skupiny A se jedná o látky s anabolickým účinkem a nepovolené látky, ve skupině B jsou Veterinární léčivé přípravky (včetně nepovolených látek, které by mohly být použity pro veterinární účely) a látky kontaminující.

U látek skupiny A jde o odhalení zakázaného podávání nepovolených látek a přípravků a případně nesprávného podávání povolených látek. U látek skupiny B jde hlavně o kontrolu dodržování maximálních limitů reziduí veterinárních léčivých přípravků stanovených nařízením Komise (EU) č. 37/2010, maximálních hladin pesticidů stanovených v nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 396/2005 a na sledování maximálních hladin kontaminujících látek v potravinách stanovených v nařízení Komise (EU) 2023/915.

V současné době nejsou známy trendy výskytu látek s anabolickým účinkem, nepovolených látek, veterinárních léčiv a kontaminantů v České republice a jejich hodnocení je vhodné s ohledem na zdraví zvířat vyplývající z úředních kontrol.

Cílem práce bylo na základě četnosti nevyhovujících vzorků z monitoringu cizorodých látek prováděných Státní veterinární správou zjistit, které cizorodé látky se vyskytují ve sledovaných skupinách nejčastěji a zhodnotit trend výskytu za období 2015–2022.

Materiál a metodika

Výsledky monitoringu cizorodých látek jsou ukládány do datové skladu Státní veterinární správy. Zde byly vyfiltrovány počty vyšetřených vzorků z monitoringu ve skupinách sledovaných látek, které byly členěny podle legislativně stanovených skupin sledovaných cizorodých látek (skupina A a B). Jednotlivé skupiny cizorodých látek jsou označeny jako A1–A6 a B1, B2a–B2f a B3a–B3f (tab. č. 1).

Byly zjištěny celkové počty vyšetřených vzorků, z toho počty nevyhovujících vzorků (skupina nevyhovující–Nev) a vzorků vyhovujících nebo nehodnocených (skupina ostatní–Ost). Bylo zpracováváno období pro roky 2015–2022. Pro posouzení trendu vývoje relativních počtů sledovaných cizorodých látek bylo posouzeno období 2015–2018 proti období 2019–2022.

Data byla statisticky zpracována v programu Unistat for Excel 6.5. Pro zjištění rozdílů v četnostech nevyhovujících látek v jednotlivých obdobích byl použit Chí–kvadrát test s použitím kontingenčních tabulek.

Tabulka č. 1. Zařazení sledovaných skupin látek do kategorií vycházející z legislativy

Látky s anabolickým účinkem a nepovolené látky		Veterinární léčivé přípravky (včetně nepovolených látek, které by mohly být použity pro veterinární účely) a látky kontaminující	
ZÁKAZ PODÁVÁNÍ		DODRŽOVÁNÍ MAXIMÁLNÍCH LIMITŮ REZIDUÍ	
A1	Stilbeny, deriváty stilbenů, jejich soli a estery	B1	Antibakteriální látky včetně sulfonamidů a chinolonů
A2	Látky s thyreostatickým účinkem	B2	Ostatní veterinární léčivé přípravky:
A3	Steroidy	B2a	Antihelmintika
A4	Laktomy kyseliny resorcylové včetně zeranolu	B2b	Antikokcidika včetně nitroimidazolů
A5	Beta agonisté	B2c	Karbamáty a pyretroidy
A6	Látky s farmakologickým účinkem*	B2d	Sedativa
		B2e	Nesteroidní protizánětlivá léčiva
		B2f	Ostatní farmakologicky účinné látky
		B3	Látky kontaminující životní prostředí a ostatní látky
		B3a	Organochlorované sloučeniny včetně PCB
		B3b	Organofosfáty
		B3c	Chemické prvky
		B3d	Mykotoxiny
		B3e	Barviva
		B3f	Ostatní

*Látky s farmakologickým účinkem, pro které nemohou být stanoveny žádné maximální limity, seznam těchto zakázaných látek je uveden v tabulce 2 v příloze nařízení Komise (EU) č. 37/2010, o farmakologicky účinných látkách a jejich klasifikaci podle maximálních limitů reziduí v potravinách živočišného původu (jedná se o: podražec a přípravky z něj, chloramfenikol, chlorpromazin, kolchicin, dapson, dimetridazol, metronidazol, nitrofurany (včetně furazolidonu), ronidazol).

Výsledky a diskuse

Výsledky posouzení výskytu látek s anabolickým účinkem a nepovolených látek jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Ve sledovaném období byl zaznamenán výskyt pouze u kategorie A3 (steroidy) a A6 (látky s farmakologickým účinkem). U steroidů byl zaznamenán výskyt v každém roce sledovaného období s výjimkou roku 2019. Nejvyšší absolutní počet byl zaznamenán v roce 2018, kdy bylo zachyceno 5 nevyhovujících vzorků. I v tomto případě se však jednalo o relativní výskyt ve výši necelých dvou desetin procenta z celkového počtu kontrolovaných vzorků. Také u látek s farmakologickým účinkem byl výskyt nevyhovujících vzorků zaznamenán ve většině sledovaných roků. Maximální počet nevyhovujících vzorků byl 2, což představuje necelé půl promile z celkového počtu kontrolovaných vzorků.

Tabulka č. 2. Počty nevyhovujících vzorků a ostatních pro kategorii A – látky s anabolickým účinkem a nepovolené látky ve sledovaném období 2015–2022

	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost
A1	0	201	0	501	0	505	0	509	0	489	0	477	0	481	0	961
A2	0	665	0	665	0	705	0	713	0	698	0	685	0	1377	0	2817
A3	3	2413	4	2487	1	2518	5	2793	0	2833	3	3008	1	3129	3	6364
A4	0	637	0	697	0	697	0	697	0	697	0	691	0	691	0	1405
A5	0	6387	0	6180	0	6107	0	6101	0	6073	0	6073	0	6085	0	12113
A6	0	4063	2	4175	0	4086	1	4260	0	4612	2	4424	1	4434	2	9247

Nev – nevyhovující Ost – ostatní

Pro posouzení trendu výskytu látek s anabolickým účinkem a nepovolených látek bylo sledované období rozděleno do dvou stejných časových úseků. Výsledky tohoto posouzení jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3. Porovnání dvou období u látek s anabolickým účinkem a nepovolených látek

	2015-2018			2019-2022			
	nevyhovuje	%	celkem	nevyhovuje	%	celkem	p
A1	0	0,00	1716	0	0,00	2408	1
A2	0	0,00	2748	0	0,00	5577	1
A3	13	0,13	10224	7	0,05	15341	0,0398
A4	0	0,00	2728	0	0,00	3484	1
A5	0	0,00	24775	0	0,00	30344	1
A6	3	0,02	16587	5	0,02	22722	0,2715

Jak již bylo uvedeno, ze sledovaných látek byl zaznamenán výskyt nevyhovujících vzorků pouze u steroidů a látek s farmakologickým účinkem. U steroidů došlo k poklesu výskytu nevyhovujících vzorků ve druhém sledovaném období. Tento pokles byl jak v absolutních, tak v relativních počtech, a byl statisticky významný. U látek s farmakologickým účinkem došlo k navýšení počtu nevyhovujících vzorků. Vzhledem k vyššímu počtu odebraných vzorků však relativní výskyt nevyhovujících vzorků byl téměř shodný a nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Zvýšený počet kontrolovaných vzorků ve druhé sledovaném období byl zaznamenán u všech sledovaných kategorií. Toto navýšení bylo způsobeno zejména rokem 2022, kdy došlo k výraznému navýšení počtu kontrolovaných vzorků. Tyto nevyhovující vzorky se vyskytovaly zejména u skotu a prasat. Co se týká konkrétních látek, jednalo se výhradně o 17-beta-19-nortestosteron a chloramfenikol.

Celkově lze pozitivně hodnotit nízký výskyt nevyhovujících vzorků látek s anabolickým účinkem a nepovolených látek, který je v případě steroidů podpořen prokázaným klesajícím trendem, a to i přes zvyšující se počty kontrolovaných vzorků.

Druhou sledovanou kategorií byly veterinární léčivé přípravky a látky kontaminující. Výsledky posouzení této skupiny jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Ve sledovaném období nebyl zaznamenán žádný výskyt nevyhovujících vzorků pouze u kategorií B2c (karbamáty a pyretroidy), B2f (ostatní farmakologicky účinné látky) a B3b (organofosfáty). Nejvyšší počet nevyhovujících vzorků byl zaznamenán v roce 2015 u skupiny B3c (chemické prvky). I když v dalších letech došlo k výraznému poklesu počtu nevyhovujících vzorků, je tato skupina nejhorší jak v absolutních, tak i v relativních počtech nevyhovujících vzorků. Druhou

skupinou s vysokými počty nevyhovujících vzorků je B1 (antibakteriální látky včetně sulfonamidů a chinolonů). Tyto počty jsou však ovlivněny vysokým počtem kontrolovaných vzorků, takže relativní počty jsou naopak velmi nízké. U kategorie B3e (barviva) je situace opačná, kdy i přes nižší počty nevyhovujících vzorků jsou relativní počty druhé nejvyšší. Nevyhovující vzorky byly zjištěny napříč všemi druhy hospodářských zvířat včetně ryb a zvěřiny a nevyhovující byla také krmná směs pro drůbež, jež může následně ovlivňovat zdraví drůbeže. V kategorii B1 se jednalo zejména o streptomyciny, benzylpenicilin a rezidua inhibičních látek, v kategorii B2 to byl narazin a salinomycin, v kategorii B3 nejvíce nevyhovujících vzorků byly zjištěny pro těžké kovy (kadmium, olovo a rtuť) a leukomalachitovou zeleň u ryb.

Tabulka č. 4. Počty nevyhovujících a ostatních vzorků pro kategorii B – Veterinární léčivé přípravky a látky kontaminující ve sledovaných letech

	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost	Nev	Ost
B1	15	26718	21	26785	20	26817	34	33690	5	35210	4	39870	3	41063	14	84424
B2a	0	1371	0	1358	0	2967	0	3242	1	3356	0	3908	0	3889	0	7779
B2b	9	2874	10	2821	11	2789	8	2895	0	2484	4	2346	3	2375	5	4740
B2c	0	1950	0	1939	0	1950	0	3272	0	3726	0	2660	0	3331	0	6287
B2d	0	658	1	657	0	658	0	658	0	658	0	658	0	658	0	1333
B2e	0	1714	3	1685	1	1691	0	1795	0	1780	0	1695	0	1734	0	3589
B2f	0	97	0	97	0	105	0	355	0	351	0	103	0	331	0	631
B3a	3	16878	5	16006	1	14671	3	18279	1	17552	1	13935	2	13985	5	27720
B3b	0	490	0	490	0	1207	0	3590	0	3921	0	1993	0	3931	0	7197
B3c	105	2360	17	2207	24	2159	19	2339	11	2414	15	2316	9	2340	10	4647
B3d	1	554	0	555	0	419	0	464	0	510	0	507	0	506	1	1000
B3e	8	493	8	403	11	472	7	810	5	819	3	966	11	920	1	1870
B3f	0	323	0	1197	2	2069	8	3048	8	3946	8	6331	5	3475	10	7829

Nev – nevyhovující Ost – ostatní

Při posouzení trendu vývoje výskytu nevyhovujících vzorků byly data rozdělena do dvou stejných časových období (tabulka č. 5).

U většiny skupin s nenulovým výskytem došlo v druhém sledovaném období k poklesu relativních počtů nevyhovujících vzorků s prokázaným statisticky významným rozdílem. K navýšení došlo u skupiny B2a (antihelmintika), kde se však jednalo o jediný nevyhovující vzorek, takže rozdíl nebyl statisticky významný. Druhý nárůst absolutních počtů nevyhovujících vzorků byl u skupiny B3f (ostatní). Tento nárůst byl způsoben výrazně vyšším počtem kontrolovaných vzorků ve druhém sledovaném období, takže v relativních počtech nevyhovujících vzorků došlo naopak k nepatrnému poklesu, který však nebyl statisticky významný.

Závěr

Zhodnocením výsledku monitoringu cizorodých látek v období 2015 až 2022 v České republice jsme zjistili, že výskyt nevyhovujících vzorků se pohybuje v nízkých desetinách procent z kontrolovaných vzorků. Pouze u skupin chemické prvky a barviva dosahovaly relativní počty jednotek procent z vyšetřovaných vzorků s klesajícím trendem v průběhu sledovaného období. Tento klesající trend se potvrdil u většiny skupin s nenulovým výskytem nevyhovujících vzorků.

Tabulka č. 5. Porovnání dvou období u veterinárních léčivých přípravků a látek kontaminujících

	2015-2018			2019-2022			p
	nevyhovuje	%	celkem	nevyhovuje	%	celkem	
B1	90	0,08	114100	26	0,01	200593	0,000
B2a	0	0,00	8938	1	0,01	18933	0,679
B2b	38	0,33	11417	12	0,10	11957	0,000
B2c	0	0,00	9111	0	0,00	16004	1,000
B2d	1	0,04	2632	0	0,00	3307	0,443
B2e	4	0,06	6889	0	0,00	8798	0,037
B2f	0	0,00	654	0	0,00	1416	1,000
B3a	12	0,02	65846	9	0,01	73201	0,497
B3b	0	0,00	5777	0	0,00	17042	1,000
B3c	165	1,76	9230	45	0,38	11762	0,000
B3d	1	0,05	1993	1	0,04	2524	0,493
B3e	34	1,51	2212	20	0,43	4595	0,000
B3f	10	0,15	6647	31	0,14	21612	1,000

Tato práce byla zpracována v rámci projektu Interní tvůrčí agentury Veterinární univerzity Brno č. 2024ITA26. Autoři děkují Státní veterinární správě za poskytnutí údajů z jejich datového systému OIS.

Literatura

- Nařízení Komise (EU) 2023/915 ze dne 25. dubna 2023 o maximálních limitech některých kontaminujících látek v potravinách a o zrušení nařízení (ES) č. 1881/2006. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské Unie [vid 09-07-2024]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>
- Nařízení Komise (EU) č. 37/2010 ze dne 22. prosince 2009 o farmakologicky účinných látkách a jejich klasifikaci podle maximálních limitů reziduí v potravinách živočišného původu. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské Unie [vid 09-07-2024]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>
- Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 396/2005 ze dne 23. února 2005 o maximálních limitech reziduí pesticidů v potravinách a krmivech rostlinného a živočišného původu a na jejich povrchu a o změně směrnice Rady 91/414/EHS. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské Unie [vid 09-07-2024]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>
- Vyhláška č. 291/2003 Sb., o zákazu podávání některých látek zvířatům, jejichž produkty jsou určeny k výživě lidí, a o sledování (monitoringu) přítomnosti nepovolených látek, reziduí a látek kontaminujících, pro něž by živočišné produkty mohly být škodlivé pro zdraví lidí, u zvířat a v jejich produktech. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid 09-07-2024]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>

ANALÝZA VÝSKYTU ROZTOČE *VARROA DESTRUCTOR* V CHOVECH VČEL V ČR V LETECH 2021-2024

ANALYSIS OF THE OCCURRENCE OF THE *VARROA DESTRUCTOR* MITE IN BEE BREEDING IN THE CZECH REPUBLIC IN 2021-2024

Lenka Sajdlová, Petr Chloupek*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The aim of this work is to statistically evaluate the occurrence of the Varroa destructor mite in bee colonies in the Czech Republic. For this purpose, data from the State Veterinary Administration were used and statistically processed, focusing on the number of sites affected by Varroa destructor in individual regions during the years 2021–2024. These data served as the basis for an analysis assessing the current situation of varroosis in the Czech Republic.

Thanks to statistical methods, it was possible to conclude that varroosis represents a problem during the examined period, with the number of infested sites increasing. The research also revealed a gradual rise in infested sites, followed by a decline in the fourth year. Furthermore, an interesting difference between Bohemia and Moravia was identified. Bohemia showed higher numbers of positive sites, but with a sudden drop in the fourth year, while Moravia proved to be less infested, even though the number of positive sites continued to grow in the fourth year.

Key words: *Varroa destructor, beekeeping, honeybee, parasite, bee infestation*

Souhrn

Cílem práce je statisticky vyhodnotit výskyt roztoče Varroa destructor ve včelstvech České republiky, k čemuž byla použita a statisticky zpracována data Státní veterinární správy pojednávající o množství stanovišť s výskytem roztočem Varroa destructor v jednotlivých krajích v letech 2021-2024. Tato data sloužila ke zpracování analýzy, která vyhodnocuje aktuální situaci varroózy v České republice.

Díky statistickým metodám bylo možné dojít k závěru, že varroóza v testovaném období představuje problém a počty napadených stanovišť přibývají. V průběhu výzkumu bylo také zjištěno postupné zvyšování napadených stanovišť s poklesem ve 4 zkoumaném roce. Dále bylo možné zjistit zajímavý rozdíl mezi Čechy a Moravou. Čechy vykazovaly vyšší počty pozitivních stanovišť, ale s náhlým poklesem stanovišť ve 4. roce, zatímco Morava se prokázala být méně zamořená, a to i přesto, že ve 4. roce počet pozitivních stanovišť dále rostl.

Klíčová slova: *Varroa destructor, včelaření, včela medonosná, parazit, nákaza včel*

Úvod

Včela medonosná (*Apis mellifera*) dlouhodobě představuje nenahraditelnou roli v ekosystému i zemědělství, především díky své schopnosti opylovat rostliny, která umožňuje rostlinám rozmnožování a je proto klíčovou činností pro funkci přírody. V posledních desetiletích však včelstva čelí řadě hrozeb, které masivně ohrožují jejich populaci a tím komplikují život i včelařům, zejména z hlediska snížené produktivity včelstva nebo dokonce kompletního kolapsu. Mezi tyto hrozby patří zejména klimatické změny a úbytek přirozeného prostředí, způsobeného neustálým

* chloupekp@vfu.cz

růstem lidské populace. Avšak největší hrozbu představuje především šíření parazitů a chorob, sužující včelstva.

Jedním z naprosto nejvýznamnějších faktorů, které mají vliv na zdravotní stav včelstev po celém světě, je parazitický roztoč *Varroa destructor*, se kterým si včelaři doposud nedokážou jednoduše poradit. Tento ektoparazit, pocházející z Asie, se během 20. století dokázal rozšířit do masivní většiny oblastí chovu včely medonosné a stal se tak nejzávažnějším problémem včelařů, kterým bohužel doposud stále je. Při silném zamoření může dokonce dojít k naprostému kolapsu celého včelstva, čemuž se všichni včelaři snaží předejít.

Právě z toho důvodu je potřeba, aby bylo šíření a výskyt *Varroa destructor* pravidelně sledováno a vyhodnocena rizika spojená s jeho zvýšeným výskytem.

Materiál a metodika

K statistickému vyhodnocení situace varroázy v České republice byla použita data z internetové stránky Státní veterinární správy ohledně počtu stanovišť v jednotlivých krajích s výskytem roztoče *Varroa destructor* v letech 2021, 2022, 2023, 2024.

Data byla zpracována a upravena v programu Excel Microsoft 365 do jednotlivých 2x2 tabulek dle potřeby a následně v programu UNISTAT 1 vyhodnocena v kontingenčních tabulkách pomocí Yatesovy korekce pro konkrétní statistické vyhodnocení významnosti rozdílů mezi četnostmi. Výsledky byly následně vyhodnoceny podle významnosti rozdílů mezi testovanými parametry, a to konkrétně za statisticky významný rozdíl, pokud hodnota dosahovala $p \leq 0,05$ a za statisticky nevýznamný, pokud byla hodnota $p > 0,05$.

V procesu výzkumu bylo také využito Spearmanova pořadí pro statistické vyhodnocení korelace mezi dvěma veličinami. Vyhodnocení bylo posouzeno dle korelačního koeficientu, který nabývá hodnot od -1 do 1 a podle hodnoty konkrétního koeficientu na této škále se poté posoudila korelace.

Výsledky a diskuze

Vyhodnocení celkové situace ve včelstvech ČR

Pro vyhodnocení varroázy v České republice byly použity výsledky monitoringu spadu *varroa destructor* v zimní měli, kterou včelaři povinně odesílají na začátku každého roku. Při průměrném výskytu více než tři roztočů na jedno včelstvo na daném stanovišti by všechna včelstva měla být v souladu s platnou metodikou kontroly zdraví (Mze, 2024) ošetřena. Výsledky monitoringu za roky 2021 až 2024 jsou uvedeny v tabulce č. 1.

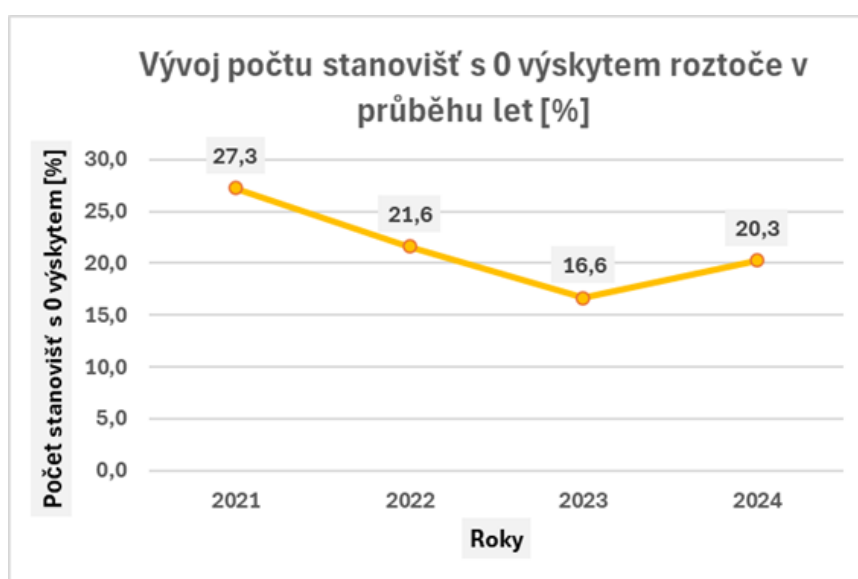
Z dat uvedených v tabulce 1 lze usoudit, že varroáza je v České republice velkým problémem, který včelaře trápí ve všech krajích, jak českých, tak moravských. Z procentuálního vyhodnocení v tabulce č. 1, které vyjadřuje kolik % tvoří množství stanovišť s průměrným množstvím roztoče nad tři z celkového množství stanovišť v daném roce v určitém kraji vyplývá, že nejzamořenějším krajem, který nejvíce bojuje s výskytem roztoče v průměrném množství více jak tři je Praha. Dalším velmi zamořeným krajem je Plzeňský a Královéhradecký. Pro zlepšení situace v těchto krajích by se dalo doporučit zlepšení monitoringových metod či preventivních úkonů pro včasnější záchyt a ošetření, popřípadě vyzkoušet efektivnější způsob léčby. V dnešní době existuje celá řada metod monitoringu varroázy, které mohou včas zachytit rostoucí infestaci *varroa destructor* a zahájit včasnou léčbu (Metodický pokyn SVS, 2021).

Vážnost situace dokazuje nejen rostoucí počet stanovišť s výskytem větším než tři *Varroa destructor* na včelstvo, ale zároveň klesající počet stanovišť, kde byl zaznamenán nulový výskyt, jak vyplývá z tabulky č. 2 a grafu č. 1. Tato data ukazují, že je stále menší počet stanovišť, která se podařilo efektivně ošetřit tak, že do nového roku vstupují s nulovým výskytem *varroa destructor*. V roce 2023 došlo celorepublikově poprvé k poklesu průměrného relativního počtu stanovišť s nulovým výskytem pod relativní počet stanovišť s výskytem přesahujícím tři *varroa destructor* na včelstvo.

Tabulka č. 1. Počet stanovišť s průměrem ≤ 3 a >3 *Varroa destructor* na včelstvo v průběhu 4 let ve všech krajích ČR (zdroj: autoři vycházející z dat SVS)

	2021		2022		2023		2024	
	≤ 3	>3	≤ 3	>3	≤ 3	>3	≤ 3	>3
		%		%		%		%
Hlavní město Praha	443	165	405	225	338	216	407	196
% hodnota horního čísla		27		36		39		33
Středočeský kraj	6356	1434	6 474	1 965	5 550	2 464	6 058	2 105
% hodnota horního čísla		18		23		31		26
Jihočeský kraj	5292	1108	5 111	1 550	4 437	1 906	4 954	1 391
% hodnota horního čísla		17		23		30		22
Plzeňský kraj	4172	952	3 919	1 220	3 480	1 685	3 886	1 226
% hodnota horního čísla		19		24		33		24
Karlovarský kraj	1088	257	959	284	895	388	995	272
% hodnota horního čísla		19		23		30		21
Ústecký kraj	2361	427	2 282	553	1 985	663	2 159	548
% hodnota horního čísla		15		20		25		20
Liberecký kraj	2330	423	2 201	419	1 968	666	2 175	493
% hodnota horního čísla		15		16		25		18
Královéhradecký kraj	3487	760	3 322	870	2 716	1 468	3 082	1 078
% hodnota horního čísla		18		21		35		26
Pardubický kraj	3318	644	3 330	914	2 839	1 196	2 890	1 146
% hodnota horního čísla		16		22		30		28
Kraj Vysočina	4586	866	4 208	1 358	3 523	1 663	4 011	1 385
% hodnota horního čísla		16		24		32		26
Jihomoravský kraj	5703	638	5 302	914	4 806	1 207	4 643	1 171
% hodnota horního čísla		10		15		20		20
Olomoucký kraj	3713	341	3 740	394	3 477	540	3 416	558
% hodnota horního čísla		8		10		13		14
Zlínský kraj	4792	380	4 733	451	4 389	743	4 251	745
% hodnota horního čísla		7		9		14		15
Moravskoslezský kraj	5480	517	5 535	489	5 182	806	4 726	932
% hodnota horního čísla		9		8		13		16
CELKEM STANOVISTIŠTÍ	53 121	9 119	51 521	11 870	45 585	15 969	47 653	13 539
		15		19		26		22

Graf č. 1. Vývoj počtu stanovišť s 0 výskytem roztoče v průběhu let (zdroj: autoři vycházející z dat SVS)



Tabulka č. 2. Počet stanovišť (s procentuální hodnotou) s nulovým výskytem roztoče během let 2021-2024 v jednotlivých krajích (zdroj: autoři vycházející z dat SVS)

Kraj	2021	2022	2023	2024
Praha	122 (20,1 %)	93 (14,8 %)	66 (11,9 %)	100 (16,6 %)
Středočeský kraj	1 752 (22,5 %)	1564 (18,5 %)	1088 (13,6 %)	1334 (16,3 %)
Jihočeský kraj	1 792 (28 %)	1436 (21,6 %)	865 (13,6 %)	1279 (20,2 %)
Plzeňský kraj	1 213 (23,7 %)	897 (17,5 %)	630 (12,2 %)	937 (18,3 %)
Karlovarský kraj	298 (22,2 %)	216 (17,4 %)	184 (14,3 %)	227 (17,9 %)
Ústecký kraj	687 (24,6 %)	521 (18,4 %)	399 (15,1 %)	521 (19,2 %)
Liberecký kraj	679 (24,7 %)	653 (24,9 %)	439 (16,7 %)	599 (22,5 %)
Královéhradecký kraj	859 (20,2 %)	1000 (23,9 %)	509 (12,2 %)	735 (17,7 %)
Pardubický kraj	883 (22,3 %)	906 (21,3 %)	639 (15,8 %)	661 (16,4 %)
Vysočina	1 077 (19,8 %)	972 (17,5 %)	696 (13,4 %)	788 (14,6 %)
Jihomoravský kraj	2 040 (32,2 %)	1123 (18,1 %)	1125 (18,7 %)	1173 (20,2 %)
Olomoucký kraj	1 592 (39,3 %)	1238 (29,9 %)	1013 (25,2 %)	1185 (29,8 %)
Zlínský kraj	2 206 (42,7 %)	1605 (31 %)	1312 (25,6 %)	1408 (28,2 %)
Moravskoslezský kraj	2 351 (39,2 %)	1677 (27,8 %)	1481 (24,7 %)	1458 (25,8 %)
CELKEM STANOVÍŠŤ	17 551	13 901	10 446	12 405
Průměr%	27,3	21,6	16,6	20,3

Porovnání jednotlivých krajů

Pro posouzení odlišnosti jednotlivých krajů byly sečteny počty stanovišť každého kraje za 4 roky s výskytem do tří roztočů a počty stanovišť s výskytem nad tři roztoče. Tyto hodnoty včetně procentuálního výskytu stanovišť s výskytem nad tři roztoče jsou uvedeny v tabulce č. 3. Absence shodného indexu u procentuálního výskytu počtu stanovišť s více než tři roztoči představuje statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými kraji. Z tabulky je zřejmá extrémně špatná situace v Praze, která se statisticky významně liší od všech ostatních krajů. Samostatnou skupinu pak tvoří moravské kraje, kde je situace statisticky významně lepší než ve všech českých krajích.

Tabulka č. 3. Celkový počet stanovišť za celé 4leté období v jednotlivých krajích České republiky (zdroj: autoři z dat SVS)

Kraje	2021-2024		%stanovišť>3
	≤3	>3	
Praha	1 593	802	33 ^a
Středočeský kraj	24 438	7 968	25 ^{bc}
Jihočeský kraj	19 794	5 955	23 ^d
Plzeňský kraj	15 457	5 083	25 ^b
Karlovarský kraj	3 937	1 201	23 ^{cd}
Ústecký kraj	8 787	2 191	20 ^e
Liberecký kraj	8 674	2 001	19 ^f
Královéhradecký kraj	12 607	4 176	25 ^b
Pardubický kraj	12 377	3 900	24 ^{bcd}
Vysočina	16 328	5 272	24 ^{bc}
Jihomoravský kraj	20 454	3 930	16 ^g
Olomoucký kraj	14 346	1 833	11 ^{hi}
Zlínský kraj	18 165	2 319	11 ⁱ
Moravskoslezský kraj	20 923	2 744	12 ^h

Vyhodnocení rozdílu mezi českými a moravskými kraji

Tabulky č. 4 a 5 zobrazují relativní vyjádření počtu stanovišť s výskytem roztoče *Varroa destructor* v průměru nad 3 v průběhu 4 let u jednotlivých krajů s tím, že tabulka č. 4 se zaměřuje na pouze české kraje a tabulka č. 5 pouze na moravské. Toto rozdělení bylo takto zvoleno pro poukázání na zjištěný rozdíl mezi jednotlivými oblastmi. Při porovnání počtu stanovišť vyjádřeného v % každého kraje v průběhu 4 let, na kterých se roztoč vyskytoval v množství více jak 3 u krajů patřící pod Čechy a Moravu si lze během prvních tří let, tedy 2021, 2022 a 2023 povšimnout pravidelného nárůstu počtu stanovišť, zatímco v roce 2024 dochází ve všech českých krajích najednou k výraznému poklesu hodnot.

Moravské kraje tuto tendenci však nezrcadlí, jelikož si lze povšimnout, že veškeré moravské kraje stále disponují zvyšujícími se hodnotami ve 4. roce, i když pouze jen mírně vyššími oproti roku 2023.

Graficky je tento rozdíl v trendu zobrazen v grafech č. 2 a 3.

Tabulka č. 1. Vyjádření relativního počtu stanovišť s výskytem vyšším než tři roztoči na stanoviště v českých krajích (zdroj: autoři vycházející z dat SVS)

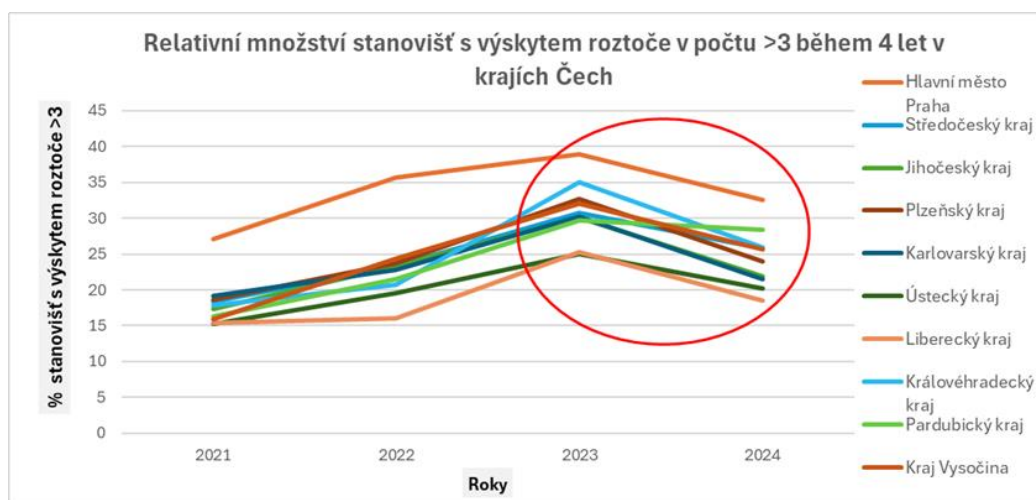
Kraje	2021	2022	2023	2024
Praha	27	36	39	33
Středočeský	18	23	31	26
Jihočeský	17	23	30	22
Plzeňský	19	24	33	24
Karlovarský	19	23	30	21
Ústecký	15	20	25	20
Liberecký	15	16	25	18
Královéhradecký	18	21	35	26
Pardubický	16	22	30	28
Vysočina	16	24	32	26

Tabulka č. 5. Vyjádření relativního počtu stanovišť s výskytem vyšším než tři roztoči na stanoviště v moravských krajích (zdroj: autoři vycházející z dat SVS)

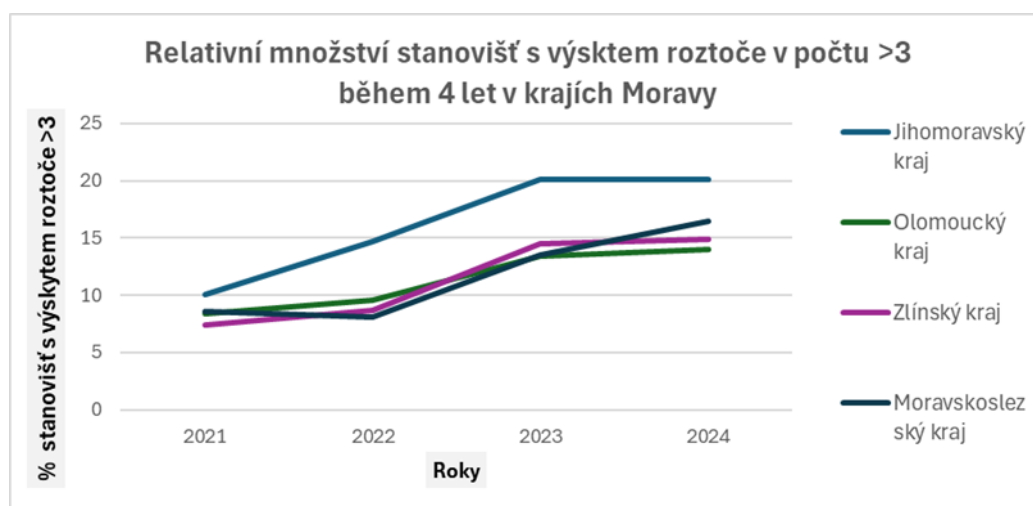
Kraje	2021	2022	2023	2024
Jihomoravský	10	15	20	20
Olomoucký	8	10	13	14
Zlínský	7	9	14	15
Moravskoslezský	9	8	13	16

Zároveň lze z tabulek 4 a 5 upozornit na další rozdílnost českých a moravských krajů, a to spočívající v mnohem menší zamořenosti moravských krajů oproti českým. Moravské kraje, i přesto, že se jejich množství stanovišť 4. rokem stále zvyšuje, tak vykazují mnohem nižší hodnoty zamořenosti, které se dají vyhodnotit z tabulky 1 pomocí procentuálního vyjádření.

Graf č. 2. Relativní množství stanovišť s výskytem roztoče v počtu nad tři během 4 let v krajích Čech (zdroj: autoři vycházející z dat SVS)



Graf č. 3. Relativní množství stanovišť s výskytem roztoče v počtu nad tři během 4 let v krajích Moravy (zdroj: autorka vycházející z dat SVS)



Závěr

Výskyt varroázy v České republice představuje značný problém pro chovatele včel. V průběhu sledovaného období docházelo k postupnému zhoršování situace na celém území, zejména pak v českých krajích. Zde došlo v roce 2024 k mírnému zlepšení, ale i tak je situace horší, než v moravských krajích. Vysoký výskyt *varroa destructor* ohrožuje včelstva nejen přímo, ale i prostřednictvím virových a bakteriálních onemocnění, které jsou s jeho výskytem spojeny. Proto je potřeba věnovat zvýšenou pozornost včasnému monitoringu zvýšeného výskytu roztoče ve včelstvech a dbát na důsledné ošetření včelstev. Ani tyto postupy však nemusí zaručit zdraví včelstev s ohledem na celoplošný výskyt roztoče v chovech včel i u voně žijících včelstev.

Literatura

- Státní veterinární správa. 2021. Metodický pokyn SVS [online]. [vid. 23. 7. 2025]. Dostupné z: https://www.svscr.cz/wp-content/files/dokumenty-a-publikace/Metodicky_pokyn_SVS_pro_chovatele_vcel_k_preveni_a_tlumeni_varroazy.pdf
- Ministerstvo zemědělství. 2024. Opatření obecné povahy [online]. [vid. 23. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.svscr.cz/wp-content/files/dokumenty-a-publikace/Dokument-MZE-90125-2024-13141.pdf>

**OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE V CHOVU
ZÁJMOVÁ ZVÍŘATA**

**ANIMAL PROTECTION AND WELFARE
COMPANION ANIMALS**

WELFARE PSŮ VYUŽÍVANÝCH V AAI WELFARE OF DOGS USED IN ANIMAL ASSISTED INTERVENTIONS

Elena Krpcová, Ivana Gardiánová*

Demonstrační a experimentální pracoviště – stáj, FAPPZ ČZU v Praze, Česká republika
Demonstrational and Experimental Workplace, Faculty of Agrobiolology, Food and Natural
Resources, Czech University of Life Sciences in Prague, Czech Republic

Summary

The paper deals with the welfare and manifestations of stress of canistherapy dogs. It was found that stress was most often assessed by measuring cortisol levels, heart rate and heart rate variability, and various behavioural markers. Frequently used behavioral displays were, for example, panting, oral behaviours, grooming, trembling or body shaking, lifting the front paw, crouching, scratching and vocalization. The handler's attention to the dog's expressions, a good relationship and trust between the dog and its handler, familiarity with the patients and the predictability of the intervention, regulation and control over the session, the freedom to move off-leash were important for reducing the level of stress experienced. Dogs showed better behavioral expression with increasing age and thus coped better with stressful situations. Dogs with more work experience did not show significant signs of stress.

Key words: dog, welfare, stress, canistherapy

Souhrn

Příspěvek se zabývá welfare a projevy stresu canisterapeutických psů. Bylo zjištěno, že se stres hodnotil nejčastěji zjišťováním hladiny kortizolu, tepovou srdeční frekvencí a její variabilitou a mnoha různými behaviorálními projevy. Často využívanými behaviorálními projevy bylo např. funění, orální projevy, čištění se, chvění či oklepání se, zvedání přední tlapy, přikrčení, drbání se a vokalizace. Na snížení míry prožívaného stresu měla pozitivní vliv pozornost psovoda vůči projevům psa, dobrý vztah a důvěra mezi psem a psovodem, známost pacientů a předvídatelnost intervence, regulace a kontrola nad jejím průběhem, možnost pohybovat se volně bez vodítka. Psi se s přibývajícím věkem lépe behaviorálně projevovali a tím lépe zvládali stresové situace. Pracovně zkušenější psi neprojevovali stres výrazně.

Klíčová slova: pes, welfare, stres, canisterapie

Úvod

Webster (2005) charakterizuje welfare hodnocením přirozeného života zvířete, jeho zdravím a kondicí a také spokojeností. Přístup „pozitivního welfare zvířat“ používá charakteristiky pozitivních emocí, „pozitivního afektivního zapojení“, kvality života a štěstí (Lawrence et al., 2019). Welfare zvířete je provázán se stresem. Stres může mít vliv na zdravotní stav zvířete a je odpovědí organismu na podněty narušující jeho homeostázu, navozuje náročné fyziologické a emocionální stavy, chrání jedince před hrozbami a pomáhá mu adaptovat se na změny prostředí (McEwen, 2007; Chu et al., 2024). Stres však může mít i negativní charakter, pokud je příliš silný či dlouhodobě přetrvávající, může mít patologický vliv (McEwen, 2007; Ketchesin et al., 2017). Stres lze u jedinců indikovat pomocí fyziologických i behaviorálních markerů (Hekman et al., 2014; Kartashova et al., 2021), může se projevit i při intervencích za asistence zvířat. Zoorehabilitace (zoorehabilitační intervence) jsou charakterizovány jako terapeutické intervence, kdy je účelně a aktivně zapojeno speciálně trénované zvíře (Kruger et al., 2004; Corsetti et al., 2019) a slouží k léčbě nebo zlepšení fyzického či psychického stavu, kognitivních a sociálních funkcí pacienta

* gardianova@af.czu.cz

(Corsetti et al., 2019). Stále ale není kladen dostatečný důraz na stav zvířat (včetně psů) během intervencí a zda jimi nejsou stresována (Glenk, 2017). Nedostatečná regulace pravidel evaluace terapeutických psů může také působit problémy. Řada organizací si vytváří vlastní pravidla a postupy, jež nemusí být vědecky prověřeny (Mongillo et al., 2015; Winkle et al., 2020). Pravidla by měla chránit welfare a bezpečí všech účastníků intervence včetně terapeutického psa a je tedy důležité zajistit správné oficiální normy a předpisy pro jednotlivé typy intervencí za asistence zvířat, aby nedocházelo k utváření podmínek pro špatný welfare psů (Winkle et al., 2020).

Prožívají psi při AAI stres?

Ačkoliv jsou psi široce využíváni v AAI a velké množství studií zkoumalo benefity, které využití psů v rámci zvířecích intervencí lidem přináší, stále není mnoho studií týkajících se zjištění, zda nejsou intervence pro psy stresující (Glenk, 2017). Pokud jedinec vnímá určitou situaci jako stresující, projeví se to v jeho chování, ve fyziologických či imunologických reakcích (Corsetti et al., 2019).

V následujících studiích byl zkoumán welfare psů pracujících v AAI prostřednictvím fyziologických a behaviorálních markerů stresu. Ve většině studií byly pozorovány fyziologické markery a behaviorální projevy současně (Glenk et al., 2014; Ng et al., 2014; Palestini et al., 2017; McCullough et al., 2018), Corsetti et al. (2019) sledovali pouze behaviorální projevy, Clark et al. (2019) pouze fyziologický marker (kortizol) a Clark et al. (2020) zkoumali více fyziologických markerů najednou. Pro analýzu fyziologických markerů byly data naměřená pro AAI porovnávána s bazálními hodnotami – tyto základní hodnoty byly zaznamenány v nepracovní dny (Glenk et al., 2014; McCullough et al., 2018), před začátkem pozorování (Ng et al., 2014; Clark et al., 2019; Clark et al., 2020) či v případě tepové frekvence byly použity hodnoty normální bazální frekvence (Palestrini et al., 2017). Frekvence či délky trvání behaviorálních projevů byly zaznamenávány podle etogramů prostřednictvím analýzy videonahrávek (Glenk et al., 2014; Ng et al., 2014; Palestini et al., 2017; McCullough et al., 2018) nebo pozorování výzkumného pracovníka (Corsetti et al., 2019). Terapeutičtí psi účastníci se výzkumů již absolvovali výcvik a certifikaci pro práci v AAI a často byli registrovaní u organizací poskytující intervence za asistence zvířat. Každý pes měl již zkušenosti s prací v AAI. Nejčastěji zastoupenými plemeny byli zlatí retrívři, labradorští retrívři, jejich kříženci či kříženci jiných plemen a všichni pozorovaní psi byli alespoň 1 rok staří. Sezení konaná v rámci výzkumů byla individuální i skupinová (Glenk et al., 2014; Ng et al., 2014; Palestini et al., 2017; McCullough et al., 2018; Clark et al., 2019; Corsetti et al., 2019; Clark et al., 2020).

Studie Palestini et al. (2017) zkomala tepovou frekvenci a chování psa při AAT u pediatrických pacientů po operaci. Každé sezení trvalo cca 20 minut, psovod dohlížel na jeho průběh a interakce mezi psem a pacientem. Analýzou fyziologického parametru a behaviorálních projevů bylo usouzeno, že zkoumaná fena nezažívala při intervencích stres, pravděpodobně díky dohledu psovoda a udržování bezpečných podmínek. Fena 28 % času funěla, což by mohla být známka stresu, avšak i reakce na vyšší teplotu prostředí. Nebyly zaznamenány jiné jednoznačné projevy stresu. Studie nenalezla korelaci mezi interakcemi psa s pacienty a behaviorálními projevy stresu psa jako je olizování pysků, zívání, vyhýbání se interakci, funění a čištění se. Frekvence tepu zůstala při intervencích vždy v normálním rozhraní. Nebyla zaznamenána ani korelace mezi změnami srdeční frekvence a interakcí s pacienty. Psovod by měl kontrolovat probíhající terapeutické aktivity a dohlédnout, aby pes nebyl vystaven situacím, jež by mohl vnímat jako ohrožující. Absence stresu byla přisouzena předvídatelnosti všech aktivit, díky níž působily bezpečně (Palestrini et al., 2017).

McCullough et al. (2018) se zabývali porovnáním koncentrace kortizolu ve slinách psů, jež je markerem stresu a stavu vzrušení nervového systému (Hekman et al., 2014), a behaviorálními projevy psů při práci v AAI v nemocnicích s dětmi diagnostikovanými s rakovinou. Celkem 26 týmů psovodů se psy poskytovalo po dobu 4 měsíců cca jednou týdně intervence – 445 sezení,

trvala průměrně 24 minut a účastnili se jich (kromě psa s vodičem) v průměru 3 lidé (pacient a jeho rodiče). Nejčastějšími aktivitami v rámci intervencí bylo hlazení a mluvení na psa, česání srsti, prohlížení fotografií psa a fotografování psa a dítěte rodičem. Psi během intervencí vykazovali jen minimální známky stresu. Zvyšující se hladiny slinného kortizolu korelovaly s vyšší frekvencí stres indikujícího chování, a naopak s nižší frekvencí afiliativního chování. Hladiny kortizolu po intervencích se významně neodlišovaly od základních hladin ani se s postupem času nezvyšovaly, což může být známka, že účast na více AAI terapeutickým psům nepřivozuje stres. Byla zaznamenána korelace mezi věkem a pohlavím psa a slinným kortizolem – starší psi a feny měli nižší hladiny kortizolu. Chování zařazené do kategorie vysokých známek stresu nebylo u žádného z psů zaznamenáno. Nejčastějším psím chováním v rámci sezení bylo vrtění ocasem a orální projevy. Během intervencí byly zaznamenány nepatrně nižší frekvence afiliativního chování než frekvence stresového chování, avšak důvodem těchto výsledků by mohl být vyšší počet sledovaných typů chování poukazujícího na stres oproti afiliativním typům chování. Psi demonstrující více stresového chování vykazovali ve stejném sezení také více afiliativního chování. U starších psů bylo zaznamenáno více stresového i afiliativního chování s nižšími koncentracemi kortizolu, což může značit, že se psi s věkem naučí více vyjadřovat pomocí behaviorálních projevů. Některé typy chování poukazující na stres (např. zívání, funění) mohou být nástrojem pro zklidnění při stresové odpovědi organismu a vést k vyšším frekvencím stresového chování s nižšími hladinami kortizolu, jak bylo zde pozorováno (Glenk et al., 2014; McCullough et al., 2018). Nebyl zaznamenán výrazný efekt délky sezení či počtu přítomných/účastníků se osob na projevy psů nebo jejich kortizolové hladiny. Příčinou mohla být pozornost vodiče vůči projevům psa a přizpůsobování intervence v odpověď na jeho projevy. To by korespondovalo s pozorovaným mírným zvyšováním frekvence afiliativního chování s delším trváním sezení. Typ provozované aktivity neovlivnil koncentrace kortizolu, avšak měl významný vliv na behaviorální projevy. U psů bylo pozorováno více chování spojeného se stresem, jestliže pacient oblékal psovi šátek nebo účastníci konverzovali s vodičem o psích plemenech. Méně stresového chování vykazovali při fotografování, hlazení psa, či při interakci psa s nemocničním personálem zprostředkovanou pacientem. Je však možné, že byly určité aktivity pouze zvoleny v reakci na stresové či afiliativní projevy psa, jelikož náplň jednotlivých intervencí nebyla pevně stanovena (McCullough et al., 2018).

Corsetti et al. (2019) prostřednictvím analýzy behaviorálních projevů 9 psů zjišťovali, zda psi při AAI vykazují známky stresu či vyčerpání. Intervence trvaly 10-30 minut, psi se účastnili max. 4 intervencí za den a měli mezi nimi alespoň 2hodinové pauzy. Náplň sezení sestávala z agility cvičení se psy, dávání pamlsku, hlazení, objímání a česání srsti psů či házení míče. Zkoumaní psi při AAI neprojevovali známky stresu, vyčerpání ani stereotypní či agresivní chování. Behaviorální projevy indikující úzkost byly před, během a po AAI na stejné úrovni. Ojedinelé projevy úzkosti během sezení mohly být zapříčiněny neschopností některých pacientů dát psům včas pamlsky způsobené jejich postižením. Během intervence bylo zaznamenáno více dominantních projevů než před/po intervenci, submisivní chování se významně nezměnilo. Afiliativní chování a očíhávání bylo během intervencí pozorováno více než před/po intervenci, afiliativní chování k lidem bylo v průběhu intervencí významně vyšší než před/po ní. Chování indikující hravost bylo zaznamenáno pouze během sezení. Míra nepozornosti psa byla při intervenci minimální, svůj pohled (pozornost) orientovali nejčastěji na psovoda. Hodnoty afiliativního, hravého chování a pozornosti mohou značit zájem psů o intervenci. Psi v průběhu sezení usínali méně než před/po něm. Četnost štěkání byla na velmi nízké úrovni u všech psů až na jednoho – vyšší četnost byla zaznamenána pouze před a po sezeních u psa s velice silnou osobností, mohlo se tedy jednat o snahu získat pozornost (Corsetti et al., 2019).

Výzkum uskutečněný Glenk et al. (2014) sledoval behaviorální projevy stresu a hladiny slinného kortizolu 5 psů při vykonávání AAT s drogově závislými. Intervence trvaly vždy 55 až 60 minut, účastnila se jich skupina 8 až 10 stálých pacientů. Celkem se konalo 25 sezení – každý pes se

zúčastnil jednoho sezení týdně po dobu 5 týdnů. Terapeutický pes v průběhu terapie inicioval interakce s pacienty podle svých impulsů, volně se pohyboval po místnosti a mohl si kdykoliv lehnout či opustit místnost. Interakce pacientů a psa sestávaly z dotýkání se psa, hlazení, mluvení na něj, kartáčování psa a hraní si se psími hračkami. Z výsledků studie bylo prokázáno, že psi nezažívali v rámci terapií významnou míru stresu. Během sezení nebylo pozorováno zvýšení koncentrací kortizolu. Bylo však zaznamenáno významné snížení slinného kortizolu oproti základním hodnotám v průběhu čtvrté a páté terapie. V dřívějším výzkumu Glenk et al. (2013) zjistili významné snížení kortizolových koncentrací během intervencí pouze u psů pohybujících se volně bez vodítka, což mohl být zásadní faktor snížení hodnot kortizolu i zde. Hodnoty kortizolu odebrané před a po sezeních se nelišily od kontrolních hodnot. Analýza behaviorálních projevů nenalezla žádné změny v aktivitách psů mezi jednotlivými intervencemi. Olizování pysků bylo frekventovanější než zívání, oklepání se a zvedání přední tlapy. Vyšší frekvence olizování pysků pozitivně korelovala s frekvencí oklepání se a se snížením hladiny kortizolu při páté intervenci (Glenk et al., 2014). Toto zjištění by odpovídalo výrokům, že projevy olizování pysků a oklepání se nemusí být známkou negativního welfare a naopak mohou psům sloužit k vypořádávání se se stresem (Rehn and Keeling, 2011; Shiverdecker et al., 2013; Glenk et al., 2014), a že oklepání se může pomáhat uvolnit tělesné napětí způsobené stresem (Pastore et al., 2011).

Clark et al. (2020) měřili více neinvazivních fyziologických ukazatelů – kortizol a oxytocin ve slinách, srdeční činnost a teplota tympanické membrány (ušního bubínku) – 19 psů při výkonu AAA s pacienty diagnostikovanými s fibromyalgií. Intervence trvaly 20 minut, každý pes se svým majitelem odpracoval celkem 5 sezení a psi se během nich mohli po místnosti volně pohybovat. Bylo dosaženo závěru, že fyziologický (a emocionální) stav vycvičených zkušených terapeutických psů není negativně ovlivněn 20minutovými AAA intervencemi. Většina měřených parametrů zůstala od měření před sezeními do měření po sezeních nezměněná a parametry zaznamenávající významný rozdíl poukazyvaly na klidnější emocionální rozpoložení psů po intervencích. Hodnoty slinného kortizolu a oxytocinu nevykazovaly statisticky významné změny mezi jejich hladinami před a po sezení. Stabilní hladina kortizolu značí absenci sympatické nervové aktivace v odpověď na AAA, a že sekreci neovlivnily faktory, jako je přeprava či očekávání nadcházející intervence (Clark et al., 2020). Jelikož oxytocin figuruje v regulaci stresové odpovědi, může být využit jako biomarker při zkoumání duševního stavu psů pracujících v AAI (Beetz et al., 2012). Clark et al. (2020) nepozorovali ve své studii zvýšení hladin oxytocinu pravděpodobně z důvodu absence ustanovení jakýchkoliv pokynů pro interakci pacientů se psy – nemuselo docházet k vysoké míře kontaktu. Přístup aplikovaný studií je zřejmě více podobný realitě AAI, a její výsledky tudíž lépe reprezentují stav terapeutických psů. Po intervenci se významně snížila průměrná teplota tympanické membrány pravého ucha oproti teplotám naměřeným před jejím začátkem (Clark et al., 2020). Mozek zpracovává některé vjemy laterálně a změna teplot pravé tympanické membrány poukazuje na změnu v aktivitě pravé mozkové hemisféry, jež se účastní stresové reakce (Rogers, 2010; Siniscalchi et al., 2018). Snížení teploty bylo interpretováno jako indikátor uvolněnosti psů. Teplota levé tympanické membrány nevykazovala významné hodnoty. Z parametrů srdeční činnosti byla sledována tepová frekvence a některé parametry variability srdeční frekvence (HRV). Nižší tepová frekvence i vyšší HRV indikují pozitivní stav psů (Appelhans and Luecken, 2006). Srdeční frekvence byla ke konci sezení průměrně výrazně nižší než na jejím začátku, avšak ukazatele HRV zaznamenaly jen statisticky nepodstatné rozdíly (Clark et al., 2020).

Ng et al. (2014) sledovali a porovnávali působení AAA sezení, neznámého a domácího prostředí hladiny kortizolu ve slinách a behaviorální projevy a jejich změny v čase u psů pracujících v AAA. Studie se účastnilo 15 terapeutických týmů, z nichž se každý během 2 týdnů v na sebe nenavazující dny zúčastnil 3 „procedur“ pozorování (3 typů podmínek): při AAA sezení, v neznámém prostředí a domácím prostředí. Při AAA proceduře se psi účastnili alespoň 60minutové skupinové intervence pro univerzitní studenty. V rozvrhu každého typu procedury byly zahrnuty také 3 pětiminutové bloky hlazení psů – při typu neznámého a domácího prostředí hladil psy psovod a při typu AAA

sezení pro psa cizí osoba. Výsledky prokazují absenci výrazné stresové reakce a stresových projevů chování při 60minutovém sezení AAA, jsou-li interakce regulovány a je dohlíženo na bezpečnost. Pouze hladiny kortizolu v neznámém prostředí byly statisticky významně vyšší. Také vliv času na koncentrace kortizolu nebyl statisticky významný. Behaviorální projevy byly pozorovány pouze pro bloky hlazení psů. Projevy stresového chování nebyly svou frekvencí v domácím prostředí oproti AAA sezení odlišné. Statisticky významné procentuální odlišnosti mezi jednotlivými typy procedur byly zaznamenány jen u projevů stání, ležení a bezcílného přecházení. Byly zjištěny vyšší hodnoty projevu stání v neznámém prostředí a při AAA sezení oproti domácímu prostředí. Ležení bylo pozorováno více v domácím prostředí než v během AAA a v neznámém prostředí. Bezcílné přecházení bylo zaznamenáno více během AAA než v domácím i neznámém prostředí. U většiny behaviorálních projevů nebyla zjištěna statisticky významná korelace s hodnotami kortizolu až na projevy funění, zavřené tlamy, sezení a stání. V neznámém prostředí koncentrace kortizolu negativně korelovaly s funěním a též pozitivně korelovaly s projevem zavřené tlamy. Sezení psa s koncentrací kortizolu korelovalo pozitivně v neznámém prostředí a v AAA. Stání psa s koncentrací kortizolu negativně korelovalo během AAA (Ng et al., 2014).

Ve výzkumu Clark et al. (2019) byl zkoumán vliv různých frekvencí AAI na hladiny kortizolu ve slinách 4 terapeutických psů. Intervence trvaly vždy 15 minut, měly skupinový charakter s neměnným složením účastníků a náplň sestávala z hlazení psa a konverzování. Psi se postupně účastnili 4 typů programů (každý trvající 4 týdny) s různou frekvencí intervencí: program A aplikoval sezení 2krát týdně, program B 1 sezení týdně, program C 1 sezení za 2 týdny, program D 1 sezení za 4 týdny. Celkově se tak zúčastnili 15 sezení a po dobu trvání studie nesměli vykonávat jiné intervence. Vyhodnocení výsledků poukázalo na významný rozdíl ve vlivu programů a též vlivu individuality na hladiny kortizolu. Pouze programu A zaznamenal statisticky významný rozdíl hodnot kortizolu po intervenci oproti základním hodnotám – po AAI sezeních se v průměru snížily. Z těchto výsledků lze usoudit, že známost pacientů působí pozitivně na stav psa při výkonu AAI. U výsledků ostatních programů (B, C, D) nebyla prokázána statistická významnost. Nejmladší pes měl po intervencích ze všech jedinců průměrně nejvyšší koncentrace kortizolu. Nejstarší pes vykazoval ze všech průměrně nejnižší hladiny kortizolu. Opět mohla mít vliv známost pacientů a prostředí, jelikož nejmladší pes pracoval na klinice nejkratší dobu a nejstarší pes nejdéle ze všech subjektů (Clark et al., 2019).

Závěr

Stres u psů se hodnotil nejčastěji zjišťováním fyziologických markerů, a to hladin kortizolu a parametry srdeční činnosti, a řadou behaviorálních projevů jako např. orální projevy (olizování pysků, čenichu a vyplazování jazyka), funění, zívání, vokalizace (např. štěkání, vrčení), čištění se, zvedání přední tlapy, chvění či oklepání se, drbání se a přikrčení (Glenk et al., 2014; Ng et al., 2014; Palestrini et al., 2017; McCullough et al., 2018; Clark et al., 2019; Corsetti et al., 2019; Clark et al., 2020). U psů pracujících v AAI nemusel být stres prostřednictvím behaviorálních projevů rozeznán, neboť bývají vybírání a cvičení zůstat klidní i ve stresujících situacích (Viau et al., 2010). Bylo zjištěno, že některé typy chování poukazující na stres (např. zívání, olizování pysků, funění) mohou být nástrojem pro vypořádání se se stresem, a proto vést k pozorování vyšších frekvencí stresového chování s nižšími hladinami kortizolu (Rehn and Keeling, 2011; Shiverdecker et al., 2013; McCullough et al., 2018). Pro dosažení nejpřesnějších závěrů je proto vhodné sledovat behaviorální i fyziologické ukazatele stresu zároveň (Hekman et al., 2014; Palestrini et al., 2017). Byl zjištěn pozitivní vliv pozornosti psovoda vůči projevům psa na eliminaci stresu (McCullough et al., 2018). Dobrý vztah a důvěra mezi psem a jeho psovodem měla potenciálně pozitivní vliv na emocionální stav psa a zasadila se tak na snížení stresu psa (Corsetti et al., 2019). Předvídatelnost intervence a známost pacientů měla též pozitivní dopad na hladinu stresu psů (Glenk et al., 2014; Palestrini et al., 2017; Clark et al., 2019). Regulace a kontrola nad průběhem intervenčních sezení měly vliv na nižší potenciál vzniku situací pro psy stresujících (Ng et al., 2014; Palestrini et al.,

2017). Pokud se psi mohli během intervencí pohybovat volně bez vodítka, došlo u nich ke snížení hladin fyziologických stresových markerů (Glenk et al., 2013; Glenk et al., 2014). Psi se s přibývajícím věkem naučili lépe vyjadřovat pomocí svých behaviorálních projevů, díky čemuž lépe zvládali stresové situace a fyziologicky nevykazovali výrazné projevy stresu (McCullough et al., 2018). Také psi dobře trénovaní v oblasti AAI a pracovně zkušenější lépe zvládali intervence a nezažívali tolik stresu (Corsetti et al., 2019; Clark et al., 2020). Interpretace výsledků studií se často opírala o hypotézy, které by měly být do budoucna prověřeny.

Literatura

- Appelhans, B.M., Luecken, L.J. 2006. Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of General Psychology* 10: 229-240.
- Beerda, B., Schilder, M.B., Van Hooff, J.A., De Vries, H.W., Mol, J.A. 1998. Behavioural, saliva cortisol and heart rate responses to different types of stimuli in dogs. *Applied Animal Behaviour Science* 58: 365-381.
- Beetz, A., Uvnäs-Moberg, K., Julius, H., Kotrschal, K. 2012. Psychosocial and psychophysiological effects of human-animal interactions: the possible role of oxytocin. *Frontiers in Psychology* 3: 234.
- Clark, S.D., Martin, F., McGowan, R.T., Smidt, J.M., Anderson, R., Wang, L., Turpin, T., Langenfeld-McCoy, N., Bauer, B.A., Mohabbat, A.B. 2020. Physiological state of therapy dogs during animal-assisted activities in an outpatient setting. *Animals* 10: 819.
- Clark, S.D., Smidt, J.M., Bauer, B.A. 2019. Welfare considerations: Salivary cortisol concentrations on frequency of therapy dog visits in an outpatient hospital setting: A pilot study. *Journal of Veterinary Behavior* 30: 88-91.
- Corsetti, S., Ferrara, M., Natoli, E. 2019. Evaluating stress in dogs involved in Animal-Assisted Interventions. *Animals* 9: 833.
- Fries, E., Dettenborn, L., Kirschbaum, C. 2009. The cortisol awakening response (CAR): facts and future directions. *International Journal of Psychophysiology* 72: 67-73.
- Glenk, L.M., Kothgassner, O.D., Stetina, B.U., Palme, R., Kepplinger, B., Baran, H. 2013. Therapy dogs' salivary cortisol levels vary during animal-assisted interventions. *Animal Welfare* 22: 369-378.
- Glenk, L.M., Kothgassner, O.D., Stetina, B.U., Palme, R., Kepplinger, B., Baran, H. 2014. Salivary cortisol and behavior in therapy dogs during animal-assisted interventions: A pilot study. *Journal of Veterinary Behavior* 9: 98-106.
- Glenk, L.M. 2017. Current perspectives on therapy dog welfare in animal-assisted interventions. *Animals* 7: 7.
- Gottschalk, J., Einspanier, A., Ungemach, F.R., Abraham, G. 2011. Influence of topical dexamethasone applications on insulin, glucose, thyroid hormone and cortisol levels in dogs. *Research in Veterinary Science* 90: 491-497.
- Hekman, J., Karas, A., Sharp, C. 2014. Psychogenic stress in hospitalized dogs: cross species comparisons, implications for health care, and the challenges of evaluation. *Animals* 4: 331-347.
- Chu, B., Marwaha, K., Sanvictores, T., Awosika, A.O., Ayers, D. 2024. Physiology, stress reaction [online]. [vid. 20. 3. 2025]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541120/>
- Kartashova, I.A., Ganina, K.K., Karelina, E.A., Tarasov, S.A. 2021. How to evaluate and manage stress in dogs—a guide for veterinary specialist. *Applied Animal Behaviour Science* 243: 105458.
- Ketchesin, K.D., Stinnett, G.S., Seasholtz, A.F. 2017. Corticotropin-releasing hormone-binding protein and stress: from invertebrates to humans. *Stress*. 20: 449-464.
- Kruger, K.A., Trachtenberg, S.W., Serpell, J.A. Can Animals Help Humans Heal? Animal-Assisted Interventions in Adolescent Mental Health. In: *Can Animals Help Humans Heal? Animal-Assisted Interventions in Adolescent Mental Health* 2004. Pennsylvania: Center for the Interaction of Animals and Society (CIAS).
- Lawrence, A.B., Vigors, B., Sandøe, P. 2019. What Is so Positive about Positive Animal Welfare?-A Critical Review of the Literature. *Animals* 9: 783.
- McCullough, et al. 2018. Physiological and behavioral effects of animal-assisted interventions on therapy dogs in pediatric oncology settings. *Applied Animal Behaviour Science* 200: 86-95.
- McEwen, B.S. 2007. Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain. *Physiological Reviews* 87: 873-904.

- Mongillo, P., Pitteri, E., Adamelli, S., Bonichini, S., Farina, L., Marinelli, L. 2015. Validation of a selection protocol of dogs involved in animal-assisted intervention. *Journal of Veterinary Behavior* 10: 103-110.
- Palestrini, C., Calcaterra, V., Cannas, S., Talamonti, Z., Papotti, F., Buttram, D., Pelizzo, G. 2017. Stresslevel evaluation in a dog during animal-assisted therapy in pediatric surgery. *Journal of Veterinary Behavior* 17: 44-49.
- Pastore, C., Pirrone, F., Balzarotti, F., Faustini, M., Pierantoni, L., Albertini, M. 2011. Evaluation of physiological and behavioral stress-dependent parameters in agility dogs. *Journal of Veterinary Behavior* 6: 188-194.
- Rehn, T., Keeling, L.J. 2011. The effect of time left alone at home on dog welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 129: 129-135.
- Rogers, L.J. 2010. Relevance of brain and behavioural lateralization to animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 127: 1-11.
- Shiverdecker, M.D., Schiml, P.A., Hennessy, M.B. 2013. Human interaction moderates plasma cortisol and behavioral responses of dogs to shelter housing. *Physiology & Behavior* 109: 75-79.
- Siniscalchi, M., d'Ingeo, S., Fornelli, S., Quaranta, A. 2018. Lateralized behavior and cardiac activity of dogs in response to human emotional vocalizations. *Scientific Reports* 8: 77.
- Tanaka, K., Tanaka, H., Kanemoto, Y., Tsuboi, I. 1998. The effects of nonsteroidal tiinflammatory drugs on immune functions of human peripheral blood mononuclear cells. *Immunopharmacology* 40: 209-217.
- Viau, R., Arsenault-Lapierre, G., Fecteau, S., Champagne, N., Walker, C.D., Lupien, S. 2010. Effect of service dogs on salivary cortisol secretion in autistic children. *Psychoneuroendocrinology* 35: 1187-1193.
- Webster, J. 2005. *Animal Welfare: Limping Towards Eden*. 2nd ed. Blackwell Publishing Ltd. UK.
- Winkle, M., Johnson, A., Mills, D. 2020. Dog Welfare, Well-Being and Behavior: considerations for Selection, Evaluation and Suitability for Animal-Assisted Therapy. *Animals* 10: 2188.

WELFARE PSŮ NA VEŘEJNÝCH VYSTOUPENÍCH

WELFARE OF DOGS AT PUBLIC EVENTS

Dominik Vacuška*, Zdeňka Vacušková, Eva Voslášková, Vladimír Večerek

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

This study focuses on the assessment of dog welfare at public events using ethological observations and evaluation of changes in surface temperature. Both methods were applied to a group of 10 dogs. During the evaluation of surface temperature changes, a significant increase in temperature was recorded after the dogs returned from judging to their portable crates ($p = 0.0126$). In the behavioral analysis, the most frequently observed behaviors were lip licking, the so-called “whale eye,” and shaking off ($p < 0.01$). A statistically significant increase in the frequency of selected calming signals occurred only in the first interval after returning from judging ($p < 0.05$). Subsequently, both the frequency of calming signals and surface temperature values returned to pre-judging levels. The results therefore suggest a positive effect of placing dogs in portable crates at such events.

Key words: canine, exhibitions, calming signals, ethology, thermography

Souhrn

Tato studie se zabývá hodnocením welfare psů na veřejných vystoupeních s využitím etologických pozorování a hodnocení změn povrchové teploty. Hodnocení pomocí obou metod bylo provedeno na skupině 10 psů. V průběhu hodnocení změn povrchové teploty byl prokázán významný nárůst teplot v rámci měření po návratu z posuzování do přenosného boxu ($p = 0,0126$). V rámci behaviorální analýzy byly nejčastěji pozorovanými prvky chování olizování se, takzvané velrybí oko a otřepání se ($p < 0,01$). K statistickému zvýšení četnosti vybraných konejšivých signálů došlo pouze v prvním intervalu po návratu z posuzování ($p < 0,05$). Následně četnosti výskytu konejšivých signálů i hodnoty povrchové teploty opět klesly na hodnoty před posuzováním. Výsledky tedy naznačují pozitivní vliv umisťování psů do přenosných boxů na podobných akcích.

Klíčová slova: canine, výstavy, konejšivé signály, etologie, termografie

Úvod

V posledních desetiletích se stále větší pozornost věnuje dobrým životním podmínkám zvířat (Mellor, 2012; Kremer et al., 2020). Řada studií se zabývala stresovými reakcemi psů v různých situacích, a to jak z hlediska behaviorálních, tak fyziologických ukazatelů, zejména měřením hladiny kortizolu či srdeční frekvence (Beerda et al., 1997; Beerda et al., 1998; Ogata et al., 2006; Fallani et al., 2007; Part et al., 2014)). Pro hodnocení pohody zvířat je vhodné kombinovat více metod. Za vhodné se v současné době považuje doplňovat hodnocení stresu psů o behaviorální kontext. Bez něj bývá totiž obtížné vyvodit závěr, zda zvýšené hodnoty indikují distress nebo eustres (Edgar et al., 2012). Jednou z neinvazivních metod ke zkoumání stresových reakcí u zvířat je využití IRT imaging technology, tedy měření změn povrchové teploty zvířat v důsledku změn v průtoku krve způsobených stresujícími podmínkami prostředí (Travain et al., 2015; Alvarado et al., 2022; Zheng et al., 2022). Teploty malých oblastí kolem okraje víčka a slzného karunkulu, které

* vacuskad@vfu.cz

mají bohaté kapilární řečiště inervované sympatickým systémem, reagují zejména na změny v průtoku krve (Pavlidis et al., 2002; Travain et al., 2015).

Vhodnost metody podporují dosavadní výsledky napříč druhovým spektrem analyzovaných zvířat, kdy byla prokázána pozitivní korelace s hladinou kyseliny mléčné v krvi, pH a ztrátou tekutiny z musculus longissimus u porážených prasat (Weschenfelder et al., 2013), s hladinou slinného kortizolu dostihových koní (Valera et al., 2012), hustotou osazení haly drůbeže (Abudabos et al., 2013) či teplotním stresem jehňat (Paim et al., 2012) a psů (Budny-Walczak et al., 2024). Měření však mohou ovlivnit jiné faktory, které je potřeba eliminovat, a mezi které patří zejména teplota prostředí, přímé zdroje tepla, proudění vzduchu či vlhkost (Travain and Valsecchi, 2021).

Nejen změny v mimice tváře, ale také změny pohybu a postoje těla se řadí mezi citlivé indikátory emočního stavu daného jedince (Hall et al., 2018; Bremhorst et al., 2019; Flint et al., 2024). Jsou popsány různé kombinace jednotlivých prvků chování, různé frekvence využívání v závislosti na okolních podmínkách nebo také takzvaný syndrom vyhoření (Bremhorst et al., 2019; Cortesi et al., 2025). I přes vysoký význam působení chronického stresu se většina studií zaměřovala na vlivy stresu akutního (Beerda et al., 1997). Řada studií zaměřených na behaviorální známky stresu u psů uvádí jako nejčastěji vykonávané prvky chování spojené se stresovou situací zvýšenou lokomoční aktivitu, úlekové reakce, lapání po dechu, rozšíření zornic či takzvané velrybí oko, uhýbání pohledem, chvění, kňučení, nadměrné olizování, zívání, schovávání se, zdvihání končetiny a snížené držení těla (Beerda et al., 1999; Beerda et al., 2000; Dreschel and Granger, 2005; Kartashova et al., 2021). Současné studie mají snahu zdůraznit, že welfare nezahrnuje pouze absenci negativních behaviorálních projevů, ale také přítomnost pozitivního chování (Hemsworth et al., 2015; Polgár et al., 2019; Csoltova and Mehinagic, 2020). Odpověď organismu je však výsledkem kombinace individuálního vnímání dané situace a dalších faktorů včetně genetické výbavy, povahy jedince či dřívějších zkušeností, a proto je i přes zmíněné výsledky studií nutné brát v potaz individualitu každého jedince a tím vzniklé možné rozdíly v průběhu vyhodnocování dat (Haubenhofner and Kirchengast, 2007; McCullough et al., 2018). Vliv na četnosti behaviorálních projevů stresu u psů, rovněž jako na hladiny slinného kortizolu může mít věk, zkušenosti a trénink psa včetně jeho navykání na dané situace nebo také předvídatelné prostředí či naopak nové sociálně-ekologické okolnosti a v neposlední řadě mikroklima prostředí (Haubenhofner et al., 2005; Sherman and Mills, 2008; Marinelli et al., 2009; King et al., 2011; Glenk et al., 2013; Glenk et al., 2014; Ng et al., 2014).

Současné studie se zabývají otázkou, do jaké míry jsou určité behaviorální projevy psů spojeny s negativním stresem či pozitivním vzrušením (Haubenhofner and Kirchengast, 2006; Edgar et al., 2012). Při zohlednění celosvětového zájmu a počtu chovaných psů, zajištění jejich pohody a identifikace situací a okolností, které mohou ohrozit dobré životní podmínky zvířat, zůstává klíčovou oblastí vědeckého úsilí (Glenk and Foltin, 2021; de Winkel et al., 2024).

Materiál a metodika

K hodnocení welfare bylo využito analýz behaviorálních projevů a změn povrchové teploty 10 psů různých plemen. Měření povrchové teploty bylo prováděno u každého zvířete čtyřikrát, vždy po 20 minutách aklimatizace v přenosném boxu, po návratu z kruhu a následně dvakrát v patnáctiminutových intervalech. U každého psa byla opakovaně snímána povrchová teplota z vnitřního koutku oka termokamerou testo 890-2 (Testo SE & Co. KGaA, Německo) s nastavenou emisivitou 0,98 (Zheng et al., 2022). V prostorách akce byla udržována teplota 22,5 °C při vlhkosti vzduchu 62 %.

V rámci behaviorální analýzy byly na základě odborné literatury hodnoceny následující prvky chování – olizování, uhýbání pohledem, velrybí oko, hledání vizuálního kontaktu s majitelem, otřepání, snaha odejít a zdvihání končetiny. Pro analýzu četností jednotlivých prvků chování byly pořízeny kontinuální videozáznamy paralelně pomocí dvou videokamer Sony AX53 a vyhodnoceny pomocí softwaru The Observer XT (Noldus Information Technology, Nizozemsko). Pro samostatné

hodnocení byly stanoveny časové pětiminutové intervaly, z nichž tři byly před posuzováním v kruhu a šest po návratu psa do boxu.

V rámci behaviorální analýzy byly získané četnosti statisticky vyhodnocena v programu Unistat 5.6 for Excel (Unistat Ltd., London, UK) s využitím X^2 testu. V témže programu byla statisticky vyhodnocena data pro hodnocení změn povrchové teploty. Pro tato data byl nejprve proveden test normality (Shapiro-Wilk test) a na základě jeho výsledku (normální rozdělení) byla data dále vyhodnocena pomocí testu ANOVA a Tukey-HSD test. Hodnota $p > 0,05$ byla stanovena jako statisticky nevýznamná. Naopak hodnota $p < 0,05$ byla vyhodnocena jako statisticky významná a hodnota $p < 0,01$ jako statisticky vysoce významná.

Výsledky a diskuze

Výsledky ukazují zvýšení povrchové teploty, respektive vyšší četnosti hodnocených behaviorálních projevů, po návratu psů z posuzování.

V rámci analýzy změn povrchové teploty psů byla při prvním měření po aklimatizaci zaznamenána povrchová teplota vnitřního koutku oka $36,72 \pm 0,89$ °C. Při měření po návratu psů z posuzování byla zaznamenána statisticky významně vyšší povrchová teplota, a to $38,76 \pm 0,49$ °C ($p = 0,0126$). Hodnoty povrchové teploty naměřené po následujících patnáctiminutových intervalech již byly srovnatelné s prvním měřením ($p > 0,05$). Zvýšení povrchové teploty psů po jejich posuzování mohlo být zapříčiněno mnoha faktory, které při ostatních měřeních byly eliminovány. Mezi zmíněné faktory lze zařadit samotnou manipulaci se psem a zejména interakci s osobami a ostatními psy. Na faktory prostředí ovlivňující reakci organismu svými zjištěními odkazuje řada autorů napříč širokým spektrem využívání psů (Schilder and van der Borg, 2004; Haubenhof et al., 2005; Bellaio et al., 2009; Kiddie and Collins, 2014; Ng et al., 2014; Palestini et al., 2017). Na tomto místě je důležité podotknout, že odpověď organismu na uvedené spektrum faktorů je výsledkem kombinace individuálního vnímání dané situace a odráží mimo jiné také povahu jednotlivých psů, dřívější zkušenosti a návyky i genetickou individualitu jedinců (Haubenhof et al., 2007; McCullough et al., 2018). Získané výsledky mohou naznačovat důležitost pro psa bezpečného úkrytu minimalizující vlivy uvedených faktorů jakožto způsobu potenciálního úniku z nekomfortní situace (Sherman and Mills, 2008; Glenk et al., 2013).

V rámci analýzy behaviorálních projevů bylo nejčastěji zaznamenáno olizování se, takzvané velrybí oko a otřepání se ($p < 0,01$). V rámci četností těchto nejčastěji zaznamenaných prvků chování bylo psy nejvíce využíváno olizování se ($p = 0,0212$, respektive $p = 0,0265$). Orální behaviorální projevy, zejména pak právě olizování, bývají u psů často jedny z nejvyužívanějších (Beerda et al., 1999; McCullough et al., 2018). Mezi četnostmi výskytu takzvaného velrybího oka a otřepání se významný rozdíl zaznamenaný nebyl ($p > 0,05$).

K významně vyššímu využívání analyzovaných behaviorálních projevů, jež lze spojovat se snížením pohody psů, došlo pouze v pětiminutovém intervalu po návratu z posuzování ($p < 0,05$). Vyšší zastoupení konejšivých signálů v tomto intervalu může být výsledkem snahy psů o zklidnění po nucené interakci s ostatními psy a cizími osobami, kde hraje důležitou roli také míra tohoto kontaktu (Beerda et al., 1999; Glenk et al., 2014). Při srovnávání četností pozorovaných prvků chování v ostatních intervalech nebyl zaznamenaný statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Zaznamenané individuální odchylky, zejména ve druhém pětiminutovém intervalu po návratu do boxu, mohou být způsobeny individualitou a zkušenostmi jednotlivých psů (Haubenhof et al., 2005; Ng et al., 2014). Po uklidnění v prvním pětiminutovém intervalu po návratu do boxu již psi díky minimalizaci vlivu okolních faktorů tedy nevykazují vyšší množství konejšivých signálů. Možný delší výskyt těchto prvků chování by v jistých případech mohl být zapříčiněn délkou trvání interakce s ostatními psy a osobami (Haubenhof et al., 2007). Uváděné behaviorální prvky byly spojeny také s vystavením psů sociálnímu či prostorovému omezení (Beerda et al., 2000), v tomto případě však prostor boxu představuje ochranu před faktory s potenciálně negativním vlivem (Sherman and Mills, 2008).

Je důležité podotknout, že jednotlivé typy veřejných vystoupení se psy se mohou lišit a nelze jejich vliv na pohodu zvířat jednoznačně spojovat s negativním stresem či pozitivním vzrušením (Haubenhofer and Kirchengast, 2006; Edgar et al., 2012). Umístění psů na těchto akcích do přenosných boxů však může přispět ke zklidnění zvířat, a mohou tedy mít pozitivní dopad na jejich pohodu.

Závěr

Výsledky studie ukazují, že během veřejných vystoupení dochází u psů ke změnám jak v povrchové teplotě, tak i v četnosti behaviorálních projevů, které mohou být spojeny se stresem. Manipulace se psy v rámci jejich posuzování se ukázala jako faktor ovlivňující pohodu zvířat. Zároveň je patrné, že doba nutná k návratu k fyziologickým hodnotám teplot, nepřekračuje 15 minut. V rámci využívání uklidňujících signálů byl jejich významný výskyt pouze v prvním pětiminutovém intervalu po návratu. Situace si žádá další a podrobnější analýzu s vyšším počtem zastoupených zvířat na vyšším počtu akcí. Prvotní výsledky však naznačují pouze krátkodobou zátěž organismu v průběhu posuzování a manipulace se psy. Zároveň v nich lze také pozorovat důležitost úkrytu či místa, které minimalizuje vlivy okolních faktorů a které pes může považovat za bezpečné.

Literatura

- Abudabos, A.M., Samara, E.M., Hussein, E.O.S., Al-Ghadi, M.Q., Al-Atityat, R.M. 2013. Impacts of stocking density on the performance and welfare of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science* 12: e11.
- Alvarado, A.C., Burnes, J.M., Medina, P.M., Avalos, I.H., Oliva, A.D., García, K.L., Prado, J.G., Rojas, D.M. 2022. Thermal and circulatory changes in diverse body regions in dogs and cats evaluated by infrared thermography. *Animals* 12: 789.
- Beerda, B., Schilder, M.B.H., Van Hooff, J.A.R.A.M., De Vries, H.W. 1997. Manifestations of chronic and acute stress in dogs. *Applied Animal Behaviour Science* 52: 307-319.
- Beerda, B., Schilder, M.B.H., Van Hooff, J.A.R.A.M., De Vries, H.W., Mol, J.A. 1998. Behavioral, saliva cortisol and heart rate responses to different types of stimuli in dogs. *Applied Animal Behaviour Science* 58: 365-381.
- Beerda, B., Schilder, M.B.H., Van Hooff, J.A.R.A.M., De Vries, H.W., Mol, J.A. 1999. Chronic stress in dogs subjected to social and spatial restriction. I. Behavioral responses. *Physiology & Behavior* 66: 233-242.
- Beerda, B., Schilder, M.B.H., Van Hooff, J.A.R.A.M., De Vries, H.W., Mol, J.A. 2000. Behavioural and hormonal indicators of enduring environmental stress in dogs. *Animal Welfare* 9: 49-62.
- Bellaio, E., Normando, S., Bono, G. 2009. Stress assessment in rescue dogs during routine training sessions. *Journal of Veterinary Behavior* 4: 83.
- Bremhorst, A., Sutter, N.A., Würbel, H., Mills, D.S., Riemer, S. 2019. Differences in facial expressions during positive anticipation and frustration in dogs awaiting a reward. *Scientific Reports* 9: 19312.
- Budny-Walczak, A., Wilk, M., Kupczyński, R. 2024. Infrared thermography in assessment of facial temperature of racing sighthound-type dogs in different environmental conditions. *Animals* 8: 1180.
- Cortesi, B.C., Palestini, C., Buttram, D., Cannas, S. 2025. Stress and burnout in dogs involved in animal assisted interventions: A survey of Italian handlers' opinion. *Journal of Veterinary Behavior* 78: 63-69.
- Csoltova, E., Mehinagic, E. 2020. Where do we stand in the domestic dog (*Canis familiaris*) positive-emotion assessment: a state-of-the-art review and future direction. *Frontiers of Psychology* 11: 2131.
- De Winkel, T., Van Der Steem, S., Enders-Slegers, M.J., Griffioen, R., Haverbeke, A., Groenewoud, D., Hediger, K. 2024. Observational behaviors and emotions to assess welfare of dogs: A systematic review. *Journal of Veterinary Behavior* 72: 1-17.
- Dreschel, N.A., Granger, D.A. 2005. Physiological and behavioral reactivity to stress in thunderstorm-phobic dogs and their caregivers. *Applied Animal Behaviour Science* 95: 153-168.
- Edgar, J.L., Nicol, C.J., Clark, C.C.A., Paul, E.S. 2012. Measuring empathic responses in animals. *Applied Animal Behaviour Science* 138: 182-193.
- Fallani, G., Prato previde, E., Valsecchi, P. 2007. Behavioral and physiological responses of guide dogs to a situation of emotional distress. *Physiology & Behavior* 90: 648-655.

- Flint, H.E., Weller, J.E., Parry-Howells, N., Ellerby, Z.W., McKay, S.L., King, T. 2024. Evaluation of indicators of acute emotional states in dogs. *Scientific Reports* 14: 6460.
- Glenk, L.M., Kothgassner, O.D., Stetina, B.U., Palme, R., Kepplinger, B., Baran, H. 2013. Therapy dogs' salivary cortisol levels vary during animal-assisted interventions. *Animal Welfare* 22: 369-378.
- Glenk, L.M., Kothgassner, O.D., Stetina, B. U., Palme, R., Kepplinger, B., Baran, H. 2014. Salivary cortisol and behavior in therapy dogs during animal-assisted interventions: A pilot study. *Journal of Veterinary Behavior* 9: 98-106.
- Glenk, L.M., Foltin, S. 2021. Therapy dog welfare revisited: A review of the literature. *Veterinary sciences* 8: 226.
- Hall, C., Randle, H., Pearson, G., Preshaw, L., Waran, N. 2018. Assessing equine emotional state. *Applied Animal Behaviour Science* 205: 183-193.
- Haubenhof, D.K., Kirchengast, S. 2006. Physiological arousal for companion dogs working with their owners in animal-assisted activities and animal-assisted therapy. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 9: 165-172.
- Haubenhof, D.K., Kirchengast, S. 2007. Dog handlers and dogs emotional and cortisol secretion responses associated with animal-assisted therapy sessions. *Society & Animals* 15: 127-150.
- Haubenhof, D., Möstl, E., Kirchengast, S. 2005. Cortisol concentrations in saliva of humans and their dogs during intensive training courses in animal-assisted therapy. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* 92: 66-73.
- Hemsworth, P.H., Mellor, D.J., Gronin, G.M., Tilbrook, A.J. 2015. Scientific assessment of animal welfare. *New Zealand Veterinary Journal* 63: 24-30.
- Kartashova, I.A., Ganina, K.K., Karelina, E.A., Tarasov, S.A. 2021. How to evaluate and manage stress in dogs – A guide for veterinary specialist. *Applied Animal Behaviour Science* 243: 105458.
- Kiddie, J. L., Collins, L. M. 2014. Development and validation of a quality of life assessment tool for use in kennelled dogs (*Canis familiaris*). *Applied Animal Behaviour Science* 158: 57-68.
- King, C., Watters, J., Mungre, S. 2011. Effect of a time-out session with working animal-assisted therapy dogs. *Journal of Veterinary Behavior* 6: 232-238.
- Kremer, L., Klein Holkenborg, S.E.J., Reimert, I., Bolhuis, J.E., Webb, L.E. 2020. The nuts and bolts of animal emotion. *Neuroscience and Behavioral Reviews* 113: 273-286.
- Marinelli, L., Normando, S., Siliprandi, C., Salvadoretti, M., Mongillo, P. 2009. Dog assisted interventions in a specialized centre and potential concerns for animal welfare. *Veterinary Research Communication* 33: 86-95.
- McCullough, A., Jenkins, M.A., Reurhdanz, A., Gilmer, M.J., Olson, J., Pawar A., Holley, L., Sierra-Rivera, S., Linder, D.E., Pichette, D., Grossman, N.J., Hellman, C., Guérin, N.A., O'Haire, M.E. 2018. Physiological and behavioral effects of animal-assisted interventions on therapy dogs in pediatric oncology settings. *Applied Animal Behaviour Science* 200: 86-95.
- Mellor, D.J. 2012. Animal emotions, behaviour and the promotion of positive welfare states. *New Zealand Veterinary Journal* 60: 1-8.
- Ng, Z.Y., Pierce, B.J., Otto, C.M., Buechner-Maxwell, V.A., Siracusa, C., Werre, S.R. 2014. The effect of dog-human interaction on cortisol and behavior in registered animal-assisted activity dogs. *Applied Animal Behaviour Science* 159: 69-81.
- Ogata, N., Kikusui, T., Takeuchi, Y., Mori, Y. 2006. Objective measurement of fear-associated learning in dogs. *Journal of Veterinary Behavior* 1: 55-61.
- Paim, T.P., Borges, B.O., Lima, P.M.T., Dallago, B.S.L., Louvandini, H., McManus, C. 2012. Relation between thermographic temperatures of lambs and thermal comfort indices. *International Journal of Applied Animal Science* 1: 108-115.
- Palestrini, C., Calcaterra, V., Cannas, S., Talamonti, Z., Papotti, F., Buttram, D., Pelizzo, G. 2017. Stress level evaluation in a dog during animal-assisted therapy in pediatric surgery. *Journal of Veterinary Behavior* 17: 44-49.
- Part, C.E., Kiddie, J.L., Hayes, W.A., Mills, D.S., Neville, R.F., Morton, D.B., Collins, L.M. 2014. Physiological, physical and behavioural changes in dogs (*Canis familiaris*) when kennelled: testing the validity of stress parameters. *Physiology & Behavior* 133: 260-271.
- Pavlidis, I., Eberhardt, N L., Levine, J.A. 2002. Seeing through the face of deception. *Nature* 415: 35.
- Polgár, Z., Blackwell, E.J., Rooney, N.J. Assessing the welfare of kennelled dogs – A review of animal-based measures. *Applied Animal Behaviour Science* 213: 1-13.

- Schilder, M.B.H., van der Borg, J.A.M. 2004. Training dogs with help of the shock collar: Short and long term behavioural effects. *Applied Animal Behaviour Science* 85: 319-334.
- Sherman, B.L., Mills, D. S. 2008. Canine anxiety and phobias: An update on separation anxiety and noise aversions. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 38: 1081-1106.
- Travain, T., Colombo, E.S., Heinzl, E., Bellucci, D., Previde, E.P., Valsecchi, P. 2015. Hot dogs: Thermography in the assessment of stress in dogs (*Canis familiaris*) – A pilot study. *Journal of Veterinary Behavior* 10: 17-23.
- Travain, T., Valsecchi, P. 2021. Infrared thermography in the study of animals' emotional responses: Critical review. *Animals* 11: 2510.
- Valera, M., Bartolomé, E., Sánchez, M.J., Molina, A., Cook, N., Schaefer, A. 2012 Changes in eye temperature and stress assessment in horses during show jumping competitions. *Journal of Equine Veterinary Science* 32: 827-830.
- Weschenfelder, A.V., Maldague, X., Rocha, L.M., Schaefer, A.L., Saucier, L., Faucitano, L. 2013. The use of infra-red thermography for pork quality prediction. *Meat Science* 96: 120-125.
- Zheng, S., Zhou, C., Jiang, X., Huang, J., Xu, D. 2022. Progress on infrared imaging technology in animal production: A review. *Sensors* 22: 705.

STRESOVÉ MARKERY U PRACOVNÍCH PSŮ - REVIEW STRESS MARKERS IN WORKING DOGS - REVIEW

Dominik Vacuška*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

This work addresses the issue of stress assessment in dogs, with an emphasis on non-invasive measurement methods, particularly the analysis of salivary cortisol. The two main stress response pathways – the sympatho-adreno-medullary (SAM) axis and the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis – are described in relation to their physiological effects on dogs. The text highlights the individual variability in stress responses and the lack of universal reference values for stress biomarkers, which complicates data interpretation. The core of the paper focuses on cortisol, its advantages and limitations, and the potential of alternative matrices (blood, urine, feces, hair) and combined approaches with additional biomarkers such as secretory immunoglobulin A (sIgA), chromogranin A, or salivary α -amylase. Practical aspects of saliva sampling, including influencing factors (e.g., age, breed, time of day, environment), are discussed, as well as findings from applied studies in different settings (e.g., shelters, working dogs, animal-assisted therapy). The study underscores the need to combine physiological and behavioral indicators for a comprehensive assessment of stress. Ultimately, the importance of methodological standardization and multi-marker approaches is emphasized.

Key words: welfare, cortisol, biological matrices, canine

Souhrn

Tato práce se zabývá problematikou hodnocení stresu u psů s důrazem na neinvazivní metody měření, především analýzu slinného kortizolu. Popsány jsou dvě hlavní stresové dráhy – sympato-adreno-medulární a hypotalamo-hypofýzo-adrenální osa – a jejich vliv na fyziologické reakce psů. Text upozorňuje na individuální variabilitu stresových odpovědí a absenci univerzálních referenčních hodnot pro stresové markery, což komplikuje interpretaci výsledků. Hlavní část práce je věnována rozboru kortizolu, jeho výhodám i omezením, různým maticím (krev, moč, stolice, srst) a kombinacím s dalšími biomarkery jako jsou sekreční imunoglobulin A, chromogranin A nebo slinná α -amyláza. Dále jsou popsány praktické aspekty odběru slin, faktory ovlivňující koncentrace markerů (např. věk, plemeno, denní doba, prostředí), a výsledky z aplikovaných výzkumů v různých kontextech (např. útulky, služební psi, terapeutické programy). Práce poukazuje na nutnost kombinovat fyziologické a behaviorální metody pro komplexní hodnocení stresu. Závěrem je vyzdvížena potřeba standardizace metod a využití více markerů zároveň.

Klíčová slova: welfare, kortizol, biologické matrice, canine

Úvod

Vztah mezi stresem, zdravím a pohodou psů je významnou oblastí současného vědeckého zájmu (Cobb et al., 2015). Jsou popisovány dvě hlavní dráhy stresového systému, sympato-adreno-medulární osa (SAM) a osa hypotalamus-hypofýza-nadledviny (HPA). Tyto dva stresové systémy koordinují reakci mnoha dalších fyziologických systémů na stresor, včetně imunitního a kardiovaskulárního systému, a navracejí tělo zpět do homeostázy (Marques et al., 2010). Dráha

* vacuskad@vfu.cz

SAM zajišťuje nejrychlejší reakci na stresové podněty aktivací sympatického a parasympatického nervového systému, kdy dochází k uvolňování katecholaminů (adrenalinu a noradrenalinu). Aktivace HPA dráhy následně vede ke zvýšení uvolňování glukokortikoidů (Ulrich-Lai and Herman, 2009). U psů je dominantním glukokortikoidem kortizol (Palme et al., 2005).

Řada autorů zaznamenala individuální odlišnosti stresových odpovědí psů jak behaviorálních, tak i fyziologických (Hiby et al., 2006; Bennett and Hayssen, 2010; Titulaer et al., 2013; Part et al., 2014; Cobb et al., 2016). I přes množství výzkumů stresu u psů nebyl dosud stanoven žádný univerzální kvantitativní a kvalitativní ukazatel stresu, ani jasné referenční intervaly pro stresové hormony. To znamená, že ke každému případu je třeba přistupovat individuálně (Kartashova et al., 2021). I proto je vhodné využívat například odběr slin jako neinvazivní metodu získání matrice pro analýzu stresu u zvířat a vyvarovat se tak co nejvíce stresu vyvolaného samotným odběrem vzorku (Vincent and Michell, 1992). Zejména pak u agresivních nebo dehydratovaných jedinců je analýza ze slinného vzorku vhodnější v souvislosti s bolestí a stresem, a zároveň také jednodušší než odběr vzorku krve (Schöberl et al., 2017). I přes to, že je nutná manipulace se zvířaty, většina psů snáší odběr slin bez obtíží a samotný odběr tak není technicky náročný (Dreschel and Granger, 2009). Samotná zvířata lze také na odběr slin navykat, aby byl snížen stresový potenciál metodiky odběru (Oyama et al., 2014).

Při analýze stresových markerů je rovněž důležité brát ohled na obecnou funkci behaviorálních i fyziologických stresových odpovědí, kdy daná reakce nemusí být nutně spojena s negativním stresem, ale také s pozitivním vzrušením (Haubenhofer and Kirchengast, 2006; Part et al., 2014; Ralph and Tilbrook, 2016). Například syntéza glukokortikoidů se může zvýšit v reakci na radost, nadšení či excitaci, stejně jako v reakci na strach, úzkost a bolest (Mason and Mendl, 1993; Ralph and Tilbrook, 2016). Při analýze stresové odpovědi je proto vhodné kombinovat více metod hodnocení (Beerda et al., 2000; Part et al., 2014; Chmelíková et al., 2020; Kartashova et al., 2021). Zároveň je při zpracování metodik výzkumů, v průběhu analýz a při samotném vyhodnocování nezbytné zohledňovat intraindividuální a interindividuální variabilitu a také vnější proměnné (Dreschel and Granger, 2009; Cobb et al., 2016).

Hodnocení kortizolu jako stresového markeru

Jedním z nejčastěji studovaným markerem stresu je kortizol (Kartashova et al., 2021), který se v posledních letech stal důležitým ukazatelem při hodnocení stresu (Dreschel and Granger, 2009; Bennet and Hayssen, 2010). Přestože krátkodobé účinky stoupajícího kortizolu mají adaptivní funkci při regulaci tělesných procesů v organismu, dlouhodobé vysoké hladiny kortizolu mohou vést k nemocem souvisejícím se stresem a jsou spojovány s negativními účinky na zdraví (Chrousos, 2009). Koncentrace kortizolu ve slinách psů se tak používá jako měřítko pohody zvířat, generalizované stresové reakce, reakce na akutní podněty a reakce na zásahy v různých testovacích prostředích (Cobb et al., 2016). Mimo to, bývá jeho analýza využívána také ve spojitosti s endokrinními a dermatologickými onemocněními (Wenger-Riggenbach et al., 2010).

Některé studie naznačují, že hladina kortizolu u psů se mění podle cirkadiálního rytmu, přičemž vrchol nastává v ranních hodinách a postupně klesá až do večera (Beerda et al., 1996; Horváth et al., 2007). Pozdější studie naopak uvádí vrchol v období poledne (Giannetto et al., 2014). Výzkumy také naznačují, že kortizolová odpověď na stresor může být ovlivněna společností dalších psů (Dreschel and Granger, 2005). Stejně tak se koncentrace kortizolu u psů mohou lišit v závislosti na prostředí odběru vzorků (Sandri et al., 2015). Variabilita v koncentracích napříč studiemi může být také ovlivněna plemennou příslušností a s ní spojenými povahovými vlastnostmi (Höglund et al., 2016), kdy k analýzám bývají využívána různá plemena psů i kříženci (Batt et al., 2008; Dreschel and Granger, 2009; Colussi et al., 2018; Lensen et al., 2019; Chmelíková et al., 2020).

Další fyziologické a biochemické markery stresu

Kromě kortizolu patří mezi využívané stresové markery také prolaktin. Ten byl stanovován jak v krvi, tak i ve slinách, avšak výsledky nebyly uspokojivé a analýza prolaktinu pro tyto účely byla označena za nespolehlivou (Gutiérrez et al., 2019a; Gutiérrez et al., 2019b). Kromě zmíněných látek byl dále jako marker stresu využíván sekreční imunoglobulin A (Svobodová et al., 2014; Staley et al., 2018; Lensen et al., 2019) či chromogranin A (Lensen et al., 2019) a jeho epitopy katestatin ze slin či vazostatin (Srithunyarat et al., 2018). I přes to, že každý rok přibývají nové údaje o fyziologických markerech stresu u psů, stále není možné určit ten nejvhodnější. Markery se proto často studují v kombinacích (Kartashova et al., 2021). Kombinované hodnocení stresu pomocí hladin kortizolu a sekrečního imunoglobulinu A ukázalo, že interpretaci výsledků mohou zkomplikovat různé faktory. Například reakce na akutní stres může záviset na věku, kdy u štěňat byly pozorovány vyšší koncentrace sekrečního imunoglobulinu A po stresu, avšak u dospělých psů jeho hladina ve slinách po stresu klesala (Svobodová et al., 2014). Hladina sekrečního imunoglobulinu A však závisí také na fyziologických ukazatelích zdravotního stavu psa. Prudký nárůst tělesné hmotnosti například způsobují zvýšení koncentrace tohoto markeru (Van de Velde et al., 2012). Samotné hladiny tohoto markeru také mohou ovlivnit zkušenosti, motivace konkrétních psů nebo také doba působení stresoru. Pro objektivní posouzení stresové reakce se proto analýza sekrečního imunoglobulinu A doporučuje doplnit analýzou kortizolu či jiných biomarkerů, a také hodnocením behaviorálních projevů (Staley et al., 2018).

Existují i další potenciální markery stresu, které jsou v současnosti předmětem studií. Příkladem může být slinná α -amyláza, která má také výhodu neinvazivního odběru vzorku. Její koncentrace se u psů zvýšila po aktivaci sympatiku, která obvykle odpovídá stresové reakci (Contreras-Aguilar et al., 2017). Je pravděpodobné, že u psů se aktivita slinné α -amylázy zvyšuje v důsledku stresu vyvolaného onemocněním (Hong et al., 2019). Další studie prokázala vliv výkonu práce na expresi mRNA genů GLUT4 (glukózový transportér 4), COX2 (cyklooxygenáza 2), SOD1 (superoxiddismutáza 1) a HSP70 (protein tepelného šoku 70) ve slinách (Diverio et al., 2014).

Pro měření stresu lze také využít biochemickou analýzu krve, analýzu počtu buněk nebo také variabilitu srdeční frekvence (Bergeron et al., 2002; Perego et al., 2014; Liang et al., 2018; Ortmeyer and Katzel, 2020). Studie stresu během pozemní a letecké přepravy ukázala, že průměrný počet neutrofilů byl významně vyšší a průměrný počet lymfocytů byl významně nižší po přepravě (Bergeron et al., 2002). Za využití koncentrace monocytů, neutrofilů a lymfocytů byla také analyzována adaptace psů po letecké přepravě. Výsledky ukázaly, že absolutní počet neutrofilů, lymfocytů a monocytů, stejně jako procento neutrofilů, se významně zvýšily během jednoho dne po letu (Liang et al., 2018). Koncentrace lymfocytů a neutrofilů byla rovněž využita při studiu pohody psů v útulcích. Zatímco koncentrace lymfocytů se v porovnání s prvními dny v útulku po čtyřech týdnech zvýšila, koncentrace neutrofilů klesala. To naznačuje zlepšení celkového zdraví a adaptace psů v průběhu času (Righi et al., 2019).

Výše zmíněná srdeční frekvence (HR) a její zvýšení, a snížení variability srdeční frekvence (HRV) jsou základní fyziologické reakce na stres a lze je tedy také využít při analýze úrovně stresu a úzkosti u psů. Tyto ukazatele jsou standardní a lze je většinou bez větších obtíží posoudit. Jedinou podmínkou při jejich využití je vyloučení kardiovaskulárních potíží u analyzovaného zvířete (Kartashova et al., 2021). I na těchto parametrech byla provedena studie týkající se stresové zátěže při transportu. Bylo prokázáno, že se srdeční frekvence zvýšila a variabilita srdeční frekvence snížila na počátku transportu, přičemž tyto fyziologické změny nezávisely na zkušenostech psů (Herbel et al., 2020). Za využití zmíněných parametrů se také analyzoval vliv prostředí, ve kterém psi čekají před veterinárním vyšetřením. Studie dokládají, že srdeční frekvence přesně odráží účinek stresujícího prostředí čekárny u zdravých psů (Perego et al., 2014). Bylo prokázáno, že průměrná, maximální a minimální srdeční frekvence byla výrazně vyšší ve skupině psů, kteří čekali v čekárně kliniky, ve srovnání se skupinou psů, kteří čekali ve venkovním prostředí na zahradě (Juodžentė et al., 2018). Byly také studovány metabolické rysy psů spojených se strachem. U psů různých plemen

se ukázalo, že nejvíce patrné bylo zvýšení hladiny glutaminu a gama-glutamylglutaminu v plazmě (Puurunen et al., 2018).

Metody odběru a možnosti využití matric pro stanovení stresu

Již zmíněný kortizol bývá hojně využíván jako měřítko aktivity hypothalamo-hypofýzo-nadledvinové osy a je možné ho stanovovat z různých matric (Cobb et al., 2016). Koncentrace kortizolu byly analyzovány v krvi (Vincent and Michell, 1992; Beerda et al., 1999; Haverbeke et al., 2008), slinách (Vincent and Michell, 1992; Dreschel and Granger, 2005; Coppola et al., 2006; Dreschel and Granger, 2009; Cobb et al., 2016), moči (Stephen and Ledger, 2006), výkalech (Accorsi et al., 2008) či srsti (Heimbürge et al., 2019; Packer et al., 2019), přičemž byly prokazovány statisticky významné korelace zejména mezi hladinami kortizolu v krvi a ve slinách (Vincent and Michell, 1992). Akutní stres byl pomocí hladiny kortizolu měřen v séru, slinách, moči a stolici (Beerda et al., 1999; Titulaer et al., 2013; Hennessy, 2013; Part et al., 2014). Analýza kortizolu ve slinách a ve stolici poskytuje informace o stresu prožitém v předchozích minutách (sliny) nebo hodinách (výkaly). Aby bylo možné využití těchto matric pro sledování chronického stresu, musí se odebírat větší množství vzorků ve více časových úsecích (Grigg et al., 2017). Úroveň chronického stresu u psů bývá tedy často hodnocena pomocí analýzy kortizolu ve vzorcích srsti (Bryan et al., 2013; Siniscalchi et al., 2013; Roth et al., 2016; Packer et al., 2019). Do srsti je ukládán kortizol a další steroidy po celou dobu růstu srsti, což reflektuje stresové působení v předchozích týdnech až měsících (Sheriff et al., 2011; Bryan et al., 2013; Heimbürge et al., 2019). Analýza kortizolu v srsti je proto v těchto případech praktická metoda, neboť je méně invazivní než měření koncentrace kortizolu ze vzorků krve. Zároveň je tato metoda méně pracná než sledování chronického stresu ze vzorků slin či trusu (Bennett and Hayssen, 2010; Russell et al., 2012; Grigg et al., 2017). Ve srovnávacích studiích byla prokázána významná korelace nejen slinného a plasmatického kortizolu (Vincent and Michell, 1992; Giannetto et al., 2014; Srithunyararat et al., 2018), ale také slinného kortizolu a kortizolu analyzovaného v srsti (Bennet and Hayssen, 2010).

Vzhledem ke komplexní povaze stresové reakce a absenci jasných referenčních intervalů by mělo být pozorování slinného kortizolu doplněno etologickým pozorováním (Chmelíková et al., 2020; Kartashova et al., 2021). Je však třeba poznamenat, že behaviorální příznaky stresu nemusí vždy pozitivně korelovat s produkcí stresových hormonů. Kromě behaviorálních pozorování je vhodné doplnit měření kortizolu o další slinné stresové markery sympatiko-adrenálně-medulární a hypothalamo-hypofýzárně-adrenální dráhy. Toto komplexní posouzení vlivu stresu na jedince umožní charakterizovat úroveň a typ stresu (Chmelíková et al., 2020). Kombinace behaviorálních a fyziologických analýz má potenciál poskytnout spolehlivé výsledky při hodnocení dobrých životních/pracovních podmínek zvířat (Glenk et al., 2014; Kartashova et al., 2021).

Koncentrace kortizolu v srsti může sloužit jako indikátor chronického stresu a využití této matrice se při sledování účinků dlouhodobých stresorů spojených se sociálním i fyzickým prostředím jeví jako praktičtější než využití vzorků slin či trusu (Bryan et al., 2013). Mezi faktory spojené s vyššími koncentracemi kortizolu v srsti patří psychosociální stresory (například soužití s vyšším počtem psů) a životní styl spojený s fyzickou aktivitou. Naopak sociální úzkost či úzkost za přítomnosti cizího člověka, zdravotní stav a většina medikace snižují hladinu kortizolu ukládaného v srsti (Packer et al., 2019). Studie však naznačují, že ukládání kortizolu v srsti je ovlivněno také takovými faktory, jakými je věk, gravidita, zbarvení srsti, oblast těla a s ní spojené místo odběru, dále také pohlaví či roční období (Bennett and Hayssen, 2010; Heimbürge et al., 2019). Celkově je tedy při použití kortizolu jako ukazatele úrovně stresu u psů důležité vzít v úvahu mnoho různých faktorů, jako jsou individuální rozdíly ve fyziologických reakcích na stres a asociace s rysy chování, jako je strach, reaktivita nebo schopnost reagovat na trénink (Lensen et al., 2019), věk, pohlaví a sociální vztah s majitelem (Schöberl et al., 2016; Svobodová et al., 2014; Wojtaš et al., 2020), nadměrná fyzická aktivita (Fergestad et al., 2016), návyk na dané situace včetně klinických postupů (Srithunyararat et al., 2018) a také sociální prostředí (Dreschel and Granger, 2005).

Koncentrace kortizolu může také individuálně odrážet reakce zvířete na nové prostředí (Rossi et al., 2018). Bylo prokázáno, že stabilita osobnosti psů se s rostoucím věkem zvyšuje. S ustálením osobnosti psa pak může souviset také stabilizace fyziologických reakcí na různé podněty (Fratkin et al., 2013). Rovněž špatná socializace štěnat, nedostatek výcviku a nevhodná účast na akcích často vedly až k rozvoji sociální fobie (Puurunen et al., 2020). Naopak časná a správně provedená socializace psů může zlepšit jejich chování ve stresových situacích v dospělosti (Foyer et al., 2013). Mezi stresové situace zatěžující řadu psů patří takzvaná separační úzkost. Výzkum založený na analýze slinného kortizolu prokázal, že stres vyvolaný odchodem majitele lze fyziologicky snížit tím, že se psovi umožní čichat pach majitele nebo slyšet nahrávku jeho hlasu. V souladu s tím může být tato metoda užitečná pro majitele, pokud je aplikována spolu s praktickým výcvikem nebo farmakologickou terapií jako způsob léčby psů se separační úzkostí (Shin and Shin, 2016). I přes rozmanitost faktorů s potenciálním vlivem na hodnoty kortizolu studie nezaznamenaly signifikantní rozdíly mezi plemeny či významný vliv hmotnosti, pohlaví nebo věku (Haubenhofer et al., 2005; Coppola et al., 2006; Stephen and Ledger, 2006; Bennet and Hayssen, 2010). Jiná studie naopak na základě svých výsledků naznačuje, že velikost psů, pohlaví a doba odběru vzorků v různých prostředích musí být považovány za faktory, které mohou ovlivnit hodnoty bazálního kortizolu ve slinách (Sandri et al., 2015).

Ačkoliv je odběr slin neinvazivní a technická nenáročnost umožňuje také snadné zaškolení personálu, stále je při něm nutná manipulace se psem, která danému jedinci může být nepříjemná a může mít stresový potenciál (Dreschel and Granger, 2009). Často se lze také setkat se vzorky obsahující nedostatečné množství slin, které nejsou následně použitelné pro analýzu. Mezi příčinami takových situací lze uvést obranné pohyby psa, jako je například třesení hlavy, couvání či uhýbání hlavou. Dalšími důvody vedoucími k nepoužitelnosti vzorku je kontaminace zbytky krmiva či krve, dále selhání při žvýkání vatového tamponu nebo nadměrné žvýkání vedoucí k jeho zničení. Pro některé členy z personálu či majitele psů pak může být obtížné získat vzorky slin a metodu následně považují za nepraktickou (Wenger-Riggenbach et al., 2010). Stresový potenciál lze snížit návykem psa na danou manipulaci. Například i pravidelné čištění zubů u psů zmírňuje vliv procesu sběru slin na jejich pohodu a u takových psů jsou pak detekovány nižší koncentrace kortizolu (Oyama et al., 2014). S touto problematikou také souvisí experiment zkoumající, zda existuje reakce na manipulaci v podobě zvýšení koncentrace slinného kortizolu. Závěrem této studie bylo zjištěno, že manipulace při odběru vzorku trvající do čtyř minut významně neovlivnila koncentrace kortizolu (Kobelt et al., 2003). Pozdější studie však prokázala, že koncentrace kortizolu se významně zvýšila u psů, u kterých trval odběr slin déle než dvě minuty a při samotném odběru vzorku slin by tak měl být kladen důraz na rychlost provedení (Oyama et al., 2014). Ve studiích se pak doba odběru vzorku nejčastěji pohybuje v rozmezí jedné a půl minuty do dvou minut (Mongillo et al., 2013; Morrow et al., 2015). Doba 90 – 120 vteřin je pak již považována za dostatečnou pro nasycení odběrového tamponu slinami (Sandri et al., 2015).

Ohledně metodiky získávání vzorků slin u psů bylo zkoumáno využití stimulantů slinění obsažených v odběrovém materiálu, konkrétně kyseliny citronové, ochucení hovězím bujonem, zázvorovým práškem či přiloženým pamlskem (Dreschel and Granger, 2009; Meunier et al., 2021). Ačkoliv byl odběrový materiál ochucený hovězím bujonem pro psy atraktivní a usnadňoval samotný odběr, nebyl vyhodnocen jako vhodný. Složky ochucovadel totiž vnášejí do měření koncentrace kortizolu nepředvídatelnou variabilitu, a rovněž nebyla vyloučena interference složek ochucovadel s činidly imunoanalýzy. Jako nevhodný stimulant byla vyhodnocena také kyselina citronová. Ta v malém množství významně neovlivňovala měření kortizolu, avšak při jejím využití se psi bránili odběru slin a nebyl prokázán ani významný vliv stimulantu na množství získaných slin (Dreschel and Granger, 2009). Nejvyšší stimulační účinek byl prokázán při využití zázvorového prášku. Koncentrace kortizolu se mezi jednotlivými experimentálními skupinami vzorků významně nelišily, avšak jeho koncentrace byla významně vyšší mezi kontrolní skupinou a skupinou využívající zázvorový prášek (Meunier et al., 2021). Aby bylo zabráněno možným kontaminacím

a potenciálním interferencím v průběhu analýzy, je možné ke stimulaci slinění využívat pouze čichových vjemů (Batt et al., 2008; Bennet and Hayssen, 2010; Ligout et al., 2010; Part et al., 2014; Yong and Ruffman, 2014).

Pro samotné laboratorní zpracování se následně sliny extrahují z absorpčního materiálu a pokud se analýza neprovádí ihned, dávají se vzorky na přechodnou dobu zamrazit (Cobb et al., 2016; Chmelíková et al., 2020). Řada studií pracujících se slinami psů doporučuje skladovat vzorky až do jejich použití při teplotě - 80 °C (Horváth et al., 2007; Batt et al., 2008; Hekman et al., 2012; Bryan et al., 2013; Part et al., 2014; Yong and Ruffman, 2014). Bylo však využíváno také zamrazení při teplotách - 40 °C (Dreschel and Granger, 2005; Dreschel and Granger, 2009), a také - 20 °C (Mongillo et al., 2013; Glenk et al., 2014; Sandri et al., 2015; Colussi et al., 2018; Lensen et al., 2019; Wojtaš et al., 2020; Riggio et al., 2022). K extrakci slinného vzorku z absorpčního materiálu se využívá centrifugace, nejčastěji při 3000 otáčkách za minutu po dobu 15 minut (Horváth et al., 2007; Batt et al., 2008; Dreschel and Granger, 2009; Glenk et al., 2014), avšak bylo využito i nižšího počtu otáček – 1500 (Collussi et al., 2018) a také kratší doby centrifugace – 10 minut (Haubenhofer et al., 2005).

Z výše uvedeného je zřejmé, že ačkoliv metodika odběru, extrakce a skladování vzorků významně ovlivňuje získané výsledky, není používána metodika napříč studiemi jednotná. Bylo by proto vhodné standardizovat použité postupy, aby se zjednodušilo porovnávání výsledků jednotlivých studií (Chmelíková et al., 2020).

Po extrakci se následně vzorky testují na koncentraci kortizolu pomocí validovaných radio- nebo enzymatických imunoanalýz (Bryan et al., 2013; Cobb et al., 2016). Ke stanovení koncentrace slinného kortizolu bývá hojně využíváno komerčních souprav pro enzymovou imunoanalýzu (Hekman et al., 2012; Yong and Ruffman, 2014; Sandri et al., 2015; Cobb et al., 2016; Wojtaš et al., 2020; Riggio et al., 2022). Při analýze se slinné vzorky testují alespoň v duplikátech (Glenk et al., 2014). Princip imunoanalýzy spočívá v soutěži mezi antigenem, v tomto případě kortizolem, a značenou formou téhož antigenu označeného enzymy (EIA) nebo radioizotopy (RIA) o vazebná místa protilátky (Darwish, 2006). Koncentrace kortizolu byly měřeny také pomocí kapalinové chromatografie s tandemovou hmotnostní spektrometrií (Bryan et al., 2013; Meunier et al., 2021).

Samotné zjištěné koncentrace se pak obtížněji srovnávají, neboť jednotliví autoři využívají odlišných jednotek (Chmelíková et al., 2020). Je třeba také poznamenat, že psi, kteří jsou v každodenním životě náchylnější ke stresu, mají často vyšší základní hladiny stresových markerů, což může vést k oslabení akutní stresové reakce v důsledku negativní fyziologické zpětné vazby (Protopopova, 2016). Řada autorů potvrzuje vysokou variabilitu koncentrace slinného kortizolu a v rámci takzvaných bazálních hodnot se pohybují v rozmezí od 0,7 do 16,8 nmol/l s průměrem hodnot 8,2 nmol/l (Beerda et al., 1998; Bergeron et al., 2002; Dreschel and Granger, 2009; Pastore et al., 2011). Tato průměrná hodnota pak po přepočtu jednotek odpovídá 0,2972 µg/dl, která se nachází na horní hranici bazálního rozmezí 0,02-0,3 µg/dl dle Bennett and Hayssen (2010). Pro přehlednost uvádím toto rozmezí v jiných, autory často využívaných jednotkách: 0,02-0,3 µg/dl = 0,2-3 ng/ml = 0,5517- 8,2759 nmol/l. Napříč dalšími studiemi se lze například setkat také s bazálními hodnotami $3,9 \pm 0,2$ nmol/l (uváděno ve formátu medián $\pm$ SD) u psů sloužících pro výuku veterinární medicíny (Heather et al., 2013), $11,6 \pm 7,7$ nmol/l u psů před záchranářskými zkouškami (Handlers, 2020) nebo také $6,3 \pm 0,4$ nmol/l u psů využitých pro srovnávací studie s vlky (Da Silva Vasconcellos et al., 2016). Ke stanovení bazálních hodnot slinného kortizol bylo také využito součinnosti majitelů, jejichž psi nebyli zapojeni do žádných fyzických ani psychických aktivit. V získaných vzorcích slin z několika dní od deseti psů nikdy nepřekročila koncentrace slinného kortizolu hodnotu 3,0 ng/ml (8,2759 nmol/l) a nebyla prokázána žádná významná cirkadiánní odchylka (Colussi et al., 2018). Naopak podle studie provedené ve standardizovaných podmínkách za přísného řízení odběru vzorků vykazuje slinný kortizol cirkadiánní rytmus s vrcholem kolem poledne (Giannetto et al., 2014).

Aplikace v praxi

Zvýšené koncentrace slinného kortizolu byly prokázány v mnoha studiích analyzujících koncentrace tohoto markeru v průběhu potenciálně stresových situací. Výsledky studie zabývající se canisterapeutickými psy na základě analýzy slinného kortizolu naznačují, že účastníci se psi nebyli akutně stresováni (Glenk et al., 2014). Rovněž se ukázalo, že jak při tréninku, tak při zkušené terapii se hladiny kortizolu u psů během canisterapeutických intervencí nezvýšily. Nicméně významné snížení kortizolu bylo zjištěno u zkušených terapeutických psů, kteří byli během terapie bez vodítka, což naznačuje, že použití vodítka by mohlo být důležitým faktorem (Glenk et al., 2013).

Beerda et al. (1998) ve své studii akutní stresové reakce psů na různé stimuly uvádí významné zvýšení kortizolu ve slinách při vystavení psů zvukovým výbuchům. Průměrné hladiny kortizolu ve slinách dosáhly maximálně $16,7 \pm 12,1$ nmol/l ($6,0538 - 4,3862$ ng/ml; $0,6054 - 0,4386$ µg/dl). K normalizaci hladin kortizolu vždy došlo do šedesáti minut od stimulu.

Výzkum zkoumající vliv denní doby a místa odběru na koncentraci kortizolu ve slinách využil 30 zdravých psů, kterým byly odebírány vzorky v domácím prostředí a na veterinární klinice, vždy v časech 8:00, 11:00, 14:00 a 17:00. Mezi koncentracemi v různých časových bodech nebo na různých místech nebyl prokázán významný rozdíl (Wenger-Riggenbach et al., 2010). V pozdější studii s cílem prokázat, zda je jednorázový odběr slin využitelný jako výchozí hodnota koncentrace kortizolu daného jedince se průměrné naměřené koncentrace významně nelišily. Zjištěné hodnoty byly $1,90 \pm 1,59$ ng/ml při ranních odběrech, $2,20 \pm 1,84$ ng/ml v průběhu dne a $1,72 \pm 1,88$ ng/ml při večerních odběrech (Colussi et al., 2018). Jako nejvhodnější vzorky využitelné pro výchozí hodnoty jsou nejčastěji považovány vzorky odebírané ve večerních hodinách (Giannetto et al., 2014; Glenk et al., 2014; Sandri et al., 2015; Colussi et al., 2018).

Hladina kortizolu byla analyzována u psů v průběhu záchranných zkoušek. Průměrné hladiny kortizolu byly před zkouškami 4,2 ng/ml a po zkouškách 4,89 ng/ml. (Wojtaš et al., 2020). Wojtaš et al. (2020) dále uvádí srovnání získaných koncentrací slinného kortizolu od jiných autorů. Obě jím získané hodnoty, před a po záchranných zkouškách (4,2 ng/ml a 4,89 ng/ml) byly vyšší než průměrné hladiny kortizolu ve slinách u psů vystavených různým stresovým situacím, jak uvádí Beerda et al. (1998) (1,89 ng/ml), Colussi et al. (2018) (3 ng/ml), Wenger-Riggenbach et al. (2010) (0,48 ng/ml) a Vincent a Michell 1992 (1,7 ng/ml). Stejně tak své výsledky porovnal s daty týkajícími se terapeutických psů, kde v porovnání s neutrálními podmínkami došlo ke zvýšení průměrné hladiny kortizolu v průběhu terapeutické aktivity (pod 4 ng/ml) (Glenk et al., 2014). Z toho Wojtaš et al. (2020) vyvodil závěr o vysoké stresové zátěži pro psy v průběhu zkoušek.

V průběhu studie týkající se služebních psů bylo zjištěno, že koncentrace kortizolu po testu simulujícím ohrožení cizí osobou ($0,14 \pm 0,31$ µg/dl; $1,4 \pm 3,1$ ng/ml; $3,8621 \pm 8,5517$ nmol/l) byly významně vyšší než před testem ($0,10 \pm 0,08$ µg/dl; $0,1 \pm 0,08$ ng/ml; $2,7586 \pm 2,2069$ nmol/l). Ve skupině starších psů v porovnání s mladšími byly zjištěny významné rozdíly mezi koncentracemi kortizolu před a po testování. Při srovnání ranních a odpoledních výsledků byly zjištěny vyšší koncentrace u ranních vzorků, zvýšení obou hodnot v průběhu testování však bylo srovnatelné (Horváth et al., 2007). Navazující studie zjistila, že celkově krátkodobá herní interakce s psovodem významně nezměnila koncentrace kortizolu u psů na úrovni populace. Současně byl zaznamenán rozdíl v koncentracích slinného kortizolu mezi skupinami policejních psů a psů pohraniční stráže v průběhu hravého chování, jež bylo dle behaviorální analýzy bez rozdílů. To znamená, že policejní psi mohli předvádět hravé chování jako součást výcvikového cvičení („dostali povel ke hře“), zatímco psi pohraniční stráže si mohli spontánně hrát se svým psovodem. V důsledku toho mohla sociální hra zprostředkovat vnitřní stav, který byl spojen s nižšími koncentracemi kortizolu (Horváth et al., 2008).

Byl proveden také výzkum dávající si za cíl dát do souvislosti spontánní projevy chování s koncentrací kortizolu ve slinách. Byla však prokázána pouze mírná korelace některých prvků chování s hladinou slinného kortizolu (medián $0,43$ µg/dl; $4,3$ ng/ml; $11,8621$ nmol/l). Konkrétně se

jednalo o pokládání hlavy, typické dýchání a olizování se (Hekman et al., 2012). Ve studiích používajících stejnou imunoanalytickou soupravu (Salimetrics, State College, PA, USA) jako Hekman et al. (2012) byla průměrná koncentrace kortizolu ve slinách psů doprovázených svými majiteli na veterinární klinice 0,17 µg/dl (1,7 ng/ml; 4,6897 nmol/l) (Dreschel a Granger, 2009), zatímco koncentrace kortizolu ve slinách u psů s fobií z bouřky se během ní zvýšila z bazálního průměru 0,1 µg/dl (1 ng/ml; 2,7589 nmol/l) na průměr 0,2 µg/dl (2 ng/ml; 5,5172 nmol/l) (Dreschel a Granger, 2005) a u psů původně umístěných v útulcích se průměrné koncentrace kortizolu ve slinách pohybovali v rozmezí od 0,19 do 1,09 µg/dl (1,9 – 10,9 ng/ml; 5,2414 – 30,069 nmol/l) (Belpedio et al., 2010).

Bylo rovněž studováno, zda reakce na stres měřená pomocí fyziologických markerů v jednom kontextu souvisí s obecným chováním psů v každodenním životě. U dvou skupin psů (štěňata a mladí dospělí psi) byla měřena fyziologická reakce psů na stres po testu chování v domácím prostředí pro tři slinné markery: kortizol, chromogranin A a sekreční imunoglobulin A. Na základě těchto hodnot bylo pro každý marker zjišťováno, zda existuje spojitost mezi fyziologickou reakcí a behaviorálními projevy v každodenním životě psů. Zjištění naznačují, že zvýšené hladiny chromograninu A a kortizolu 10 minut po behaviorálním testu odrážely adaptivní reakci na stres, zatímco zvýšené hladiny 40 minut po testu odrážely neúspěšné zvládání stresu. Zároveň bylo zjištěno, že behaviorální vzorce spjaté se sekrečním imunoglobulinem A se lišily od chování spojeného chromograninem A a kortizolem. Zjištěné rozdíly v analyzovaných markerech potvrzují důležitost kombinovaných analýz, které mohou poskytnout přesnější indikaci úrovně stresu (Lensen et al., 2019).

Závěr

Hodnocení stresu u psů je komplexní úkol, který vyžaduje multidimenzionální přístup. Ačkoli je kortizol široce využívaným a cenným markerem stresové odezvy, jeho analýza a interpretace výsledků je komplikována mnoha faktory, včetně individuálních odchylek, vlivu prostředí či cirkadiálních změn. Neinvazivní odběr slin nabízí praktickou cestu k získání dat, avšak metodiku sběru a zpracování je potřeba standardizovat. Kombinace fyziologických markerů s behaviorálním pozorováním představuje optimální strategii pro objektivní hodnocení stresu. Současnou výzvou je validace jednotlivých markerů napříč různými kontexty, stejně jako zohlednění dlouhodobých stresových vlivů pomocí analýzy chronického stresu. Efektivní a etický výzkum stresu u psů tak může výrazně přispět ke zlepšení welfare zvířat při různých způsobech jejich využití.

Literatura

- Accorsi, P.A., Carloni, E., Valsecchi, P., Viggiani, R., Gamberoni, M., Tamanini, C., Seren, E. 2008. Cortisol determination in hair and faeces from domestic cats and dogs. *General and Comparative Endocrinology* 155: 398-402.
- Batt, L.S., Batt, M. S., Baguley, J.A., McGreevy, P.D. 2008. Factors associated with success in guide dog training. *Journal of Veterinary Behavior* 3: 143-151.
- Beerda, B., Schilder, M.B.H., Bernadina, W., Van Hooff, J.A.R.A.M., De Vries, H.W., Mol, J.A. 1999. Chronic stress in doogs subjected to social and spatial restriction: II. Hormonal and immunological responses. *Physiology & Behavior* 66: 243-254.
- Beerda, B., Schilder, M.B.H., Janssen, N., Mol, J.A. 1996. The use of saliva cortisol, urinary cortisol, and catecholamine measurements for a noninvasive assessment of stress responses in dogs. *Hormones and Behavior* 30: 272-279.
- Beerda, B., Schilder, M.B.H., Van Hoof, J.A.R.A.M., De Vries, H.W., Mol, J.A. 1998. Behavioural, saliva cortisol and heart rate responses to different types of stimuli in dogs. *Applied Animal Behaviour Science* 58: 365-381.
- Beerda, B., Schilder, M.B.H., Van Hoof, J.A.R.A.M., De Vries, H.W., Mol, J.A. 2000. Behavioural and hormonal indicators of enduring environmental stress in dogs. *Animal Welfare* 9: 49-62.

- Belpedio, C., Buffington, L., Clusman, C., Prete, F., Sadler, A., Whittemore, L., Mungre, S. 2010. Effect of multidog play groups on cortisol levels and behavior of dogs (*Canis lupus familiaris*) housed in a humane society. *Journal of Applied Companion Animal Behavior* 4: 15-27.
- Bennett, A., Hayssen, V. 2010. Measuring cortisol in hair and saliva from dogs: coat color and pigment differences. *Domestic Animal Endocrinology* 39: 171-180.
- Bergeron, R., Scott, S.L., Émond, J.-P., Mercier, F., Cook, N.J., Schaefer, A.L. 2002. Physiology and behavior of dogs during air transport. *Canadian Journal of Veterinary Research* 66: 211-216.
- Bryan, H.M., Adams, A.G., Invik, R.M., Wynne-Edwards, K.E., Smits, J.E.G. 2013. Hair as a meaningful measure of baseline cortisol levels over time in dogs. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 52: 189-196.
- Cobb, M., Branson, N., McGreevy, P., Lill, A., Bennett, P. 2015. The advent of canine performance science: Offering a sustainable future for working dogs. *Behavioural Processes* 110: 96-104.
- Cobb, M.L., Iskandarani, K., Chinchilli, V.M., Dreschel, N.A. 2016. A systematic review and meta-analysis of saliva cortisol measurement in domestic canines. *Domestic Animal Endocrinology* 57: 31-42.
- Colussi, A., Stefanon, B., Adorini, Ch., Sandri, M. 2018. Variations of salivary cortisol in dogs exposed to different cognitive and physical activities. *Italian Journal of Animal Science* 17: 1030-1037.
- Contreras-Aguilar, M.D., Tecles, F., Martínez-Subiela, S., Escribano, D., Bernal, J.J., Cerón, J.J. 2017. Detection and measurement of alpha-amylase in canine saliva and changes after an experimentally induced sympathetic activation. *BMC Veterinary Research* 13: 266.
- Coppola, C.L., Grandin, T., Enns, R. M. 2006. Human interaction and cortisol: Can human contact reduce stress for shelter dogs? *Physiology & Behavior* 87: 537-541.
- Darwish, I.A. 2006. Immunoassay methods and their applications in pharmaceutical analysis: Basic methodology and recent advances. *International Journal of Biomedical Science* 2: 217-235.
- Da Silva Vasconcellos, A., Virányi, Z., Range, F., Ades, F., Scheidegger, J.K., Möstl, E., Kotrschal, K. 2016. Training reduces stress in human-socialised wolves to the same degree as in dogs. *PLoS One* 11: 1-19.
- Diverio, S., Guelfi, G., Barbato, O., Di Mari, W., Egidi, M.G., Santoro, M.M. 2014. Non-invasive assessment of animal exercise stress: real-time PCR of GLUT4, COX2, SOD1 and HSP70 in avalanche military dog saliva. *Animal* 9: 104-109.
- Dreschel, N.A., Granger, D.A. 2005. Physiological and behavioral reactivity to stress in thunderstorm-phobic dogs and their caregivers. *Applied Animal Behaviour Science* 95: 153-168.
- Dreschel, N.A., Granger, D.A. 2009. Methods of collection for salivary cortisol measurement in dogs. *Hormones and Behavior* 55: 163-168.
- Fergestad, M.E., Jahr, T.H., Krontveit, R. I., Skancke, E. 2016. Serum concentration of gastrin, cortisol and C-reactive protein in a group of Norwegian sled dogs during training and after endurance racing: a prospective cohort study. *Acta Veterinaria Scandinavica* 58: 1-10.
- Foyer, P., Wilsson, E., Wright, D., Jensen, P. 2013. Early experiences modulate stress coping in a population of German shepherd dogs. *Applied Animal Behaviour Science* 146: 79-87.
- Fratkin, J.L., Sinn, D.L., Patall, E.A., Gosling, S.D. 2013. Personality Consistency in dogs: A meta-analysis. *PLoS One* 8: e54907.
- Giannetto, C., Fazio, F., Assenza, A., Alberghina, D., Panzera, M., Piccione, G. 2014. Parallelism of circadian rhythmicity of salivary and serum cortisol concentration in normal dogs. *Journal of Applied Biomedicine* 4: 229-233.
- Glenk, L.M., Kothgassner, O.D., Stetina, B.U., Palme, R., Kepplinger, B., Baran, H. 2013. Therapy dogs' salivary cortisol levels vary during animal-assisted interventions. *Animal Welfare* 22: 369-378.
- Glenk, L.M., Kothgassner, O.D., Stetina, B.U., Palme, R., Kepplinger, B., Baran, H. 2014. Salivary cortisol and behavior in therapy dogs during animal-assisted interventions: A pilot study. *Journal of Veterinary Behavior* 9: 98-106.
- Grigg, E.K., Nibblett, B.M., Robinson, J.Q., Smits, J. E. 2017. Evaluating pair versus solitary housing in kennelled domestic dogs (*Canis familiaris*) using behaviour and hair cortisol: a pilot study. *Veterinary Record Open* 4: e000193.
- Gutiérrez, J., Gazzano, A., Pirrone, F., Sighieri, C., Mariti, Ch. 2019a. Investigating the role of prolactin as a potential biomarker of stress in castrated male domestic dogs. *Animals* 9: 676.
- Gutiérrez, J., Gazzano, A., Torracca, B., Meucci, V., Mariti, C. 2019b. Determination of prolactin in canine saliva: is it possible to use a commercial ELISA kit? *Animals* 9: 418.
- Handler, T. 2020. Salivary cortisol interactions in search and rescue dogs and their handlers. *Animal* 10: 595.

- Haubenhof, D.K., Kirchengast, S. 2006. Physiological arousal for companion dogs working with their owners in animal-assisted activities and animal-assisted therapy. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 9: 165-172.
- Haubenhof, D., Möstl, E., Kirchengast, S. 2005. Cortisol concentrations in saliva of humans and their dogs during intensive training courses in animal-assisted therapy. *Veterinary Medicine Austria* 92: 66-73.
- Haverbeke, A., Diederich, C., Depiereux, E., Giffroy, J. M. 2008. Cortisol and behavioral responses of working dogs to environmental challenges. *Physiology & Behavior* 93: 59-67.
- Heather, M., Bryan, M., Adams, A.G., Invik, R.M., Wynne-Edwards, K.E., Smiths, J.E.G. 2013. Hair as a meaningful measure of baseline cortisol levels over time in dogs. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 52: 189-196.
- Heimbürge, S., Kanitz, E., Otten, W. 2019. The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. *General and Comparative Endocrinology* 270: 10-17.
- Hekman, J.P., Karas, A.Z., Dreschel, N.A. 2012. Salivary cortisol concentrations and behavior in a population of healthy dogs hospitalized for elective procedures. *Applied Animal Behaviour Science* 141: 149-157.
- Hennessy, M.B. 2013. Using hypothalamic-pituitary-adrenal measures for assessing and reducing the stress of dogs in shelters: A review. *Applied Animal Behaviour Science* 149: 1-12.
- Herbel, J., Aurich, J., Gautier, C., Melchert, M., Aurich, C. Stress response of beagle dogs to repeated short-distance road transport. *Animals* 10: 1-17.
- Hiby, E., Rooney, N., Bradshaw, J. 2006. Behavioural and physiological responses of dogs entering rehoming kennels. *Physiology & Behavior* 89: 385-391.
- Höglund, K., Lequarré, A. S., Ljungvall, I., Mc Entee, K., Merveille, A.C., Wiberg, M., Gouni, V., Lundgren Willesen, J., Hanås, S., Wess, G., Mejer Sørensen, L., Tired, L., Kierczak, M., Forsberg, S.K.G., Seppälä, E., Lindblad-Toh, K., Lohi, H., Chetboul, V., Fredholm, M., Häggström, J. 2016. Effect of breed on plasma endothelin-1 concentration, plasma renin activity, and serum cortisol concentration in healthy dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 30: 566-573.
- Hong, H.R., Oh, Y.I., Kim, Y.J., Seo, K.W. 2019. Salivary alpha-amylase as a stress biomarker in diseased dogs. *Journal of Veterinary Science* 20: 1-4.
- Horváth, Z., Dóka, A., Miklósi, Á. 2008. Affiliative and disciplinary behavior of human handlers during play with their dog affects cortisol concentrations in opposite directions. *Hormones and Behavior* 1: 107-114.
- Horváth, Z., Igyártó, B.Z., Magyar, A., Miklósi, Á. 2007. Three different coping styles in police dogs exposed to a short-term challenge. *Hormones and Behavior* 52: 621-630.
- Chmelíková, E., Bolechová, P., Chaloupková, H., Svobodová, I., Jovičić, M., Sedmíková, M. 2020. Salivary cortisol as a marker of acute stress in dogs: a review. *Domestic Animal Endocrinology* 72: 106428.
- Chrousos, G.P. 2009. Stress and disorders of the stress system. *Nature Reviews Endocrinology* 5: 374-381.
- Juodžentė, D., Karvalienė, B., Riškevičienė, V. 2018. The influence of the duration of the preoperative time spent in the veterinary clinic without the owner on the psychogenic and oxidative stress in dogs. *Journal of Veterinary Medical Science* 80: 1129-1133.
- Kartashova, I.A., Ganina, K.K., Karelina, E.A., Tarasov, S.A. 2021. How to evaluate and manage stress in dogs – A guide for veterinary specialist. *Applied Animal Behaviour Science* 243: 105458.
- Kobelt, A.J., Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Butler, K.L. 2003. Sources of sampling variation in saliva cortisol in dogs. *Research in Veterinary Science* 75: 157-161.
- Lensen, R.C.M.M., Moons, C.P.H., Diederich, C. 2019. Physiological stress reactivity and recovery related to behavioral traits in dogs (*Canis familiaris*). *PLoS One* 14: 1-15.
- Liang, W., Zeng, L.-Y., Yu, C.-X., Gao, X.-X., Fu, L.-D., Wang, X. 2018. Effect of flight transport stress on blood parameters in beagles and the anti-stress effect of dangshen. *Animal Models and Experimental Medicine* 1: 162-168.
- Ligout, S., Wright, H., van Driel, K., Gladweel, F., Mills, D.S., Cooper, J.J. 2010. Reliability of salivary cortisol measures in dogs in training context. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 5: 49.
- Marques, A.H., Silverman, M.N., Sternberg, E.M. 2010. Evaluation of stress systems by applying noninvasive methodologies: Measurements of neuroimmune biomarkers in the sweat, heart rate variability and salivary cortisol. *Neuroimmunomodulation* 17: 205-208.
- Mason, G., Mendl, M. 1993. Why is there no simple way of measuring animal welfare? *Animal Welfare* 2: 301-319.

- Meunier, S., Groessl, M., Reusch, C., Boretti, F., Sieber-Ruckstuhl, N. 2021. Salivary cortisol in healthy dogs: a randomized cross-over study to evaluate different saliva stimulation methods and their effects on saliva volume and cortisol concentration. *BMC Veterinary Research* 17: 194.
- Mongillo, P., Pitteri, E., Carnier, P., Gabai, G., Adamelli, S., Marinelli, L. 2013. Does the attachment system towards owners change in aged dogs? *Physiology & Behavior* 120: 64-69.
- Morrow, M., Ottobre, J., Ottobre, A., Neville, P., St-Pierre, N., Dreschel, N., Pate, J. L. 2015. Breed-dependent differences in the onset of fear-related avoidance behavior in puppies. *Journal of Veterinary Behavior* 10: 2866-294.
- Ortmeyer, H.K., Katzel, L.I. 2020. Effects of proximity between companion dogs and their caregivers on heart rate variability measures in older adults: A pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17: 2674.
- Oyama, D., Hyodo, M., Doi, H., Kurachi, T., Takata, M., Koyama, S., Satoh, T., Watanabe, G. 2014. Saliva collection by using filter paper for measuring cortisol levels in dogs. *Domestic Animal Endocrinology* 46: 20-25.
- Packer, R.M.A., Davies, A.M., Volk, H.A., Puckett, H.L., Hobbs, S.L., Fowkes, R.C. 2019. What can we learn from the hair of the dog? Complex effects of endogenous and exogenous stressors on canine hair cortisol. *PLoS One* 14: 1-15.
- Palme, R., Rettenbacher, S., Touma, C., El-Bahr, S. M., Mostl, E. 2005. Stress hormones in mammals and birds: Comparative aspects regarding metabolism, excretion, and noninvasive measurement in fecal samples. *Trends in Comparative Endocrinology and Neurobiology* 1040: 162-171.
- Part, C.E., Kiddie, J.L., Hayes, W.A., Mills, D.S., Neville, R.F., Morton, D.B., Collins, L.M. 2014. Physiological, physical and behavioural changes in dogs (*Canis familiaris*) when kennelled: testing the validity of stress parameters. *Physiology & Behavior* 133: 260-271.
- Pastore, C., Pirrone, F., Balzarotti, F., Faustini, M., Pierantoni, L., Albertini, M. 2011. Evaluation of physiological and behavioral stress-dependent parameters in agility dogs. *Journal of Veterinary Behavior* 6: 188-194.
- Perego, R., Proverbio, D., Spada, E. 2014. Increases in heart rate and serum cortisol concentrations in healthy dogs are positively correlated with an indoor waiting-room environment. *Veterinary Clinical Pathology* 43: 67-71.
- Protopopova, A. 2016. Effects of sheltering on physiology, immune function, behavior, and the welfare of dogs. *Physiology & Behavior* 159: 95-103.
- Puurunen, J., Hakanen, E., Salonen, M. K., Mikkola, S., Sulkama, S., Araujo, C., Lohi, H. 2020. Inadequate socialisation, inactivity, and urban living environment are associated with social fearfulness in pet dogs. *Scientific Reports* 10: 1-10.
- Puurunen, J., Tiira, K., Vapalahti, K., Lehtonen, M., Hanhineva, K., Lohi, H. 2018. Fearful dogs have increased plasma glutamine and γ -glutamyl glutamine. *Scientific Reports* 8: 1-12.
- Ralph, C.R., Tilbrook, A.J. 2016. Invited review: The usefulness of measuring glucocorticoids for assessing animal welfare. *Journal of Animal Science* 94: 457-470.
- Riggio, G., Borrelli, C., Campera, M., Gazzano, A., Mariti, C. 2022. Physiological indicators of acute and chronic stress in securely and insecurely attached dogs undergoing a strange situation procedure (SPP): Preliminary Results. *Veterinary Sciences* 9: 519.
- Righi, C., Menchetti, I., Orlandi, R., Moscatti, L., Mancini, S., Diverio, S. 2019. Welfare assessment in shelter dogs by using physiological and immunological parameters. *Animals* 9: 340.
- Rossi, A., Parada, F.J., Stewart, R., Barwell, C., Demas, G., Allen, C. 2018. Hormonal correlates of exploratory and play-coliciting behavior in domestic dogs. *Frontiers in Psychology* 9: 1-10.
- Roth, L.S.V., Faresjö, Å., Theodorsson, E., Jensen, P. 2016. Hair cortisol varies with season and lifestyle and relates to human interactions in German shepherd dogs. *Scientific Reports* 6: 19631.
- Russell, E., Koren, G., Rieder, M., Van Uum, S. 2012. Hair cortisol as a biological marker of chronic stress: Current status, future directions and unanswered questions. *Psychoneuroendocrinology* 37: 589-601.
- Sandri, M., Colussi, A., Perrotta, M.G., Stefanon, B. 2015. Salivary cortisol concentration in healthy dogs is affected by size, sex, and housing context. *Journal of Veterinary Behavior* 10: 302-306.
- Shin, Y.J., Shin, N.S. 2016. Evaluation of effects of olfactory and auditory stimulation on separation anxiety by salivary cortisol measurement in dogs. *Journal of Veterinary Science* 17: 153-158.
- Scheriff, M.J., Dantzel, B., Delehanty, B., Palme, R., Boonstra, R. 2011. Measuring stress in wildlife: techniques for quantifying glucocorticoids. *Oecologia* 166: 869-887.

- Schöberl, I., Beetz, A., Solomon, J., Wedl, M., Gee, N., Kotrschal, K. 2016. Social factors influencing cortisol modulation in dogs during a strange situation procedure. *Journal of Veterinary Behaviour: Clinical Applications and Research* 11: 77-85.
- Schöberl, I., Wedl, M., Beetz, A., Kotrschal, K. 2017. Psychobiological factors affecting cortisol variability in human-dog dyads. *PLoS One* 12: 11-13.
- Siniscalchi, M., McFarlane, J.R., Kauter, K.G., Quaranta, A., Rogers, L.J. 2013. Cortisol levels in hair reflect behavioural reactivity of dogs to acoustic stimuli. *Research in Veterinary Science* 94: 49-54.
- Srithunyarat, T., Hagman, R., Höglund, O.V., Stridberg, M., Hason, J., Lagerstedt, A.S., Pettersson, A. 2018. Catestatin, vasostatin, cortisol, and visual analog scale scoring for stress assessment in healthy dogs. *Research in Veterinary Science* 117: 74-80.
- Staley, M., Conners, M.G., Hall, K., Miller, L.J. 2018. Linking stress and immunity Immunoglobulin A as a non-invasive physiological biomarker in animal welfare studies. *Hormones and Behavior* 102: 55-68.
- Stephen, J.M., Ledger, R.A. 2006. A longitudinal evaluation of urinary cortisol in kennelled dogs, *Canis familiaris*. *Physiology & Behavior* 87: 911-916.
- Svobodová, I., Chaloupková, H., Končel, R., Bartoš, L., Hradecká, L., Jebavý, L. 2014. Cortisol and secretory immunoglobulin A response to stress in german shepherd dogs. *PLoS One* 9: e90820.
- Titulaer, M., Blackwell, E.J., Mendl, M., Casey, R.A. 2013. Cross sectional study comparing behavioural, cognitive and physiological indicators of welfare between short and long term kennelled domestic dogs. *Applied Animal Behaviour Science* 147: 149-158.
- Ulrich-Lai, Y.M., Herman, J.P. 2009. Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. *Nature Reviews Neuroscience* 10: 397-409.
- Van de Velde, H., Janssens, G.P.J., Stuyven, E., Cox, E., Buyse, J., Hesta, M. 2012. Short-term increase of body weight triggers immunological variables in dogs. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 145: 431-437.
- Vincent, I.C., Michell, A.R. 1992. Comparison of cortisol concentrations in saliva and plasma of dogs. *Research in Veterinary Science* 53: 342-345.
- Wenger-Riggenbach, B., Boretti, F.S., Quante, S., Schellenberg, S., Reusch, C.E., Sieber-Ruckstuhl, N.S. 2010. Salivary cortisol concentrations in healthy dogs and dogs with hypercortisolism. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 24: 551-556.
- Wojtaś, J., Karpiński, M., Czyżowski, P. 2020. Salivary cortisol interaction in search and rescue dogs and their handlers. *Animals* 10: 595.
- Yong, M.H., Ruffman, T. 2014. Emotional contagion: Dogs and humans show a similar physiological response to human infant crying. *Behavioural Processes* 108: 155-165.

**VPLYV TRÉNINGU OŠETRENIA SO SÚHLASOM NA FYZIOLOGICKÉ
A BEHAVIORÁLNE UKAZOVATELE STRESU U PSOVI POČAS VETERINÁRNEHO
VYŠETRENIA - REVIEW**

**THE EFFECT OF COOPERATIVE CARE TRAINING ON PHYSIOLOGICAL AND
BEHAVIOURAL STRESS INDICATORS IN DOGS DURING VETERINARY
EXAMINATION - REVIEW**

Lucia Kotianová*

Ústav ochrany a welfare zvierat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

In recent years, the study of canine welfare, with a focus on identifying potential indicators of both acute and chronic stress, has gained increasing attention. One of the key areas significantly affecting dog welfare is veterinary care, which accompanies the animal throughout its entire life. The level of stress experienced during veterinary examinations is influenced by individual experiences, genetic predispositions, early maternal care, and the dog's health status. Approaches such as cooperative care and low-stress handling focus on preventing and reducing fear and stress during medical procedures, using positive reinforcement and encouraging cooperation between the dog and its caregiver. In the context of acute stress assessment, there is a growing trend toward non-invasive methods, such as measuring cortisol levels in saliva, fur, or feces, as well as contactless techniques like behavioural analysis or infrared thermography. The aim of this review is to evaluate the impact of cooperative care on acute stress responses in dogs during veterinary examinations and to present currently available non-invasive methods for their assessment.

Key words: veterinary examination, low-stress handling, canine welfare, human-animal relationship

Súhrn

Štúdium welfare psov v záujmovom chove s ohľadom na identifikáciu možných ukazovateľov akútneho i chronického stresu zaznamenáva v súčasnej dobe stúpajúci záujem. Jednou z kľúčových oblastí signifikantne ovplyvňujúcich welfare psov v záujmovom chove je návšteva veterinárneho lekára, ktorá sprevádza zviera počas celého života. Miera stresu počas vyšetrenia závisí od individuálnych skúseností, genetických predispozícií, materskej starostlivosti a zdravotného stavu. Metódy ako ošetrovanie so súhlasom (tzv. cooperative care) a princípy low-stress handlingu kladú dôraz na prevenciu a znižovanie strachu a stresu počas ošetrovania pričom využívajú pozitívne posilňovanie a spoluprácu medzi psom a majiteľom. V súvislosti s hodnotením akútneho stresu je v súčasnej dobe tendencia využívania neinvazívnych metód hodnotenia, ako napríklad stanovenie hladiny kortizolu v slinách, srsti alebo truse, ako aj bezkontaktné metódy, akými sú behaviorálne hodnotenie ukazovateľov stresu alebo infračervená termografia. Cieľom tohto review je zhodnotiť vplyv ošetrovania so súhlasom na akútne stresové reakcie psov počas veterinárneho vyšetrenia a predstaviť dostupné neinvazívne metódy ich hodnotenia.

Kľúčové slová: veterinárna starostlivosť, ošetrovanie so súhlasom, welfare psov, vzťah človek-zviera

* kotianoval@vfu.cz

Úvod

Dobrý zdravotný stav je jedným zo základných pilierov welfare a významne zvyšuje komfort súvisiaci i s inými oblasťami v živote zvierat. Veterinárna starostlivosť o psy zahŕňa širokú škálu úkonov, od základných vyšetrení až po špecializované zákroky vyžadujúce intervenciu vysoko kvalifikovaného personálu. V súvislosti s poskytovaním veterinárnej starostlivosti v Českej republike je možné poukázať na zákon č. 166/1999 Sb., o veterinárnej péči a o zmene niektorých súvisiacich zákonov (veterinárny zákon), na ktorého základe je chovateľ povinný zabezpečiť zvieratú veterinárnu starostlivosť v prípade potreby, ako aj dodržiavať povinné preventívne opatrenia, napríklad očkovanie proti besnote. V Českej republike žije podľa aktuálnych odhadov viac ako 2 milióny psov, čo podčiarkuje dôležitosť ich zdravotnej starostlivosti z pohľadu populácie aj legislatívy. Prvý kontakt jedinca s veterinárnou ordináciou nastáva už v rannom období života, primárne z dôvodu rutinných kontrol a začiatku očkovacej schémy. Skoré skúsenosti, rovnako ako plemenná predispozícia, zdravotný stav či emocionálne vyladenie jedinca a prípadná prítomnosť bolesti, formujú dlhodobý vzťah k veterinárnemu prostrediu a majú významný dopad na jeho welfare (Wess et al., 2022). Godbout and Frank (2011) zistili, že šteňatá, ktoré prejavovali počas prvých 6 týždňov zvýšenú mieru behaviorálnych ukazovateľov stresu, vykazovali rovnako zvýšenú mieru výskytu prejavov i o 12 mesiacov neskôr. U mnohých psov návšteva veterinárneho pracoviska vyvoláva strach a akútnu stresovú reakciu organizmu. Toto môže súvisieť nielen s individuálnou schopnosťou zvládať stres, ale aj s bolesťou či prístupom majiteľa k danej situácii. Napriek tomu, že samotné vyšetrenie by nemalo vyvolávať neprimeraný diskomfort, aktuálny zdravotný stav, manipulačné techniky a nutnosť fixácie sú často spojené s negatívnym zážitkom (Wess et al., 2022). Negatívna skúsenosť spôsobená akútnym stresom a vysokou mierou strachu nielenže znižuje welfare v danej situácii, ale zvyšuje aj riziko ohrozenia bezpečnosti veterinárneho personálu, ktorý kvôli zníženej schopnosti manipulovať so zvieratám čelí riziku poranenia.

Faktory ovplyvňujúce mieru akútneho stresu psov pri veterinárnom vyšetrení

Riemer et al. (2021) popísali krízové body v rámci veterinárneho vyšetrenia v ordinácii, so štatisticky významne zvýšeným rizikom zranenia personálu, ako napríklad prvý verbálny kontakt, umiestnenie psa na vyšetrovací stôl či fixácia. Döring et al. (2009) uviedli, že viac ako tretina psov počas rutinného vyšetrenia na veterinárnej klinike váhavo kráča alebo sa schováva za svojho majiteľa po vstupe do ordinácie, a až 78,5 % vykazuje behaviorálne prejavy stresu na vyšetrovacom stole. Hernander (2008) upozorňuje, že samotný vstup do veterinárnej ordinácie vyvolal významné zvýšenie stresových prejavov u viac ako 71 % sledovaných jedincov. Zníženie stresu počas veterinárneho vyšetrenia má potenciál urýchliť a zefektívniť úkon a zároveň zvýšiť bezpečnosť personálu. So zvyšujúcou sa mierou negatívnych skúseností počas vyšetrení vzrastá pravdepodobnosť pretrvávajúceho strachového správania pri ďalších návštevách, a rovnako tak aj riziko generalizácie strachu na iné procedúry, ako je napríklad úprava srsti v salóne pre psy (Lloyd, 2017).

Dôležitú úlohu zohráva aj individuálna schopnosť zvládať stres. Edwards et al. (2019) uvádzajú, že psy, ktorých majitelia v dotazníku uviedli, že sa vo všeobecnosti vyhýbajú cudzím osobám a zvieratám, vykazovali pri rutinnom vyšetrení štatisticky významne vyššiu mieru stresových prejavov. Vysoká miera stresu počas vyšetrenia môže sťažiť diagnostiku, narušiť liečbu a dokonca ovplyvniť hodnoty biochemických parametrov. Hodnotenie stresu počas samotného diagnostického procesu je náročné najmä kvôli skresleniu behaviorálnych prejavov v dôsledku bolesti. Za jeden z diskutovaných rutinných úkonov používaných na hodnotenie stresu možno považovať váženie. Hernander (2008) zistil, že psy vážené priamo vo veterinárnej ordinácii vykazovali vyššiu mieru stresu v porovnaní s tými, ktoré boli vážené majiteľmi v čakárni. Váženie mimo ordinácie však zvyšuje riziko chybovosti. Tvarijonavičute et al. (2013) zdôrazňujú dôležitosť tohto úkonu pre presné nastavenie liečebných plánov a dávkovanie liekov.

Stres počas návštevy veterinárnej kliniky vplýva aj na správanie majiteľov. Môže viesť k neochote riešiť drobné zdravotné problémy. Edwards (2021) uvádza, že niektorí majitelia odkladajú návštevu z dôvodu nepríjemnej skúsenosti. Volk et al. (2011) zistili, že 22 % majiteľov by chodilo častejšie na kontroly, keby tieto návštevy neboli neprimerane stresujúce. Veterinárne prostredie tak môže byť stresujúce nielen pre psa, ale aj pre jeho majiteľa (Carroll et al., 2022; Volk et al., 2011), čo má nepriamy dopad na welfare psa prostredníctvom zníženého prístupu k lekárskej starostlivosti.

Možnosti hodnotenia ukazovateľov stresovej záťaže u psov v súčasnosti

Významným ukazovateľom dobrej životnej pohody zvierat je miera stresovej záťaže, ktorú je možné hodnotiť pomocou invazívnych metód, ako napríklad stanovenie hladiny glukokortikoidov z krvi (Márza et al., 2024), alebo neinvazívnych metód, ktoré v súčasnej dobe naberajú na popularite v rôznych oblastiach výskumu welfare zvierat. Medzi neinvazívne metódy hodnotenia akútneho stresu patrí stanovenie hladiny glukokortikoidov zo slín, srsti alebo trusu (Dulude-de Broin et al., 2019). V niektorých prípadoch však môže dôjsť k výskytu nežiaducich vplyvov, ako sú manipulácia či fixácia pred samotným odberom (Cobb et al., 2016). Merania kortizolu sa u psov štandardne vykonávajú po vyvolaní alebo vystavení vybraným stresorom (Dreschel a Granger, 2005). Tieto merania dokážu identifikovať úrovně vzrušenia, ale nezohľadňujú valenciu reakcie (Hoyt et al., 2015). Okrem toho je kortizol citlivý na denné výkyvy a individuálnu variabilitu (Cobb et al., 2016). Cobb et al. (2025) taktiež upozorňujú v súvislosti s hodnotením kortizolu ako markera stresovej záťaže u psov na vplyv limitácií ako vek, váha, plemeno a pohlavie.

Medzi ďalšie metódy patrí napríklad meranie srdcovej frekvencie alebo využitie infračervenej termografie (Travain et al., 2015). Princíp hodnotenia akútnej stresovej reakcie pomocou termokamery spočíva v detekcii zmien povrchovej teploty, ktoré vznikajú ako dôsledok metabolických a fyziologických procesov aktivovaných stresovou reakciou (Travain a Valsecchi, 2021).

Okrem fyziologických ukazovateľov sa uplatňuje aj hodnotenie behaviorálnych indikátorov, ktoré si vyžadujú vysokú mieru presnosti vzhľadom na vybraný druh zvierat. Patrí sem okrem indikátorov stresu aj analýza osobnosti, druh citovej väzby, temperament a odvaha (Posluns et al., 2017; Payne et al., 2015; Starling et al., 2013). Beerda et al. (1997) ako jedni z prvých zistili, že vyplazovanie jazyka, olizovanie ňufáka, zdvíhanie končatiny a chvenie pozitívne korelujú so srdcovou frekvenciou a koncentráciou slinného kortizolu u psov vystavených intenzívnym akustickým stresorom. Dreschel a Granger (2005) preukázali, že pri vystavení psov nahrávke búrky sa významne zvyšuje výskyt repetitívneho lokomočného správania, vokalizácie, únikového správania a vyhľadávania kontaktu so známou osobou. Všeobecne medzi bežne merané behaviorálne ukazovatele stresu u psov patrí zívanie, chvenie, krčenie, zastrkovanie chvosta medzi panvové končatiny, odvracanie sa od stresora, stereotypné správanie, hyperventilácia, hypersalivácia, zvýšená vokalizácia, odhaľovanie chrupu, olizovanie kútikov tlamy, veľrybie oko, vzdďľovanie sa od stresora, čuchanie, sklopenie ušných lalokov alebo preskokové správanie (Kartashova et al., 2021; Srithunyarat et al., 2018). Autori však upozorňujú, že pri využívaní behaviorálnej analýzy existuje riziko nesprávnej interpretácie z dôvodu nezohľadnenia frekvencie alebo intenzity výskytu daného prejavu. Na minimalizáciu chýb zo strany hodnotiteľa sa v súčasnosti využívajú taktiež komerčne dostupné softvéry alebo umelá inteligencia, ktoré umožňujú napríklad hodnotenie výrazu tváre psov v nejednoznačných kontextoch. Bremhorst et al. (2019) použili DogFACS (Dog Facial Action Coding System) na skúmanie rozdielov v mimike v emocionálne nejednoznačných situáciách a ukázali jeho využitie pri odvodení emocionálneho stavu psov. Ukázalo sa tiež, že škály vizuálneho hodnotenia vopred určeného správania efektívne analyzujú správanie zvierat súvisiace so stresom v rôznych kontextoch (Kartashova et al., 2021; Srithunyarat et al., 2018). Cobb et al. (2025) odporúčajú kombináciu rôznych metód hodnotenia akútneho stresu u psov s cieľom minimalizovať výskyt chýb.

Možnosti zníženia miery stresovej záťaže v prostredí veterinárnej ordinácie

Možnosti minimalizácie stresu pri veterinárnom vyšetrení sa podľa aktuálnych výskumov javia ako uskutočniteľné a účinné (Lloyd, 2017). Napriek dostupnosti širokej škály protokolov a návodov určených na zmiernenie alebo hodnotenie stresovej záťaže, publikovaných na základe odborných štúdií, sa autori zhodujú na potrebe zberu väčšieho množstva dát na ich overenie a zefektívnenie (Hammerle et al., 2015; Herron a Shreyer, 2014; Hewson, 2014). V praxi medzi najčastejšie metódy využívané v rámci zvyšovania pohody psov počas vyšetrenia patria techniky s názvom low-stress handling a technika ošetrenia so súhlasom. V oboch prípadoch ide o prístupy, ktorých cieľom je znížiť prejavy akútneho stresu a zefektívniť vyšetrenie s dôrazom na bezpečnosť zdravotníckeho personálu.

Technika low-stress handling zahŕňa modifikáciu správania majiteľa (alebo handlera) v kombinácii s úpravami prostredia, s cieľom redukovať potenciálne stresory. Autori zdôrazňujú potrebu poskytnúť zvieraťu dostatok času na adaptáciu v prostredí kliniky a vyhýbať sa situáciám, v ktorých pes vykazuje strach alebo diskomfort, pokiaľ to vyšetrenie dovoľuje (Herron a Shreyer, 2014). Yin (2007) uvádza, že významnú úlohu zohráva aj zmena manipulačných techník, napríklad nahradenie fixácie iba podopieraním, ktoré zabráni pádu zvieraťa, ale nevyvíja naň tlak. Autori popisujú pozitívny vplyv použitia potravy, pokiaľ zviera je ochotné ju prijímať aj v stresovej situácii (Feilberg et al., 2021). Cieľom je vytvorenie pozitívnej asociácie s prostredím, osobami a predmetmi (Feuerbacher a Wynne, 2014). Lloyd (2017) uvádza, že používanie krmiva vo veterinárnom prostredí zlepšuje spoluprácu a zmierňuje potrebu fyzického obmedzenia. Autori však upozorňujú, že napriek pozitívnym skúsenostiam z praxe je vedecký výskum, ktorý by poskytoval empirickú oporu pre tieto odporúčania, zatiaľ stále nedostatočný. K zníženiu nepohodlia prispieva aj úprava prostredia, napríklad použitie nešmyklavých povrchov bez lesku a výrazného zápachu (Herron a Shreyer, 2014). Scalia et al. (2017) porovnávali mieru akútneho stresu u zvierat vyšetrených s dôrazom na princípy low-stress handlingu s konvenčným vyšetrením. Výsledky naznačovali, že pri použití low-stress handlingu sa znížila frekvencia behaviorálnych prejavov stresu, ako je olizovanie ňufáka či tzv. veľrybie oko.

Metóda ošetrenia so súhlasom sa zameriava na využitie tréningu pozitívnym posilňovaním, s cieľom zlepšiť kooperáciu medzi zvieraťom a majiteľom (handlerom). Táto metóda bola pôvodne implementovaná v zoológických záhradách na zvýšenie bezpečnosti personálu a redukcii potreby anestézie pri rutinných veterinárnych úkonoch. Úspechy na poli využitia techník ošetrenia so súhlasom podnietili vedcov ku komplexnému výskumu prostredníctvom empiricky riadených štúdií. Úspechy týchto techník podnietili vedcov k podrobnejšiemu výskumu na základe empirických štúdií. Gillis et al. (2012) trénovali opice druhu kotul veverovitý (*Saimiri sciureus*) na ošetrenie so súhlasom, pričom dosiahli 71 % úspešnosť pri štyroch typoch rutinných vyšetrení. Lambeth et al. (2006) skúmali vplyv tréningu na hladinu kortizolu u šimpanzov a zaznamenali jej významné zníženie počas vizuálneho kontaktu s veterinárom. V praxi je teda tento typ manipulácie v kontexte veterinárnych vyšetrení odporúčaný, no štúdie poskytujúce presné empirické dáta stále chýbajú.

Wess et al. (2022) využili 8-12 týždňový výcvikový protokol ošetrenia so súhlasom a zistili, že tolerancia psov voči manipulácii veterinárom sa štatisticky významne zvýšila len u jedincov, ktorí boli označení ako nároční na manipuláciu, a teda vykazovali zvýšené prejavy stresu aj v bežnom prostredí, v porovnaní s kontrolnou skupinou. Autori však upozorňujú na limity, ako je subjektivita zberu dát majiteľmi a trénermi.

Napriek nedostatku priamych dát z vedeckých štúdií, odborná literatúra a skúsenosti certifikovaných odborníkov potvrdzujú, že techniky ako low-stress handling a ošetrenie so súhlasom majú potenciál znížiť úroveň akútneho stresu, meranú pomocou behaviorálnych a fyziologických indikátorov. Toto vyplýva najmä zo štúdií na zvieratách v zajatí a zoo zvieratách, kde sa ukázalo, že úspešný tréning ošetrenia so súhlasom si vyžaduje spoluprácu skúseného veterinárneho personálu, trénerov psov a odborníkov na správanie, ako aj koordináciu tímu

veterinárnej praxe a dôsledné dodržiavanie postupov zo strany ošetrovateľov (Riemer et al., 2021; Stellato et al., 2019).

Záver

Zvýšenie povedomia veterinárnych odborníkov a majiteľov o dôležitosti prevencie stresu v ordinácii významne prispieva k zlepšeniu welfare psov, vyššej spolupráci počas vyšetrenia, zníženiu rizika zranenia personálu a efektívnejšiemu diagnostickému procesu. Techniky ako low-stress handling a ošetrenie so súhlasom vykazujú sľubný potenciál v znižovaní výskytu behaviorálnych a fyziologických prejavov stresu počas veterinárneho vyšetrenia. Vzhľadom k povahe testovania uvedených techník je predpoklad využitia kombinácie neinvazívnych metód hodnotenia akútneho stresu, akými sú monitoring srdcovej frekvencie, infračervená termografia a behaviorálna analýza.

Literatúra

- Beerda, B., Schilder, M.B.H., van Hooff, J.A.R.A.M., de Vries, H.W. 1997. Manifestations of chronic and acute stress in dogs. *Applied Animal Behaviour Science* 52: 307-319.
- Carroll, A.D., Cisneros, A., Porter, H., Moody, C., Stellato, A.C. 2022. Dog owner perceptions of veterinary handling techniques. *Animals* 12: 1387.
- Cobb, M.L., Iskandarani, K., Chinchilli, V.M., Dreschel, N.A. 2016. A systematic review and meta-analysis of salivary cortisol measurement in domestic canines. *Domestic Animal Endocrinology* 57: 31-42.
- Cobb, M.L., Jiménez, A.G., Dreschel, N. A. 2025. Beyond cortisol! Physiological indicators of welfare for dogs: Deficits, misunderstandings, and opportunities. Preprint. 1-16.
- Döring, D., Roscher, A., Scheipl, F., Küchenhoff, H., Erhard, M.H. 2009. Fear-related behaviour of dogs in veterinary practice. *The Veterinary Journal* 182: 38-43.
- Dreschel, N.A., Granger, D.A. 2005. Physiological and behavioral reactivity to stress in thunderstorm-phobic dogs and their caregivers. *Applied Animal Behaviour Science* 95: 153-168.
- Dulude-de Broin, F., Côté, S.D., Whiteside, D.P., Mastromonaco, G.F. 2019. Faecal metabolites and hair cortisol as biological markers of HPA-axis activity in the Rocky Mountain goat. *General and Comparative Endocrinology* 280: 147-157.
- Edwards, P. 2021. Pet friendly practice: Emerging evidence bases for investigating and mitigating dog fear during veterinary care. Doctoral Dissertation, The University of Adelaide.
- Edwards, P.T., Smith, B.P., McArthur, M.L., Hazel, S.J. 2019. Fearful Fido: Investigating dog experience in the veterinary context in an effort to reduce distress. *Applied Animal Behaviour Science* 213: 14-25.
- Feilberg, E., Corridan, C.L., Buckley, L.A. 2021. A cross-sectional survey of UK veterinary practices to determine prevalence of patient stress-reducing and welfare-enhancing approaches believed to be undertaken in companion animal practice. *Journal of Veterinary Behavior* 43: 14-23.
- Feuerbacher, E.N., Wynne, C.D.L. 2014. Most domestic dogs (*Canis lupus familiaris*) prefer food to petting: Population, context, and schedule effects in concurrent choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 101: 385-405.
- Gillis, T.E., Janes, A.C., Kaufman, M.J. 2012. Positive reinforcement training in squirrel monkeys using clicker training. *American Journal of Primatology* 74: 712-720.
- Godbout, M., Frank, D. 2011. Persistence of puppy behaviors and signs of anxiety during adulthood. *Journal of Veterinary Behavior* 6: 92.
- Hammerle, M., Horst, C., Levine, E., Overall, K., Radosta, L., Rafter-Ritchie, M., Yin, S. 2015. AAHA canine and feline behavior management guidelines. *Journal of the American Animal Hospital Association* 51: 205-221.
- Hernander, L. 2008. Factors influencing dogs' stress level in the waiting room at a veterinary clinic. Student Report 190, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Environment and Health, Skara.
- Herron, M.E., Shreyer, T. 2014. The pet-friendly veterinary practice. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 44: 451-481.
- Hewson, C. 2014. Evidence-based approaches to reducing in-patient stress - Part 3: How to reduce in-patient stress. *Veterinary Nursing Journal* 29: 234-236.

- Hoyt, L.T., Craske, M.G., Mineka, S., Adam, E.K. 2015. Positive and negative affect and arousal: cross-sectional and longitudinal associations with adolescent cortisol diurnal rhythms. *Psychosomatic Medicine* 77: 392-401.
- Kartashova, I.A., Ganina, K.K., Karelina, E.A., Tarasov, S.A. 2021. How to evaluate and manage stress in dogs - A guide for veterinary specialist. *Applied Animal Behaviour Science* 243: 105458.
- Lambeth, S.P., Hau, J., Perlman, J.E., Martino, M., Schapiro, S.J. 2006. Positive reinforcement training affects hematologic and serum chemistry values in 51 captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *American Journal of Primatology* 68: 245-256.
- Lloyd, J. 2017. Minimizing stress for patients in the veterinary hospital: Why it is important and what can be done about it. *Veterinary Sciences* 4: 22.
- Mârza, S.M., Munteanu, C., Papuc, I., Lăcătuș, R., Petraru, D., Purdoi, R.C. 2024. Behavioral, physiological and pathological approaches of cortisol in dogs. *Animals* 14: 3536.
- Moffat, K. 2008. Addressing canine and feline aggression in the veterinary clinic. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 38: 983-1003.
- Payne, E., Bennett, P.C., McGreevy, P.D. 2015. Current perspectives on attachment and bonding in the dog-human dyad. *Psychology research and behavior management* 71-79.
- Posluns, J.A., Anderson, R.E., Walsh, C.J. 2017. Comparing two canine personality assessments: Convergence of the MCPQ-R and DPQ and consensus between dog owners and dog walkers. *Applied Animal Behaviour Science* 188: 68-76.
- Riemer, S., Heritier, C., Windschnurer, I., Pratsch, L., Arhant, C., Affenzeller, N. 2021. A review on mitigating fear and aggression in dogs and cats in a veterinary setting. *Animals* 11: 158.
- Scalia, B., Alberghina, D., Panzera, M. 2017. Influence of low stress handling during clinical visit on physiological and behavioural indicators in adult dogs: A preliminary study. *Pet Behaviour Science* 4: 20-22.
- Srithunyarat, T., Hagman, R., Höglund, O.V., Stridsberg, M., Hanson, J., Lagerstedt, A.S., Pettersson, A. 2018. Catestatin, vasostatin, cortisol, and visual analog scale scoring for stress assessment in healthy dogs. *Research in Veterinary Science* 117: 74-80.
- Starling, M.J., Branson, N., Thomson, P.C., McGreevy, P.D. 2013. "Boldness" in the domestic dog differs among breeds and breed groups. *Behavioural Processes* 97: 53-62.
- Stellato, A., Jajou, S., Dewey, C.E., Widowski, T.M., Niel, L. 2019. Effect of a standardized four-week desensitization and counter-conditioning training program on pre-existing veterinary fear in companion dogs. *Animals* 9: 767.
- Travain, T., Colombo, E.S., Heinzl, E., Bellucci, D., Previde, E.P., Valsecchi, P. 2015. Hot dogs: Thermography in the assessment of stress in dogs (*Canis familiaris*) - A pilot study. *Journal of Veterinary Behavior* 10: 17-23.
- Travain, T., Valsecchi, P. 2021. Infrared thermography in the study of animals' emotional responses: A critical review. *Animals* 11: 2510.
- Tvarijonavičiute, A., Ceron, J.J., Holden, S.L., Biourge, V., Morris, P.J., German, A.J. 2013. Effect of Weight Loss in Obese Dogs on Indicators of Renal Function or Disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 27: 31-38.
- Volk, J.O., Felsted, K.E., Thomas, J.G., Siren, C.W. 2011. Executive summary of the Bayer veterinary care usage study. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 238: 1275-1282.
- Wess, L., Böhm, A., Schützinger, M., Riemer, S., Yee, J.R., Affenzeller, N., Arhant, C. 2022. Effect of cooperative care training on physiological parameters and compliance in dogs undergoing a veterinary examination - A pilot study. *Applied Animal Behaviour Science*.
- Yin, S. 2007. Simple handling techniques for dogs. *Compendium* 29: 352-358.
- Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 25. 7. 2025]

CHIRURGICKÁ ÚPRAVA EXTERIÉRU V CHOVU PSŮ SURGICAL MODIFICATION OF EXTERNAL APPEARANCE OF DOGS

Lubomír Šíroký, Vladimíra Tichá*

Českomoravská kynologická unie Praha, Česká republika

Czech Kennel Club, Czech Republic

Summary

Surgical modification of canine external features has been historically associated with a number of dog breeds. It primarily concerns procedures such as ear cropping, tail docking, and dewclaw removal. The issue is regulated through a range of normative instruments, including national legislation, breed standards, and breeding club regulations. Approaches vary significantly across countries – from strict prohibitions to complete permissiveness. Both the general public and, at times, professionals may be uncertain about the applicable rules in the Czech Republic. Since 1993, ear cropping has been prohibited under Czech law. The legal situation concerning tail docking and dewclaw removal is more complex. As of January 1, 2025, new regulations issued by the Fédération Cynologique Internationale (FCI) will apply to pedigree dog breeding, introducing certain adjustments to the current rules. The following text aims to provide a comprehensive overview of the issue.

Key words: Czech-Moravian Kennel Union, Fédération Cynologique Internationale, breed standard, ear cropping, tail docking, dewclaws, Act on the Protection of Animals Against Cruelty

Souhrn

Chirurgická úprava exteriéru je součástí historie celé řady plemen. Vztahuje se zejména na úpravu ušních boltců, úpravu délky ocasů a odstraňování paspárků. Problematikou se zabývají různé normativy od zákonů přes standardy plemen až po předpisy chovatelských klubů. Přístupy se v jednotlivých státech velmi liší od striktních zákazů až po naprostou benevolenci. Laická a někdy i odborná veřejnost často neví, co vlastně u nás platí. Od roku 1993 je v České republice zákaz kupírování uší. V případě ocasů a paspárků je situace trochu složitější. Od 1. ledna 2025 platí v chovu psů s průkazem původu nová pravidla mezinárodní kynologické organizace Federation Cynologique Internationale, která problematiku mírně upravují. Následující povídání by mělo celou problematiku osvětlit.

Klíčová slova: Českomoravská kynologická jednota, Federation Cynologique Internationale, standard plemene, kupírování uší, kupírování ocasů, paspárky, Zákon na ochranu zvířat proti týrání

Úvod

Většinou je zastáván názor, že požadavek na chirurgickou úpravu exteriéru u určitých plemen vycházel ze snahy udělat psy zajímavější, tedy že byl postaven na lidském požadavku na vzhled psa. Skutečnost většinou byla jiná a vycházela z praktického využití plemene. Jednalo se o to, že existovalo nebezpečí, že určitá část těla psa by mohla být snadno zranitelná. V současné době se názory na to, zda je chirurgická úprava některé části psiho těla důležitou prevencí nebo zbytečným týráním zvířete, velmi rozcházejí. Pravdou je, že hodně plemen již není k původnímu účelu využíváno, takže dříve zdůvodňované kupírování není u nich aktuální. Pravdou také je, že u některých plemen se ukázalo, že např. ocas ponechaný v přirozené délce usnadňuje pracovní využití psa. Např. u plemen slídičů při vodní práci funguje ocas v přirozené délce jako kormidlo.

* vticha@volny.cz

Čeho se chirurgická úprava exteriéru týká

Kupírování uší

Poranění ušního boltce může být z pohledu psa nepříjemné. Často se jedná o krvácivé a těžko se hojící poranění. Jako prevence před poraněním bylo kupírování uší požadováno např. u původně válečného plemene jako je neapolský mastin, u plemen používaných v zápasech ať s jinými zvířaty nebo se psy, např. pitbulteriér, boston teriér nebo grifonek, jehož původním úkolem bylo ničení krys. Často se ušní boltce upravovaly u pasteveckých plemen určených k obraně stád jako je kavkazský pastevecký pes nebo středoasijský pastevecký pes, kde při kontaktu s vlkem opravdu k poranění boltců docházelo.

Kupírování ocasů

Pro zkracování ocasů nebo u loveckých plemen používaného označení prutů vedly podobné důvody. U aktivně nesených silnějších ocasů/prutů zvláště u krátkosrstých plemen často docházelo, a pravdou je že nadále dochází, k jejich poranění. To bývá obtížně léčitelné a často končí nektrózou a nutností část ocasu amputovat.

Paspárky

Samostatnou kapitolu tvoří paspárky. Jen pro upřesnění, jedná se o rudiment- zakrnělý pátý prst na pánevní končetině. V jeho případě velmi záleží na utváření. U kostěných paspárků uložených nízko u tlapky většinou k poranění nedochází a některá plemena, např. briard, beauceron nebo italský ohař, je mají uvedeny ve standardu. U jiných plemen a jinak utvářených, hlavně výše položených paspárků, často k poranění naopak dochází a standardy některých plemen požadují jejich preventivní odstranění.

Předpisy

Zákon na ochranu zvířat proti týrání

Chirurgickou úpravou exteriéru zvířat obecně a psů zvláště se zabývá Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, který kupírování uší kvalifikuje jako týrání zvířat a zakazuje jej od roku 1993. Uvedený zákon specifikuje, co je kupírováním uší myšleno. V Obecných ustanoveních, v §3 písm. s) se říká, že: “kupírování uší je kosmetický zákrok na obou stranách hlavy zvířete, v jehož důsledku dochází v podobném tvaru ke ztrátě ušního boltce, a tím ke změně vzhledu zvířete“. O kupírování ocasů zákon nehovoří a z pohledu EU má Česká republika povolenou výjimku.

Odstraňování paspárků Zákon na ochranu zvířat proti týrání přímo neřeší. Existuje ale stanovisko Ústřední komise pro ochranu zvířat z 2. června 2022, v kterém se říká, že: “Je nutno odlišovat odstraňování paspárků psů a fen za účelem změny exteriéru na straně jedné, a ze zdravotních důvodů na straně druhé. Odstraňování paspárků na pánevních končetinách psů a fen za účelem změny exteriéru je v rozporu se zákonem na ochranu zvířat a není povoleno. Odstraňování paspárků na pánevních končetinách psů a fen výlučně ze zdravotních důvodů a na základě rozhodnutí veterinárního lékaře není zakázáno. Zákrok musí být vždy proveden osobou odborně způsobilou v souladu s § 59 zákona č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů. Doporučuje se zákrok provést do 8 dnů věku štěněte. U psů a fen v pozdějším věku je pak zákrok možné provést dle zdravotní indikace osobou odborně způsobilou dle veterinárního zákona rovněž. Odstranění paspárků na pánevních končetinách psů nebo fen jinou osobou, například samotným chovatelem, je považováno za týrání zvířete podle § 4 odst. 1 písm. j) zákona na ochranu zvířat. Podle tohoto ustanovení se za týrání považuje provádět krvavé zákroky, pokud nejsou prováděny osobou odborně způsobilou podle veterinárního zákona.

Přístup v jiných státech

Jsou státy, které nemají v legislativě kupírování uší nebo ocasů ošetřeno (Slovensko, Bulharsko, Rumunsko) a naopak jsou státy, kde je chirurgická úprava exteriéru psa zakázána (Velká Británie).

Jsou státy, kde povolují kupírování u některých pracovních plemen (Irsko) a jsou státy, kde kupírování zakazují, ale na své akce hodnocení exteriéru kupírované psy pouštějí (Polsko).

Kynologické předpisy

Otázku kynologických předpisů je možné rozdělit na dvě základní oblasti, na předpisy Českomoravské kynologické unie (ČMKU) a předpisy Federation Cynologique Internationale (FCI).

Českomoravská kynologická unie (ČMKU)

Základním předpisem pro hodnocení exteriéru psa je v rámci ČMKU Výstavní řád. Ten stanovuje základní pravidla pro pořádání výstav. Kupírováním uší se zabývá v Čl.10- Povinnosti rozhodčího, kde je řečeno, že rozhodčí nesmí posoudit jedince s kupírovanými ušima a v Čl. 12 upravujícím otázku psů vyloučených z výstavy, kde je výslovně zakotveno, že z výstavy jsou vyloučeni jedinci s kupírovanými ušima.

Celá řada plemen je zařazována do chovu na základě bonitací. Pravidla pro ně stanovují chovatelské kluby a i ony jsou povinny dodržovat platné zákony a nepřipustit posouzení jedince s kupírovanými ušima. Některým chovatelům plemen zákaz kupírování uší velmi vadí a snažili se své kupírované jedince dostat do chovu na základě hodnocení exteriéru v zahraničí. Proto Předsednictvo ČMKU přijalo usnesení, z kterého vyplývá, že jedinci zapsaní v plemenné knize ČMKU musí splňovat podmínky pro zařazení do chovu v rámci ČR a dodržovat při nich platné zákony. V praxi to znamená, že jedinec s kupírovanými ušima nemůže být v ČR uchovněn.

Kupírování ocasů není v předpisech ČMKU zakotveno, při posuzování exteriéru a zařazování do chovu platí povinnost dodržovat platné standardy jednotlivých plemen. Trochu jiné to je v případě paspárků. Bez ohledu na znění standardu patří rozhodnutí o tom, zda se mají či nemají odstranit veterináři.

Federation Cynologique Internationale (FCI)

Výstavní předpisy FCI a předpisy pro rozhodčí pro posuzování exteriéru psů kupírování uší a ocasů nebo odstraňování paspárků neřeší. Pravidla v této oblasti dávají standardy jednotlivých plemen a oběžníky FCI. Do 31. prosince 2024 byl přístup následující:

1) Země, kde platí zákaz vystavování kupírovaných uší/ocasů: v tomto případě, zákony dané země jsou nejvyšší autoritou, není možnost předvádět na akcích schválených FCI psy s kupírovanými ušima nebo ocasy u psů plemen běžně kupírovaných.

2) Země, kde neexistuje žádný zákaz vystavování psů s kupírovanými ušima nebo ocasy: v tomto případě mohou být psi běžně kupírovaní vystavováni bez jakéhokoli omezení, ať už kupírování nebo ne, na akcích schválených FCI a nemůže existovat žádná diskriminace od rozhodčích mezi kupírovanými a nekupírovanými psy.

Od 1. ledna 2025 došlo k předem avizované změně a předpis FCI říká, že psi s kupírovanými ušima/ ocasy, patřící k plemenům, u kterých není uveden odkaz na kupírování ve standardech plemen FCI, již nebude povoleno předvádět se na žádné soutěži, kde se používají standardy plemen FCI. Předpis se hlavně týká plemen z FCI sk.II jako je dobrman, německý boxer, německá doga nebo knírači. U některých pasteveckých plemen je uvedeno, že v zemi původu jsou uši kupírované. Pro ČR je to ale bezpředmětné, protože kupírování uší zakazuje zákon. Trochu složitější to je s ocasy. Např. v FCI sk. č. III-Teriéři, VII.- Ohaři a VIII.- Slídiči, přinašeči a psi vodní standardy u celé řady plemen kupírování ocasů připouštějí. Při posuzování exteriéru a zařazování do chovu ale platí, že rozhodčí nesmí upřednostnit jedince s kupírovaným ocasem před jedincem nekupírovaným a naopak.

Závěr

Kupírování uší i ocasů má své neotřesitelné příznivce i odpůrce. Zákaz kupírování uší v ČR platí od roku 1993. Jedinci zapsaní v plemenné knize ČMKU jsou jedinci, jejichž chov odpovídá obecně platným požadavkům a zákonům, v probíraném problému tedy jedinci s ušními boltci ponechanými v přirozené délce a tvaru. Na psy bez průkazu původu by sice předpisy měly také platit, ale není to kontrolované. Opět se tady ukazuje, jak rozdílné požadavky máme na chov psů s průkazem původu a na chov psů bez průkazu původu, kde i jasná porušení zákona nebývají penalizovaná.

V případě ocasů zatím máme z pohledu EU v kupírování výjimku a legislativou není omezeno. Přesto se u řady plemen od kupírování ocasů upouští. Někteří chovatelé se s problémem vyrovnali, u jiných dohady na téma, co lze a co ne a také způsoby, jak pravidla obejít, stále rezonují. U některých plemen, např. u plemen ohařů využívaných při výkonu práva myslivosti může být kupírování ocasů odůvodnitelným požadavkem. U většiny plemen se spíše jedná o otázku zvyku jejich chovatelů a majitelů, nikoliv o odůvodnitelný požadavek.

Otevírá se otázka, zda náhodou nemají pravdu ti, kdo říkají, že plemeno si vybíráme kvůli jeho povaze a že délka ušních boltců nebo ocasu by z tohoto pohledu neměla být důležitá. Velkou roli v probírané otázce mají kynologické organizace a hlavně pak chovatelské kluby a jejich přístup k výchově majitelů a chovatelů jednotlivých plemen.

Literatura

Českomoravská kynologická unie. 2025. Standardy plemen [online]. [vid. 30. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.cmku.cz/cz/seznam-plemen-159>

Českomoravská kynologická unie. 2025. Výstavní řád ČMKU [online]. [vid. 30. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.cmku.cz/data/dokumenty/2397-vystavni-rad-cmku-platny-od-2462025.pdf>

Oběžník FCI ke kupírování uší a ocasů. 2025.

Ústřední komise pro ochranu zvířat. 2022. Stanovisko Ústřední komise pro ochranu zvířat k odstraňování paspárků na pánevních končetinách psů. [online]. [vid. 30. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.cmku.cz/data/clanky/441-stanovisko-ukoz-k-odstranovani-pasparku.pdf>

Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrán, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 30. 7. 2025].

PREVENENCE DEGENERATIVNÍ MYELOPATIE V CHOVU PSŮ PREVENTION OF DEGENERATIVE MYELOPATHY IN PUREBRED DOGS

Dominika Bláhová*, Eva Voslářová

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Degenerative myelopathy is an idiopathic neurodegenerative disease that significantly impairs the quality of life of dogs. Given its hereditary basis, breeders and breed clubs play a significant role in selecting dogs for breeding. The aim of the study was to evaluate the requirements of breed clubs for including dogs in breeding from the point of view of preventing degenerative myelopathy. For this purpose, data were analyzed regarding the conditions for including dogs in breeding from the point of view of breed clubs' requirements for mandatory or recommended examination for degenerative myelopathy. It was found that in the Czech Republic, examination for degenerative myelopathy is mandatory for a total of 12 dog breeds and is recommended by the breed club for another 14 breeds. Among the breeds for which this examination is mandatory, large and working dog breeds predominate. Examination of breeding dogs is not mandatory or recommended for all breeds in which this disease occurs according to the literature.

Key words: breed club, genetically determined disease, mandatory examination, dog welfare

Souhrn

Degenerativní myelopatie je idiopatické neurodegenerativní onemocnění, které významně narušuje kvalitu života psů. Vzhledem k jejímu dědičnému založení je významná úloha chovatelů a chovatelských klubů při výběru psů do chovu. Cílem práce bylo zhodnotit požadavky chovatelských klubů na zařazení psů do chovu z hlediska prevence degenerativní myelopatie. Za tím účelem byly analyzovány údaje týkající se podmínek zařazení psů do chovu z hlediska požadavku chovatelských klubů na povinné nebo doporučené vyšetření na degenerativní myelopatii. Bylo zjištěno, že v České republice je vyšetření na degenerativní myelopatii povinné u celkem 12 plemen psů a u dalších 14 plemen je chovatelským klubem doporučeno. Mezi plemeny, u kterých je toto vyšetření povinné, převládají velká a pracovní plemena psů. Ne u všech plemen, u kterých se dle literatury toto onemocnění vyskytuje, je vyšetření chovných psů povinné nebo doporučeno.

Klíčová slova: chovatelský klub, geneticky podmíněné onemocnění, povinné vyšetření, welfare psů

Úvod

Degenerativní myelopatie je idiopatické neurodegenerativní onemocnění, které primárně postihuje míchu psů středního až staršího věku (Averill, 1973; de Lahunta et al., 2009; Johnston et al., 2000). Degenerativní myelopatie vede k vytrácení schopnosti chodit a kontrolovat močení a vyprazdňování, což má za následek zhoršení kvality života psů. Vzhledem k dědičnému základu klíčovou roli v prevenci hrají chovatelské programy a prevence tohoto onemocnění v chovech psů. Onemocnění je popisováno nejčastěji u německého ovčáka a welsh corgi pembroke, ale také řady dalších plemen, včetně sibiřského huskyho a trpasličího pudla (Averill, 1973; Coates et al. 2007; de Lahunta et al., 2009). Ačkoli celková prevalence tohoto onemocnění u psů není známa, může představovat 1 až 5 % případů referovaných na specializovaná neurologická pracoviště (Fluehmann et al., 2006).

* H23004@vfu.cz

Cílem práce bylo zhodnotit požadavky chovatelských klubů ČMKU na zařazení psů do chovu z hlediska prevence degenerativní myelopatie. Studie byla realizována v rámci zpracovávání diplomové práce na Veterinární univerzitě Brno ve studijním programu Ochrana zvířat a welfare (Bláhová, 2025).

Materiál a metodika

Pro účely studie byla získána data z oficiálních internetových stránek Českomoravské kynologické unie (<https://www.cmku.cz>) a z veřejně dostupných dokumentů jednotlivých chovatelských klubů spadajících pod Českomoravskou kynologickou unii. Předmětem analýzy bylo celkem 139 chovatelských klubů zastřešujících celkem 325 plemen psů (výčet platný ke dni 23. 4. 2024).

Byly analyzovány údaje týkající se podmínek zařazení psů do chovu z hlediska požadavku chovatelských klubů na povinné nebo doporučené vyšetření na degenerativní myelopatii. Plemena, u kterých je toto vyšetření povinné pro zařazení do chovu nebo je doporučeno, byla dále hodnocena z hlediska velikosti a využití. Dle velikosti byla plemena pro účely studie rozdělena na malá (do 50 cm v kohoutku) a velká (nad 50 cm v kohoutku). Rozhodující pro rozdělení byla výška v kohoutku uvedená ve standardu plemene. Dle využití byla plemena pro účely studie rozdělena na základě popisu využití ve standardu plemene na plemena společenská, pracovní a kombinovaná. Mezi kombinovaná plemena byla zařazena plemena, která měla ve standardu uvedeno, že kromě pracovního využití slouží současně také jako společníci. Pracovní plemena byla dále rozdělena na hlídací, honácká, ovčácká, pastevecká, lovecká a sáňová.

Pro statistickou analýzu byl použit program Unistat pro Excel (verze 6.5). Pomocí 2x2 kontingenčních tabulek bylo provedeno testování rozdílů četností. Výsledky byly následně vyvozeny z hodnoty testu Yatesovy korekce. V případě souborů s menší četností dat než 5 byl použit Fisherův exaktní test. Hodnota $P < 0,05$ byla považována za statisticky významnou.

Výsledky

V České republice je vyšetření na degenerativní myelopatii povinné u celkem 12 plemen: bílý švýcarský ovčák, hovawart, dlouhosrstá kolie, krátkosrstá kolie, šeltie, československý vlčák, chodský pes, holandský ovčák, kanaánský pes, pyrenejský horský pes, Saarlosův vlčák a východoevropský ovčák. Přičemž dlouhosrstá i krátkosrstá kolie a šeltie mají toto vyšetření povinné v rámci 2 chovatelských klubů.

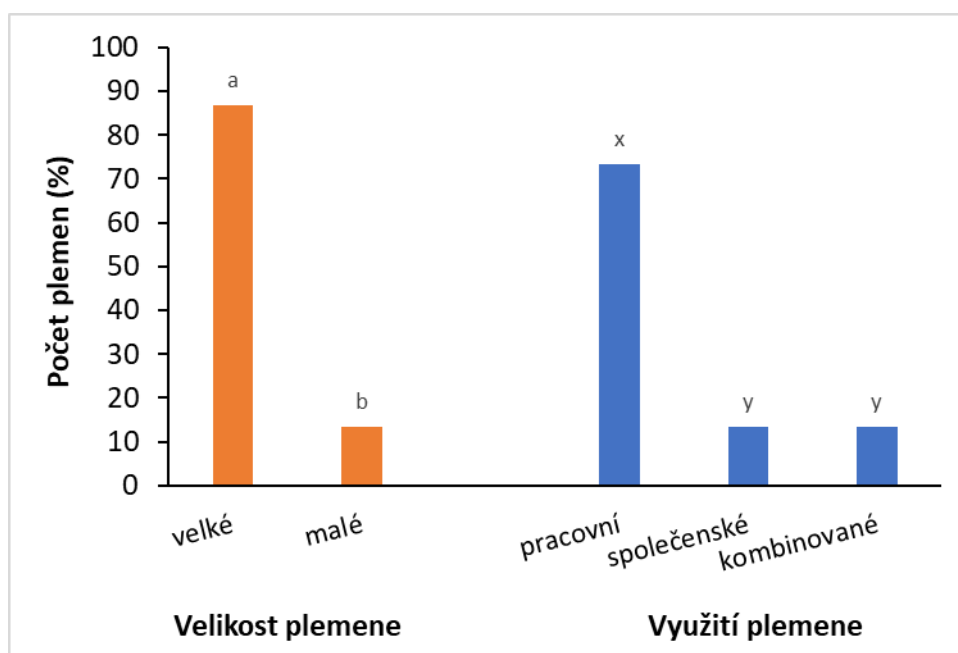
Srovnání počtu plemen, u kterých je vyšetření na degenerativní myelopatii povinné, z hlediska jejich velikosti a využití je uvedeno v grafu č. 1.

Z výsledků vyplývá, že vyšetření na degenerativní myelopatii je statisticky významně ($P < 0,05$) častěji požadováno u velkých plemen psů (86,7 %) než u malých plemen (13,3 %). Z malých plemen je toto vyšetření v ČR požadováno pouze u šeltií. V České republice chov šeltií zastřešují tři chovatelské kluby, přičemž pouze dva z nich toto vyšetření vyžadují. Baka and Polizopoulou (2021) uvádějí, že degenerativní myelopatie postihuje zejména velká plemena psů, s dominancí německého ovčáka. Z dostupných dat však vyplývá, že klub zastřešující chov německého ovčáka v České republice toto vyšetření nevyžaduje.

Z hlediska využití psů je vyšetření na degenerativní myelopatii statisticky významně ($P < 0,05$) častěji požadováno u pracovních plemen (73,3 %) než u plemen společenských (13,3 %) nebo plemen s kombinovaným využitím (13,3 %). To souvisí se skutečností, že je požadováno převážně u velkých plemen psů, kde se jedná zejména o plemena ovčácká (38,5 %), pastevecká (23,1 %) a hlídací (15,3 %). Nejvyšší četnost povinného testování lze pozorovat u ovčáckých plemen, což pravděpodobně souvisí s jejich vysokým pracovním využitím v nejrůznějších odvětvích, důrazem na zdraví pohybového aparátu a historicky vyšším výskytem tohoto onemocnění u konkrétních plemen patřících do této kategorie. Naopak u některých skupin pracovních plemen (např. lovecká, sáňová, honácká) není testování na degenerativní myelopatii vůbec povinné, což může být důsledkem nižšího povědomí o výskytu tohoto onemocnění v dané skupině plemen. I když

i u těchto plemen se onemocnění vyskytuje. Dle Gough et al. (2018) degenerativní myelopatie postihuje plemena jako je sibiřský husky, welsh corgi, bernský salašnický pes, bloodhound (přičemž vysoká frekvence výskytu je zaznamenána v populaci v Belgii), boxer (zvýšený výskyt byl zaznamenán také především v Belgii), německý ovčák, hovawart, maďarský kuvasz, irský setr a rhodéský ridgeback.

Graf č. 1. Srovnání počtu plemen s povinností vyšetření na degenerativní myelopatii podle velikosti a využití



^{a,b} počet malých a velkých plemen ve sloupcích s odlišným písmenem se liší ($P < 0,05$)

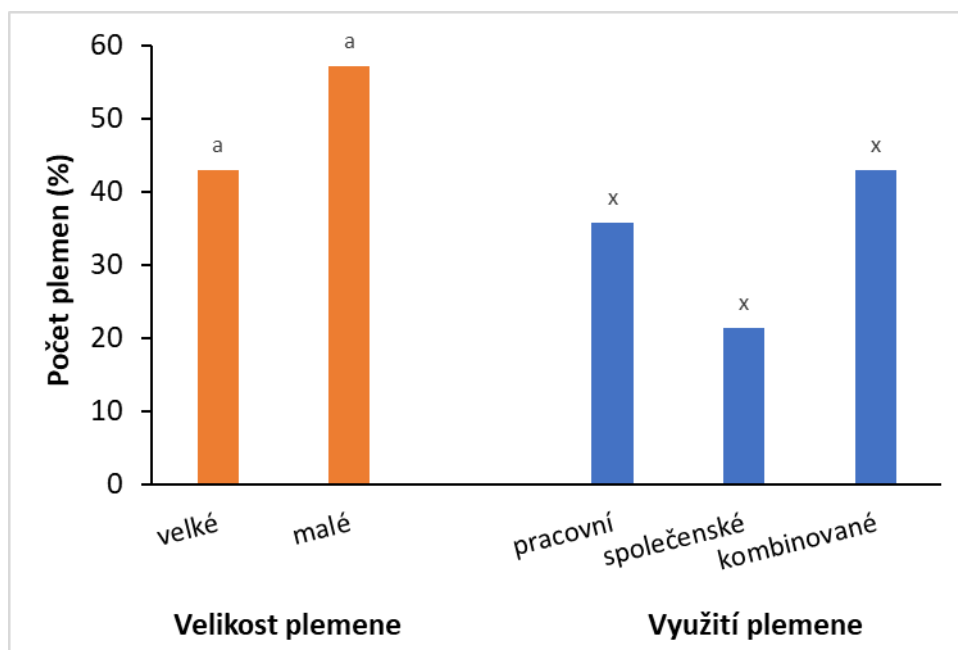
^{x,y} počet plemen s různým využitím ve sloupcích s odlišným písmenem se liší ($P < 0,05$)

U některých z těchto plemen je v ČR toto vyšetření chovatelskými kluby doporučeno, i když není povinné. Celkem je vyšetření na degenerativní myelopatii doporučeno u 14 plemen: rhodéský ridgeback, francouzský buldoček, bernský salašnický pes, kuvasz, australská kelpie, mops, welsh corgi cardigan, welsh corgi pembroke, coton de tuleár, landseer, chesapeake bay retriever, belgický ovčák malinois, nova scotia duck tolling retriever a lapinporokoir.

Srovnání počtu plemen, u kterých je vyšetření na degenerativní myelopatii doporučeno, z hlediska jejich velikosti a využití je uvedeno v grafu č. 2.

Z výsledků vyplývá, že není statisticky významný ($P > 0,05$) rozdíl v počtu plemen, u kterých je vyšetření na degenerativní myelopatii doporučeno chovatelským klubem, z hlediska jejich velikosti ani využití. Doporučené vyšetření na degenerativní myelopatii představuje důležitý prvek preventivní péče o zdraví plemen, u nichž byla prokázána genetická predispozice k tomuto onemocnění. Ve srovnání s povinným vyšetřením na degenerativní myelopatii je zajímavé poměrně vysoké zastoupení doporučení tohoto vyšetření i u malých plemen psů (57,1 %), což odpovídá tomu, že se toto onemocnění netýká výhradně velkých plemen. U pracovních plemen s doporučeným vyšetřením se opět jedná zejména o plemena hlídací (27,3 %), ovčácká (18,2 %), ale také honácká (27,3 %) a lovecká (18,2 %). Awano et al. (2009) uvádějí, že klíčovou roli v rozvoji degenerativní myelopatie hraje přítomnost mutace v genu SOD1, přičemž její identifikace umožňuje včasné a spolehlivé genetické testování predispozice k tomuto onemocnění. Z tohoto důvodu by doporučené vyšetření mělo být systematicky zaváděno napříč všemi plemeny, u nichž se výskyt této mutace prokázal (bez ohledu na velikost plemene či jeho využití).

Graf č. 2. Srovnání počtu plemen, u kterých je vyšetření na degenerativní myelopatii doporučeno, podle velikosti a využití



^a počet malých a velkých plemen ve sloupcích se stejným písmenem se neliší ($P > 0,05$)

^x počet plemen s různým využitím ve sloupcích se stejným písmenem se neliší ($P > 0,05$)

Závěr

Vyšetření na degenerativní myelopatii je povinně vyžadováno u 12 plemen (bílý švýcarský ovčák, hovawart, dlouhosrstá kolie, krátkosrstá kolie, šeltie, československý vlčák, chodský pes, holandský ovčák, kanaánský pes, pyrenejský horský pes, Saarlosův vlčák a východoevropský ovčák) a u dalších 14 plemen (rhodéský ridgeback, francouzský buldoček, bernský salašnický pes, kuvasz, australská kelpie, mops, welsh corgi cardigan, welsh corgi pembroke, coton de tuleár, landseer, chesapeake bay retriever, belgický ovčák malinois, nova scotia duck tolling retriever a lapinporokoira) je doporučeno. Nejedná se o úplný výčet plemen, u kterých se dle literatury toto onemocnění vyskytuje.

Literatura

- Averill, D. 1973. Degenerative myelopathy in the aging German Shepherd Dog: Clinical and pathologic findings. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 162: 1045-1051.
- Bláhová, D. 2025. Analýza podmínek uchovnění psů z hlediska prevence geneticky podmíněných onemocnění. Diplomová práce. Veterinární univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie. Brno. Vedoucí práce prof. Eva Voslářová.
- de Lahunta, A., Glass, E. 2009. *Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology*. 3rd ed. WB Saunders, Philadelphia, PA.
- Fluehmann G, Doherr M, Jaggy A: Canine neurological diseases in a referral hospital population between 1989 and 2000 in Switzerland. *Journal of Small Animal Practice* 47: 582–587, 2006
- Gough, A., Thomas, A., O'Neill, D. 2018. *Breed predispositions to disease in dogs and cats*. 3rd ed. Wiley Blackwell. Hoboken, New Jersey.
- Johnston, P., Barrie, J., McCulloch, M., Anderson, T., Griffiths, I. 2000. Central nervous system pathology in 25 dogs with chronic degenerative radiculomyelopathy. *Veterinary Record* 146: 629-633.
- Miller, A.D., Barber, R., Porter, B.F., Peters, R.M., Kent, M., Platt, S.R., Schatzberg, S.J. 2009. Degenerative myelopathy in Two Boxer Dogs. *Veterinary Pathology* 46: 684-687.

HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍ PROBLEMATIKY BÍLÉHO ŠVÝCARSKÉHO OVČÁKA HEALTH EVALUATION OF WHITE SWISS SHEPHERD DOG

Natálie Štětková, Monika Šebánková*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The aim of this paper was to analyse health issues in the White Swiss Shepherd Dog based on the results of selected examinations conducted in dogs born between 2012 and 2023. The subjects of assessment were the frequency of performed examinations, the prevalence of individual diseases and possible differences between sexes and birth year groups. The overall analysis involves 9 of the most commonly examined conditions: hip dysplasia (HD), elbow dysplasia (ED), osteochondrosis dissecans (OCD), spondylosis (SA), lumbosacral transitional vertebra (LTV), multidrug resistance (MDR1), degenerative myelopathy (DM), hereditary deafness and hereditary eye defects. For analytical purposes, the dogs were divided into 3 groups based on their year of birth (2012–2015, 2016–2019, 2020–2023). The most frequently performed examinations were those for HD, with a prevalence of 22,66 %, and for ED, with a prevalence of 8,29 %. The prevalence of SA and LTV was 3,75 % and 24,46 %, respectively. Carrier status for the MDR1 and SOD1 mutations (associated with degenerative myelopathy) was detected in 9,01 % and 12,97 % of dogs, respectively, while no homozygous mutations were found for either condition. Hereditary deafness was confirmed in 4,88 % of examined dogs, while hereditary eye defects were found in only one individual. OCD was not observed in the analyzed population. No significant association between the disease occurrence and sex was found. For certain diseases (HD and LTV), a significant decrease in prevalence was observed in the course of the time, whereas ED and hereditary deafness showed a notable increase in younger dogs.

Key words: orthopedic disorders, prevalence, dog, dysplasia, hereditary deafness, genetic predisposition, degenerative myelopathy

Souhrn

Předmětem této studie byla analýza zdravotní problematiky v chovu bílého švýcarského ovčáka na základě výsledků vybraných vyšetření prováděných u psů narozených v letech 2012–2023. Hodnocena byla četnost vyšetření, výskyt jednotlivých onemocnění a případné rozdíly mezi pohlavími a skupinami psů dle roku narození. Zahrnuto bylo 9 nejčastěji vyšetřovaných onemocnění: dysplazie kyčelního kloubu (DKK), dysplazie loketního kloubu (DLK), disekující osteochondróza (OCD), spondylóza (SA), lumbosakrální přechodový obratel (LTV), mnohočetná léková rezistence (MDR1), degenerativní myelopatie (DM), dědičná hluchota a dědičné oční vady (DOV). Pro účely analýzy byli jedinci rozděleni do 3 skupin podle roku narození (2012–2015, 2016–2019 a 2020–2023). Nejčastěji se prováděla vyšetření na DKK, u níž byla zjištěna prevalence 22,66 % a na DLK s prevalencí 8,29 %. U SA a LTV činila prevalence 3,75 % a 24,46 %. Nosičství mutace MDR1 a SOD1 (spojené s degenerativní myelopatií) bylo zjištěno u 9,01 % a 12,97 % psů, přičemž mutace na obou alelách se nevyskytla ani u jednoho z onemocnění. Dědičná hluchota byla potvrzena u 4,88 % vyšetřených psů a DOV byly zjištěny pouze u jednoho jedince. OCD nebyla v analyzované populaci zaznamenána. Výskyt žádného onemocnění nebyl ovlivněn pohlavím.

* sebankovam@vfu.cz

U DKK a LTV došlo k významnému poklesu prevalence v čase, zatímco u DLK a dědičné hluchoty byl u nejmladších psů zaznamenán nárůst.

Klíčová slova: ortopedická onemocnění, prevalence, pes, dysplazie, dědičná hluchota, genetické predispozice, degenerativní myelopatie

Úvod

Velikost a tělesná konstituce bílého švýcarského ovčáka předurčují plemeno k výskytu zdravotních komplikací typických pro psy velkých a obřích plemen. Nejčastěji se jedná o onemocnění pohybového aparátu, jako je například dysplazie kyčelního a loketního kloubu, osteoartróza a jiné ortopedické vady, které mohou výrazně ovlivnit kvalitu života zvířete v důsledku bolesti a omezené pohyblivosti. Zvláště důležitá je proto prevence a včasná diagnostika pro zajištění optimální kondice, dlouhověkosti psa i pro udržení standardu plemene. Klub bílého ovčáka, který zaštiťuje organizaci chovu plemene v České republice, má za cíl zvyšovat jeho úroveň jak po stránce exteriéru a povahových vlastností psů, tak v oblasti zdraví jedinců. V rámci uchovňování mladých psů dbá klub na minimalizaci šíření závažných vad do dalších vrhů upřednostněním zdravých jedinců v plemenitbě. Cílem studie bylo statisticky zhodnotit četnost vyšetření a vývoj zdravotních výsledků sledovaných onemocnění pohybového aparátu (dysplazie kyčelního kloubu (DKK), dysplazie loketního kloubu (DLK), disekující osteochondróza (OCD), spondylóza (SA), lumbosakrální přechodový obratel (LTV), degenerativní myelopatie (DM)), a jiných sledovaných onemocnění (mnohočetná léková rezistence (MDR1), dědičná hluchota a dědičné oční vady (DOV)). Dále byl hodnocen vliv pohlaví a rok narození na výskyt onemocnění.

Materiál a metodika

Analyzovaná data byla získána z oficiální databáze Klubu bílého ovčáka, ve které jsou shromažďovány veškeré údaje o jedincích tohoto plemene. V rámci práce byli hodnoceni všichni zapsaní jedinci, kteří se narodili od roku 2012 do roku 2023 včetně. Celkový počet analyzovaných jedinců činil 6 908, z čehož bylo 3 457 psů a 3 451 fen. Statisticky byl hodnocen vývoj zdravotní problematiky v chovu z hlediska sledovaných onemocnění pohybového aparátu a dále byla hodnocena četnost vyšetření a výsledky dalších prováděných testů u plemene. Z celkového počtu 6 908 jedinců bylo na DKK vyšetřeno 1 964 psů, na DLK 1 953 psů, na MDR1 1 076 psů, na DM 1 064 psů, na OCD 251 psů, na SA 293 psů, na LTV 327 psů, na dědičnou hluchotu 82 psů a na DVO 57 psů. Pro větší přehlednost byli zahrnutí jedinci rozčleněni do 3 skupin podle roku narození: 1. skupina zahrnovala jedince narozené v letech 2012 až 2015, 2. skupina zahrnovala jedince narozené od roku 2016 až do roku 2019 a 3. skupina zahrnovala jedince narozené od roku 2020 do roku 2023. Provedená vyšetření byla také porovnávána mezi pohlavími, aby bylo možné určit případné rozdíly ve výskytu jednotlivých onemocnění mezi samci a samicemi.

Statistická analýza byla realizována prostřednictvím statistického programu Unistat 6.5 for Excel. Pro porovnání rozdílů výskytu mezi jednotlivými kategoriemi byly použity kontingenční tabulky 2×2 a $k \times m$. K analýze závislosti mezi proměnnými byl primárně využit Chí-kvadrát test. U 2×2 tabulek byl výsledek vyvozen z Yatesovy korekce, v případě využití tabulek $k \times m$ byl aplikován Pearsonův chí-kvadrát test. Pokud byly četnosti v rámci výsledků nižší než 5, byl použit Fisherův přesný test. Výsledky jsou prezentovány ve formě pravděpodobnosti (p), přičemž byly stanoveny následující hladiny významnosti: $p > 0,05$ znamená statisticky nevýznamný rozdíl, $p < 0,05$ statisticky významný rozdíl a $p < 0,01$ statisticky vysoce významný rozdíl.

Výsledky a diskuze

Z výsledků je patrné, že nejvíce jedinců podstoupilo vyšetření na dysplazii kyčelního a loketního kloubu, která jsou jednou z podmínek pro uchovnění. Naopak vyšetření na dědičné oční vady a dědičnou hluchotu byla provedena pouze u nepatrného procenta psů. S výjimkou dědičných očních vad, byla všechna vyšetření provedena s vyšší četností u fen nežli u psů. Při sledování

vývoje počtu provedených vyšetření v jednotlivých letech se ukázalo, že mezi sledovanými onemocněními existují určité rozdíly. Vyšetření na dysplazii kyčelního a loketního kloubu, mnohočetnou lékovou rezistenci, degenerativní myelopatii, dědičnou hluchotu a dědičné oční vady byla v posledních letech prováděna méně často. Naopak u osteochondrózy, spondylózy a lumbosakrálního přechodového obratle byl zpozorován mírně rostoucí trend počtu vyšetřených jedinců. Tyto rozdíly nebyly statisticky testovány, přesto však grafické zobrazení a četnosti naznačují možné změny v přístupu chovatelů k jednotlivým vyšetřením. Pokles v rámci testování na některá onemocnění by mohl souviset i s tím, že nejmladší psi nemusí mít ještě kompletní zdravotní záznamy a vyšetření u nich doposud nebyla provedena. Jistý vliv na frekvenci testování mohla mít i omezení v oblasti veterinární péče týkající se pandemie COVID-19, která probíhala právě v letech 2020–2023. Tento fakt naznačují i některé studie věnující se celkovým dopadům pandemických opatření na péči o zvířata (Ekstrand et al., 2021). Zmiňují, že vlivem nákazy došlo k omezení služeb i snížení počtu celkové dostupnosti odborného personálu v oblasti veterinární péče, což mohlo vést k méně častému provádění vyšetření obecně.

V rámci dysplazie kyčelního kloubu celková prevalence činila 22,66 %. Tato hodnota je srovnatelná s prevalencí 20,3 %, která byla zjištěna ve studii Baldinger et al. (2020), kde byla analyzována data 27 710 psů různých plemen, včetně bílého švýcarského ovčáka, a to ve Francii v letech 1997–2017. Mé výsledky zároveň ukázaly, že výskyt onemocnění nebyl ovlivněn pohlavím. V některých zahraničních studiích prováděných v Norsku, Turecku a Anglii také nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi pohlavími z hlediska prevalence onemocnění (Loder a Todhunter, 2017). Naopak ve Švédsku byl v rámci studie zjištěn častější výskyt dysplazie kyčlí u fen německých ovčáků, a to až 1,14x (Hedhammar et al., 1979). Z našich výsledků také vyplývá, že nejvíce postižených jedinců pocházelo ze skupiny psů narozených v letech 2012–2015. V průběhu let byl pozorován pokles podílu nemocných, přičemž mezi nejstarší a nejmladší skupinou byl zaznamenán statisticky významný rozdíl. Tento vývoj může svědčit o pozitivním vlivu selekce zdravých jedinců v chovu. Obdobné výsledky uvádí v jedné ze studií Ohlerth et al. (2019), ve které jedním z hodnocených plemen byl německý ovčák. I u tohoto plemene došlo za sledované období k výraznému poklesu prevalence onemocnění.

U dysplazie loketního kloubu byla zjištěna celková prevalence onemocnění 8,29 %, tedy výrazně nižší v porovnání s dysplazií kyčelního kloubu, což bylo následně potvrzeno i statistickou analýzou. V rámci studie Roels et al. (2024), byl pak bílý švýcarský ovčák zařazen mezi plemena s nižší prevalencí DLK (do 11,4 %), což odpovídá výsledkům naší studie. Mezi pohlavími nebyl prokázán statisticky významný rozdíl ve výskytu onemocnění. Nicméně, několik zahraničních studií zaznamenalo statisticky významné rozdíly mezi pohlavími u různých plemen, přičemž vyšší prevalence onemocnění byla většinou u samců (Lavrijsen et al., 2014; Alves – Pimenta et al., 2013). Při hodnocení podle roku narození byl však zaznamenán rostoucí výskyt dysplazie u nejmladší skupiny jedinců narozených v letech 2020–2023. Jedním z možných vysvětlení je nižší dědivost DLK oproti DKK, o které se zmiňují některé zahraniční studie (James et al., 2020). Autoři této britské studie vysvětlují, že genetický pokrok ve snižování výskytu DLK je pomalejší než u DKK, což by odpovídalo stagnaci, případně i nárůstu prevalence DLK u jedinců narozených v posledních letech. Je možné, že jistou roli by v tomto vývoji mohlo hrát i zlepšení diagnostických metod, díky kterému lze zachytit i mírnější formy nemoci, což v minulosti nebylo běžné (Arthurs et al., 2018).

V případě disekující osteochondrózy nebyl v celém souboru psů zaznamenán žádný postižený jedinec. Je však třeba brát v potaz velmi nízký počet testovaných jedinců (3,63 % z celé analyzované populace), což mohlo celkovou prevalenci výrazně zkreslit. Je pravděpodobné, že analyzovaný soubor nebyl dostatečně velký na to, aby zachytil případný výskyt onemocnění. Zároveň v jedné ze studií Ohlerth et al. (2016) je zmíněno, že v případě OCD může být prevalence podhodnocena, a to primárně kvůli metodám sběru dat, jelikož testování není u drtivé většiny plemen povinné a může tak docházet k selektivnímu testování chovných jedinců.

U spondylózy byla zjištěna prevalence 3,75 % a lze tak konstatovat, že se onemocnění v testovaném souboru psů vyskytovalo spíše ojediněle. V rámci pohlaví nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl, onemocnění jím tedy nebylo podmíněno. Podobné výsledky uvádí i Kranenburg et al. (2011), kteří ve své studii nezaznamenali statisticky významný rozdíl v prevalenci spondylózy mezi samci a samicemi. I když byla u nejmladší skupiny pozorována nejnižší prevalence, statistická analýza mezi skupinami významný rozdíl neprokázala. Zároveň je nutno zohlednit skutečnost, že spondylóza je onemocnění, které se rozvíjí postupně a nejčastěji až ve vyšším věku (Carnier et al., 2004). I tento faktor by mohl mít vliv na nízkou prevalenci nemoci ve skupině s nejmladšími jedinci, jelikož se u nich ještě nemusely plně projevit klinické příznaky.

Prevalence lumbosakrálního přechodového obratle činila 24,46 %, což je srovnatelné s výsledky jiných studií. Fialová et al. (2014) ve své studii hodnotili 1 878 čistokrevných psů různých plemen na přítomnost LTV a celková prevalence zde byla stanovena na 10 %. Konkrétně u bílého švýcarského ovčáka se LTV vyskytovalo u 13,5 % jedinců s tím, že bylo analyzováno pouze 37 zástupců tohoto plemene. U německých ovčáků, kterých bylo v analyzovaném souboru celkem 205, pak byla prevalence výrazně vyšší, a to 25,9 %. Výskyt onemocnění v rámci naší studie nebyl prokazatelně ovlivněn pohlavím. Podobné výsledky zaznamenala i studie Damur-Djuric et al. (2006), která analyzovala 4 000 psů různých plemen, včetně německého ovčáka. Z našich výsledků je dále patrné, že v průběhu sledovaného období docházelo k postupnému snižování výskytu, přičemž rozdíl mezi nejstarší a nejmladší skupinou psů dosáhl vysoké statistické významnosti. Některé zahraniční studie naopak zmiňují, že v rámci populace německého ovčáka byl zaznamenán postupný nárůst výskytu LTV (Gluding et al., 2021). Rozdíl může být způsoben rozlišnými genetickými predispozicemi plemene, přístupem klubů a chovatelů i velikostí analyzovaného souboru.

Při testování na přítomnost mnohočetné lékové rezistence bylo zjištěno nosičství mutace u 9,01 % psů ze souboru, přičemž u žádného jedince nebyla zaznamenána mutace na obou alelách. K podobnému výsledku dospěli ve své studii Gramer et al. (2011), kteří se zabývali analýzou více než 7 000 čistokrevných psů různých plemen. U bílého švýcarského ovčáka byla frekvence jedné mutantní alely stanovena na 14 %. Zároveň zde autoři zmiňují, že mutace v obou alelách byla u bílého švýcarského ovčáka zaznamenána pouze velmi vzácně, což odpovídá i našim získaným výsledkům. Dále naše výsledky ukázaly, že výskyt mutace nebyl ovlivněn pohlavím. K podobnému zjištění dospěli i autoři studie Geyer a Janko (2012), kteří zmiňují, že konkrétně u kolií nebyla mutace MDR1 vázána na pohlaví ani na jiné fenotypové znaky. Z výsledků lze dále vyčíst, že nejvyšší podíl nosičů mutace byl zjištěn ve skupině nejmladších jedinců narozených v letech 2020–2023, avšak statistická analýza nepotvrdila, že by v průběhu let došlo k významnému poklesu v četnosti výskytu.

U degenerativní myelopatie byl výskyt nosičství mutace zaznamenán u 12,97 % testovaných psů, přičemž žádný z vyšetřených jedinců nenesl mutace obou alel. Podobné výsledky přinesla studie Kountourantzis et al. (2023), ve které autoři analyzovali výskyt mutace genu SOD1 v rámci populace německého ovčáka a belgického ovčáka. 89,4 % psů zde bylo klasifikováno jako zdraví homozygoti, 9,6 % jako heterozygotní přenašeči a 0,96 % jedinců bylo homozygotních nesoucích mutaci obou alel. Mezi samci a samicemi nebyl v rámci mé studie zaznamenán statisticky významný rozdíl ve výskytu onemocnění. Tento výsledek odpovídá závěrům studie Boeykens et al. (2020), která uvádí, že u degenerativní myelopatie nebyla prokázána pohlavní predispozice. Mírně vyšší zastoupení přenašečů bylo pozorováno u nejmladších jedinců, nicméně ani zde statistická analýza neprokázala významný rozdíl mezi skupinami psů.

U dědičné hluchoty činila celková prevalence onemocnění 4,88 %, přičemž byli zaznamenáni pouze jedinci s oboustrannou hluchotou. Strain (2004) ve své studii uvádí, že dědičná hluchota byla zaznamenána u různých plemen psů a prevalence se mezi jednotlivými plemeny značně liší – od 29,9 % u dalmatinů až po 6,9 % u anglických kokršpanělů. Autor také zmiňuje, že výsledky mohou být ovlivněny způsobem sbírání dat, jelikož někteří psi byli testováni cíleně na základě podezření na

hluchotu a celkové výsledky tak mohou být nadhodnocené. Naopak v některých případech došlo k testování na základě účasti na výstavách a v tom případě mohou být data podhodnocena. Mé výsledky neprokázaly statisticky významný rozdíl mezi pohlavími. Podobné závěry uvádí i Strain (2004) ve své studii, kde bylo analyzováno několik různých plemen a u žádného z nich nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi samci a samicemi. Nejvyšší podíl postižených jedinců byl zaznamenán mezi nejmladšími psy narozenými v letech 2020–2023, kde statistická analýza potvrdila významný rozdíl oproti nejstarší skupině. Tento nárůst však může být ovlivněn celkově nízkým počtem testovaných jedinců i selektivním výběrem psů k testování.

V případě dědičných očních vad podstoupilo vyšetření velmi málo jedinců, z nichž 98,25 % bylo klasifikováno jako prostých vad. Výskyt postižení byl zaznamenán pouze u jednoho psa. Vzhledem k takto nízkému počtu nelze spolehlivě hodnotit prevalenci onemocnění v populaci. S ohledem na nepovinný charakter vyšetření a možný selektivní výběr jedinců je nutné výsledky interpretovat s opatrností. Některé odborné práce, jež se zabývaly výskytem dědičných očních vad u německých ovčáků zmiňují, že toto plemeno je predisponované k celé řadě očních onemocnění (Zubrický a Trbolová, 2022). Vzhledem k blízkému genetickému příbuzenství mezi německým a bílým švýcarským ovčákem je pravděpodobné, že obdobná rizika výskytu nemocí mohou existovat i u tohoto plemene.

Závěr

Získané výsledky poukazují na jisté trendy ve výskytu sledovaných onemocnění a reflektují změny v přístupu chovatelů k preventivní diagnostice, které mohou v budoucnu napomoci ke zlepšení zdravotní situace v chovu. U některých onemocnění byl zaznamenán pokles prevalence, zejména u DKK a LTV, což může svědčit o účinné selekci. Naopak u DLK a dědičné hluchoty byl u nejmladších jedinců pozorován mírný nárůst výskytu. Nižší počet genetických a nepovinných vyšetření ztěžuje hodnocení některých onemocnění, přesto výsledky přinášejí důležitý přehled o zdravotním vývoji populace bílého švýcarského ovčáka v posledních letech.

Literatura

- Alves-Pimenta, S., Colaco, B., Silvestre, A.M.A., Ginja, M.M. 2013. Prevalence and breeding values of elbow dysplasia in the Estrela mountain dog. *Veterinární Medicína* 58: 484-490.
- Arthurs, G., Brown, G., Pettitt, R. 2018. BSAVA manual of canine and feline musculoskeletal disorders. 2nd ed. British Small Animal Veterinary Association. Quedgeley, Gloucester.
- Baldinger, A., Genevois, J.P., Moissonnier, P., Barthélemy, A., Carozzo, C., Viguier, É., Cachon, T. 2020. Prevalence of canine hip dysplasia in 10 breeds in France, a retrospective study of the 1997-2017 radiographic screening period. *Plos One* 15: 1-11.
- Boeykens, F., Peelman, L., Bhatti, S., Broeckx, B.J.G. 2020. Genetic insights in canine degenerative myelopathy. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 89: 253-261.
- Carnier, P., Gallo, L., Sturaro, E., Piccinini, P., Bittante, G. 2004. Prevalence of spondylosis deformans and estimates of genetic parameters for the degree of osteophytes development in Italian Boxer dogs. *Journal of Animal Science* 82: 85-92.
- Damur-Djuric, N., Steffen, F., Hässig, M., Morgan, J.P., Flückiger, M.A. 2006. Lumbosacral transitional vertebrae in dogs: Classification, prevalence, and association with sacroiliac morphology. *Veterinary Radiology and Ultrasound* 47: 32-38.
- Ekstrand, K., Flanagan, A.J., Lin, I.E., Vejseli, B., Cole, A., Lally, A.P., Morris, R.L., Morgan, K.N. 2021. Animal transmission of SARS-CoV-2 and the welfare of animals during the COVID-19 pandemic. *Animals* 11: 2044-2081.
- Fialová, I., Paninárová, M., Nečas, A., Stehlík, L., Proks, P. 2014. Prevalence of lumbosacral transitional vertebrae in dogs in the Czech Republic. *Acta Veterinaria Brno* 83: 399-403.
- Geyer, J., Janko, Ch. 2012. Treatment of MDR1 mutant dogs with macrocyclic lactones. *Current Pharmaceutical Biotechnology* 13: 969-986.
- Gluding, D., Stock, F.K., Tellhelm, B., Kramer, M., Eley, N. 2021. Genetic background of lumbosacral transitional vertebrae in German shepherd dogs. *Journal of Small Animal Practice* 62: 967-972.

- Gramer, I., Leidolf, R., Döring, B., Klintzsch, S., Krämer, E.M. Yalcin, E., Petzinger, E., Geyer, J. 2011. Breed distribution of the nt230(del4) MDR1 mutation in dogs. *The Veterinary Journal* 189: 67-71.
- Hedhammar, A., Olsson, S.E., Andersson, S.A., Persson, L., Pettersson, L. Olausson, A., Sundgren, P.E. 1979. Canine hip dysplasia: study of heritability in 401 litters of German Shepherd dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 174: 1012-1016.
- James, H.K., McDonnell, F.A., Lewis, T.W. 2020. Effectiveness of canine hip dysplasia and elbow dysplasia improvement programs in six UK pedigree breeds. *Frontiers in Veterinary Science* 6: 490.
- Kountourantzis, A., Minoudi, S., Karaïskou, N., Papakostas, S., Moulisanos, A., Baka, R.D., Tsartsianidou, V., Vlachavas, A., Aivaliotis, M., Polizopoulou, Z.S., Triantafyllidis, A. 2023. Prevalence of SOD1 allele associated with degenerative myelopathy in canine population in Greece. *Research in Veterinary Science* 162: 104959.
- Kranenburg, H.J.C., Voorhout, G., Grinwis, G.C.M., Hazewinkel, H.A.W., Meij, B.P. 2011. Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH) and spondylosis deformans in purebred dogs: a retrospective radiographic study. *The Veterinary Journal* 190: 84-90.
- Lavrijsen, I.C.M., Heuven, H.C.M., Meij, B.P., Theyse, L.F.H., Nap, R.C. Leegwater, P.A.J., Hazewinkel, H.A.W. 2014. Prevalence and co-occurrence of hip dysplasia and elbow dysplasia in Dutch pure-bred dogs. *Preventive Veterinary Medicine* 114: 114-122.
- Loder, R.T., Todhunter, R.J. 2017. The demographics of canine hip dysplasia in the United States and Canada. *Journal of Veterinary Medicine* 2017: 5723476.
- Ohlerth, S., Geiser, B., Flückiger, M., Geissbühler, U. 2019. Prevalence of canine hip dysplasia in Switzerland between 1995 and 2016 - A retrospective study in 5 common large breeds. *Frontiers in Veterinary Science* 6: 378.
- Ohlerth, S., Senn, S., Geissbühler, U., Kircher, P.A., Flückiger, M. 2016. Prevalence of humeral head osteochondrosis in the Greater Swiss Mountain dog and the Border Collie in Switzerland. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 158: 749-754.
- Roels, J., Genevois, J.P., Fostier-Humbert, M., Porsmoguer, Ch., Blondel, M., Chanoit, G., Fau, D., Cachon, T. 2024. Prevalence of elbow dysplasia in 13 dog breeds in France: A retrospective radiographic study (2002–2022). *American Journal of Veterinary Research* 85: 6.
- Strain, G.M. 2004. Deafness prevalence and pigmentation and gender associations in dog breeds at risk. *The Veterinary Journal* 167: 23-32.
- Zubrický, P., Trbolová, A. 2022. Hereditary eye diseases in German Shepherd dog. *Folia Veterinaria* 66: 48-53.

REHABILITACE PSA PO AMPUTACI KONČETINY REHABILITATION OF A DOG AFTER LIMB AMPUTATION

Edita Kozlíková, Mikuláš Michael Kálnoky*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
hygiene and Ecology, University of Veterinary sciences Brno, Czech Republic

Summary

Rehabilitation of a dog after limb amputation is a complex, multidisciplinary process that involves assessing biomechanical changes caused by limb loss, modifying the home environment, setting individualized home and professional therapy, and providing psychological support for the owner. The goal is to optimize three-legged gait, minimize overload of the remaining limbs, and prevent secondary complications such as arthritis and muscle imbalances, which can significantly affect the dog's quality of life. Physiological changes include shifts in weight distribution, with front limb amputation increasing loading on the healthy front and rear limbs on the same side, while rear limb amputation increases load on the front limbs and lumbar spine, placing higher demands on muscles and joints, requiring thorough rehabilitation. A safe and functional home environment includes removing obstacles, applying non-slip floor coverings, and properly placing food and water bowls, which greatly contribute to comfort and injury prevention during recovery. Home rehabilitation is based on a regular schedule of controlled physical activities, basic obedience training, and coordination exercises to strengthen muscles and balance necessary for proper adaptation and long-term reduction of overload risk. Veterinary physiotherapy complements this plan with passive and active joint exercises, manual techniques, proprioceptive training, and hydrotherapy, which reduces joint load and supports tissue regeneration through buoyancy and warmth of water. The use of orthoses and prostheses in partial amputations requires individual adjustment and close monitoring due to potential complications. Psychological support for the owner is essential because their positive attitude and active involvement in care significantly influence the dog's motivation and the quality of its adaptation to the new way of moving.

Key words: limb amputation, veterinary physiotherapy, hydrotherapy, home care

Souhrn

Rehabilitace psa po amputaci končetiny představuje komplexní a multidisciplinární proces, který zahrnuje posouzení biomechanických změn způsobených ztrátou končetiny, úpravu domácího prostředí, individuální nastavení domácí i odborné terapie a psychologickou podporu majitele. Cílem je optimalizovat chůzi na třech končetinách, minimalizovat přetížení zdravých končetin a předejít sekundárním komplikacím, jako je artróza či svalové dysbalance, které by mohly významně ovlivnit kvalitu života psa. Fyziologické změny zahrnují změnu rozložení váhy psa, přičemž u amputace přední končetiny dochází k přesunu zátěže na zdravou přední a zadní končetinu téže strany, zatímco u amputace zadní končetiny jsou více zatěžovány přední končetiny a bederní páteř, což klade zvýšené nároky na svalstvo a klouby, a vyžaduje důkladnou rehabilitaci. Bezpečné a funkční domácí prostředí zahrnuje odstranění překážek, protiskluzové úpravy podlahy a správné rozmístění misek, což výrazně přispívá ke komfortu a prevenci úrazů psa v průběhu rekonvalescence. Domácí rehabilitace staví na pravidelném režimu řízených pohybových aktivit, základním nácviku povelů a koordinovaných cvičeních pro posílení svalstva a rovnováhy, které jsou nezbytné pro správnou adaptaci a dlouhodobé snížení rizika přetížení. Veterinární fyzioterapie

* kálnokym@vfu.cz

doplňuje tento plán o pasivní i aktivní cvičení kloubů, manuální techniky, proprioceptivní trénink a hydroterapii, která díky vztlaku a teplu vody snižuje kloubní zátěž a podporuje regeneraci tkání. Nasazení ortéz a protéz u částečných amputací vyžaduje individuální přístup a pečlivý dohled kvůli možným komplikacím. Psychologická podpora majitele je klíčová, protože jeho pozitivní postoj a aktivní zapojení do péče výrazně ovlivňuje motivaci psa i výslednou kvalitu jeho adaptace na nový způsob pohybu.

Klíčová slova: amputace končetiny, veterinární fyzioterapie, hydroterapie, domácí péče

Úvod

Rehabilitace psa po amputaci končetiny je náročný a mnohostranný proces, který vyžaduje důkladné porozumění biomechanickým i funkčním změnám, jež amputace způsobí. Úzce spolupracují veterinární lékaři, fyzioterapeuti a pečující rodina psa, aby zajistili optimální péči a maximálně usnadnili přizpůsobení zvířete novému stavu. Při dynamickém pohybu nese pes přibližně 60 % své hmotnosti na předních končetinách a 40 % na zadních, což je rozhodující pro pochopení změn po ztrátě některé z končetin (Cole et Millis, 2017). Rehabilitační program musí zohlednit nejen fyzické aspekty, ale i psychické potřeby jak psa, tak jeho majitele, který často prochází pocity obav a viny. Ve výzkumu provedeném na vzorku 64 majitelů psů podstupujících amputaci bylo zjištěno, že 91 % těchto majitelů nezaznamenalo významné negativní změny v chování svého psa po operaci. Zároveň 88 % majitelů vnímalo návrat psa k původní aktivitě jako úplný nebo téměř úplný a 86 % uvedlo, že by se ve stejné situaci rozhodli pro amputaci znovu, což podtrhuje schopnost adaptace postižených zvířat, přesto mají majitelé za začátku obavy, jak se s tím zvíře vyrovná (Dickerson et al., 2015).

Fyziologické změny po amputaci

Amputace jedné z předních končetin vyvolává výrazné přesunutí zátěže na zdravou přední končetinu a zadní končetiny stejné strany, což vede ke zvýšené biomechanické námaze zejména ramenního, loketního a zápěstního kloubu. Pes zároveň přizpůsobuje držení těla a těžiště tak, aby vyrovnal nerovnováhu způsobenou ztrátou končetiny, což může dlouhodobě způsobovat změny ve vzorcích pohybu a opotřebování kloubů (Cole et Millis, 2017). U amputace zadní končetiny přechází zátěž výrazně na přední končetiny a svalstvo bederní oblasti, což zvyšuje riziko bolestí zad, svalových dysbalancí a dalších komplikací pohybového aparátu (Jarvis et al., 2013). Přesto klinické zkušenosti ukazují, že většina postižených psů zvládá aktivní život s jednou chybějící končetinou velmi dobře díky jejich schopnosti adaptace (Dickerson et al., 2015).

Úprava domácího prostředí

Úprava domácího prostředí je zásadní pro zajištění bezpečnosti a pohodlí psa během rehabilitace. Doporučuje se odstranit všechny ostré hrany nábytku a potenciální překážky, které by mohly vést k úrazu při nečekaném pádu nebo ztrátě rovnováhy. Podlaha by měla být opatřena protiskluzovými podložkami nebo koberci, což snižuje riziko uklouznutí. Umístění misek na krmivo a vodu do vyšší polohy zabraňuje nadměrnému ohýbání krku psa, což šetří zdravé končetiny i páteř a usnadňuje přístup k potravě a tekutinám (Dickerson et al., 2015). Dále je důležité zajistit bezbariérový přístup do všech oblastí domácnosti a zahrady, což posiluje samostatnost a sebevědomí psa, podporuje jeho mobilitu a usnadňuje aktivní život.

Domácí rehabilitace

Domácí rehabilitace by měla být pečlivě řízena a přizpůsobena individuálním potřebám psa. Počáteční fáze zahrnuje pomalé, kontrolované procházky, které postupně učí psa nový způsob pohybu, aniž by došlo k přetížení zbývajících končetin. V rámci pravidelné denní aktivity se doporučuje nácvik základních povelů, jako jsou „sedni“ a „vstaň“, které pomáhají posilovat svalstvo a zlepšovat rovnováhu. Zařazení překážkových cvičení, tzv. cavaletti, spočívajících

v překračování nízkých latěk, podporuje rozvoj motorické koordinace a sílu důležitou pro správnou stabilitu a pohyb na třech končetinách. Intenzita a délka tréninku by měla být postupně zvyšována s přihlédnutím k aktuálnímu zdravotnímu stavu a únava psa by měla být pečlivě sledována a respektována, přičemž v případě známek bolesti nebo vyčerpání se aktivita upraví nebo přeruší (Dickerson et al., 2015).

Veterinární fyzioterapie

Veterinární fyzioterapie představuje klíčovou součást odborné péče po amputaci. U nízkých amputací, kdy zůstávají klouby, je nezbytné provádět pasivní cvičení kloubů, která pomáhají udržet jejich pohyblivost, zabraňují tuhnutí a podporují funkční zotavení. Naproti tomu u vyšších amputací, kde došlo k odstranění i kloubních struktur ramenního či kyčelního pletence, jsou fyzioterapeutické postupy zaměřeny na péči o pahýl a okolní měkké tkáně – masáže, manuální terapie, prevence vzniku jizvových kontraktur a stimulace okolního svalstva. Důležitou součástí je posilování zdravých končetin a svalstva trupu a korekce držení těla, což vede k lepší rovnováze, stabilitě a efektivnější chůzi na třech končetinách, snižující riziko sekundárních komplikací, mezi něž patří bolest a svalové přetížení (Lindley et Watson, 2010).

Proprioceptivní a hydroterapeutický trénink

Proprioceptivní trénink pomáhá psovi vnímat a zlepšovat polohu svého těla v prostoru, což umožňuje efektivnější kompenzační mechanismy po amputaci. Cvičení na nestabilních plochách, jako jsou balanční míče nebo malé trampolíny, podporují rozvoj rovnováhy, nervosvalové koordinace a celkové motorické kontroly, které jsou nezbytné pro bezpečný a plynulý pohyb v běžném životě. Hydroterapie je jednou z nejúčinnějších rehabilitačních metod díky fyzikálním vlastnostem vody. Vztlak vody významně snižuje zatížení postižených i zdravých kloubů, umožňuje bezpečný pohyb a intenzivní posilování svalstva bez nebezpečí přetížení. Teplá voda napomáhá uvolnění svalového napětí, zlepšuje krevní oběh a zvyšuje rozsah pohybu, čímž podporuje hojení a regeneraci. Hydrostatický tlak vody navíc působí protiedematózně a analgeticky, což přispívá k úspěšnému zotavení psa (Jarvis et al., 2013; Tomlinson, 2012).

Ortézy a protézy

U částečných amputací mohou být použity ortézy nebo protézy, které pomáhají kompenzovat ztrátu končetiny a zlepšují stabilitu i komfort pohybu. Nasazení těchto pomůcek musí být pečlivě přizpůsobeno individuálním potřebám a anatomii psa. Je důležité pravidelně sledovat pokožku a měkké tkáně v místě kontaktu, aby se zabránilo vzniku dekubitů (proleženin) či dermatitid, které mohou výrazně ovlivnit komfort a funkčnost ortézy nebo protézy (Wendland et al., 2023).

Závěr

Úspěšná rehabilitace psa po amputaci končetiny vyžaduje komplexní a dobře koordinovaný multidisciplinární přístup. Klíčové je důkladné biomechanické vyhodnocení změn způsobených ztrátou končetiny, které slouží jako základ pro sestavení individuálního rehabilitačního plánu. Úprava domácího prostředí tak, aby bylo bezpečné, funkční a umožňovalo maximální samostatnost psa, je nezbytným faktorem ovlivňujícím průběh rehabilitace. Domácí péče se musí skládat z cílených pohybových aktivit, které postupně posilují svalstvo a zvyšují koordinaci bez přetěžování, přičemž je třeba respektovat limity a aktuální zdravotní stav psa. Veterinární fyzioterapie dodává odbornou podporu zaměřenou na udržení rozsahu pohybu, uvolnění měkkých tkání, korekci držení těla a rozvoj propriocepce. Hydroterapie představuje efektivní metodu snižující zátěž kloubů a podporující hojení. Nasazení ortéz či protéz je vhodné u vybraných případů a musí být prováděno s maximální péčí a pravidelnou kontrolou. Nedílnou součástí úspěchu je také psychologická podpora majitele, který díky svému pozitivnímu postoji a aktivnímu zapojení výrazně ovlivňuje motivaci psa a jeho schopnost adaptovat se na nový způsob života. Celkově je

rehabilitace cíleným, dlouhodobým procesem, jehož výsledkem je nejen obnovení pohyblivosti, ale i zachování životní pohody a kvality života psa po amputaci.

Literatura

- Cole, G.L., Millis, D.L. 2017. The effect of limb amputation on standing weight distribution in the remaining three limbs in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 30: 59–61.
- Dickerson, V.M., Coleman, K.D., Ogawa, M., Saba, C.F., Cornell, K.K., Radlinsky, M.G., Schmiedt, C.W. 2015. Outcomes of dogs undergoing limb amputation, owner satisfaction with limb amputation procedures, and owner perceptions regarding postsurgical adaptation: 64 cases (2005–2012). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 247: 786–792.
- Jarvis, S.L., Worley, D.R., Hogg, S.M., Hill, A.E., Haussler, K.K., Reiser, R.F. 2013. Kinematic and kinetic analysis of dogs during trotting after amputation of a thoracic limb. *American Journal of Veterinary Research* 74: 1155–1163.
- Lindley, S., Watson, P. 2010. *BSAVA Manual of Canine and Feline Rehabilitation, Supportive and Palliative Care: Case Studies in Patient Management*. BSAVA Manuals Series. Quedgeley, Gloucester, England.
- Tomlinson, R.J. 2012. Use of canine hydrotherapy as part of a rehabilitation programme. *The Veterinary Nurse* 3: 624–629.
- Wendland, T.M., Seguin, B., Duerr, F.M. 2023. Prospective evaluation of canine partial limb amputation with socket prostheses. *Veterinary Medicine and Science* 9: 1521–1533.

PŘÍČINY VRÁCENÍ PSŮ ZPĚT DO ÚTULKU PO NEÚSPĚŠNÉ ADOPCI REASONS FOR DOGS BEING RETURNED TO THE SHELTER AFTER UNSUCCESSFUL ADOPTION

Veronika Krausová*, Veronika Vojtkovská

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

In the Czech Republic, cases of dogs being returned to shelters after unsuccessful adoptions occur repeatedly, representing a significant issue both from the perspective of animal welfare and the effectiveness of the adoption process. The present paper aimed to analyze the reasons leading to the return of dogs to the shelter after adoption and to identify factors that increase the risk of this phenomenon. Data for the analysis were obtained from a dog shelter located in the Olomouc Region and included a total of 3,226 records of admitted animals during the period 2014–2024. Out of this dataset, 497 records represented cases of dogs returned after adoption. The analysis showed that returns to the shelter were significantly more frequent ($p < 0.05$) in males, adult individuals, dogs with higher body weight, large and working breeds, as well as dogs with dark to black coat color. The most common reasons for return were problems related to vocalisation (16.2 %), aggression towards people and animals (a total of 32.3%), incompatibility with other dogs in the household, indoor urination, and destructive behavior. On the adopter's side, the prevailing reasons were various unidentified personal circumstances, inability to manage the dog's temperament, time, and financial constraints. The findings highlight the need for a systematic improvement of adoption practices, particularly in the behavioral assessment of dogs before adoption, provision of targeted counseling for adopters, and ensuring adequate post-adoption support.

Key words: dog shelter, adoption failure, return to shelter, problematic behavior

Souhrn

V České republice se opakovaně objevují případy vrácení psů zpět do útulků po neúspěšné adopci, což představuje významný problém jak z hlediska welfare zvířat, tak z pohledu efektivity adopčního procesu. Cílem předkládaného příspěvku byla analýza příčin vedoucích k navrácení psů do útulku po adopci a identifikace faktorů, které zvyšují riziko tohoto jevu. Data pro analýzu byla získána z útulku pro psy nacházejícího se v Olomouckém kraji a zahrnovala celkem 3 226 záznamů o přijatých zvířatech v období let 2014–2024. Z tohoto souboru představovalo 497 záznamů případy navracených psů po adopci. Analýza prokázala, že návrat do útulku byl statisticky významně častější ($p < 0,05$) u samců, u dospělých jedinců, psů s vyšší tělesnou hmotností, příslušníků velkých a pracovních plemen, dále u jedinců s tmavě zbarvenou až černou srstí. Nejčastějšími důvody navrácení byly problémy s nadměrnou vokalizací (16,2 %), agresivita vůči lidem i zvířatům (celkem 32,3 %), nesnášenlivost s jinými psy v domácnosti, močení v bytě a destruktivní chování. Na straně osvojitelů pak převažovali nespecifikované osobní důvody, nevládnutí temperamentu psa, časová a finanční omezení. Získané výsledky poukazují na nutnost systematického zkvalitnění adopční praxe, zejména v oblasti behaviorálního hodnocení psů před adopcí, poskytování cíleného poradenství osvojitelům a zajištění adekvátní postadopční podpory.

Klíčová slova: útulky pro psy, selhání adopce, vrácení, problémové chování

* krausova.veronika10@gmail.com

Úvod

Útulky představují klíčová zařízení v oblasti ochrany toulavých a opuštěných zvířat v České republice. Jejich hlavní funkcí je poskytovat dočasnou péči nalezeným, opuštěným a týraným zvířatům. Současně však usilují o navrácení těchto zvířat jejich původním majitelům, usnadňují jejich adopci a často plní i karanténní roli v závislosti na aktuálních potřebách. Přestože péče o opuštěná zvířata získává stále větší pozornost a snahy o zlepšení jejich životních podmínek jsou zřejmé, provoz útulků je často omezený nedostatkem prostoru, finančních zdrojů a vysokou koncentrací zvířat. V České republice se aktuálně nachází cca 250 útulků pro psy, které jsou pod kontrolou krajských veterinárních správ Státní veterinární správy České republiky (SVS ČR, 2025).

Termínem „neúspěšná adopce“ rozumíme situaci, kdy dojde k vrácení adoptovaného psa zpět do útulku, což má výrazně negativní dopad na zvíře samotné, ale i na kapacity útulku. Studie od Barrera et al. (2010) potvrzují, že psi umístění do útulků trpí chronickým stresem a mají omezené možnosti pro sociální interakci, což výrazně ovlivňuje jejich chování při kontaktu s potenciálními osvojiteli. Dlouhodobý pobyt v prostředí, kde jsou psi vystaveni chronickému stresu a omezeným sociálním interakcím, může vést k postupnému narušení jejich schopnosti adekvátně reagovat na nové sociální podněty. V důsledku toho se u psů vyvíjejí behaviorální vzorce, které zvyšují pravděpodobnost opakovaného návratu do útulku, neboť psi se stávají méně adaptabilními a jejich reakce na nové adoptivní rodiny se mohou jevit jako neadekvátní. Dále se může u psů rozvíjet závislost na rutinním kontaktu s pečovateli, což dále komplikuje jejich schopnost navázat nové vazby s potenciálními osvojiteli (Barrera et al., 2010).

Jedním z klíčových faktorů, které ovlivňují úspěšnost adopce, je vzájemné porozumění mezi novým majitelem a adoptovaným psem. Potenciální osvojitelé často přistupují k adopčnímu procesu s určitou představou o chování a temperamentu zvířete, která se však nemusí shodovat se skutečností. Mondelli, et al. (2004) naznačují, že pokud očekávání nového majitele nejsou kompatibilní se skutečnými povahovými rysy adoptovaného psa, včetně jeho možných behaviorálních poruch, výrazně se zvyšuje riziko vrácení zvířete zpět do útulku. Dle Hawes et al. (2020) tvořila nerealistická očekávání chovatelů 12,7 % případů vrácených psů. Zajímavá je i časová dynamika návratů – více než polovina psů byla vrácena až po více než 60 dnech a téměř čtvrtina až po roce soužití.

Návrat jedince do útulku má negativní dopad nejen na samotné zvíře, ale i na psychickou pohodu majitelů, což může ovlivnit jejich ochotu adoptovat zvíře opět v budoucnu. Zatímco někteří majitelé po vrácení zvířete adoptují jiné zvíře, důvod vrácení hraje klíčovou roli v úspěšnosti další adopce. Zvířata vrácená kvůli zdravotním problémům mají vyšší šanci být znovu adoptována než ta, která byla vrácena kvůli problémovému chování (Powell et al., 2022).

Faktory a příčinami vrácení psů do útulku se ve svých studiích zabývala řada zahraničních autorů, např. Kidd et al. (1992), Shore (2005), Herron et al. (2014), Hawes et al. (2020), Powell et al. (2022). Analýza dat z prostředí českých útulků však dosud chybí. Cílem tohoto příspěvku bylo proto analyzovat míru návratnosti psů do vybraného útulku v České republice po neúspěšné adopci a identifikovat hlavní faktory a příčiny, které tento jev ovlivňují. Zaměřili jsme se především na biologické charakteristiky psů, mezi které bylo zařazeno pohlaví, věk, váhová kategorie, plemenná příslušnost, barva a typ srsti. Výsledky této analýzy mohou přispět ke zkvalitnění adopčního procesu, k modifikaci procesu výběru vhodných osvojitelů a tím i ke zvýšení šance na trvalé a úspěšné umístění psů z útulků do nových domovů.

Materiál a metodika

Údaje o návratnosti psů do útulku po neúspěšné adopci byly získány ve spolupráci s útlkem pro psy nacházejícím se v Olomouckém kraji za období od 1. 1. 2014 do 31. 12. 2024. Informace byly evidovány přímo pracovníky útulku v interní databázi zařízení, která zahrnuje podrobné záznamy o všech přijatých a adoptovaných psech v uvedeném období. Útulek zajišťuje průběžnou aktualizaci

těchto údajů, přičemž odpovídá za jejich správnost a úplnost. Získané informace sloužily jako podklad pro další analýzu faktorů ovlivňujících návratnost a příčin návratnosti.

Mezi analyzované faktory potenciálně ovlivňující návratnosti psů do útulku bylo zařazeno pohlaví, věk, plemenná příslušnost, hmotnost psa, zbarvení a typ srsti. Předmětem analýzy byly dále příčiny návratnosti psů do útulku, které byly rozděleny na dvě kategorie: příčiny související se zvířaty a příčiny související s chovatelem psů.

Za účelem statistické analýzy byly v rámci sledovaných faktorů vytvořeny kategoriální proměnné. Věková struktura psů dala podklad pro vytvoření čtyř skupin: štěňata (0–6 měsíců včetně), adolescenti (6–12 měsíců včetně), dospělí jedinci (1–8 let včetně) a senioři (nad 8 let). Tělesná hmotnost psů byla klasifikována na základě standardů Mezinárodní kynologické federace (FCI) do čtyř kategorií: trpasličí (do 5 kg), střední (do 25 kg), velká (do 40 kg) a obří psi (nad 40 kg). Psy byly dále dle morfologických znaků rozděleny na křížence a psy, u kterých bylo možné plemennou příslušnost určit. Pro potřeby statistického vyhodnocení byla srst psů dle zbarvení rozdělena do tří kategorií: světlá (zahrnující barvy jako bílá, béžová, rezavá, zlatá a jejich kombinace), tmavá (kam spadali barvy jako je hnědá, čokoládová, černá, šedá a jejich kombinace) a smíšená (kombinace světlých a tmavých odstínů). Stanoveny byly také čtyři typy srsti: krátká, dlouhá, hrubá a vlnitá.

Statistické zpracování dat bylo provedeno pomocí softwaru Unistat 6.5 (Unistat Ltd., UK). Data byla předem připravena a uspořádána v tabulkovém programu Microsoft Excel. Rozdíly v četnostech mezi jednotlivými skupinami byly analyzovány pomocí chí-kvadrát testu v kontingenčních tabulkách formátu 2×2 (s Yatesovou korekcí) nebo $k \times m$ (s Pearsonovou korekcí). Významnost zjištěných rozdílů byla posuzována na základě p-hodnoty. Za statisticky významný byl považován výsledek s hodnotou $p \leq 0,05$. Hodnoty $p < 0,01$ byly označeny jako statisticky vysoce významné.

Výsledky

Analýza faktorů návratnosti psů do útulku

V průběhu sledovaného období bylo do útulku vráceno celkem 497 jedinců z celkové populace 3 046 psů, což představuje 15,4 %. Pro jednotlivé faktory byla provedena podrobná komparativní statistická analýza s cílem identifikovat významné rozdíly mezi vrácenými psy a celkovou populací. V celkové populaci bylo evidováno 1 994 psů a 1 052 fen. Z vrácených jedinců bylo 399 psů (80,3 %) a 98 fen (19,7 %). Poměr vrácených psů k fenám výrazně převyšuje zastoupení v populaci, což potvrzuje statisticky významný rozdíl ($p < 0,01$). Tento výsledek naznačuje, že pohlaví je významným faktorem ovlivňujícím pravděpodobnost návratu, přičemž psi jsou vraceni častěji než feny.

Z celkové populace tvořili kříženci 1 946 jedinců a plemení psi 1 293. Ve skupině vrácených bylo 195 kříženců a 302 plemenných psů. Statistická analýza ukázala vysoce signifikantní rozdíly mezi plemennými psy a kříženci ($p < 0,01$), což znamená, že plemení psi mají vyšší pravděpodobnost návratu než kříženci. Tento jev může souviset s vyššími nároky plemenných psů na péči a chov.

Věk psů byl rozčleněn do čtyř kategorií: štěňata (219), adolescenti (93), dospělí (1 342) a senioři (488). Ve skupině vrácených jedinců dominovali dospělí psi (353; 74 %), následovali adolescenti (57; 12 %), senioři (53; 11,1 %) a štěňata (14; 2,9 %). Statistická analýza potvrzuje významné rozdíly mezi věkovými kategoriemi ($p < 0,01$), s výjimkou srovnání adolescentů a seniorů, kde nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($p = 0,06072$). Vyšší návratnost dospělých psů může být pravděpodobně dána jejich aktivnějším životním stylem a náročnější adaptací na nové podmínky. Velikostní kategorie zahrnovaly trpasličí (308), střední (1 265), velké (403) a obří psy (98). Ve vrácené skupině převládali psi střední velikosti (237; 47,7 %), dále velcí (199; 40 %), trpasličí (48; 9,7 %) a obří (13; 2,6 %). Statistická analýza prokázala významné rozdíly mezi kategoriemi ($p < 0,01$). Mezi trpasličími a obřími psy však nebyly rozdíly významné ($p > 0,05$). Nižší návratnost trpasličích psů může souviset s jejich menšími nároky a jiným typem péče.

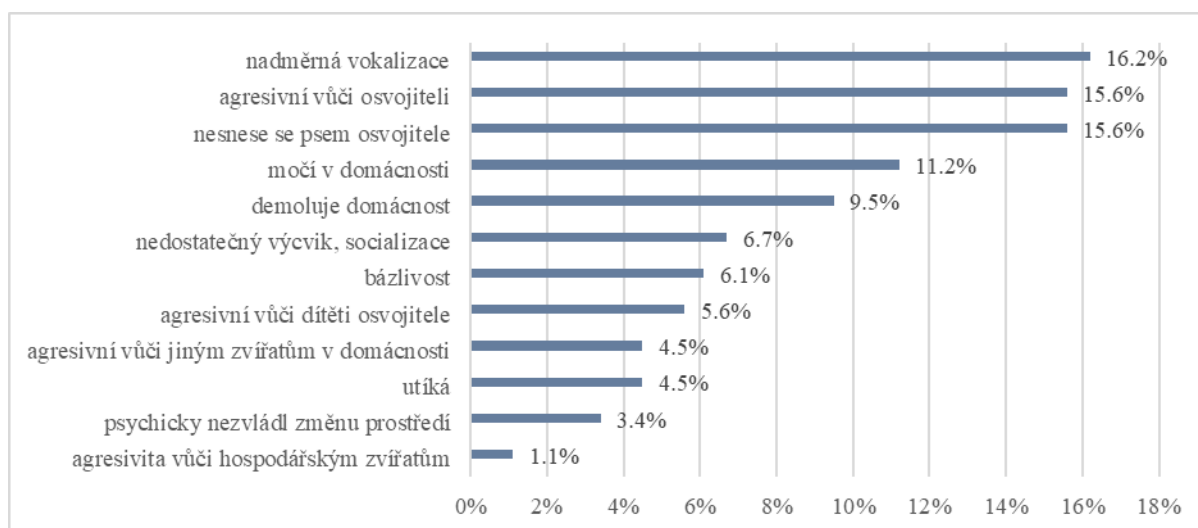
Celková populace byla rozdělena na krátkosrsté (400), dlouhosrsté (416), hrubosrsté (158) a vlnité (68) psy. Nejčastěji byli vráceni krátkosrstí psi (341; 70,6 %), následováni dlouhosrstými (97; 20 %), hrubosrstými (39; 8,1 %) a vlnitými psi (6; 1,3 %). Statistická analýza prokázala významné rozdíly mezi kategoriemi ($p < 0,01$), přičemž významné rozdíly nebyly zjištěny mezi dlouhosrstými a vlnitými psy ($p = 0,73$). Vyšší návratnost krátkosrstých psů může být spojena s jejich větším zastoupením a snadnější péčí.

Z celkové populace bylo 761 světlých, 1 067 tmavých a 983 psů s mixovanou barvou srsti. Ve skupině vrácených převažovali tmaví psi (353; 71,5 %), následováni světlými (85; 17,2 %) a mixovanými (56; 11,3 %). Statistické vyhodnocení potvrdilo výrazně vyšší návratnost tmavých psů ($p < 0,01$). Tento fakt může odrážet různé preference majitelů či jiné behaviorální či biologické faktory spojené s barvou srsti.

Analýza příčin vrácení psů do útulku

Celkem se do útulku vrátilo 497 psů, avšak u 210 z nich chyběly relevantní údaje o důvodech navrácení. Z tohoto důvodu byl konečný počet analyzovaných zvířat ve statistickém souboru 287. Příčiny vrácení byly rozděleny na faktory spojené s osvojitelem a faktory spojené se zvířaty. Z celkového počtu případů bylo významně více vrácení ($p < 0,01$) (63,8 %) způsobeno faktory souvisejících se psem, zatímco 36,2 % souviselo s osvojitelem. Graf č. 2 sumarizuje příčiny vrácení, které souvisely se zvířetem. Jak již bylo zmíněno, chování psů představuje zásadní faktor ovlivňující úspěšnost adopčních procesů.

Graf č. 2. Příčiny vrácení psa do útulku související se zvířetem



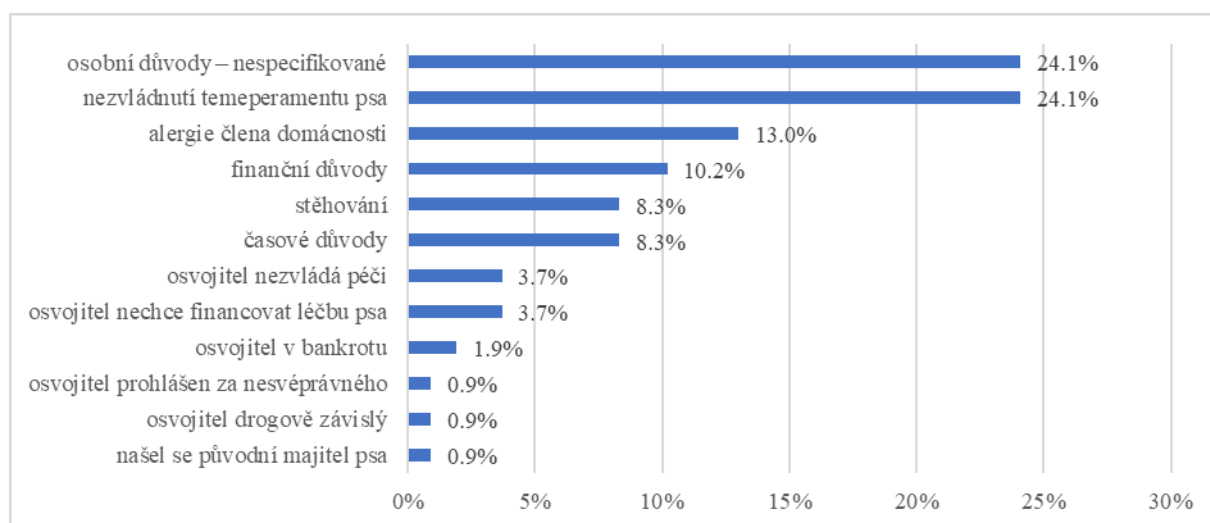
Jelikož výsledky analýzy příčin navrácení psů do útulku poukazují na relativně častý výskyt agresivního chování, byly podrobněji analyzovány také jeho formy. Identifikovány byly tři hlavní kategorie agresivity: 1.) agresivní chování vůči dítěti osvojitele a vůči osvojiteli, 2.) agresivita vůči ostatním psům, kam spadá nesnášenlivost vůči psu osvojitele a 3.) agrese, projevující se agresivitou vůči jiným domácím či hospodářským zvířatům. Tyto kategorie agresivního chování sloužili k základnímu rozlišení problémových situací, se kterými se nový osvojitel může setkat. Tabulka č. 1 ilustruje zastoupení identifikovaných typů agresivity u vrácených psů a statistickou analýzu četností jednotlivých typů.

Graf č. 3 poskytuje přehled konkrétních příčin vrácení psa do útulku souvisejících s osvojitelem. Důvody vrácení psa do útulku často pramení z nepřipravenosti osvojitelů na reálné požadavky péče. Z grafu je patrné, že se nejčastěji jedná o nespecifikované osobní důvody, nezvládnutí temperamentu psa, alergie, finanční omezení či nedostatek času.

Tabulka č. 1. Zastoupení typů agresivního chování u navracených psů

Agresivní chování	Statistická významnost
Dominantní agrese	p >0,05
Agresivita vůči ostatním psům	
Dominantní agrese	p <0,01
Predatorní agrese	
Agresivita vůči ostatním psům	p <0,01
Predatorní agrese	

Graf č. 3. Příčiny vrácení psa do útulku související s osvojitelem



Diskuze

Výsledky analýzy jednoznačně prokázaly, že mezi faktory návratnosti psů do útulku lze zařadit pohlaví a věk jedince. Zvláště výrazná byla dominance samců mezi opakovaně navracenými psy, což může souviset s vyšším výskytem specifických behaviorálních charakteristik. Tyto zahrnují teritoriální chování, zvýšenou míru dominance a vyšší aktivitu, které byly dle Katzurke et al. (2020) a Normando et al. (2009) častěji pozorovány právě u samčích jedinců. Současně byla u této skupiny zaznamenána delší doba pobytu po návratu do útulku, což může odrážet sníženou ochotu osvojitelů opětovně přijmout psa s chováním potenciálně náročnějším na management. Neméně významným faktorem ovlivňujícím úspěšnost adopcí se ukázal být věk psa. Nejnížší míru návratnosti vykazovala štěňata, u nichž byla rovněž zaznamenána nejkratší doba pobytu v útulku. Studie Thumpkin et al. (2022) navíc potvrzuje, že mladí psi ve věku do 3–4 měsíců jsou po adopci významně méně často vraceni než jedinci adoptovaní ve věku šesti měsíců a více. Starší psi často procházejí méně intenzivní socializací, nemuseli absolvovat základní výcvik a osvojitelé mohou postrádat dostatečné zkušenosti s jejich specifickými potřebami a chováním, což může vést ke zklamání a následnému vrácení. Tento trend podporují i zjištění Powell et al. (2021), kteří identifikovali vyšší pravděpodobnost návratu u psů starších šesti měsíců a u středních až velkých plemen. Výzkum Weiss et al. (2015) pak dále poukazuje na to, že starší a nemocní psi mají nejen nižší šanci na adopci, ale zároveň i vyšší riziko návratu.

Oproti tomu dospělí psi tvořili největší podíl navracených zvířat a současně po návratu setrvali v útulku nejdéle. Tyto výsledky naznačují, že umístění dospělých psů po návratu může být komplikováno jak problematickým chováním, tak nižší poptávkou ze strany osvojitelů. U seniorské kategorie, přestože byla zastoupena v menší míře, byla rovněž zaznamenána delší doba pobytu po návratu. Jejich celková míra návratnosti však byla nižší než u adolescentních jedinců. Tento rozdíl

může být důsledkem větší promyšlenosti a uvědomělosti při rozhodování o adopci starších psů, jak uvádějí i Thumpkin et al. (2022), kteří adopce seniorů spojují s uvážlivějším přístupem osvojitelů. Zjištěné souvislosti mezi tělesnou hmotností a návratností dále poukazují na skutečnost, že velikost psa představuje relevantní faktor ovlivňující adopční úspěšnost. Psi menší hmotnostní kategorie byli častěji adoptováni s trvalým výsledkem, zatímco jedinci velkých a obřích plemen vykazovali vyšší pravděpodobnost opětovného vrácení. Tyto rozdíly mohou souviset s vyššími nároky na manipulaci, prostor, péči i výchovu, které větší psi představují pro potenciální osvojitele. Význam těchto nároků podtrhují i zjištění Leonarda (2011), který upozorňuje na fyzickou náročnost manipulace s většími psy a potřebu důsledného výcviku a vedení.

Podobně se jako významný prediktor návratnosti ukázala plemenná příslušnost. Plemena, která jsou dlouhodobě spojována s vyšší mírou dominance, náročným chováním či silným teritoriálním instinktem – například německý ovčák, pitbulteriér a americký stafordšírský teriér – byla vracena do útulku častěji než jiná plemena. Tento trend odpovídá výsledkům studie Holland (2019), která identifikuje plemeno jako klíčový prediktor úspěšnosti adopce. Zároveň konstatuje, že menší a snáze ovladatelná plemena bývají vracena podstatně méně často než psi spadající do skupin s reputací tzv. problémových plemen. S ohledem na barvu srsti psů vykazovali v rámci této práce nejvyšší míru návratnosti jedinci s tmavou, především černou srstí. Tento jev je podložen také výzkumem Protopopova et al. (2014), kteří identifikovali zvýšený podíl tmavých a černobílých psů mezi dlouhodobě umístěnými v útlucích. Jako možné příčiny se uvádí obtížnější čitelnost mimiky, kulturní předsudky a asociace tmavého zbarvení s plemeny s negativní reputací. Na druhé straně však studie Thumpkin et al. (2022) zaznamenala vyšší návratnost u psů s tygrovanou, světle hnědou a bílou srstí ve srovnání s černými jedinci. Tyto rozdíly mohou být do jisté míry ovlivněny plemennou příslušností, neboť určité barvy srsti jsou pro specifická plemena charakteristické.

Z hlediska příčin návratu dominovaly faktory spojené se zvířetem. Nejčastějšími příčinami byly nadměrná vokalizace a různé formy agresivního chování, zejména vůči lidem nebo ostatním psům. Detailní analýza ukázala statisticky významné rozdíly mezi formami agresivity, přičemž agrese vůči lidem a psům byla častější než predatorní agrese. Výskyt těchto problémů potvrzuje význam behaviorální stránky při rozhodování osvojitelů o setrvání psa v domácnosti. Studie Hawes et al. (2020) uvádí agresivitu jako hlavní důvod neúspěšné adopce ve více než třetině případů. U osvojitelů byly hlavní příčiny vrácení spojeny s neschopností zvládnout chování psa, osobními okolnostmi, jako jsou časové nebo finanční limity, či alergie. Tato zjištění korespondují s výsledky studie Shore (2005), podle níž je příprava a očekávání osvojitelů klíčovým faktorem úspěchu adopce. Osvojitelé, kteří nejsou dostatečně informováni nebo připraveni na zátěž spojenou s péčí o psa z útulku, mohou častěji selhávat v dlouhodobém zvládnutí situace.

Z výše uvedených zjištění vyplývá potřeba cílených adopčních strategií, které by zohledňovaly nejen behaviorální a fyzické charakteristiky jednotlivých psů, ale rovněž vnímání veřejnosti. Zvláštní pozornost by měla být věnována psům větších plemen, jedincům s problematickým chováním a tmavě zbarveným psům. Vhodným nástrojem může být systematická post-adopční podpora, behaviorální poradenství a osvětové kampaně zaměřené na snížení stigmatizace určitých skupin psů a zvýšení jejich šancí na trvalé umístění v novém domově.

Závěr

Výsledky této studie poukazují na fakt, že riziko návratu je ovlivněno kombinací biologických, behaviorálních a sociálních faktorů. Mezi klíčové faktory ovlivňující návratnost patří pohlaví, věk, velikost a zbarvení psů. Nejčastějšími důvody návratu byly behaviorální problémy jako nadměrná vokalizace, agrese a potíže se soužitím v domácnosti. Na straně osvojitelů dominovaly nezvládnutí temperamentu psa, osobní důvody a alergie.

Výsledky naznačují potřebu důraznějšího individuálního přístupu k rizikovým psům, pečlivějšího výběru osvojitelů a rozšíření post-adopční podpory. Získané poznatky mohou přispět ke zvýšení stability adopcí a celkovému zlepšení welfare psů v českých útlucích.

Literatura

- Barrera, G., Jakovcovic, A., Elgier, A. M., Mustaca, A., Bentosela, M. 2010. Responses of shelter and pet dogs to an unknown human. *Journal of Veterinary Behavior – Clinical Applications and Research* 5: 339-344.
- Hawes, S.M., Kerrigan, J. M., Hupe, T., Morris, K.N. 2020. Factors informing the return of adopted dogs and cats to an animal shelter. *Animals* 10: 1573.
- Herron, M.E., Lord, L.K., Husseini, S.E. 2014. Effects of preadoption counseling on the prevention of separation anxiety in newly adopted shelter dogs. *Journal of Veterinary Behavior* 9: 13-21.
- Holland, K.E. 2019. Acquiring a pet dog: a review of factors affecting the decision-making of prospective dog owners. *Animals* 9: 124.
- Katzurke, X., Merle, R., Thöne-Reineke, C. 2020. Dealing with dangerous dogs - a challenge for animal welfare. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 133: 302-312.
- Kidd, A.H., Kidd, R.M., George, C.C. 1992. The effects of pet role expectations on the retention and rejection of adopted cats and dogs. *Psychological Reports* 70: 547-561.
- Leonard, A. 2011. The plight of big black dogs in American animal shelters: color-based canine discrimination. *Kroeber Anthropological Society* 99: 168.
- Mondelli, F., Previde, E.P., Verga, M., Levi, D., Magistrelli, S., Valsecchi, P. 2004. The bond that never developed: adoption and relinquishment of dogs in a rescue shelter. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 7: 253-266.
- Normando, S., Contiero, B., Marchesini, G., Ricci, R. 2009. Behavioral problems in shelter dogs. *Journal of Veterinary Behavior* 4: 217-225.
- Powell, L., Lee, B., Reinhard, C.L., Morris, M., Satriale, D., Serpell, J., Watson, B. 2022. Returning a shelter dog: The role of owner expectations and dog behavior. *Animals* 12: 1053.
- Powell, L., Reinhard, C., Satriale, D., Morris, M., Serpell, J., Watson, B. 2021. Characterizing unsuccessful animal adoptions: Age and breed predict the likelihood of return, reasons for return and post-return outcomes. *Scientific Reports* 11: 8018.
- Protopopova, A., Wynne, C. D. L. 2014. Behavior of shelter dogs in out-of-kennel interactions with potential adopters and its influence on adoption decisions. *Applied Animal Behaviour Science* 157: 109-116.
- Shore, E. R. 2005. Returning a recently adopted companion animal: adopters' reasons for and reactions to the failed adoption experience. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 8: 187-198.
- Státní veterinární správa. 2025. Registrované útulky pro zvířata [online]. [vid. 31. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.svscr.cz/registrovane-subjekty-svs/registrovane-utulky-pro-zvirata/>
- Thumpkin, E., Paterson, M.B.A., Morton, J.M., Pachana, N.A. 2022. Adoption can be a risky business: predictive risk factors for the return of dogs adopted from RSPCA Queensland. *Animals* 12: 2568.
- Weiss, E., Gramann, S., Spain, C. V., Slater, M. 2015. Goodbye to a good friend: an exploration of the rehoming of cats and dogs in the US. *Open Journal of Animal Sciences* 5: 435-456.

ÚČINKY KRMIVA OBOHACENÉHO PROBIOTIKY NA STŘEVNÍ MIKROBIOM PSŮ EFFECTS OF PROBIOTICS – CONTAINING FEED ON THE DOG'S GUT MICROBIOME

Miroslava Krzyžánková^{1*}, Daniela Šustrová², Vladimír Babák¹, Helena Juřicová¹,
Magdaléna Crhánová¹

¹ Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v.v.i, Česká republika, ² Přírodovědecká fakulta,
Masarykova Univerzita, Česká republika

¹ Veterinary Research Institute, Czech Republic, ² Faculty of Science, Masaryk University,
Czech Republic

Summary

The intestinal microbiota represents a crucial component of both metabolic and immune system function. Intestinal bacteria produce a variety of metabolites that influence not only the health of the digestive tract, but also the function of other organs. Alterations in the composition of the microbiota (induced by disease, infection, immunosuppression, antibiotic therapy) are referred to as dysbiosis. The use of probiotics is commonly recommended as a preventive or therapeutic approach for various gastrointestinal disorders. In the present study, we evaluated the short-term and long-term effects of diets with/without probiotic supplementation on healthy dogs. The relative abundance of selected bacterial groups was assessed using quantitative polymerase chain reaction (qPCR). At the level of individual taxa, a statistically significant increase in beneficial bacteria of the genus *Blautia* was observed following short-term consumption of the probiotic-supplemented diet. Additionally, a significant increase in *Faecalibacterium* and *Peptacetobacter hiranonis* was detected in the group receiving the probiotic diet over the long term. Nevertheless, short-term probiotic administration was also associated with a statistically significant increase in *Streptococcus* spp., which are potentially pathogenic and may be implicated in gastrointestinal infections.

Key words: probiotics, qPCR, dysbiosis

Souhrn

Střevní mikrobiota představuje důležitý orgán metabolismu a imunity. Bakterie ve střevech produkují různorodé metabolity, které ovlivňují nejen zdraví trávicí soustavy, ale i celého organismu. Změny v mikrobiotě, zapříčiněné různými faktory (nemoc, infekce, snížená imunita, podávání antibiotik) se označují jako dysbióza. Podávání probiotik se doporučuje jako terapie nebo prevence u různých gastrointestinálních obtíží. V předkládané studii jsme porovnali vliv krmiva bez probiotik a krmiva s probiotiky na zdravotní stav zdravých psů z krátkodobého i dlouhodobého hlediska. Sledovali jsme abundanci vybraných bakteriálních skupin vůči celkové bakteriální DNA pomocí kvantitativní polymerázové řetězové reakce (qPCR). Na úrovni bakterií byl již po krátkodobém příjmu krmiva s probiotiky zaznamenán statisticky významný nárůst prospěšných bakterií rodu *Blautia*. Ve skupině, která byla krmená stravou s obsahem probiotik dlouhodobě, byl navíc pozorován statisticky významný nárůst bakterií *Faecalibacter* a *Peptacetobacter hiranonis*. Na druhé straně, ve skupině s krátkodobým příjmem krmiva s probiotiky došlo také k statisticky významnému nárůstu bakterií *Streptococcus* spp., které mohou být příčinou infekcí gastrointestinálního traktu.

Klíčová slova: probiotika, qPCR, dysbióza

* miroslava.krzyzankova@vri.cz

Úvod

Pojem střevní mikrobiota zahrnuje konsorcium všech živých mikroorganismů (viry, bakterie, houby, protozoa) osídlujících gastrointestinální trakt (Suchodolski, 2016). Bakterie tvoří největší část těchto střevních mikroorganismů, přičemž se jedná převážně o striktní nebo fakultativní anaeroby (Suchodolski, 2022). V gastrointestinálním traktu psů jsou predominantně zastoupeny bakteriální kmeny Firmicutes, Bacterioidetes, Actinobacteria a Fusobacteria (Honneffer et al., 2017; Ziese and Suchodolski, 2021). Tyto formují komplexní dynamický ekosystém úzce kooperující s hostitelem za účelem podpory zdraví a homeostázy (Kim et al., 2025).

Rovnováha střevní mikrobioty je pro mnohé aspekty zdraví psů zásadní a ovlivňuje nejen trávicí (dis)komfort. Její narušení může způsobit také rozmanité zdravotní problémy, jako jsou např. metabolické poruchy, výkyvy hmotnosti nebo změny v chování (Kim et al., 2025). Pro udržení vyvážené střevní mikrobioty je důležitá vhodná strava odpovídající věku zvířete s dostatečným obsahem proteinů, vlákniny a sacharidů. Důležitý je také přísun probiotik.

Probiotika jsou živé mikroorganismy, které mohou mít příznivý vliv na zdraví hostitele. Probiotické bakterie obecně obtížněji kolonizují střevo dospělého jedince kvůli konkurenci s již etablovanou mikrobiotou, na druhé straně ale produkují metabolity a antimikrobiální peptidy schopné modifikovat lokální mikrobiotu a interagovat s imunitním systémem hostitele (Deng and Swanson, 2015). Mezi významné metabolity probiotických mikroorganismů se řadí např. mastné kyseliny s krátkým řetězcem (SCFA; kyselina mléčná, octová, propionová, máselná a valérová), sekundární žlučové kyseliny a metabolity tryptofanu (Gasaly et al., 2021).

V minulosti provedené studie s využitím různých probiotik popsaly benefiční účinky u zdravých psů. Tyto se týkaly zejména nárůstu obsahu SCFA, nárůstu abundance prospěšných bakterií ve výkalech (Onuma et al., 2025), poklesu obsahu látek způsobující zápach stolice, nebo obsahu biogenních aminů ve výkalech (shrnutí v Yang a Wu, 2023). Navíc, podávání probiotik psům s průjemem nebo idiopatickým střevním zánětem může zvyšovat mikrobiální diverzitu, obsah prospěšných bakterií ve výkalech, snižovat četnost průjmu a přispívat k normalizaci střevního mikrobiomu (Yang a Wu, 2023).

V této studii jsme se zaměřili na sledování abundance sedmi bakteriálních taxonů, u kterých byl prokázán pozitivní či negativní vliv na střevní mikrobiotu. Jedná se o taxony *Faecalibacter*, *Fusobacterium*, *Blautia*, *Turicibacter*, *Peptacetobacter hiranonis*, *E. coli* a *Streptococcus*. Výskyt prvních pěti bakterií je asociován s pozitivním vlivem na střevní mikrobiotu, zatímco přítomnost patogenních *E. coli* a *Streptococcus* má na střevní mikrobiotu negativní vliv. Stanovením množství těchto jednotlivých taxonů je možné stanovit tzv. index dysbiózy, který abundanci vybraných sedmi taxonů shrnuje do jednoho čísla (AlShawaqfeh et al., 2017).

Bakterie rodu *Faecalibacter* fermentují sacharidy na kys. máselnou, propionovou a octovou. Tyto jsou zdrojem energie a růstových faktorů pro buňky střevního epitelu, dále regulují střevní motilitu, tvoří prostředí nevýhodné pro pH citlivé enteropatogeny a vykazují protizánětlivé vlastnosti (Suchodolski, 2022). *Fusobacterium* plní důležitou úlohu v katabolismu proteinů a aminokyselin za vzniku kys. máselné, která pomáhá podporovat metabolismus proteinů a má protizánětlivé účinky (Kim et al., 2025). Abundance *Fusobacterium* je nižší u psů s idiopatickým střevním zánětem (AlShawaqfeh et al., 2017). *Blautia* se účastní katabolismu sacharidů, zejména rhamnózy a fukózy na kyselinu propionovou, která vykazuje protizánětlivé a antioxidační účinky (Félix et al., 2022; Louis and Flint, 2017). *Turicibacter* produkuje kyselinu mléčnou a jen minimální množství kys. octové, ale jeho hlavní funkce je pravděpodobně regulace serotoninu ve střevě, dále se účastní metabolismu steroidů a lipidů a redukce hladin triglyceridů. *P. hiranonis* (dřívější název *Clostridium hiranonis*) se zúčastňuje konverze nekonjugovaných primárních žlučových kyselin na nekonjugované sekundární žlučové kyseliny – kys. deoxycholovou a lithocholovou (Suchodolski, 2022). Snížená hladina *P. hiranonis* je asociovaná s těžkou dysbiózou a nárůstem patogenních bakteriálních druhů jako *Clostridium difficile*, *C. perfringens*, *E. coli*. Negativní vliv mají bakterie

E. coli a *Streptococcus*. Zvýšený výskyt *E. coli* a *Streptococcus* je asociován s vyšším výskytem enteropatií u mnoha hostitelů, včetně psů.

V předkládané studii jsme pomocí kvantitativní PCR (qPCR) sledovali výskyt jednotlivých bakteriálních taxonů u psů krmených standardním krmivem a krmivem s obsahem probiotik. Výsledky jsme zpracovali s využitím pokročilých statistických metod.

Materiál a metodika

Studie vlivu krmiva s obsahem probiotik na střevní mikrobiom psů byla provedena na celkem 38 psech žijících v domácnostech. Skupina 1, sestávající z 20 psů, byla po dobu 4 týdnů krmena klasickým krmivem. Skupina 2 zahrnovala stejné psy, kteří byli následně 4 týdny krmeni krmivem s obsahem probiotik. Kontrolní skupina 3 sestávala z 18 psů, kteří byli dlouhodobě krmeni výhradně krmivem s obsahem probiotik.

Vzorky stolice byly odebírány v týdenních intervalech, ve skupině 1(2) po dobu 8 týdnů a v kontrolní skupině 3 po dobu 4 týdnů.

DNA byla izolována z 200 mg vzorku stolice pomocí detekční soupravy QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit (Qiagen) dle návodu výrobce a eluována do 100 µl elučního pufru. Po stanovení koncentrace a čistoty DNA (Nanodrop, Thermofisher) byla provedena qPCR, která byla použita pro kvantifikaci vybraných bakteriálních taxonů – *Faecalibacter*, *Fusobacteria*, *Blautia*, *Turicibacter*, *Peptacetobacter hiranonis*, *E. coli*, *Streptococcus* a celkové bakteriální populace, podle (AlShawaqfeh et al., 2017). Získané výsledky byly analyzovány metodou hlavních koordinát (PCoA) a permutační analýzou rozptylu (PERMANOVA).

Výsledky a diskuse

Popis psů zúčastněných ve studii

Medián věku skupin 1(2) byl 6,75 let (1 – 12 let; 13 fen, 7 psů) a skupiny 3 byl 4,25 roku (1,3 – 14 let; 10 fen, 8 psů). Medián váhy skupin 1(2) byl 15,25 kg (3 – 55 kg) a skupiny 3 byl 15 kg (4 – 45 kg). Ohledně věkového rozložení, pohlaví a váhy nebyl mezi skupinami signifikantní rozdíl ($p=0,23$, $p=0,28$, $p=0,47$). Jednalo se o široký rozsah plemen a kříženců a všichni psi žili v domácnostech.

Relativní kvantifikace vybraných bakteriálních taxonů

DNA byla analyzována pomocí qPCR na přítomnost a kvantitu bakteriálních taxonů metodou relativní kvantifikace ($2^{-\Delta C_t}$).

Největší abundanci v rámci jednotlivých bakteriálních taxonů představovaly *Fusobacteria* a *P. hiranonis* které tvořily 1-10 % celkové bakteriální populace (Tab. 1). Zastoupení dalších sledovaných taxonů, *Faecalibacter*, *Turicibacter*, *Blautia*, jakož i *E. coli* a *Streptococcus* bylo o 1 až 4 řády nižší (Tab. 1). Toto zastoupení bylo u všech sledovaných skupin srovnatelné.

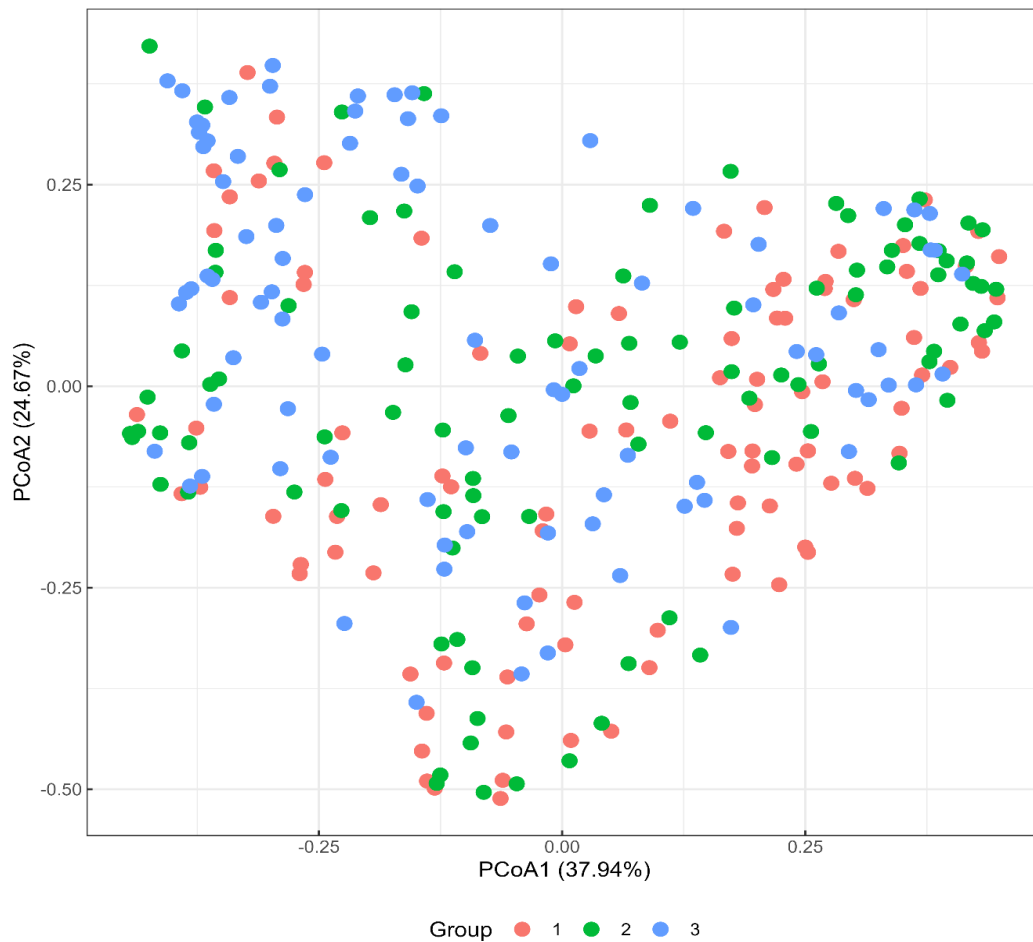
Tabulka č. 1. Abundance sledovaných bakteriálních skupin vůči celkové bakteriální DNA

bakteriální skupina	% bakt. DNA
<i>Faecalibacter</i>	0,0001 - 1
<i>Fusobacteria</i>	1 - 10
<i>Blautia</i>	0,001 - 0.1
<i>Turicibacter</i>	0,001 - 1
<i>E. coli</i>	0 - 10
<i>P. hiranonis</i>	0,1 - 10
<i>Streptococcus</i>	0 - 0,1

Analýza hlavních koordinát (Principal Component Analysis; PCoA)

Pro zobrazení jednotlivých skupin a zjištění, jestli se skupiny 1, 2 a 3 mezi sebou významně liší byla provedena PCoA (Obr. 1). Neprokázalo se významné odlišení jednotlivých skupin. Tento výsledek může být způsoben faktem, že studie byla provedena na vesměs zdravých zvířatech, kde změny v abundancích jednotlivých bakteriálních skupin sice nastaly, ale nebyly dostatečně výrazné.

Obrázek č. 1. Rovinná projekce dvou hlavních koordinát metody PCoA. Červená barva odpovídá psům krmeným klasickým krmivem (skupina 1), zelená je po přechodu na krmivo s obsahem probiotik (skupina 2) a modrá reprezentuje psy krmené dlouhodobě krmivem s obsahem probiotik (skupina 3).

*Permutační analýza rozptylu (PERMANOVA)*

Relativní abundance vybraných bakteriálních taxonů u jednotlivých skupin zvířat byla porovnána permutační analýzou rozptylu. Hodnoty p jsou uvedeny v tabulce 2. Statisticky významný rozdíl mezi abundancemi vybraných bakterií v závislosti na typu krmiva byl prokázán pro bakteriální taxony *Faecalibacter*, *Blautia*, *Peptacetobacter hiranonis* a *Streptococcus*.

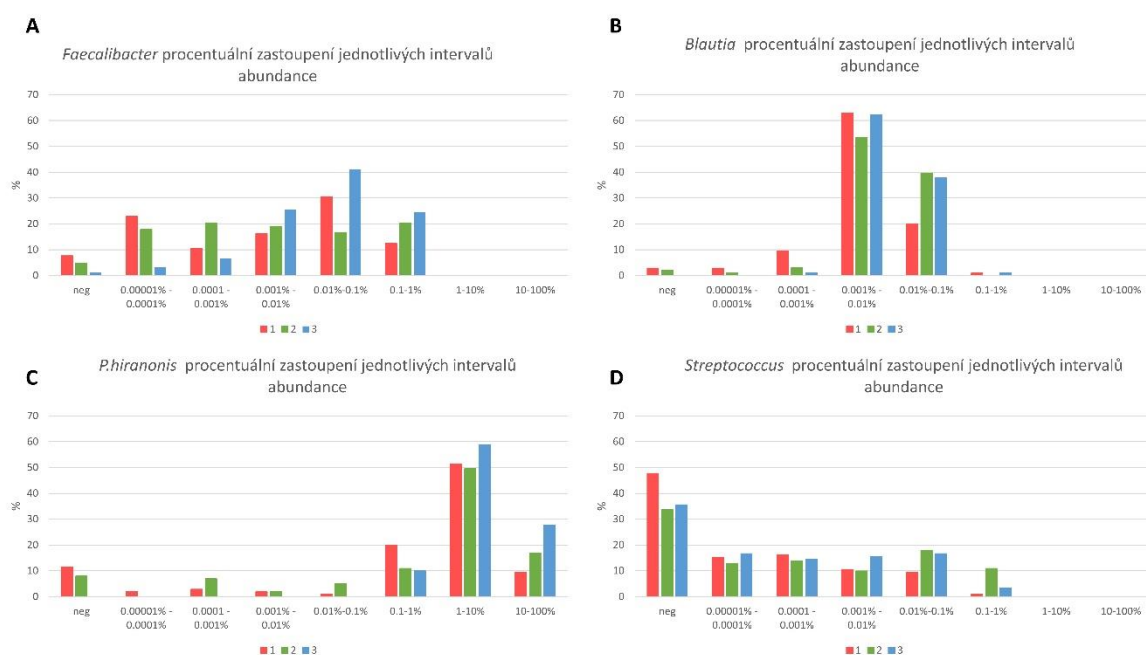
Pro tyto bakteriální skupiny (*) byl vytvořen graf s procentuálním zastoupením jednotlivých rozsahů abundancí (Obr. 2). Abundance *Faecalibacter* (Obr. 2A) je statisticky významně vyšší ($p < 0,01$) ve skupině dlouhodobě krmené krmivem s obsahem probiotik. Krátkodobý příjem krmiva s obsahem probiotik (skupina 2) sice abundanci mírně zvýšil, tento nárůst ale není statisticky významný. Abundance *Blautia* (Obr. 2B) je statisticky významně vyšší ve skupinách krátkodobě (skupina 2) i dlouhodobě (skupina 3) krmených krmivem s probiotiky ($p < 0,05$). Abundance *P. hiranonis* (Obr. 2C) je statisticky významně vyšší ve skupině dlouhodobě krmené stravou

s obsahem probiotik (skupina 3; $p < 0,01$), než u skupin 1 a 2, které se neliší statisticky významně. Abundance *Streptococcus* (Obr. 2D), který má na střevní mikrobiotu negativní vliv, je statisticky významně nižší ve skupině 1 než ve skupině 2 ($p < 0,01$). Skupiny 1 a 3 se neliší statisticky významně.

Tabulka č. 2. Hodnoty p permutačních analýz pro skupiny 1 – 3. Bakteriální taxony, u nichž byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi skupinami, jsou označeny hvězdičkou.

bakteriální skupina	p-hodnota	významnost
<i>Faecalibacter</i>	0,0001	*
<i>Fusobacterium</i>	0,3183	
<i>Blautia</i>	0,0003	*
<i>Turicibacter</i>	0,2511	
<i>E. coli</i>	0,3616	
<i>P. hiranonis</i>	0,0001	*
<i>Streptococcus</i>	0,0081	*

Obrázek č. 2. Procentuální zastoupení jednotlivých rozsahů abundancí bakteriálních taxonů *Faecalibacter* (A), *Blautia* (B), *P. hiranonis* (C) a *Streptococcus* (D) ve skupinách krmných klasickým krmivem (1), po přechodu na krmivo s probiotiky (2) a v kontrolní skupině zvířat dlouhodobě krmných krmivem s probiotiky (3).



Závěr

Nejvyšší abundanci vůči celkové bakteriální populaci měly bakteriální taxony *Fusobacterium* a *P. hiranonis*. Abundance dalších sledovaných taxonů se pohybovala v hodnotách o 1 až 4 řády nižších. V dříve publikované studii (AlShawaqfeh et al., 2017) jsou nejvíce abundantní taxony *Blautia* a *Fusobacterium*. Naproti tomu abundance *P. hiranonis* je nižší, než byla pozorována v naší studii.

Tyto rozdíly mohly být způsobeny rozdílnou skladbou potravy nebo také rozdílnou geografickou lokalitou (USA versus Evropa).

PERMANOVA, navazující na PCoA, neprokázala, že skupiny se mezi sebou výrazně liší. Tato skutečnost může být způsobená tím, že se jedná o zdravé psy a rozdíly v abundancích sledovaných bakterií jsou minimální. V dalším kroku je možné např. rozšíření sledovaného souboru o skupiny definované jako psi zdraví a psi s dysbiózou a následné určení indexu dysbiózy.

Na úrovni bakterií byl po přechodu na krmivo s obsahem probiotik v krátkodobém horizontu (skupina 2) pozorován mírný, ale statisticky významný nárůst abundance bakterií rodu *Blautia*, a v dlouhodobém horizontu (skupina 3) také *Faecalibacter* a *P. hiranonis*. Ve skupině 2 došlo také k statisticky významnému nárůstu abundance *Streptococcus*, který ale v dlouhodobém horizontu (skupina 3) nebyl statisticky významný. Tento fakt může být způsoben stresem, který přechod na jiný typ stravy (kromě probiotik se změnila i značka a typ krmiva) může představovat.

Tato práce byla podpořena z prostředků Technologické agentury České republiky TN02000017.

Literatura

- AlShawaqfeh, M., Wajid, B., Minamoto, Y., Markel, M., Lidbury, J., Steiner, J., Serpedin, E., Suchodolski, J. 2017. A dysbiosis index to assess microbial changes in fecal samples of dogs with chronic inflammatory enteropathy. *FEMS Microbiology Ecology* 93: fix136.
- Deng, P., Swanson, K.S. 2015. Gut microbiota of humans, dogs and cats: current knowledge and future opportunities and challenges. *British Journal of Nutrition* 113: S6–S17.
- Félix, A.P., Souza, C.M.M., de Oliveira, S.G. 2022. Biomarkers of gastrointestinal functionality in dogs: A systematic review and meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology* 283: 115183.
- Gasaly, N., de Vos, P., Hermoso, M.A. 2021. Impact of bacterial metabolites on gut barrier function and host immunity: a focus on bacterial metabolism and its relevance for intestinal inflammation. *Frontiers in Immunology* 12: 658354.
- Honneffer, J.B., Steiner, J.M., Lidbury, J.A., Suchodolski, J.S. 2017. Variation of the microbiota and metabolome along the canine gastrointestinal tract. *Metabolomics* 13: 26.
- Kim, H., Chae, Y., Cho, J.H., Song, M., Kwak, J., Doo, H., Choi, Y., Kang, J., Yang, H., Lee, S., Keum, G.B., Wattanaphansak, S., Kim, S., Kim, H.B. 2025. Understanding the diversity and roles of the canine gut microbiome. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 16: 95.
- Louis, P., Flint, H.J. 2017. Formation of propionate and butyrate by the human colonic microbiota. *Environmental Microbiology* 19: 29–41.
- Onuma, M., Ataka, K., Murakami, A. 2025. Evaluating the safety and functionality of a novel compound containing prebiotics, probiotics, and postbiotics in healthy cats and dogs. *Open Veterinary Journal* 2025: 1969–1981.
- Suchodolski, J.S. 2022. Analysis of the gut microbiome in dogs and cats. *Veterinary Clinical Pathology* 50: 6–17.
- Suchodolski, J.S. 2016. Diagnosis and interpretation of intestinal dysbiosis in dogs and cats. *The Veterinary Journal* 215: 30–37.
- Yang, Q., Wu, Z. 2023. Gut probiotics and health of dogs and cats: benefits, applications, and underlying mechanisms. *Microorganisms* 11: 2452.
- Ziese, A.-L., Suchodolski, J.S. 2021. Impact of changes in gastrointestinal microbiota in canine and feline digestive diseases. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 51: 155–169.

FIT OR FAT: ROZDÍLY V HODNOTENÍ TELESNEJ KONDÍCIE PSOV MEDZI ODBORNÍKMI A CHOVATEĽMI A ICH VÝZNAM PRE PRAX

FIT OR FAT: ASSESSMENT DIFFERENCES OF DOGS' BODY CONDITION BETWEEN EXPERTS AND OWNERS AND THEIR PRACTICAL IMPLICATIONS

Klára Vítková, Veronika Vojtkovská*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

This study aimed to analyse perceptual differences in the assessment of dogs' body condition using the 5- and 9-point BCS (Body Condition Score) scale between owners and experts (a veterinarian and a student in the field of animal protection and welfare), and to identify factors influencing assessment accuracy. The study included 92 dogs and their owners. Three evaluators independently assessed each dog. The differences in assessments were subsequently analysed concerning owner characteristics (age, sex, dog ownership experience, physical activity) and dog characteristics (age, sex, breed, coat type, physical activity, health status). The results showed that owners often did not correctly assess the body condition of their dogs. The lowest level of agreement, based on correlation analysis, was found between owner and veterinarian scores (for the 5-point scale: $r_s = 0.5693$; $p < 0.01$). Owner sex, age, frequency of physical activity, and experience with dog ownership had no statistically significant effect on the BCS assessment ($p > 0.05$), although a trend toward underestimation was observed among new, young, and elderly owners. Most dog-related factors also had no statistically significant impact on the assessment, except for coat length. Owners of short-haired dogs agreed significantly more often ($p < 0.01$) with the veterinarian's evaluation than owners of long-haired dogs when using the 5-point scale. Additionally, significantly more frequent overestimation of body condition occurred in long-haired dogs ($p < 0.05$). When the 9-point scale was used, the influence of coat length was not significant ($p > 0.05$). It was also found that in most cases, the accuracy of assessment was higher when using the 9-point BCS scale. These findings highlight the importance of educating dog owners on body condition score assessment and healthy lifestyle management for their animals.

Key words: perception of BCS, dog owners, veterinarian, BCS assessment

Súhrn

Cieľom tejto štúdie bolo analyzovať percepčné rozdiely v hodnotení telesnej kondície psov pomocou 5 a 9 bodovej stupnice BCS systému medzi majiteľmi a odborníkmi (veterinárnym lekárom a študentom v oblasti ochrany zvierat a welfare) a identifikovať faktory ovplyvňujúce presnosť hodnotenia. Do štúdie bolo zapojených 92 psov a ich chovateľov. Každý pes bol nezávisle ohodnotený tromi hodnotiteľmi, následne boli analyzované rozdiely v hodnotení vo vzťahu k charakteristikám chovateľov (vek, pohlavie, skúsenosti s chovom psov, športová aktivita) a psov (vek, pohlavie, plemeno, typ srsti, športová aktivita, zdravotný stav). Výsledky ukázali, že chovatelia často nezhodnotili kondíciu svojich psov správne, najnižšia zhoda bola na základe korelačnej analýzy nájdená medzi známkami chovateľov a veterinárneho lekára (u 5-bodovej stupnice $r_s=0,5693$; $p<0,01$). Pohlavie, vek, častosť vykonávanej fyzickej aktivity a chovateľské skúsenosti nemali vplyv na hodnotenie BCS u psov ($p > 0,05$), hoci trend podhodnocovania psov bol nájdený u nových, mladých a starších chovateľov. Štatisticky významný vplyv na hodnotenie nemala ani

* vojtkovskav@vfu.cz

väčšina faktorov súvisiacich so psami s výnimkou dĺžky srsti. Chovatelia krátkosrstých psov sa významne častejšie ($p < 0,01$) zhodovali v hodnotení s veterinárnym lekárom v porovnaní s chovateľmi dlhosrstých psov podľa päťbodovej stupnice. V rámci tejto stupnice dochádzalo tiež k štatisticky významne častejšiemu nadhodnoteniu kondície u dlhosrstých psov ($p < 0,05$). Pri použití deväťbodovej stupnice nebol vplyv dĺžky srsti na hodnotenie preukázaný ($p > 0,05$). Bolo tiež zistené, že vo väčšine prípadov bola presnosť hodnotenia vyššia pri použití deväťbodovej BCS stupnice. Výsledky zdôrazňujú dôležitosť edukácie chovateľov v oblasti hodnotenia telesnej kondície a zdravého životného štýlu ich zvierat.

Kľúčové slová: percepcia telesnej kondície, chovatelia psov, veterinárny lekár, hodnotenie BCS

Úvod

Telesná kondícia je už tradične jedným z najdôležitejších aspektov pri hodnotení welfare zvierat. Jedná sa o jeden zo zdravotných indikátorov hodnotenia založeného na zvieratách (animal-based), na základe ktorého je možné posúdiť, či sa zviera nachádza v optimálnom stave. Psy chované ako spoločenské zvieratá, ktoré nie sú v ideálnej telesnej kondícii, sú náchylné na chronické ochorenia, čo môže negatívne ovplyvniť ich kvalitu života.

Majitelia sú prvými hodnotiteľmi telesnej kondície psov, keďže so psami trávajú pochopiteľne najviac času. Pochopenie toho, ako majitelia vnímajú výživový stav svojich zvierat, hrá kľúčovú úlohu v prevencii, ale aj v procese prípadnej korekcie hmotnosti. Zo štúdie Byersovej (2011) vyplýva, že výskyt obezity je dvakrát pravdepodobnejší u psov, ktorých majitelia tiež trpia nadváhou. Problémom je neschopnosť majiteľov rozpoznať a správne určiť nadváhu alebo obezitu u svojich psov (Gille et al., 2023). Kľúčovou osobou v hodnotení telesnej kondície je veterinárny lekár, ktorý by mal byť pri konzultácii schopný efektívne no zároveň citlivo komunikovať prípadné problémy s udržiavaním optimálnej telesnej kondície u psa.

V súčasnosti existuje u psov viacero metód hodnotenia telesnej kondície; výhodou niektorých je ich využitie v domácom prostredí. Okrem klasického určovania hmotnosti pomocou váhy slúži k jednoduchému hodnoteniu i kvantitatívny Body Condition Score (BCS) systém, poprípade určovanie stavu osvalenia (Muscle Condition Score systém) s meraním obvodu problémových oblastí tela. Keďže v prípade BCS systému ide o subjektívnu metódu hodnotenia založenú na vizuálnom, poprípade palpačnom hodnotení stavu zvieraťa a jeho porovnávaní s vizuálnou schémou, výsledok môže byť často skreslený, najmä ak ju používa nevyškolená osoba. Zistilo sa, že aj keď sa majiteľ psa riadi schematickým zobrazením BCS, nesprávne vnímanie výživového stavu môže pretrvávajúť. Pri prvom pokuse dokázalo správne posúdiť svojho psa len 23 z celkového počtu 95 majiteľov; po použití päťbodovej stupnice sa úspešnosť zvýšila na 50 správne posúdených psov (Liyanage et al., 2022).

Cieľom tejto štúdie bolo analyzovať percepčné rozdiely v hodnotení telesnej kondície psov pomocou 5 a 9 bodovej stupnice BCS systému medzi majiteľmi a odborníkmi (veterinárnym lekárom a študentom v oblasti ochrany zvierat a welfare) a poukázať na prípadné rozdiely s čím súvisí i dôležitosť edukácie majiteľov v oblasti zdravého životného štýlu ich zvierat a jeho vplyvu na welfare.

Materiál a metodika

Údaje pre realizáciu štúdie boli získané v súkromnej veterinárnej ambulancii v Brne. Predmetom bolo získanie údajov o psoch a ich majiteľoch v súvislosti s hodnotením Body Condition Score (BCS). Údaje boli zhromažďované od plnoletých majiteľov, ktorí prejavili záujem o zapojenie sa do štúdie a nemali problém poskytnúť požadované informácie. Do štúdie boli zaradené zdravé psy a aj zvieratá so zdravotnými problémami, bez ohľadu na dôvod návštevy ambulancie. Zber údajov prebiehal od augusta do októbra 2024 v spolupráci s jedným veterinárnym lekárom, ktorý bol prítomný pri všetkých majiteľoch zaradených do štúdie.

Chovateľom boli počas návštevy veterinára so svojim psom kladené otázky týkajúce sa základných informácií o psovi – požadované bolo uviesť pohlavie (samec/samica), vek (v kategóriách 1 pre vek 1–8 rokov a kategórii 2 nad osem rokov), plemeno (čistokrvný pes/kríženec), zdravotný stav psa (dobrý/dlhodobé zdravotné komplikácie, na ktoré pes užíva lieky), dĺžka srsti (krátka/dlhá) a či sa pes venuje niektorému zo psích športov (áno/nie). Chovatelia o sebe uvádzali pohlavie (muž/žena), skúsenosti s chovom (nový chovateľ, ak išlo o prvého psa, a skúsený chovateľ, ak už vlastnili viacero psov), vek (na škále v kategóriách 1 až 5; číslo 1: 18–29 rokov, číslo 2: 30–44 rokov, číslo 3: 45–59 rokov, číslo 4: 60–74 rokov, číslo 5: 75 rokov a viac; kategória X označovala osoby, ktoré svoj vek odmietli uviesť). Chovateľom bola tiež kladená otázka týkajúca sa ich vlastnej úrovne fyzickej aktivity (na výber mali chovatelia niekoľko možností: fyzickú aktivitu vykonávam 1–2x týždenne, 3–5x týždenne, niekoľkokrát za mesiac a 1x mesačne a menej).

Chovatelia boli ďalej po úvodnom zbere dát počas konzultácie požiadaní, aby podľa predloženej vizuálnej schémy (päť- a deväťbodovej stupnice BCS) zhodnotili aktuálnu telesnú kondíciu svojho zvieraťa, a to bez predchádzajúceho zaškolenia. Bolo im oznámené, že psa môžu hodnotiť pohľadom aj pohmatom. Po zaznamenaní ich výsledkov bolo následne vykonané hodnotenie psa veterinárnym lekárom a študentom (obe osoby hodnotili psa nezávisle na sebe, bez vzájomnej konzultácie, aby sa predišlo ovplyvneniu výsledkov). Hodnotenie veterinárneho lekára (žena, 36 rokov, 10 rokov praxe so zameraním na internú medicínu psov a mačiek) bolo považované za zlatý štandard (analýzy odchýlok v hodnotení majiteľov a študenta sa odvíjali od tohto hodnotenia). Hodnotiacim študentom bola hlavná autorka tejto štúdie (Bc. Klára Vítková, študentka 2. ročníka nadväzujúceho magisterského študijného programu Ochrana zvierat a welfare na Veterinárnej univerzite v Brne). Študentka mala v čase hodnotenia niekoľkoročné skúsenosti s chovom psov a pracovala vo veterinárnej ambulancii, kde získala dôležité praktické zručnosti a schopnosť hodnotiť BCS zvierat.

Po zhodnotení psa všetkými tromi hodnotiacimi subjektmi (chovateľ, veterinárny lekár, študent) nasledovalo porovnanie výsledkov, vysvetlenie správneho hodnotenia chovateľovi a v niektorých prípadoch aj dodatočné odôvodnenie zistených rozdielov a návrh ďalšieho postupu zo strany veterinárneho lekára v prípade potreby korekcie telesnej kondície u daného zvieraťa.

Získané dáta boli prepísané do tabuľky v programe Microsoft Excel a vyhodnocované pomocou štatistického programu Unistat 6.5 for Excel (Unistat Ltd., GB). Pre testovanie normality dát bol použitý Shapiro-Wilkov test, ktorý poukázal na nenormálne rozloženie. Na ďalšiu analýzu bol vzhľadom na výsledok testu normality použitý Spearmanov korelačný koeficient (r_s). Rozdiel v hodnoteniach udelených študentom, chovateľom a veterinárnym lekárom bol testovaný pomocou Mann-Whitneyho U testu pre nepárové výbery. Pre porovnanie toho, či majitelia nadhodnocujú alebo podhodnocujú telesnú kondíciu svojich psov v porovnaní s veterinárnym lekárom, bola použitá metóda chí-kvadrát testu (kontingenčné tabuľky formátu 2 x 2 a k x m, Yatesova korekcia, Pearsonova korekcia, Fisherov exaktný test). Štatistická významnosť bola určená porovnaním výsledkov s hodnotou $p > 0,05$ (rozdiel sa považoval za štatisticky nevýznamný).

Výsledky a diskusia

Chovateľom, študentom a veterinárnym lekárom bolo v priebehu realizácie štúdie ohodnotených celkom 92 psov patriacich 92 chovateľom. Súhrnné údaje o analyzovanej populácii psov a ich chovateľov sú uvedené v tabuľke č. 1 a 2.

Celkové hodnoty korelácií 5-bodovej BCS stupnice u psov medzi hodnotiacimi subjektami sú uvedené v tabuľke č. 3. Najmenšia miera korelácie bola nájdená medzi hodnotením veterinárneho lekára a chovateľa, naopak najvyššia miera bola zaznamenaná medzi hodnoteniami študenta a veterinárneho lekára. Analýza rozdielov známok, ktoré psom udelili chovatelia, študent a veterinárny lekár zaznamenáva podobný trend (tabuľka č. 4), štatisticky významné rozdiely medzi známkami boli nájdené medzi chovateľmi a veterinárnym lekárom. Tieto výsledky naznačujú, že chovatelia hodnotili psy oproti veterinárnemu lekárovi odlišne; naopak hodnotenie študenta

a veterinárneho lekára vykazovalo najvyššiu zhodu, čo je očakávaný výsledok vzhľadom na pochopiteľne najväčšie znalosti a skúsenosti s chovom a s hodnotením zdravotného stavu psov.

Tabuľka č. 1. Súhrnné údaje o analyzovaných psoch

Súhrnné údaje o psoch		Počet	%
Ohodnotených psov celkom		92	100
Plemeno	Čistokrvný	68	74
	Kríženec	24	26
Pohlavie	Samce	37	40
	Samice	55	60
Vek	Dospelé psy	56	60
	Seniori	36	40
Typ srsti	Krátka	47	51
	Dlhá	45	49
Zdravotný stav	Dobrý	57	62
	Zdravotné komplikácie	35	38
Psí šport	áno	23	25
	nie	69	75

Tabuľka č. 1. Súhrnné údaje o chovateľoch analyzovaných psov

Súhrnné údaje o chovateľoch		Počet	%
Počet chovateľov celkom		92	100
Pohlavie	Žena	48	52
	Muž	44	48
Veková kategória	18–29 rokov	33	36
	30–44 rokov	34	37
	45–59 rokov	13	14
	60–74 rokov	12	13
Skúsenosti s chovom	Prvý pes (nový chovateľ)	52	57
	Skúsený chovateľ	40	43
Miera fyzickej aktivity	1-2x týždenne	25	27
	3-5x týždenne	25	27
	Pár krát za mesiac	30	33
	1x za mesiac a menej	12	13

Tabuľka č. 3. Korelácie udelených známok medzi hodnotiacimi subjektami (5-bodová BCS stupnica).

Hodnotiaci subjekt	študent	chovateľ	MVDr.
študent	-	$r_s=0,5850$; $p<0,01$	$r_s=0,8306$; $p<0,01$
chovateľ	-	-	$r_s=0,5693$; $p<0,01$

Tabuľka č. 4. Rozdiel v známkovaní medzi hodnotiteľmi za použitia päťbodovej stupnice BCS

Hodnotiaci subjekt	študent	chovateľ	MVDr.
študent	-	$p > 0,05$	$p < 0,05$
chovateľ	-	-	$p < 0,01$

Hodnoty korelácie pri použití 9-bodovej BCS stupnice u psov medzi hodnotiacimi subjektami sú uvedené v tabuľke č. 5. Analýzu rozdielov v známkach udelených hodnotiacimi subjektami za použitia 9-bodovej BCS stupnice u psov zaznamenáva tabuľka č. 6.

Tabuľka č. 5. Korelácie udelených známok medzi hodnotiacimi subjektami (9-bodová BCS stupnica)

Hodnotiaci subjekt	študent	chovateľ	MVDr.
študent	-	$r_s = 0,7568$; $p < 0,01$	$r_s = 0,9337$; $p < 0,01$
chovateľ		-	$r_s = 0,7651$; $p < 0,01$

Tabuľka č. 6. Rozdiely v známkovaní medzi hodnotiteľmi za použitia deväťbodovej stupnice BCS

Hodnotiaci subjekt	študent	chovateľ	MVDr.
študent	-	$p > 0,05$	$p > 0,05$
chovateľ		-	$p > 0,05$

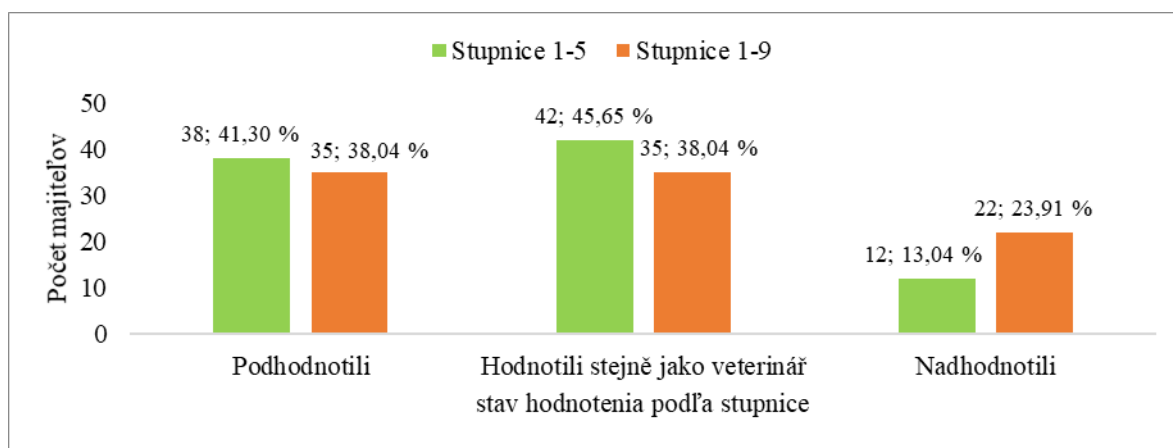
Ďalšia analýza bola zameraná na to, koľko chovateľov celkovo podhodnotilo, hodnotilo rovnako ako veterinárny lekár alebo nadhodnotilo BCS u svojich psov. Bolo zahrnutých všetkých 92 psov, hodnotenie ich chovateľmi podľa stupnice 1–5 a 1–9 bolo spracované do grafu č. 1. Celkovo 54,34 % chovateľov nesprávne zhodnotilo výživový stav svojich zvierat pomocou päťbodovej stupnice. Tento výsledok potvrdzuje zistenia štúdie Eastland-Jones et al. (2014), kde chovatelia nesprávne ohodnotili BCS u svojich psov v 71 zo 110 prípadov (64 %). Naopak, výsledok štúdie Jagatheesan et al. (2016) ukázal nesprávne vyhodnotenú BCS u 26 z 82 chovateľov (31,72 %). Rozdiely v hodnotení môžu byť spôsobené metodickým nastavením hodnotiaceho procesu, povedomím o problematike v jednotlivých krajinách a ďalšími faktormi, z ktorých niektoré boli predmetom skúmania v rámci tejto štúdie.

V rámci analýzy ovplyvňujúcich faktorov boli tieto rozdelené na dve skupiny: faktory viažuce sa na atribúty chovateľov a faktory spojené so zvieratami. V rámci faktorov patriacich do prvej zmieňovanej skupiny bol vyhodnocovaný vplyv pohlavia, veku, skúseností s chovom psov a vplyv intenzity športovej aktivity chovateľa.

Pri porovnaní, či sa podhodnotená, nadhodnotená alebo zhody s veterinárnym lekárom dopúšťali častejšie muži alebo ženy pri použití päťbodovej stupnice, sa zistilo, že medzi počtami mužov a žien, ktorí podhodnocovali, hodnotili rovnako alebo nadhodnocovali, nebol zaznamenaný štatisticky významný rozdiel ($p > 0,05$). Pri obdobnej analýze podľa deväťstupňovej škály taktiež nebol preukázaný štatisticky významný rozdiel ($p > 0,05$) pri porovnaní žiadneho z hodnotiacich stavov (podhodnotenie, nadhodnotenie, zhoda s vet. lekárom) medzi mužmi a ženami. Možno však vo všeobecnosti konštatovať, že ženy boli pri hodnotení svojich zvierat pomocou 5 bodovej stupnice presnejšie ako muži (korelačný koeficient medzi hodnotením žien a veterinárnym lekárom bol vyšší ($r_s = 0,5997$; $p < 0,01$) ako koeficient zaznamenaný medzi mužmi a vet. lekárom ($r_s = 0,4803$;

$p < 0,01$)). Opačný trend bol ale zaznamenaný u 9-bodovej stupnice, kde boli muži pri hodnotení vo väčšej zhode s veterinárnym lekárom ako ženy (ženy: $r_s = 0,6474$, $p < 0,01$; muži: $r_s = 0,7319$, $p < 0,01$). Z pohľadu veku hodnotiacich chovateľov výsledky naznačujú najmenšiu zhodu medzi mladými chovateľmi (18-29 rokov) a veterinárnym lekárom (u 5-bodovej stupnice $r_s = 0,2484$, $p > 0,05$; u 9-bodovej stupnice $r_s = 0,5481$, $p < 0,01$). Pomerne vysoký počet týchto chovateľov svojich psov podhodnotilo (u 5-bodovej stupnice šlo o 14 chovateľov, u 9-bodovej stupnice o 10 chovateľov), psov nadhodnotilo 5 chovateľov podľa 5-bodovej stupnice, 10 chovateľov podľa 9-bodovej stupnice). Vyššia zhoda s hodnotením veterinára bola nájdená u chovateľov od 30 do 44 rokov (u 5-bodovej stupnice $r_s = 0,4874$, $p < 0,01$; u 9-bodovej stupnice $r_s = 0,7613$, $p < 0,01$), hoci pomerne veľký počet chovateľov, podobne ako u predošlej skupiny svojich psov podhodnotilo (u 5-bodovej stupnice 14 chovateľov, u 9-bodovej stupnice 15 chovateľov). Menej chovateľov vo veku od 30 do 44 rokov ale svojich psov nadhodnotilo (u 5-bodovej stupnice 5 chovateľov, u 9-bodovej stupnice 6 chovateľov).

Graf č. 1. Celkové hodnotenie chovateľov v porovnaní s veterinárom podľa päťbodovej a deväťbodovej stupnice BCS



Chovatelia vo veku od 45-59 rokov svojich psov hodnotili oproti veterinárnemu lekárovi pomerne presne (u 5-bodovej stupnice $r_s = 0,7611$; $p < 0,01$; u 9 bodovej stupnice $r_s = 0,7325$; $p < 0,01$). Svojich psov podhodnotili podľa 5-bodovej stupnice 3 chovatelia, podľa 9-bodovej stupnice 4 chovatelia, k nadhodnoteniu došlo len v jednom prípade podľa 5-bodovej stupnice a v troch prípadoch podľa 9-bodovej stupnice. U najstaršej skupiny chovateľov (66-74 rokov) bola medzi hodnotením s veterinárnym lekárom nájdená korelácia na úrovni $r_s = 0,4734$; $p > 0,05$ u 5-bodovej stupnice, u 9-bodovej stupnice $r_s = 0,6974$; $p < 0,01$). U najstaršej skupiny chovateľov bol prítomný trend podhodnocovania psov (psov podhodnotilo 7 chovateľov podľa 5-bodovej stupnice a 6 chovateľov podľa 9-bodovej stupnice). Psa nadhodnotil len jeden chovateľ podľa 5 bodovej stupnice a 3 chovatelia podľa 9- bodovej stupnice. Štúdia od Gille et al. (2023) uvádza, že chovatelia starší ako 61 rokov podhodnotili kondíciu svojich psov až v 46 % prípadov. V rámci tejto štúdie došlo k podhodnoteniu u chovateľov nad 60 rokov v 58,33 % prípadov pri použití stupnice BCS 1–5 a v 50,0 % prípadov podľa stupnice 1–9. Toto percento je pravdepodobne vyššie kvôli menšiemu zastúpeniu hodnotiteľov spadajúcich do danej vekovej kategórie, dôvodom však môže byť aj predpoklad uvedený v štúdiu Gille et al. (2023), podľa ktorého majú chovatelia s rastúcimi skúsenosťami tendenciu podceňovať výživovú kondíciu psov – dá sa predpokladať, že chovatelia starší ako 60 rokov už v minulosti psa vlastnili. Ďalšou teóriou je, že starší ľudia sa k psom správajú ako k vlastným potomkom a hoci im chcú dopriať „to najlepšie“, nadmerným poskytovaním potravy im môžu uškodiť. V praktickej rovine sa taktiež zaznamenalo, že starší chovatelia mali väčšiu tendenciu ospravedlňovať výživový stav svojich psov, čo viedlo k častejšiemu

podhodnocovaniu ich kondície. Dá sa preto predpokladať, že starší chovatelia môžu svojich psov mylne označovať za podvyživené alebo v ideálnej kondícii aj napriek existujúcej nadváhe.

Pri porovnaní hodnotenia vekových kategórií chovateľov medzi sebou podľa päťbodovej stupnice sa zistilo, že medzi jednotlivými vekovými kategóriami a stavmi hodnotenia neexistuje štatisticky významný rozdiel ($p > 0,05$). Rovnako to platilo aj pri porovnaní podľa deväťbodovej stupnice, kde opäť nebol medzi počtami hodnotiteľov v jednotlivých vekových kategóriách a stavoch hodnotenia zistený štatisticky významný rozdiel ($p > 0,05$).

Chovatelia vlastniaci prvého psa mali väčšiu tendenciu svojich psov podhodnotiť (k podhodnoteniu došlo u 5-bodovej stupnice u 25 chovateľov, u 9-bodovej stupnice u 22 chovateľov). Psov nadhodnotilo iba 5 (5-bodová stupnica) resp. 8 chovateľov (9-bodová stupnica). Hodnotenie nových chovateľov sa podľa 5-bodovej stupnice štatisticky významne nelíšilo v porovnaní so skúsenými chovateľmi ($p > 0,05$). Rovnako to platilo aj pri porovnaní jednotlivých stavov hodnotenia (podhodnotenie, hodnotenie v súlade s vet. lekárom, nadhodnotenie) podľa deväťbodovej stupnice – ani v tomto prípade nebol medzi novými a skúsenými chovateľmi preukázaný štatisticky významný rozdiel ($p > 0,05$). Výsledky našej štúdie pri hodnotení chovateľov podľa päťbodovej stupnice nepotvrdzujú zistenia štúdie Gille et al. (2023), ktorá uvádza tendenciu skúsenejších chovateľov podhodnocovať výživový stav psov. Rovnaký záver zmieňujú aj autori štúdie od Blanchard et al. (2023), ktorí uvádzajú, že podceňovanie výživového stavu psov súvisí s narastajúcimi skúsenosťami chovateľov. Autori vychádzajú z predpokladu, že chovatelia, ktorí už vlastnili viacero psov, môžu byť pri hodnotení telesnej kondície zhovievavejší. Navyše chovatelia, ktorí vlastnia dvoch a viac psov súčasne, sa častejšie zhodujú v hodnotení BCS s veterinárnym lekárom.

Vplyv venovania sa športovej aktivite u chovateľov na hodnotenie telesnej kondície psov nebol prostredníctvom štatistickej analýzy zaznamenaný. Predpokladom pre analýzu tohoto faktora bolo, že aktívnejší ľudia, ktorí viac dbajú o svoju fyzickú kondíciu budú k hodnoteniu svojich psov kritickejší ako chovatelia nešportujúci príliš často. Menej aktívni ľudia by teoreticky mohli častejšie trpieť nadváhou alebo obezitou, čo by sa mohlo premietnuť do výživového stavu ich psa a viesť k ospravedlňovaniu nadváhy alebo k neschopnosti tento problém rozpoznať. Štúdia od Byers (2011) uvádza, že existuje vyššia pravdepodobnosť, že ľudia s nadváhou budú vlastniť psy s nadváhou, avšak priamy vzťah medzi nadváhou chovateľov a nadváhou u psov nebol preukázaný. Naopak, Linder et al. (2021) vo svojej štúdii preukázali pozitívnu koreláciu medzi nadváhou majiteľa a nadváhou psa ($r = 0,60$, $p < 0,001$).

Okrem faktorov viažucich sa na chovateľov psov, boli tiež vyhodnocované, ako už bolo spomenuté vyššie, i faktory týkajúce sa hodnotených psov (konkrétne sa jednalo o vek, pohlavie, plemeno, dĺžku srsti, športovú aktivitu a zdravotný stav psov). Zistili sme, že dĺžka srsti mala vplyv na hodnotenie telesnej kondície u psov. Na základe hodnotenia podľa 5-bodovej stupnice bolo zistené, že medzi jednotlivými stavmi hodnotenia telesnej kondície psov existuje štatisticky vysoko významný rozdiel medzi krátkosrstými a dlhosrstými psami ($p < 0,01$). Medzi počtami podhodnotených psov s krátkou a dlhou srstou podľa 5-bodovej stupnice nebol preukázaný štatisticky významný rozdiel ($p > 0,05$). Rozdiel bol ale zaznamenaný pri porovnaní počtov zhody s veterinárnym lekárom – chovatelia krátkosrstých psov ohodnotili BCS rovnako ako veterinárny lekár v štatisticky vysoko významne viacerých prípadoch ($p < 0,01$) v porovnaní s chovateľmi dlhosrstých psov. Rozdiel bol zaznamenaný aj v počtoch nadhodnotených psov – chovatelia dlhosrstých psov štatisticky významne častejšie psy nadhodnocovali ako veterinárny lekár v porovnaní s chovateľmi krátkosrstých psov ($p < 0,05$). Pri použití 9-stupňovej škály ale nebol zistený štatisticky významný rozdiel v počtoch jednotlivých stavov hodnotenia medzi chovateľmi krátkosrstých a dlhosrstých psov ($p > 0,05$). Tieto výsledky poukazujú na fakt, že chovatelia krátkosrstých psov boli pri hodnotení telesnej kondície psov presnejší pri použití 5-bodovej stupnice, dôvodom by mohla byť lepšia viditeľnosť pozorovaných častí tela (línia pása alebo vtiahnuté/povolené brucho). Chovatelia dlhosrstých psov mali s hodnotením väčší problém a zdá sa, že kvôli dĺžke srsti neboli schopní správne odhadnúť výživovú kondíciu svojich psov čo mohlo byť

spôsobené zhoršenou viditeľnosťou siluety psieho tela cez dlhú srst', prípadne aj náročnejšiu palpáciu u psov so skutočne hustou srst'ou.

Ostatné analyzované faktory psov (pohlavie, vek, vykonávanie psieho športu, plemeno, zdravotný stav) nemali štatisticky významný vplyv na hodnotenie telesnej kondície vlastnými chovateľmi. Nami získané výsledky je tiež obtiažne uviesť do kontextu iných štúdií vzhľadom k tomu, že sa jedná o menej študovanú problematiku. Z vymenovaných, nami študovaných faktorov, sa štúdie venovali iba vplyvu vykonávania športu psami. V rámci našej štúdie sme zistili, že chovateľov psov, ktorí sa venujú niektorému z kynologických športov, bolo menej než chovateľov psov, ktorí so svojimi zvieratami nešportujú, čo mohlo ovplyvniť výsledky porovnania. Pri zameraní sa na percentuálne zastúpenie bolo podľa päťbodovej stupnice u športujúcich psov nesprávne ohodnotených 34,78 % prípadov a zhoda s veterinárnym lekárom bola zaznamenaná v 65,22 % prípadov. Naopak, u nešportujúcich psov bolo podľa päťbodovej stupnice nesprávne ohodnotených až 60,87 % psov a zhoda bola len v 39,13 % prípadov. Podobné výsledky sa prejavili aj pri použití deväťbodovej stupnice – chovatelia športujúcich psov boli v hodnotení úspešní v 56,52 % prípadov, zatiaľ čo 43,47 % psov bolo ohodnotených nesprávne. Chovatelia nešportujúcich psov hodnotili nesprávne až v 68,12 % prípadov a zhoda s hodnotením veterinára sa dosiahla len v 31,88 % prípadov. Z uvedeného vyplýva, že hoci bolo chovateľov športujúcich psov menej, z percentuálneho hľadiska boli schopní psa ohodnotiť správne častejšie než chovatelia nešportujúcich psov. Tieto výsledky potvrdzuje aj výskum realizovaný Kluess et al. (2021), ktorý uvádza, že chovatelia, ktorí so svojimi psami nešportujú, horšie odhadujú výživový stav svojich psov v porovnaní s tými, ktorí sa venujú nejakej športovej aktivite. Chovatelia nešportujúcich psov boli schopní správne určiť telesnú kondíciu v 52 % prípadov, zatiaľ čo chovatelia športujúcich psov boli úspešní v 57 % prípadov.

Záver

Táto štúdia poukazuje na fakt, že neskúsení hodnotitelia, ktorí boli v tomto prípade chovateľmi psov, nie sú v mnohých prípadoch schopní ohodnotiť telesnú kondíciu svojich psov podľa BCS stupnice správne. Dôvodom môže byť nedostatok skúseností pri používaní hodnotiacich stupníc resp. skreslenie hodnotenia vzhľadom na subjektívne vnímanie kondície. Výsledky majú významný prínos pre prax a poukazujú na zvýšenú potrebu edukácie chovateľov v oblasti kritického náhľadu na kondíciu vlastných psov a súvisiaci management (správne nastavenie programu kŕmenia, vykonávanie fyzickej aktivity a prevencia ochorení súvisiacich s narušením energetického metabolizmu). Väčší dôraz by sa mal podľa našich výsledkov klásť na kontrolu dlhosrstých a nešportujúcich psov a tiež zvierat, ktoré sú v držaní nových chovateľov, mladých chovateľov do 29 rokov a starších chovateľov, keďže tieto skupiny majú podľa našich výsledkov tendenciu svoje zvieratá podhodnocovať. Z pohľadu využitia hodnotiacich stupníc naznačujú zistenia tejto práce presnejšie posúdenie kondície psov chovateľmi pri hodnotení podľa deväťbodovej stupnice BCS vo väčšine prípadov. Je teda možné naznačiť, že 9-bodová stupnica je vhodnejšia na hodnotenie výživového stavu, predovšetkým vďaka možnosti zaznamenať ňou i menšie odchýlky v kondícii.

Literatúra

- Blanchard, T., Hoummady, S., Banuls, D., Roche, M., Bynens, A., Meunier, M., Dos Santos, N., Tissaoui, E., Rouch-Buck, P., Fantinati, M., Priymenko, N. 2023. The perception of the body condition of cats and dogs by French pet owners and the factors influencing underestimation. *Animals* 13: 3646.
- Byers, Ch. 2011. Obesity in dogs, Part 1: Exploring the causes and consequences of canine obesity [online]. [vid. 21.7.2025]. Dostupné z: <https://www.dvm360.com/view/obesity-dogs-part-1-exploring-causes-and-consequences-canine-obesity>
- Eastland-Jones, R.C., German, A.J., Holden, S.L., Biourge, V., Pickavance, L.C. 2014. Owner misperception of canine body condition persists despite use of a body condition score chart. *Journal of Nutritional Science* 3: e45.

- Gille, S., Fischer, H., Lindåse, S., Palmqvist, L., Lärka, J., Wolf, S., Penell, J., Söder, J. 2023. Dog owners' perceptions of canine body composition and effect of standardized education for dog owners on body condition assessment of their own dogs. *Veterinary Sciences* 10: 447.
- Jagatheesan, M., De Silva, D.N., Ariyaratna, H.M.H.S. 2016. Body condition score in large pure bred dogs: a preliminary study on agreement between owners' perception and scientific evaluation. *Sri Lanka Veterinary Journal* 63: 17-21.
- Kluess, H.A., Jones, R.L., Lee-Fowler, T. 2021. Perceptions of body condition, diet and exercise by sports dog owners and pet dog owners. *Animals* 11: 1752.
- Linder, D.E., Santiago, S., Halbreich, E.D. 2021. Is there a correlation between dog obesity and human obesity? Preliminary findings of overweight status among dog owners and their dogs. *Frontiers in Veterinary Science* 8: 654617.
- Liyanage, A.T., Ramesh, N.B., Ariyaratna, H. 2022. Owner-misperception of canine body condition reduces after using a five-point body condition score chart: a study of 95 large-sized purebred dogs. *Topics in Companion Animal Medicine* 50: 100677.

FIT OR FAT: ROZDIELY V HODNOTENÍ TELESNEJ KONDÍCIE MAČIEK MEDZI ODBORNÍKMI A CHOVATEĽMI A ICH VÝZNAM PRE PRAX

FIT OR FAT: ASSESSMENT DIFFERENCES OF CATS' BODY CONDITION BETWEEN EXPERTS AND OWNERS AND THEIR PRACTICAL IMPLICATIONS

Sára Kišková, Veronika Vojtkovská*

Ústav ochrany a welfare zvierat a verejného veterinárneho lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

This study aimed to analyse perceptual differences in assessing feline body condition using 5- and 9-point BCS scales between owners and experts (a veterinarian and a student in the field of animal protection and welfare) and to identify factors influencing assessment accuracy. A total of 85 cats and their owners were included in the study. Three evaluators independently evaluated each cat. The highest level of agreement in body condition assessment was observed between the student and the veterinarian (Cohen's kappa of 0.93). In contrast, inexperienced owners showed significantly lower accuracy and a tendency to overestimate the body condition of cats (overestimation was recorded in more than 70% of cats). The owner's gender and age did not have a statistically significant impact on assessment accuracy ($p > 0.05$). However, women and older owners—especially those aged 60–75 years—tended to agree more closely with the veterinarian compared to men and younger owners. The 5-point scale produced a higher level of consistency among assessors when evaluating misperceptions, making it more suitable for routine practice. In contrast, when using the 9-point scale, higher agreement among breeders and veterinarian was recorded according to Cohen's weighted kappa coefficient, indicating its value primarily for professional use by trained evaluators. These results emphasize the importance of educating cat owners about nutrition and body condition assessment.

Key words: perception of BCS, cat owners, veterinarian, BCS assessment

Súhrn

Cieľom tejto štúdie bolo analyzovať percepčné rozdiely v hodnotení telesnej kondície mačiek pomocou 5 a 9 bodovej stupnice BCS systému medzi majiteľmi a odborníkmi (veterinárnym lekárom a študentom v oblasti ochrany zvierat a welfare) a identifikovať faktory ovplyvňujúce presnosť hodnotenia. Do štúdie bolo zapojených 85 mačiek a ich chovateľov. Každá mačka bola nezávisle ohodnotená tromi hodnotiteľmi. Najvyššiu mieru zhody v hodnotení telesnej kondície mačiek vykázala dvojica študent – veterinárny lekár (Cohenova kappa na úrovni 0,93), zatiaľ čo neskúsení chovatelia mali výrazne nižšiu presnosť a tendenciu k nadhodnocovaniu. Neskúsení chovatelia nadhodnocovali telesnú kondíciu mačiek vo viac ako 70 % prípadov. Pohlavie a vek chovateľa nemali štatisticky významný vplyv na presnosť hodnotenia ($p > 0,05$), avšak ženy a starší chovatelia (najmä vo veku 60–75 rokov) vykazovali vyššiu zhodu s veterinárnym lekárom než muži a mladšie vekové skupiny chovateľov. Päťbodová stupnica viedla k vyššej miere zhody medzi hodnotiteľmi pri analýze mispercepcie, čo z nej robí vhodnejší nástroj pre bežnú prax. Oproti tomu deväťbodová stupnica vykazovala vyššiu zhodu podľa Cohenovho váženého kappa koeficientu, a je tak prínosná najmä pri odbornom použití školenými hodnotiteľmi. Tieto závery podčiarkujú dôležitosť edukácie chovateľov v oblasti výživy a hodnotenia telesnej kondície mačiek.

Kľúčové slová: percepcia telesnej kondície, chovatelia mačiek, veterinárny lekár, hodnotenie BCS

* vojtkovskav@vfu.cz

Úvod

Telesná kondícia je kľúčovým ukazovateľom zdravotného stavu a celkového welfare mačiek. Správna hmotnosť má zásadný vplyv na kvalitu života jedincov, pretože ovplyvňuje nielen fyzické zdravie, ale aj psychickú pohodu. Mačky v optimálnom výživovom stave majú lepšiu schopnosť vykonávať prirodzené správanie, reagovať na podnety a prispôbiť sa podmienkam prostredia (Crowe et al., 2022; Chung et al., 2024).

V posledných desaťročiach došlo k výraznej zmene životného štýlu domácich mačiek, najmä v dôsledku čoraz častejšieho výlučne tzv. indoorového typu chovu. Tento spôsob chovu prináša mačkám určité výhody, napríklad dlhšiu priemernú dĺžku života, nižšie riziko úrazov, infekčných ochorení alebo predácie (Crowe et al., 2022; Chung et al., 2024), na druhej strane sa však môže spájať s negatívnymi dopadmi na kvalitu života, ak prirodzené potreby mačiek nie sú naplnené. Obmedzený pohyb a nedostatok podnetov môžu viesť k zvýšenému stresu, nade a ďalším behaviorálnym problémom. Znížená pohybová aktivita je navyše spojená s vyšším rizikom obezity, ktorá má vážne dôsledky na zdravie mačiek (Chung et al., 2024; Montya et al., 2025).

Udržiavanie vhodnej kondície si vyžaduje poskytovanie vyváženej stravy, podporu fyzickej aktivity a obohatenie prostredia. Vyvážená strava by mala zodpovedať veku, zdravotnému stavu a energetickým potrebám zvierat. Fyzická aktivita je dôležitá pre udržanie optimálnej hmotnosti; podnety ako hračky, škrabadlá alebo šplhací zariadenia umožňujú mačkám vykonávať prirodzené správanie, ako je hra a lov (Chung et al., 2024; Montya et al., 2025). Veterinárna starostlivosť je zásadná pre prevenciu problémov spojených s telesnou hmotnosťou. Pravidelné kontroly telesnej hmotnosti a edukácia majiteľov sú kľúčové pre včasné odhalenie problémov a zavedenie vhodných opatrení (Montya et al., 2025).

Podobne ako v predchádzajúcej štúdii, bolo i v tejto cieľom analyzovať percepčné rozdiely v hodnotení telesnej kondície mačiek pomocou 5 a 9 bodovej stupnice Body Condition Score (BCS) systému medzi majiteľmi a odborníkmi (veterinárnym lekárom a študentom v oblasti ochrany zvierat a welfare) a poukázať na prípadné rozdiely v hodnotení a identifikovať ovplyvňujúce faktory.

Materiál a metodika

Dáta boli za účelom analýzy získavané vo veterinárnej ambulancii v Prostějove, ktorá sa zameriava na preventívnu, diagnostickú a terapeutickú starostlivosť o malé zvieratá. Pracovisko je vybavené modernými prístrojmi na zobrazovaciu (ultrasonografia, RTG) aj laboratórnu diagnostiku (hematologické a biochemické analyzátory), vrátane vlastného laboratórneho zázemia umožňujúceho rýchle vyhodnotenie vzoriek. Ordinácia disponuje vybavením pre základné chirurgické, stomatologické a oftalmologické zákroky.

Hodnotenie telesnej kondície bolo realizované tromi rôznymi hodnotiteľmi – veterinárnym lekárom, vyškolenou študentkou a chovateľom mačky. Tieto hodnotiace subjekty boli zámerne zvolené s cieľom porovnať hodnotenie telesnej kondície medzi odborníkom, študentom s určitou úrovňou znalostí a laikom. Hodnotenie veterinárneho lekára (veterinárna lekárka so špecializáciou na medicínu malých zvierat, šesťročná klinická prax, veková kategória do 35 rokov) bolo považované za zlatý štandard (analýzy odchýlok v hodnotení majiteľov a študenta sa odvíjali od tohto hodnotenia). Hodnotiacou študentkou bola prvá autorka tohto príspevku, Bc. Sára Kišková. V čase zberu dát bola študentkou 2. ročníka nadväzujúceho magisterského štúdia v programe Ochrana zvierat a welfare na Veterinárnej univerzite Brno. Študentka mala v čase zberu dát niekoľkoročné skúsenosti s chovom mačiek a dlhodobo sa zaujíma o ich výživu a welfare. V rámci prípravy na zber dát sa študentka samostatne vzdelávala v oblasti hodnotenia telesnej kondície pomocou dvoch bežne používaných BCS stupníc (1–5 a 1–9). Na hodnotenie boli použité dve štandardné stupnice telesnej kondície mačiek, päťbodová a deväťbodová vizuálna škála, ktoré umožňujú posúdenie telesnej kondície na základe vizuálnych parametrov.

Každý chovateľ bol pri príchode do ordinácie oboznámený s oboma stupnicami. Najprv mu bol stručne vysvetlený ich princíp a tiež význam jednotlivých stupňov. Následne chovatelia nezávisle ohodnotili telesnú kondíciu svojej mačky. Následne mačku samostatne ohodnotila študentka a veterinárny lekár (obe osoby hodnotili psa nezávisle na sebe, bez vzájomnej konzultácie, aby sa predišlo ovplyvneniu výsledkov).

Okrem hodnotenia telesnej kondície boli zhromažďované doplňujúce informácie o chovateľovi mačky. Informácie o chovateľoch zahŕňali uvedenie pohlavia (žena/muž) a vekovej kategórie (18–30 rokov, 30–45 rokov, 45–60 rokov, 60–75 rokov a nad 75 rokov). U chovateľov boli zisťované aj informácie o skúsenostiach s chovom mačiek, teda či už v minulosti vlastnili mačku alebo ide o ich prvú skúsenosť s chovom.

Štatistická analýza dát bola vykonaná s použitím tabuľkového programu Microsoft Excel, verzia 16.94 (2025), a štatistického softvéru RStudio: Integrated Development Environment for R (Posit Team, 2022). Proces spracovania dát zahŕňal výpočet miery zhody medzi hodnotiteľmi pomocou Cohenovho váženého koeficientu kappa a analýzu pomocou kontingenčných tabuliek na posúdenie vzťahov medzi kategoriálnymi premennými. Mann-Whitney U test bol použitý pre porovnanie rozdielov v známkach medzi hodnotiteľmi. Výsledky štatistickej analýzy boli interpretované na hladine významnosti $p < 0,05$, pričom hodnoty nižšie resp. rovné ako 0,05 boli považované za štatisticky významné a hodnoty vyššie ako 0,05 za štatisticky nevýznamné.

Výsledky a diskusia

Do hodnotenia bolo zaradených 85 mačiek, ktoré navštívili vybranú veterinárnu ambulanciu za účelom bežných vyšetrení a kontrol. Sledovanú populáciu tvorilo 52 % samic a 48 % samcov, pričom drvivá väčšina jedincov (94 %) bola kastovaná. Z hľadiska vekového zloženia bolo 61 % mačiek dospelých (vo veku 1–8 rokov), 39 % mačiek patrilo do kategórie seniorov. Z pohľadu zdravotného stavu bolo 72 % mačiek zdravých a 28 % trpelo zdravotnými problémami. V populácii prevládali krátkosrsté mačky (75 %), nasledované mačkami s polodlhou srstou (16 %) a dlhosrstými mačkami (9 %). Z pohľadu plemenného zloženia dominovali domáce mačky (56 %), zatiaľ čo 44 % jedincov patrilo k uznaným plemenám (napr. britská krátkosrstá, mainská mývalia a ďalšie).

Medzi majiteľmi bolo 86 % žien a 14 % mužov. Vekové kategórie chovateľov boli rozdelené nasledovne: 18–30 rokov (2 %), 30–45 rokov (26 %), 45–60 rokov (48 %), 60–75 rokov (16 %) a nad 75 rokov (7 %). Celkovo 84 % chovateľov uviedlo, že už v minulosti vlastnili mačku, zatiaľ čo pre 16 % to bola ich prvá skúsenosť s chovom mačky. V dotazníku týkajúcom sa spôsobu kŕmenia uviedlo 9 % respondentov, že mačku kŕmia granulami na prídel, 24 % poskytovalo granule voľne k dispozícii a zvyšných 67 % kombinovalo granule s mokrou stravou (kapsičky, konzervy a pod.).

Výsledky posúdenia BCS v závislosti od hodnotiteľa

Pri porovnaní hodnotenia telesnej kondície mačiek medzi chovateľom a veterinárnym lekárom bolo pri použití päťbodovej stupnice zaznamenané zhodné hodnotenie v 44 % prípadov, čo naznačuje, že laické vnímanie môže v takmer polovici prípadov zodpovedať odbornému záveru. U 38 % mačiek však chovatelia telesnú kondíciu nadhodnotili, zatiaľ čo v 18 % ju podhodnotili. Tieto zistenia ukazujú, že chovatelia majú výraznejší sklon k nadhodnocovaniu, hoci v mnohých prípadoch dokážu stav mačky posúdiť rovnako správne ako MVDr.

Pri hodnotení deväťbodovou stupnicou bola miera zhody medzi chovateľom a veterinárnym lekárom 28 %. V tomto prípade chovatelia u 41 % mačiek priradili vyššiu hodnotu BCS ako MVDr., zatiaľ čo v 31 % prípadov telesnú kondíciu podhodnotili. Obe stupnice teda poukazujú na častejšie nadhodnocovanie telesnej kondície zo strany chovateľov, hoci nemožno prehliadnuť ani výskyt podhodnocovania. Tento výsledok je v rozpore s prácami, ktoré identifikovali vyšší sklon chovateľov podhodnocovať telesnú kondíciu svojich mačiek. Napríklad v práci od Teixeira et al.

(2020) bolo zistené, že až 50 % chovateľov podhodnotilo telesnú kondíciu svojich mačiek. Tento rozdiel môže naznačovať, že chovatelia mali iné referenčné vnímanie optimálnej hmotnosti mačiek než účastníci štúdie Teixeira et al. (2020). Výsledky naznačujú, že rozdiely v hodnotení môžu byť spôsobené faktormi ako rozdielny výber chovateľov, geografická lokalita alebo úroveň informovanosti o telesnej kondícii mačiek. Jedným z možných vysvetlení prevahy nadhodnocovania nad podhodnocovaním môže byť aj psychologický aspekt hodnotenia, keď chovatelia mohli vnímať vyššie skóre telesnej kondície ako „bezpečnejšiu voľbu“, ktorá minimalizuje riziko chybného odhadu smerom k podváhe. V takom prípade sa mohli radšej prikloniť k vyššej hodnote známky, než aby riskovali podhodnotenie, ktoré by mohlo byť vnímané ako menej žiaduce. Hoci tento faktor nebol v rámci analýzy priamo sledovaný, jeho vplyv nemožno úplne vylúčiť a môže do istej miery prispievať k rozdielom medzi hodnotením odborníkov a chovateľov.

Z posúdenia zhody medzi jednotlivými hodnotiteľmi pomocou Cohenovho váženého koeficientu κ možno pri použití 9-bodovej stupnice vyčítať najvyššiu mieru zhody zaznamenanú medzi dvojicou študent – veterinárny lekár ($\kappa = 0,93$), nasledovala dvojica študent – chovateľ ($\kappa = 0,80$) a najnižšia, ale stále silná zhoda bola medzi chovateľom a MVDr. ($\kappa = 0,77$). Pri päťbodovej stupnici boli tieto hodnoty nasledovné: študent – veterinárny lekár ($\kappa = 0,92$), študent – chovateľ ($\kappa = 0,72$), chovateľ – MVDr. ($\kappa = 0,64$). Tieto výsledky potvrdzujú, že študent hodnotil telesnú kondíciu najbližšie odbornému posúdeniu, zatiaľ čo chovatelia vykazovali širšie rozpätie v hodnotení, napriek tomu, že časť z ich posúdení bola v súlade s veterinárnym hodnotením.

Analýza známok hodnotenia pomocou Mann-Whitney testu nezistila štatisticky významné rozdiely medzi hodnotiteľmi. Vo všetkých porovnávaných dvojiciach hodnotiteľov (chovateľ – študent, študent – MVDr., chovateľ – MVDr.) bola p-hodnota na úrovni významnosti $p < 0,05$, a to ako pri použití päťbodovej tak aj pri deväťbodovej stupnici.

Pri porovnaní stupníc BCS 1–9 a BCS 1–5 sa ukázalo, že stupnica s väčším rozsahom viedla k vyššej variabilite hodnotenia medzi hodnotiteľmi pri analýze mispercepce, teda prípadov podhodnotenia, zhody a nadhodnotenia vo vzťahu k referenčnému hodnoteniu veterinárneho lekára, zatiaľ čo pri použití Cohenovho váženého kappa koeficientu vykazovala vyššiu mieru zhody. Tento rozdiel môže byť spôsobený tým, že BCS 1–9 umožňuje detailnejšie rozlíšenie telesnej kondície, čo môže viesť k nesprávnej klasifikácii najmä u menej skúsených hodnotiteľov. Hoci analýza mispercepce (podhodnotenie, hodnotenie zhodne, nadhodnotenie) preukázala vyšší počet zhodných hodnotení pri päťbodovej škále, Cohenov vážený kappa koeficient dosahoval vo všetkých prípadoch vyššie hodnoty pri deväťbodovej škále. Tento zdanlivý rozpor možno vysvetliť metodologickými rozdielmi medzi oboma prístupmi. Zatiaľ čo analýza mispercepce pracuje s absolútnymi rozdielmi medzi hodnoteniami (a zhodu započítava len v prípade úplnej zhody), kappa koeficient zohľadňuje aj očakávanú náhodnú zhodu a rozlišuje závažnosť nezhôd podľa ich veľkosti. Jemnejšia deväťbodová škála umožňuje presnejšie odstupňovanie miernych nezhôd, ktoré sú pri kvadratickom vážení penalizované menej výrazne než pri päťbodovej škále, kde má každá odchýlka relatívne väčšiu váhu. Z tohto dôvodu môže byť počet presných zhôd pri päťbodovej škále vyšší, no miera zhody podľa kappa koeficientu napriek tomu nižšia.

Nezhoda medzi výsledkami tejto analýzy a niektorými inými publikovanými prácami môže byť spôsobená rozdielnou kategorizáciou podváhy, optimálnej telesnej hmotnosti a nadváhy v jednotlivých analýzach. Niektoré práce považujú BCS 6 za optimálny stav, iné ho už zaraďujú do nadváhy. Tento rozdiel v metodike môže viesť k odlišným záverom aj pri porovnaní prác, ktoré využívajú rovnaký typ BCS škály.

Faktory ovplyvňujúce percepciu hodnotenia BCS u mačiek

V rámci analýzy faktorov potenciálne ovplyvňujúcich percepciu BCS mačiek bolo vyhodnocované pohlavie, vek chovateľa a jeho skúsenosti s chovom mačiek (chovateľ vlastníci svoju prvú mačku resp. chovateľ so skúsenosťami).

Pri hodnotení telesnej kondície mačiek pomocou päťbodovej stupnice medzi chovateľkami (ženami) a veterinárnym lekárom (MVDr.) bola zistená vážená hodnota Cohenovho koeficientu kappa 0,65. Podľa interpretačnej stupnice pre kappa možno tento výsledok považovať za pomerne silnú mieru vzájomnej zhody, aj keď určitá odchýlka vo vnímaní stále pretrváva. Mann-Whitney U test nepreukázal štatisticky významné rozdiely medzi hodnoteniami žien a hodnotením veterinárneho lekára ($p > 0,05$), čo podporuje zistenie, že ich odhady telesnej kondície mačiek sa v praxi často prekrývajú. Podrobnejšia analýza ukázala, že 40 % hodnotení presne zodpovedalo veterinárnemu posúdeniu, zatiaľ čo 42 % chovateľiek malo tendenciu BCS nadhodnocovať a v 18 % prípadov bolo zaznamenané podhodnotenie.

U mužov bola vážená hodnota Cohenovho koeficientu kappa pri päťbodovej stupnici 0,46, čo podľa danej stupnice zodpovedá strednej zhode. Ani tu Mann-Whitney U test nepreukázal štatisticky významné rozdiely ($p > 0,05$), takže ani v tejto skupine chovateľov nemožno hovoriť o preukázateľne odlišných výsledkoch oproti hodnoteniu veterinárneho lekára. U mužov dosiahol podiel zhody 25 %, pričom nadhodnotenie (50 %) sa v tejto skupine vyskytovalo najčastejšie a v 25 % prípadov došlo k podhodnoteniu.

Pri hodnotení pomocou deväťbodovej stupnice dosiahla vážená hodnota Cohenovho koeficientu kappa u žien 0,77, čo zodpovedá silnej až veľmi silnej zhode medzi ich hodnotením telesnej kondície mačiek a posúdením veterinárneho lekára. Mann-Whitney U test ($p > 0,05$) naznačuje, že tieto rozdiely nemožno považovať za štatisticky významné. Podrobná analýza ukázala, že v 47 % prípadov došlo k zhode s odborným hodnotením, zatiaľ čo v 27 % prípadov ženy BCS nadhodnocovali (t. j. považovali mačku za obéznejšiu) a v 26 % prípadov ho podhodnocovali. Hoci nadhodnotenie je mierne najčastejšou tendenciou, nemožno prehliadnuť ani relatívne vysoký podiel prípadov, keď je mačka vnímaná ako štíhlejšia.

U mužov bolo zistené, že vážená hodnota Cohenovho koeficientu kappa pri deväťbodovej stupnici činí 0,70, čo spadá do pásma dobrej zhody oproti hodnoteniu MVDr. Táto hodnota je vyššia ako 0,46 nameraných pri päťbodovej stupnici, avšak stále nižšia ako 0,77 zaznamenaných u žien. Mann-Whitney U test opäť nepreukázal štatisticky významný rozdiel ($p > 0,05$). Napriek tomu miera zhody dosiahla iba 17 %, zatiaľ čo v 41 % prípadov došlo k nadhodnoteniu a v 42 % k podhodnoteniu, čo naznačuje výraznú variabilitu v hodnotení tejto skupiny chovateľov v porovnaní s odborným pohľadom.

V práci od Blanchard et al. (2023) sa autori zamerali na rozdiely v hodnotení telesnej kondície mačiek medzi mužmi a ženami. Bolo zistené, že muži majú tendenciu častejšie podhodnocovať obezitu mačiek. Tento záver je v rozpore s výsledkami tejto práce. Pri použití päťbodovej stupnice síce bolo u mužov zaznamenané pomerne vysoké percento podhodnotenia, zároveň sa však vyskytovalo aj veľmi výrazné nadhodnotenie. Pri hodnotení pomocou deväťbodovej stupnice sa u mužov prejavil porovnateľný podiel nadhodnotenia aj zhody s hodnotením veterinárneho lekára.

V rámci analýzy vplyvu veku chovateľa na percepciu telesnej kondície mačiek boli hodnotené 4 kategórie chovateľov. Vo vekovej kategórii 1 (18–30 rokov) pri hodnotení päťbodovou stupnicou došlo k stopercentnej zhode medzi hodnotením chovateľov a veterinárneho lekára (MVDr.). Výsledkom je absolútna zhoda bez akýchkoľvek odchýlok, a preto nebolo možné vypočítať Cohenov koeficient kappa, keďže nedošlo k žiadnej variabilite v hodnotení. Rovnaký výsledok bol dosiahnutý aj pri použití deväťbodovej stupnice. Je tiež potrebné zmieniť, že nízka variabilita hodnotenia bola spôsobená malým počtom chovateľov (2 %) zaradených do tejto vekovej kategórie. Vo vekovej kategórii 2 (30–45 rokov) bola pri hodnotení päťbodovou stupnicou vážená hodnota Cohenovho koeficientu kappa 0,41, čo podľa používaného stupňa predstavuje strednú zhodu medzi posúdením chovateľov a MVDr. Mann-Whitney U test ukázal, že rozdiel v hodnotení telesnej kondície nie je štatisticky významný ($p > 0,05$). V tejto kategórii sa 36 % hodnotení zhodovalo s odborným záverom, 41 % predstavovalo nadhodnotenie a 23 % podhodnotenie. Pri použití deväťbodovej stupnice dosiahla vážená hodnota Cohenovho koeficientu kappa 0,56, Mann-Whitney

U test poukazuje na štatisticky nevýznamný rozdiel ($p > 0,05$). 36 % posúdení sa zhodovalo s MVDr., zatiaľ čo v 27 % prípadov došlo k podhodnoteniu a v 36 % k nadhodnoteniu.

Vo vekovej kategórii 3 (45–60 rokov) dosiahla pri použití päťbodovej stupnice vážená hodnota Cohenovho koeficientu kappa 0,67, čo možno interpretovať ako silnú zhodu. Mann-Whitney U test ($p > 0,05$) nepotvrdil štatisticky významné rozdiely, čo naznačuje, že chovatelia v tejto vekovej skupine sa blížia odbornému pohľadu. Zhoda činila 46 %, pričom v 34 % prípadov došlo k nadhodnoteniu a v 20 % k podhodnoteniu. Podobne pri deväťbodovej stupnici dosahuje vážený Cohenov koeficient kappa hodnoty 0,80, čo znamená veľmi dobrú zhodu. Mann-Whitney U test ($p > 0,05$) opäť nepreukázal štatisticky významné rozdiely. Zhoda bola v tejto skupine iba 27 %, ďalších 27 % tvorilo podhodnotenie a 46 % chovateľov kondíciu mačiek nadhodnotilo.

Vo vekovej kategórii 4 (60–75 rokov) pri hodnotení päťbodovou stupnicou dosiahol vážený Cohenov koeficient kappa hodnotu 0,75, čo poukazuje na silnú až veľmi silnú zhodu. Mann-Whitney U test ($p > 0,05$) potvrdil, že rozdiely medzi hodnoteniami nie sú štatisticky významné. Zhoda s MVDr. bola v 36 % prípadov, v 29 % chovatelia hodnotili mačku ako štíhlejšiu a v 36 % ako obéznejšiu. Pri deväťbodovej stupnici činil vážený Cohenov koeficient kappa 0,76, čo rovnako zodpovedá silnej až veľmi silnej zhode. Mann-Whitney U test ($p > 0,05$) nepotvrdil štatistickú významnosť rozdielov. Zhoda však bola nájdená iba 14 % prípadov, zatiaľ čo nadhodnotenie (50 %) prevládalo nad podhodnotením (36 %), čo naznačuje výraznú variabilitu v hodnotení.

Vo vekovej kategórii 5 (nad 75 rokov) pri päťbodovej stupnici Mann-Whitney U test ($p > 0,05$) nepreukázal štatisticky významné rozdiely medzi chovateľmi a MVDr. Zhoda činila 50 %, druhú polovicu tvorilo nadhodnotenie, podhodnotenie nebolo zaznamenané vôbec. Kvôli nízkemu počtu prípadov nebolo možné vypočítať Cohenov koeficient kappa. Pri použití deväťbodovej stupnice dosahoval vážený Cohenov koeficient kappa hodnoty 0,50 (stredná zhoda). Mann-Whitney U test ($p > 0,05$) opäť nepreukázal štatisticky významný rozdiel. Podrobnejšia analýza však ukázala, že sa chovatelia s MVDr. nezhodli ani v jednom prípade; väčšinu prípadov tvorilo nadhodnotenie (67 %) oproti podhodnoteniu (33 %), pričom rozdiel bol často minimálny (o jeden stupeň).

V kategórii chovateľov so skúsenosťami s chovom bola pri hodnotení pomocou päťbodovej stupnice vážená hodnota Cohenovho koeficientu kappa 0,70, čo na danej stupnici predstavuje silnú mieru zhody medzi ich hodnotením telesnej kondície mačiek a posúdením veterinárneho lekára. Hodnotenia sú teda vo viacerých prípadoch konzistentné, čo potvrdzuje aj výsledok Mann-Whitney U testu, ktorý neodhalil štatisticky významný rozdiel ($p > 0,05$). Takmer polovica chovateľov (49 %) hodnotila mačky zhodne ako MVDr., zatiaľ čo približne 34 % mačky nadhodnotilo a 17 % ich podhodnotilo. Napriek tomu, že nadhodnotenie bolo o niečo častejšie, podhodnotenie zostalo relatívne zriedkavé, čo opäť naznačuje, že väčšina rozdielov smeruje skôr k vyššiemu hodnoteniu telesnej kondície.

V rovnakej skupine skúsených chovateľov bolo pri použití deväťbodovej stupnice dosiahnuté vážené Cohenovo kappa vo výške 0,79, čo značí dobrú až veľmi dobrú zhodu medzi hodnotením telesnej kondície chovateľov a veterinárneho lekára. Mann-Whitney U test rovnako potvrdil, že rozdiely v rozložení hodnotení nie sú štatisticky významné ($p > 0,05$). Zhodných s odborným záverom bolo 30 % hodnotení, zatiaľ čo 42 % prípadov bolo nadhodnotených (chovatelia videli mačku ako obéznejšiu) a 28 % podhodnotených (mačka bola posúdená ako štíhlejšia). Tieto výsledky naznačujú, že u skúsených chovateľov prevažuje tendencia k nadhodnoteniu.

Naopak skupina chovateľov bez akýchkoľvek skúseností s chovom vykazuje pri použití päťbodovej stupnice nulovú zhodu podľa váženého Cohenovho kappa, napriek tomuto výsledku Mann-Whitney U test nepotvrdil štatisticky významné rozdiely ($p > 0,05$). Žiadny chovateľ z tejto skupiny sa presne nezhodol s MVDr., pričom v 71 % prípadov došlo k nadhodnoteniu a v 29 % k podhodnoteniu BCS. Táto skupina chovateľov teda vykazuje prevažujúcu tendenciu hodnotiť mačky ako obéznejšie oproti odbornému posudku. Navyše pri porovnaní rozloženia hodnotení telesnej kondície medzi skupinou neskúsených chovateľov a veterinárnym lekárom pomocou chí-kvadrát testu bol zistený štatisticky významný rozdiel ($p < 0,05$).

Podobne pri použití deväťbodovej stupnice je vážený Cohenov koeficient kappa u neskúsených chovateľov na úrovni 0,38, čo spadá do rozmedzia slabej až strednej zhody. Mann-Whitney U test neodhalil štatisticky významný rozdiel ($p > 0,05$). Približne 14 % hodnotení sa zhodovalo s MVDr., zatiaľ čo 57 % prípadov vykazovalo nadhodnotenie a 29 % prípadov podhodnotenie. Toto nízke percento presných zhôd svedčí o pomerne častých odchýlkach od odborného posúdenia, pričom nadhodnotenie jednoznačne prevážuje.

V súčasne dostupnej literatúre chýbajú špecifické analýzy, ktoré by detailne riešili vplyv skúseností chovateľa na schopnosť správne posúdiť telesnú kondíciu mačiek. Výsledky tejto práce však naznačujú, že skúsenejší chovatelia hodnotili telesnú kondíciu presnejšie než chovatelia bez skúseností, čo môže súvisieť s ich lepšou orientáciou v kritériách hodnotenia telesnej kondície a častejšou interakciou s veterinárnym lekárom, od ktorého získavajú spätnú väzbu. Naopak, neskúsení chovatelia môžu viac podliehať subjektívnemu vnímaniu alebo nesprávne interpretovať optimálnu kondíciu, čo vedie k vyššej variabilite a tendencii nadhodnocovať telesnú kondíciu mačiek.

Záver

Miera zhody medzi hodnotiteľmi ukázala, že školené osoby (študent, veterinár) hodnotili veľmi konzistentne, zatiaľ čo chovatelia – najmä bez predchádzajúcej skúsenosti – mali tendenciu k nadhodnocovaniu telesnej kondície. Pri porovnaní oboch stupníc sa ukázalo, že päťbodová viedla k vyššej miere zhody medzi hodnotiteľmi pri analýze mispercepce, teda rozdielov medzi hodnotením chovateľov a referenčným hodnotením veterinárneho lekára vo forme podhodnotenia, zhody a nadhodnotenia, a ako jediná preukázala štatisticky významné rozdiely medzi skupinami.

Napriek tomu, že deväťbodová stupnica viedla k vyššej miere zhody podľa Cohenovho koeficientu kappa, umožnila súčasne väčšiu variabilitu v hodnoteniach, najmä u neskúsených hodnotiteľov, vďaka svojej jemnejšej škále. Pre bežné praktické využitie a hodnotenie chovateľmi sa tak javí ako vhodnejšia päťbodová škála, zatiaľ čo deväťbodová je prínosnejšia pre odborné hodnotenia vykonávané školenými hodnotiteľmi.

Neskúsení chovatelia nadhodnocovali telesnú kondíciu vo viac ako 70 % prípadov, zatiaľ čo u skúsených prevážovala zhoda s odborným posudkom (49 %). Pohlavie a vek chovateľa nemali štatisticky významný vplyv na presnosť hodnotenia ($p > 0,05$), avšak ženy a starší chovatelia (najmä vo veku 60–75 rokov) vykazovali vyššiu zhodu s veterinárnym lekárom než muži a mladšie vekové skupiny. Chí-kvadrát test potvrdil štatisticky významný rozdiel medzi hodnotením veterinárneho lekára a neskúsenými chovateľmi ($p < 0,05$), čo potvrdzuje, že skúsenosť s chovom ovplyvňuje presnosť hodnotenia.

Záver analyzovaných zdôrazňuje dôležitosť edukácie chovateľov v oblasti výživy a hodnotenia telesnej kondície u svojich zvierat, čo by mohlo prispieť k zlepšeniu prevencie podvýživy a obezity u mačiek.

Literatúra

- Crowe, S., Degrange, L., Matheson, D., McDonald, R.A. 2022. Comparing conservation and animal welfare professionals' perspectives on domestic cat management. *Biological Conservation* 272: 109659.
- Chung, H.J., Aulakh, J., Link, J., Sih, A., Moody, C. 2024. Safe or sound? Factors influencing outdoor access, cat behavior, and hunting history with implications for conservation and welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 280: 106425.
- Montya, M., Péron, F., Hookey, T., Morrison, J., German, A.J., Gaillard, V., Flanagan, J. 2025. Overweight and obese body condition in ~4.9 million dogs and ~1.3 million cats seen at primary practices across the USA: Prevalences by life stage from early growth to senior. *Preventive Veterinary Medicine* 235: 106398.
- Teixeira, F.A., Queiroz, M.R., Oba, P.M., Olivindo, R.F.G., Ernandes, M.C., Duarte, C.N., Rentas, M.F., Brunetto, M.A. 2020. Brazilian owners perception of the body condition score of dogs and cats. *BMC Veterinary Research* 16: 463.

Blanchard, T., Hoummady, S., Banuls, D., Roche, M., Bynens, A., Meunier, M., Dos Santos, N., Tissaoui, E., Rouch-Buck, P., Fantinati, M., Priymenko, N. 2023. The perception of the body condition of 61 cats and dogs by French pet owners and the factors influencing underestimation. *Animals* 13: 3646.

MANAGEMENT TRAUMAT U GRAVIDNÍCH KOČEK A FEN: PŘÍSTUP ZALOŽENÝ NA ALGORITMU

TRAUMA MANAGEMENT IN PREGNANT CATS AND DOGS: AN ALGORITHM-BASED APPROACH

Güneş Erdoğan *

Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of Veterinary Medicine, Aydın Adnan Menderes University, Türkiye

Summary

Trauma during pregnancy in cats and dogs constitutes obstetric emergencies that threaten maternal and fetal health. Physiological changes during gestation complicate trauma management. The primary approach in these cases involves first ensuring maternal resuscitation, followed by obstetric assessment to determine uterine integrity and fetal viability. In unstable dams, perimortem cesarean may be indicated; in cases of fetal death, hysterectomy or abortion induction may be required depending on uterine damage; and when live fetuses are present, fetal stress monitoring and, if necessary, cesarean delivery are considered. In conclusion, post-trauma management in pregnant cats and dogs should follow standardized algorithms, and early intervention is essential to improve both maternal and neonatal prognosis.

Key words: obstetric emergencies, fetal stress, clinical management, cat, dog

Souhrn

Trauma během gravidity u koček a fen představuje porodnické urgentní stavy, které ohrožují zdraví matky i plodů. Fyziologické změny v průběhu březosti komplikují postup při zvládnání traumatu. Primárním přístupem v těchto případech je nejprve zajištění resuscitace matky, následované porodnickým vyšetřením k posouzení integrity dělohy a viability plodů. U nestabilních samic může být indikována perimortální císařská sekce; v případech intrauterinní smrti plodů může být podle rozsahu poškození dělohy nezbytná hysterektomie nebo indukce abortu; a pokud jsou přítomny živé plody, je namíste monitorování jejich stresu a v případě potřeby provedení císařského řezu. Závěrem lze shrnout, že management traumatu u gravidních koček a fen by měl vycházet ze standardizovaných algoritmů a včasná intervence je zásadní pro zlepšení prognózy jak matky, tak novorozenců.

Klíčová slova: porodnické urgentní stavy, fetální stres, klinický management, kočka, pes

Introduction

Trauma during pregnancy in cats and dogs represents a unique obstetric emergency due to significant anatomical and physiological alterations associated with gestation. Increased intra-abdominal pressure, cranial displacement of the diaphragm, mucosal edema, and relaxin-induced ligamentous laxity increase susceptibility to complications. Physiological changes such as dilutional anemia, elevated cardiac output, increased oxygen demand, immunosuppression, and altered coagulation further complicate clinical care. In such cases, both maternal and fetal survival depend on rapid, structured intervention. An algorithm-driven approach provides clinicians with a standardized pathway for decision-making, ensuring timely intervention in complex scenarios.

* gerdogan@adu.edu.tr

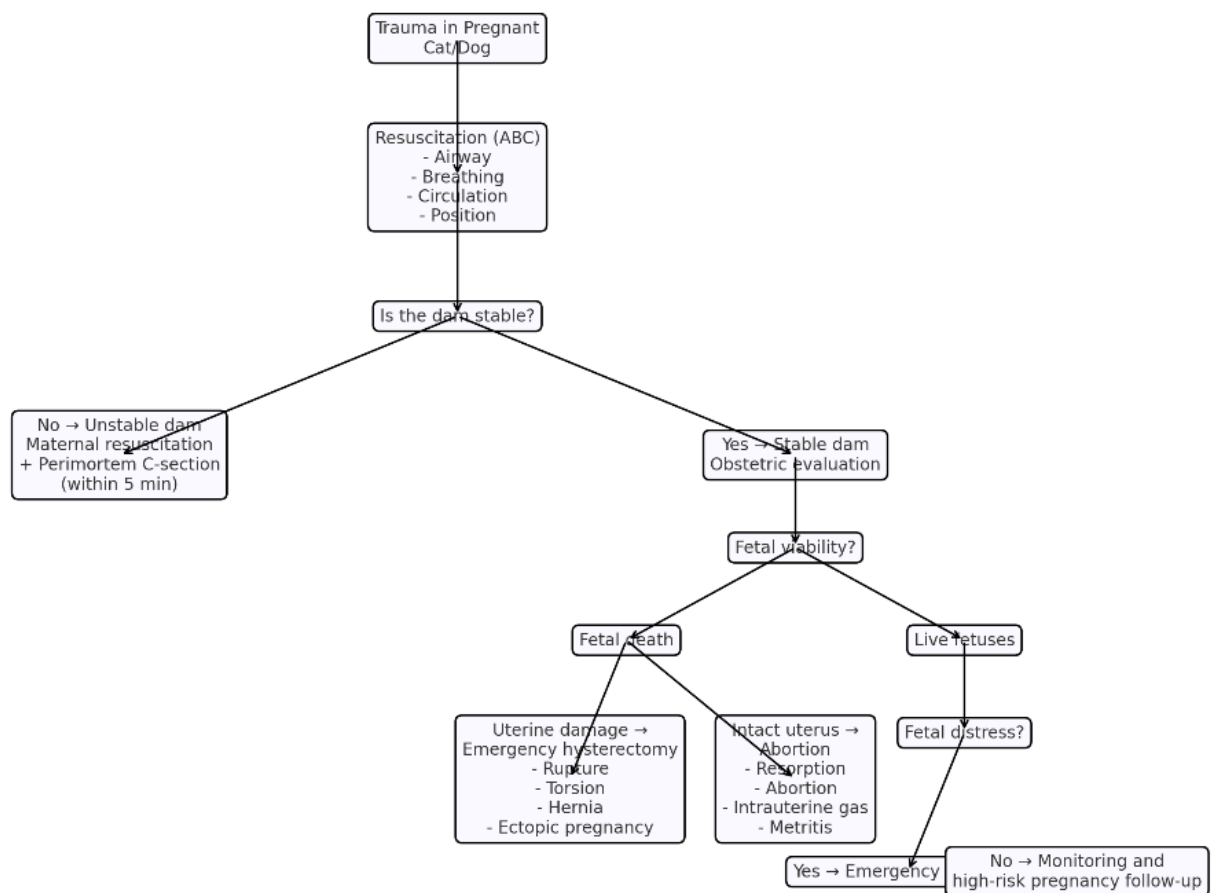
Materials and Methods

A clinical algorithm was established based on three main determinants:

1. Maternal stability (unstable vs. stable condition)
2. Fetal viability (live vs. dead fetuses)
3. Uterine integrity (damaged vs. intact uterus)

The algorithm integrates resuscitation protocols (airway, breathing, circulation, maternal positioning) with obstetric evaluation, using diagnostic tools such as radiography (diaphragmatic hernia, fetal ossification, pelvic fractures), ultrasonography with Doppler (fetal heart rate, uterine/umbilical blood flow), and laboratory analysis (hematology, biochemistry, blood gases). Clinical thresholds included fetal heart rate (180–240 bpm in dogs; 190–260 bpm in cats), Doppler resistance indices (uterine artery RI >0.6 in cats, umbilical artery RI >0.7 in cats), and clinical markers (progesterone <2 ng/ml, green vaginal discharge, decreased body temperature).

Clinical Algorithm: Trauma Management in Pregnant Cats and Dogs



Results

Application of the algorithm allowed stratification into distinct clinical scenarios:

Unstable dam: Maternal resuscitation is prioritized; if maternal death occurs, a perimortem cesarean section within five minutes is indicated.

Stable dam with fetal death: Damaged uterus → Emergency hysterectomy (uterine rupture, torsion, hernia, ectopic pregnancy). Intact uterus → Abortion or resorption, with potential complications such as intrauterine gas or metritis.

Stable dam with live fetuses: Fetal distress (bradycardia <150 bpm, abnormal Doppler indices, or clinical indicators) → Emergency cesarean section.

No fetal distress → Monitoring as a high-risk pregnancy with repeated imaging and laboratory evaluation.

Conclusions

The proposed algorithm ensures a systematic and evidence-based approach to trauma management in pregnant cats and dogs. By clearly outlining steps according to maternal stability, fetal viability, and uterine integrity, clinicians are guided toward rapid and appropriate intervention. This structure improves neonatal survival in perimortem situations, reduces maternal morbidity through timely hysterectomy, and ensures fetal well-being through targeted cesarean delivery when distress is detected. The integration of such an algorithm into clinical practice standardizes the decision-making process, reduces delays in intervention, and significantly contributes to favorable outcomes in veterinary obstetric emergencies.

References

- Barbosa, L.M., Gobello, C. 2013. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal arteries during normal feline gestation. *Animal Reproduction Science* 139: 121–126.
- Barella, J.A., Gobello, C. 2014. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal arteries during normal feline gestation. *Journal of Ultrasound* 17: 287–292.
- Batista, M.A., Gobello, C. 2013. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal arteries during normal feline gestation. *Animal Reproduction Science* 141: 172–176.
- Blanco, P.G., Rodríguez, R., Olguín, S., Rube, A., Tórtora, M., Gobello, C. 2014. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal arteries during normal feline gestation. *Animal Reproduction Science* 146: 63–69.
- Chong, A. 2017. A case of feline ectopic abdominal fetuses secondary to trauma. *Canadian Veterinary Journal* 58: 400–402.
- Davidson, A.P. 2015. Tocodynamometry detects preterm labor in the bitch before luteolysis. *Topics in Companion Animal Medicine* 30: 2–4.
- Di Salvo, A., Panzani, S. 2006. Doppler ultrasonographic evaluation of uterine blood flow during estrus in the bitch. *Research in Veterinary Science* 81: 382–384.
- Feliciano, M.A., Gobello, C. 2013. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal arteries during normal feline gestation. *Journal of Small Animal Practice* 54: 149–152.
- Froes, T.R. 2016. Doppler ultrasonographic assessment of uterine and umbilical arteries during normal feline gestation. *Theriogenology* 86: 1654–1661.
- Limmanont, C., Gobello, C. 2019. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal arteries during normal feline gestation. *Thai Journal of Veterinary Medicine* 49: 175–182.
- Miranda, M.A., Domingues, A. 2010. Prenatal diagnosis of canine and feline twins using ultrasonography. *Theriogenology* 74: 608–617.
- Pereira, R.M., Gobello, C. 2012. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal arteries during normal feline gestation. *Animal Reproduction Science* 130: 99–104.
- Scotti, E., Tontodonati, M. 2008. Doppler ultrasonographic assessment of uterine and umbilical arteries during normal feline gestation. *Theriogenology* 69: 1111–1119.
- Serin, I., Tarımcılar, T. 2011. Evaluation of changes in Doppler ultrasonography indices and levels of maternal serum angiogenic factors throughout pregnancy in ewes. *Macedonian Journal of Animal Science* 1: 239–244.
- Serin, I., Tarımcılar, T. 2012. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal arteries during normal feline gestation. *Macedonian Journal of Animal Science* 2: 219–221.
- Turna Yılmaz, Ö., Gündüz, M.C., Dal, G.E., Uçmak, M., Uçmak, Z.G. 2014. Doppler ultrasonographic assessment of maternal and fetal arteries during normal feline gestation. *Kafkas University Veterinary Faculty Journal* 20: 1654–1661.
- Zone, J.J., Wanke, R. 2001. Reproductive physiology of the bitch: A review. *Reproduction, Fertility and Development* 57: 215–219.

RARITNÍ PLEMENA KOČEK – LUXUS NEBO HAZARD SE ZDRAVÍM?

RARE BREEDS OF CATS - LUXURY OR HEALTH HAZARD?

Simona Kovaříková^{1*}, Ivana Váňová²

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Klinická laboratoř pro malá zvířata, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Small Animal Clinical Laboratory, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The population of cats and cat breeds is much more homogeneous than that of dogs. New breeds usually arise as a result of a mutation that leads to a change in appearance and is subsequently reinforced by breeders in subsequent generations. Unfortunately, some of these mutations are associated with health problems that can significantly affect the welfare of cats. This paper provides an overview of selected cat breeds with abnormal appearance and possible associated health problems.

Key words: Scottish Fold, Manx, Munchkin

Souhrn

Populace koček a kočičích plemen je ve srovnání se psy mnohem homogennější. Nová plemena vznikají obvykle v důsledku mutace, která vede k změně vzhledu a následně je chovatelem upevňována v dalších generacích. Některé z těchto mutací jsou ale bohužel spojeny se zdravotním problémem, který může významně ovlivňovat welfare koček. Tato práce přináší přehled vybraných plemen koček s abnormálním vzhledem a možnými přidruženými zdravotními problémy.

Klíčová slova: Skotská klapouchá, Manx, Munchkin

Úvod

Kočka domácí je domestikovanou formou jednoho nebo více poddruhů kočky divoké. K domestikaci došlo na různých místech světa – určitě na Blízkém východě a také v oblasti Číny. Různá místa domestikace a domestikované poddruhy vedly ke genetické variabilitě. Rozsáhlá genetická studie koček po celém světě odhalila přibližně 10 geneticky odlišných populací koček, které tvoří základ současných plemen.

Na rozdíl od psů se od sebe plemena koček ve svém vzhledu tolik neliší a tvoří homogennější skupinu s rozdíly zejména v charakteristice srsti. Rozdíl se dá poměrně jednoduše vysvětlit faktem, že člověk již dlouho šlechtí různá plemena psů pro různé a specifické účely (např. lov, ochrana, pasení apod.), kdežto u koček k takovému procesu nedocházelo a nedochází (Driscoll et al., 2009). Nová plemena koček se začala objevovat ve druhé polovině 19. století a zejména pak ve století dvacátém, kdy chovatelé cíleným křížením vybraných jedinců vyšlechtili řadu plemen, která se od sebe liší velikostí a formou těla, délkou, typem a barvou srsti, barvou očí, délkou ocasu, ale i tvarem uší nebo bezsrstostí (Vařejčko, 1984). Často byla na počátku plemene spontánní mutace spojená se změnou vzhledu, která byla následně udržována pečlivým chovatelským výběrem. Vzhledem k tomu, že se většinou uplatňovala určitá míra inbreedingu, snižovala se genetická variabilita a tím se zvyšovalo riziko vzniku zdravotních problémů. V některých případech je se zdravotním problémem spojena dokonce samotná mutace. Tato práce je zaměřena na nepříliš častá plemena

* kovarikovas@vfu.cz

koček, která mají výraznější odchylku ve vzhledu ve srovnání s kočkou domácí. Tato práce nebude pojednávat o brachycefalických plemenech, neboť jejich problematika již byla zpracována (Načeradská, 2017).

Skotská klapouchá kočka (Scottish fold)

Počátek plemene skotské klapouché kočky se datuje do roku 1961, kdy se na skotské farmě objevila kočka Susie s dopředu sklopenými ušními boltci. Susie měla jeden vrh koťat, ve kterém byla dvě klapouchá koťata. Jedním z koťat byla Snooks, která je považována za zakladatelku plemene a chovu, když byla nakryta kocourem kočky domácí a pak kocourem plemene britská krátkosrstá. V roce 1966 bylo plemeno zaregistrováno v krátkosrsté formě, později i ve formě dlouhosrsté. V současnosti se uznávají i přímouché kočky, plemeno se tedy nyní dělí na 4 formy (Leeson and Morrison, 2023; CFA, 2025).

Jak z názvu plemene vyplývá, charakteristickým znakem je klapouchost. Ušní boltce otočené směrem dopředu a dolů dávají zástupcům tohoto plemene „soví vzhled“, kde v obličeji dominují velké kulaté oči. Jedná se o středně velké přátelské kočky orientované na člověka. Vzhled ušních boltců je důsledkem genetické mutace, která neovlivňuje sluch. Pozice uší ale může komplikovat komunikaci s ostatními kočkami, kdy se položenými ušními boltci vyjadřuje nepřátelství (Leeson and Morrison, 2023; CFA, 2025).

U skotských klapouchých koček, jejich kříženců a příbuzných plemen (Foldex, Highland fold) se v důsledku genetické mutace objevuje osteochondrodysplazie (Scottish fold osteochondrodysplasia, SFOCD). Způsobuje progresivní ankylozující artropatii, při které se vytváří exostózy. Nejvíce postižené bývají ocas a distální části končetin (Langley-Hobbs, 2012; Malik et al., 1999, Takanosu et al., 2008, Chang et al., 2007). Onemocnění je způsobeno mutací TRPV4 genu (transient receptor potential cation channel, subfamily V, member 4), který je nezbytný pro normální diferenciaci a homeostázu chondrocytů, osteoblastů a osteoklastů (Takanosu and Hattori, 2020; Gandolfi et al., 2016; Rorden et al., 2021).

Mutace vede k tvorbě abnormální chrupavky a vyskytuje se pouze u skotských klapouchých koček a jejich příbuzných. Dědičnost je autozomální dominantní s nekompletní penetrancí (Takanosu et al. 2011; Gandolfi et al., 2016). Existují skotské kočky se vzpřímenými ušima a ty tuto mutaci nemají (Rorden et al., 2021). Klinicky je SFOCD poruchou vývoje chrupavky i kosti (Nakajo et al., 2020) a právě defektní zrání chrupavky je odpovědné za charakteristickou klapouchost tohoto plemene (Malik et al., 1999). Deformity se mohou objevit na karpu, tarsu, metakarpu, matatarsu, prstech a ocasní páteři (Velie et al., 2023; Nakajo et al., 2020). Dlouhé kosti a další části páteře obvykle nejsou postižené. Kolem kloubů zejména distálních částí pánevních končetin a ocasních obratlů se tvoří exostózy (proliferativní nová kost) (Langley-Hobbs, 2012). Heterozygoti i homozygoti jsou klapouší, nicméně postižení pohybového aparátu se liší. U heterozygotů je obvykle pozorováno mírnější postižení a pomalejší progres, mohou mít léze na distálních částech končetin. Homozygoti mohou mít léze i na dalších kostech a nepohyblivý ocas. Mezi klinické příznaky již u mladých skotských klapouchých koček patří kulhání na hrudní i pánevní končetiny, palmigrádní nebo plantigrádní postoj a neschopnost skákat. Distální části končetin bývají krátké a abnormálního tvaru. Může být palpovatelný otok. Těžce postižené kočky mohou mít zkrácený, zesílený a nepohyblivý ocas (Malik et al., 1999; Takanosu et al. 2008). Kvůli neschopnosti zaujmout polohu pro kálení se může objevovat dyschezie a obstipace. U jedné kočky byla popsána i dysurie (Turan and Bozkan, 2019). Diagnóza může být stanovena na základě zobrazovacích metod. Klinické příznaky se obvykle objevují ve věku od 5 měsíců do 6 let (Malik et al., 1999; Rorden et al., 2021; Velie et al., 2023; Nakajo et al., 2020). U homozygotů mohou být ankylotické změny patrné již v 7 týdnech věku (Rorden et al., 2021). Nebyla zjištěna pohlavní predispozice.

Jedinou prevencí je nechovat skotské klapouché a příbuzné kočky, v některých zemích a oblastech je toto plemeno již zakázané (Rakousko, Skotsko, australská Victoria, Flandry) (Rorden et al., 2021). Plemeno není uznané organizací FIFe. Minimem by mělo být křížení klapouchých koček

s jedinci se vzpřímenýma ušima, aby se zabránilo vzniku homozygotů (Takanosu et al., 2008). Do chovu by se také neměly používat kočky, u kterých se klinické příznaky osteochondrózy objeví do věku 30 měsíců (Velie et al., 2023).

Kromě osteochondrodysplazie se u skotských klapouchých koček ve větší míře vyskytuje i hypertrofická kardiomyopatie a polycystické onemocnění ledvin (Leeson and Morrison, 2023).

Manx

První zmínky o bezocasých kočkách na ostrově Man se objevují v 18. století, první zaznamenaný vzhled manské kočky žijící v Anglii (pocházející z ostrova Man) můžeme najít v knize o malíři J.M.W. Turnerovi z roku 1810, v 19. století se pak manská kočka stala populární. Kočky nejsou na ostrově Man původní, pravděpodobně se sem dostaly s Vikingy v 8. století a jednalo se zřejmě o kočku podobnou norské lesní kočce, která má pánevní končetiny delší než hrudní, podobně jako to má kočka plemene Manx. Obě plemena mají společné i další vlastnosti: dvojitou srst, zálibu ve vodě a tendenci příliš nevolalizovat (ManxCafé, 2025). Plemeno Manx je jedním z prvních registrovaných plemen, organizace FIFe toto plemeno uznala již v roce 1949 při svém vzniku (FIFe, 2012).

Bezocasost nebo zkrácení ocasu je u manských koček způsobena genetickou mutací. Vzhledem omezené populaci koček na izolovaném ostrově se mutace upevnila a rozšířila. Dědičnost této mutace je totiž autozomálně dominantní s vysokou penetrancí. Manx faktor je považován za semiletální, homozygotní jedinci většinou hynou již během embryonálního vývoje, přežívají pouze heterozygoti (Todd, 1963). U manských koček se může objevit celkem 5 různých délek ocasu a podle toho se klasifikují jako rumpy (zcela bez ocasních obratlů, na zádi může být malá prohlubeň), rumpy-riser (bez ocasních obratlů, ale s malým výstupkem křížové kosti), stumpy (krátký a silný ocas s několika obratly), longie (delší ocas, ale ještě ne plné délky) a tailed (úplná délka ocasu) (Howell and Siegel, 1963).

Mutace ale neovlivňuje pouze přítomnost nebo nepřítomnost ocasu, případně jeho délku. Má potenciál ovlivňovat i stavbu a funkci kaudální části těla. Manx faktor je tak definován jako sakrokaudální dysgeneze nebo sakrokaudální ageneze. U postižených koček se nezkracuje pouze páteř, ale i páteřní mícha. U manských koček dochází ke zkrácení axiálního skeletu a to je důsledkem snížení počtu obratlů a také jejich zmenšení. Krční a hrudní páteř obvykle nebývají postiženy (Howell and Siegel, 1966). Podle závažnosti postižení se tak mohou objevit i rozličné neurologické problémy, nevýraznější jsou u bezocasých jedinců. Může se objevit močová nebo fekální inkontinence, opakované infekce močového traktu, obstrukce, částečná paralýza pánevních končetin, abnormální chůze, nedostatečná citlivost v perineální oblasti, u některých koček se může rozvinout megakolon. Klinické příznaky jsou obvykle prvně rozpoznány v době, kdy kotě začíná chodit (James et al., 1969; Martin, 1971; Deforest and Basrur, 1979; Woodside et al., 1982). V urodynamické studii kotěte plemene Manx byla zjištěna areflexie detruzoru močového měchýře, dysfunkce proximální části uretry a absence adrenergních vláken (Woodside et al., 1982). Kromě toho byly popsány i malformace hrudních obratlů nebo duplikace kolonu, které by mohly také souviset s Manx faktorem (Havlicek et al., 2009; Kramer et al., 2007). V jedné linii manských koček byla u koťat popsána progresivně se zhoršující korneální dystrofie (Bistner et al., 1976). Terapie tohoto problému neexistuje, dostupná je pouze podpůrná terapie vzniklých komplikací.

Munchkin

Kočky plemene Munchkin jsou charakterizované krátkýma nohama. Vznik plemene se datuje do první poloviny 80. let 20. století, kdy se objevila kočka se zkrácenými končetinami, která je považovaná za zakladatelku plemene (Saben, 2016). Aby se rozšířila genetická základna, tyto krátkonohé kočky se křížily se standardními dlouhonohými, v současnosti se tak objevují krátkonohé (standardní Munchkin) a dlouhonohé (nestandardní Munchkin), obě varianty se pak vyskytují v různých barevných subtypech (Saben, 2016). Jako samostatné plemeno byly tyto kočky

uznány organizací TICA (The International Cat Association) v roce 1994, FIFe toto plemeno neuznává. Jedná se o středně velké plemeno se siluetou jezevčíka. Jsou to kočky aktivní, zvědavé a hravé, vhodné i pro rodiny s dětmi (TICA, 2025).

Krátkonohost je důsledkem chondrodysplazie, která je způsobena strukturální variací UGDH (UDP-glukóza-6-dehydrogenáza). Kvůli tomu dochází ke zkrácení všech dlouhých kostí končetin. Předpokládá se autozomálně dominantní dědičnost. Vzhledem k redukovaným počtům koťat ve vrzích vzniklých ze standardních Munchkin rodičů je pravděpodobný letální efekt u homozygotů (Struck et al., 2020). U jedinců s chondrodysplazií se dají očekávat problémy s klouby a páteří podobně, jako to vidíme u chondrodysplastických plemen psů (např. jezevčků). S ohledem na relativně malou populaci munchkinů ale nemáme k dispozici data o problémech jejich skeletu.

V minulém roce byla ve skupině příbuzných koček plemene Munchkin prokázána xanthinurie, metabolická porucha vedoucí ke zvýšenému vylučování xanthinu do moči vedoucí k tvorbě konkrementů a vzniku klinických příznaků postižení močového aparátu (hematurie, polakisurie, dysurie, obstrukce močovodů nebo močové trubice) (Pritchard et al., 2024). Na základě posouzení postižených jedinců předpokládali autozomálně recesivní způsob dědičnosti. Není ale zatím jasné, zda se jednalo o postižení pouze jedné linie koček, nebo je to problém, který by byl u tohoto plemene více rozšířený.

Další plemena

Existují ale i další plemena, která se výrazněji liší od kočky domácí, ale tato změna vzhledu není spojena se zdravotním problémem. Příkladem může být **americký curl**, u kterého je charakteristickým znakem otočení vrchních částí ušních boltců dozadu (směrem od obličeje). Plemeno je poměrně mladé (první kočka s takovým tvarem uší se objevila v roce 1981) a pochází z Kalifornie. Koťata se rodí s rovnými boltci, ve věku 3-5 dní se začínají stáčet dozadu a do finální pozice se dostávají přibližně ve věku 16 týdnů. Tvar uší je způsoben autozomálně dominantním genem a zatím nebyly zjištěny žádné zdravotní problémy, který s ním byly spojovány (Leeson and Morrison, 2024).

Japonský bobtail (japonská krátkoocasá kočka) je prastaré japonské plemeno koček charakterizované krátkým nahoru neseným ocasem, který připomíná ocas králíka. I když by vzhled ocasu mohl naznačovat příbuznost s plemenem Manx, nemá japonský bobtail s manskou kočkou nic společného. Krátkoocasost je způsobena recesivním genem a nepojí se s jiným zdravotním problémem.

Nedávno vzniklé plemeno je **lykoi**. Jedinci jsou typičtí pro svou hypotrichózu a nejsou příbuzní se sfynxy nebo rex kočkami. První taková kočka se objevila v roce 2010 v Tennessee. Změny v osrstění jsou důsledkem recesivní mutace, která ovlivňuje pouze chlupové folikuly, kde dochází lymfocytární folikulitidě (Buckley et al., 2020). Mutace není spojena s dalšími zdravotními problémy.

Mezi další plemena se specifickým vzhledem můžeme také zařadit **mainské mývalí** polydaktylní kočky nebo pixie bob. Polydaktylie je dána autozomálně dominantní mutací popisovanou již stovky let. Velkým příznivcem těchto koček byl Ernst Hemingway a proto se tyto kočky někdy označují jako Hemingwayovy kočky. Z anatomického hlediska se jedná o polydaktylii pre- nebo postaxiální, která postihuje libovolný počet končetin. Nejvyšší zaznamenaný počet prstů byl 28, tedy o 10 více, než je u kočky fyziologické. V některých případech je polydaktylie spojena s radiální hemimelií. U těchto koček nejsou zaznamenány žádné pohybové potíže (Hamelin et al., 2017; Guinness World Records, 2025).

Závěr

Není jednoduché odpovědět na otázku, kolik je vlastně plemen koček. Chovatelé koček se sdružují v mezinárodních organizacích, které uznávají plemena, vytváří standardy plemen a určují směr dalšího chovu. Nejvýznamnější jsou převážně evropská *Fédération Internationale Feline* a americké *The International Cat Association* a *Cat Fanciers' Association*. Tyto společnosti se k uznávání nových plemen staví rozdílně, takže jsou rozdíly v počtu uznaných plemen. Vždy bude existovat snaha chovatelů koček vytvářet nová a neobvyklá plemena, nicméně tento proces by měl probíhat s rozmyslem a určitě s ohledem na zdravotní stav koček. Cestou asi není zákaz již uznaných plemen, ale obezřetné uznávání plemen nových.

Literatura

- Bistner, S.I., Aguirre, G., Shively, J.N. 1976. Hereditary corneal dystrophy in the Manx cat: a preliminary report. *Investigative Ophthalmology* 15: 15-26.
- Buckley, R.M., Gandolfi, B., Creighton, E.K., Pyne, C.A., Bouhan, D.M., LeRoy, M.L., Senter, D.A., Gobble, J.R., Abitbol, M., Lyons, L.A.; 99 Lives Consortium. 2020. Werewolf, There Wolf: Variants in Hairless Associated with Hypotrichia and Roaning in the Lykoi Cat Breed. *Genes (Basel)* 11: 682.
- CFA. 2025. The Cat Fanciers' Association. About the breed: Scottish Fold [online]. [vid. 20.6.2025]. Dostupné z: <https://cfa.org/breed/scottish-fold/>
- CFA. 2025. The Cat Fanciers' Association. About the breed: Japanese Bobtail [online]. [vid. 27.6.2025]. Dostupné z: <https://cfa.org/breed/japanese-bobtail/>
- Deforest, M.E., Basrur, P.K. 1979. Malformations and the Manx syndrome in cats. *Canadian Veterinary Journal* 20: 304-314.
- Driscoll, C.A., Clutton-Brock, J., Kitchener, A.C., O'Brien, S.J. 2009. The taming of the cat. *Scientific American* 300: 68-75.
- FIFe. Federation Internationale Féline. 2012. Manx [online]. [vid. 20.6.2025]. Dostupné z: <https://fifeweb.org/cats/breeds/manx/>
- Guinness World Records. 2025. Most toes on a cat [online]. [vid. 10.7.2025]. Dostupné z: <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/most-toes-on-a-cat>
- Hamelin, A., Begon, D., Conchou, F., Fusellier, M., Abitbol, M. 2017. Clinical characterisation of polydactyly in Maine Coon cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 19: 382-393.
- Chang, J., Jun, J., Oh, S., Lee, S., Kim, G., Kim, H., Kweon, O., Yoon, J., Choi, M. 2007. Osteochondrodysplasia in three Scottish Fold cats. *Journal of Veterinary Science* 8: 307-309.
- Gandolfi, B., Alamri, S., Darby, W.G., Adhikari, B., Lattimer, J.C., Malik, R., Wade, C.M., Lyons, L.A., Cheng, J., Bateman, J.F., McIntyre, P., Lamandé, S.R., Haase, B. 2016. A dominant TRPV4 variant underlies osteochondrodysplasia in Scottish fold cats. *Osteoarthritis Cartilage* 24: 1441-1450.
- Havlicek, M., Mathis, K.R., Beck, J.A., Allan, G.S. 2009. Surgical management of vertebral malformation in a Manx cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 11: 514-517.
- Howell, J.M., Siegel, P.B. 1963. Phenotypic variability of taillessness in Manx cats. *Journal of Heredity* 54: 167-169.
- Howell, J.M., Siegel, P.B. 1966. Morphological effects of the Manx factor in cats. *Journal of Heredity* 57: 100-104.
- James, C.C., Lassman, L.P., Tomlinson, B.E. 1969. Congenital anomalies of the lower spine and spinal cord in Manx cats. *Journal of Pathology* 97: 269-276.
- Kramer, A., Kyles, A.E., Labelle, P. 2007. Surgical correction of colonic duplication in a cat. *Journal of American Animal Hospital Association* 43: 128-31.
- Langley-Hobbs, S. 2012. Musculoskeletal oddities in the cat: An overview of some curious causes of lameness. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 14: 31-42.
- Leeson, J., Morrison, B.J. 2024. American Curl [online]. [vid. 27.6.2025]. Dostupné z: <https://www.petmd.com/cat/breeds/american-curl>
- Leeson, J., Morrison, B.J. 2023. Scottish Fold [online]. [vid. 20.6.2025]. Dostupné z: <https://www.petmd.com/cat/breeds/scottish-fold>
- Malik, R., Allan, G.S., Howlett, C.R., Thompson, D.E., James, G., McWhirter, C., Kendall, K. 1999. Osteochondrodysplasia in Scottish Fold cats. *Australian Veterinary Journal* 77: 85-92.

- Manx Café. 2025. The history and ‘tails’ of the Manx Breed [online]. [vid. 20.6.2025]. Dostupné z: <https://www.manxcatcafe.co.uk/about-manx-cats/>
- Martin, A.H. 1971. A congenital defect in the spinal cord of the Manx cat. *Veterinary Pathology* 8: 232-238.
- Načeradská, M. 2017. Současné šlechtění brachycefalických plemen koček – jedná se o „týrání“ chovem? In: Sborník konference Ochrana zvířat a welfare. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
- Nakajo, T., Fujita, Y., Ichinohe, T., Maruo, T. 2020. Combined surgical, radiation, and medical therapies for osteochondrodysplasia in a Scottish Fold cat. *Journal of American Animal Hospital Association* 56: 175.
- Pritchard, E.C., Haase, B., Wall, M.J., O'Brien, C.R., Gowan, R., Mizzi, K., Kicinski, A., Podadera, J., Boland, L.A. 2024. Xanthinuria in a familial group of Munchkin cats and an unrelated domestic shorthair cat. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 26: 1098612X241241408.
- Rorden, C., Griswold, M.C., Moses, N., Berry, C.R., Keller, G.G., Rivas, R., Flores-Smith, H., Shaffer, L.G., Malik, R. 2021. Radiographical survey of osteochondrodysplasia in Scottish Fold cats caused by the TRPV4 gene variant. *Human Genetics* 140: 1525-1534.
- Saben, S. 2016. Munchkin cats and the munchkin cat. DYM Worldwide Publishers. London, Great Britain.
- Struck, A.K., Braun, M., Detering, K.A., Dziallas, P., Neßler, J., Fehr, M., Metzger, J., Distl, O. 2020. A structural UGDH variant associated with standard Munchkin cats. *BMC Genetics* 21: 67.
- Takanosu, M., Hattoir, Y. 2020. Osteochondrodysplasia in Scottish Fold cross-breed cats. *Journal of Veterinary Medical Science* 82: 1769-1772.
- TICA. 2025. Munchkin [online]. [vid. 20.6.2025]. Dostupné z: <https://tica.org/breed/munchkin/>
- Todd, N.B. 1961. The inheritance of taillessness in Manx cats. *Journal of Heredity* 52: 228-232.
- Turan, G., Bozkan, Z. 2019. Osteochondrodysplasia in a 9-year-old Scottish Fold cat. *VCOT Open* 2: e60-63.
- Vařejčko, J. 1984. Atlas plemen koček. Státní zemědělské nakladatelství.
- Velie, B.D., Mildner, T., Miller, H., Haase, B. 2023. An estimation of osteochondrodysplasia prevalence in Australian Scottish Fold cats: A retrospective study using VetCompass Data. *BMC Veterinary Research* 19: 252.
- Woodside, J.R., Dail, W.G., McGuire, E.J., Wagner, F.C. Jr. 1982. The Manx cat as an animal model for neurogenic vesical dysfunction associated with myelodysplasia: a preliminary report. *Journal of Urology* 127: 180-183.

GABAPENTIN A STRES U KOČEK: PŘEHLED SOUČASNÝCH VÝZKUMŮ A MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ V PRAXI - REVIEW

GABAPENTIN AND FELINE STRESS: CURRENT RESEARCH AND IMPLICATIONS FOR CLINICAL PRACTICE - REVIEW

Sára Kériová*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Gabapentin is a substance originally developed as an anticonvulsant and analgesic for human medicine, which has been increasingly adopted in veterinary practice in recent years. One of its most common uses is for its anxiolytic effects in cats, especially in stressful situations such as transportation, handling, or veterinary examinations. Stress associated with these situations often represents a significant barrier to veterinary visits, which can negatively impact preventive care and early disease detection, thereby affecting the overall welfare of cats. Administering gabapentin can thus serve as a useful tool to help reduce stress responses and enable cats to receive high-quality and compassionate veterinary care.

Key words: gabapentin, stress, anxiolytic, welfare, veterinary care, anxiety, off-label

Souhrn

Gabapentin je látka původně vyvinutá jako antikonvulzivum a analgetikum pro humánní medicínu, která se v posledních letech stále častěji uplatňuje i ve veterinární praxi. Jedno z jejích nejčastějších využití představuje anxiolytický efekt u koček, především při stresových situacích, jako je přeprava, manipulace nebo veterinární vyšetření. Stres spojený s těmito situacemi bývá významnou překážkou pro návštěvy veterinárních klinik, což může negativně ovlivňovat jak preventivní péči, tak časnou diagnostiku onemocnění, a tím i celkový welfare koček. Podání gabapentinu tak může být užitečným nástrojem, jak těmto stresovým reakcím předcházet a umožnit kočkám přístup ke kvalitní a šetrné veterinární péči.

Klíčová slova: gabapentin, stres, anxiolytikum, welfare, veterinární péče, úzkost, off-label

Úvod

Kočky jsou velmi vnímavá a citlivá zvířata, která se na veterinární klinice často ocitají ve stavu výrazného stresu. Pro mnoho z nich je návštěva veterináře spojena s prostředím, jež vyhodnocují jako potenciálně ohrožující – cizí pachy, neznámí lidé, zvuky, omezení pohybu a fyzická manipulace mohou aktivovat obranné mechanismy, typické pro reakci „fight or flight“ (Harvey and Tasker, 2013). Pokud strategie úniku selže, zvíře volí strategii odpuzování, která se může projevit agresí nebo výraznou nespouprací (Rodan et al., 2022).

Welfare koček

Tento behaviorální stres negativně ovlivňuje nejen duševní pohodu pacienta, ale také samotný průběh klinického vyšetření – komplikuje diagnostické i terapeutické úkony a může vést ke zhoršení vztahu mezi majitelem, kočkou a veterinárním personálem (Erickson et al., 2021). U některých koček dochází navíc k progresivnímu zhoršování stresové reakce při opakovaných

* keriovas@vfu.cz

návštěvách, což dále snižuje kvalitu veterinární péče a může vést k jejímu úplnému vyhýbání ze strany majitele (Raucourt and Masson, 2025; Erickson et al., 2021).

Snížení stresu je proto klíčové z hlediska welfare i medicínského postupu. Mezi doporučovaná preventivní opatření patří pozitivní návyk na přepravku, postupná desenzitizace na cestování a prostředí kliniky, použití feromonových přípravků (např. F3), úprava čekáren (např. oddělené prostory pro kočky, relaxační hudba) a respektování řeči těla zvířete během vyšetření (Harvey and Tasker, 2013).

Gabapentin jako anxiolytikum

V posledních letech se v této souvislosti ukazuje jako velmi slibný nástroj podání anxiolytika gabapentinu před návštěvou kliniky. Studie prokázaly, že jednorázové perorální podání gabapentinu 90 minut před transportem a vyšetřením vede k výraznému snížení stresové reakce u koček, vyšší míře spolupráce a celkově klidnějšímu chování při manipulaci (van Haaften et al., 2017). Gabapentin je rovněž využíván jako součást behaviorální terapie u chronicky vystrašených nebo reaktivních koček (Raucourt and Masson, 2025). Jeho nežádoucí účinky bývají mírné a přechodné (např. mírná sedace, nekoordinovanost) a většinou nemají vliv na další diagnostiku či léčbu (van Haaften et al., 2017). Na základě těchto výsledků se někteří autoři přiklání k začlenění gabapentinu do standardizovaných protokolů pro přednávštěvovou péči (desensitization–counterconditioning protocols), ačkoliv upozorňují na potřebu dalších studií pro stanovení optimální dávky a dlouhodobého účinku (Raucourt and Masson, 2025).

Farmakologické vlastnosti gabapentinu

Gabapentin je strukturálním analogem GABA (kyseliny gama-aminomáselné), nicméně nepůsobí přímo na GABA receptory. Jeho mechanismus účinku je založen na vazbě na podjednotky $\alpha 2\delta$ napěťově řízených vápníkových kanálů (VGCCs), přičemž ovlivňuje uvolňování neurotransmiterů, zejména glutamátu. Tato modulace neuronální aktivity vede ke snížení excitace v centrálním nervovém systému. Anxiolytický účinek gabapentinu pravděpodobně souvisí s jeho schopností snižovat uvolňování katecholaminů při stresové reakci a ovlivňovat obvody spojené se strachem (Harvey and Tasker, 2013; Di Cesare et al., 2023; Hudec and Griffin, 2019).

Dávkování a způsob podání

Optimální anxiolytický efekt byl u koček pozorován při podání v domácím prostředí 2–3 hodiny před očekávanou stresovou událostí, jako je transport nebo veterinární vyšetření (van Haaften et al., 2017). Dávka 100–200 mg na kočku (cca 20 mg/kg) byla většinou dobře tolerována, avšak tato hodnota se vztahuje na zdravé jedince. U menších koček či jedinců s chronickým onemocněním ledvin (CKD) se doporučuje dávku snížit až o 50 %, vzhledem k výhradnímu renálnímu vylučování a prokázaným vyšším hladinám léčiva v séru u těchto pacientů. Tato zjištění naznačují, že u koček s pokročilejším renálním onemocněním může docházet k významnějšímu hromadění účinné látky a následnému zesílení jejích farmakodynamických účinků což může vést například k nadměrné sedaci či hypotenzi (van Haaften et al., 2017; Raucourt and Masson, 2025; Quimby et al., 2022). Quimby et al. (2022) rovněž poukazují na potřebu zohlednit při posuzování farmakokinetiky gabapentinu nejen přítomnost CKD, ale i věk zvířete. Jako omezení této práce uvádějí, že skupina zdravých koček zařazených do studie byla poměrně mladá ve srovnání s pacienty s CKD, a nebylo proto možné zařadit věkově sladěnou nebo geriatrickou kontrolní skupinu. Gabapentin je v současnosti podáván off-label, nejčastěji ve formě humánních tobolek. Preferovanou variantou jsou tvrdé tobolky, které lze otevřít a obsah smíchat s vlhkou stravou, nebo individuálně překapslovat pro přesnější dávkování. Perorální roztoky bývají nevhodné kvůli obsahu xylitolu, který je pro kočky toxický (Harvey and Tasker, 2013).

Nežádoucí účinky a bezpečnost

Nejčastějšími vedlejšími účinky jsou sedace, ataxie, slinění či zvracení, které obvykle odeznívají do 8 hodin po podání. Většina koček toleruje gabapentin dobře, avšak individuální odpověď může být variabilní a měla by být zohledněna při opakovaném použití (van Haaften et al., 2017). Majitelé by měli být informováni o možných nežádoucích účincích a nutnosti ponechat kočku v bezpečném prostředí. Dle Gilmoura et al. (2022) jednorázové podání gabapentinu nijak výrazně nezkreslilo výsledky neurologického vyšetření. Přestože byly kočky v mírné sedaci, samotné reflexy ovlivněny nebyly.

Farmakokinetika

Farmakokineticky je gabapentin u koček dobře vstřebáván per os, s biologickou dostupností přibližně 88,7 % a dosažením maximální plazmatické koncentrace kolem 100 minut po podání. Eliminační poločas činí asi 177 minut. Přesná terapeutická koncentrace u koček však dosud nebyla stanovena a individuální rozdíly v hladině léčiva mohou být značné (van Haaften et al., 2017; Adrian et al., 2018).

Klinické využití v praxi

Ačkoliv anxiolytický účinek gabapentinu je v praxi často využíván, vědecké důkazy u koček zůstávají omezené a studie ukazují různorodé výsledky. U některých zákroků (např. odběr krve) se může sedace projevit jako rušivý faktor, naopak u koček hospitalizovaných na klinice může pomoci snížit jejich dlouhodobou úzkost (van Haaften et al., 2017; Rodan et al., 2022). Nedostatek preventivní péče spojený se stresem při vyšetření je vážným welfare problémem, a proto se gabapentin jeví jako jeden z možných nástrojů k jeho zmírnění. Dále jsou ale zapotřebí studie zaměřené na farmakodynamiku, farmakokinetiku i dlouhodobé účinky léčby (Di Cesare et al., 2023).

Závěr

Gabapentin představuje slibný nástroj ke zmírnění stresu a úzkosti u koček spojené s veterinárními návštěvami, transportem či hospitalizací. Díky svému anxiolytickému a analgetickému účinku může významně zlepšit spolupráci zvířete, usnadnit klinická vyšetření a přispět k vyšší kvalitě veterinární péče i zlepšení welfare pacientů. Výhodou je také jeho relativně bezpečný profil a snadné podání v domácím prostředí. Přestože je jeho použití zatím off-label a některé farmakologické aspekty, zejména farmakodynamika a optimální dávkování u různých typů pacientů (např. u geriatrických koček nebo jedinců s chronickým onemocněním ledvin), nejsou zcela objasněny, dostupné studie potvrzují jeho přínos. Další výzkum je však nezbytný k upřesnění jeho mechanismu účinku, stanovení optimálního dávkování a standardizaci protokolů pro bezpečné a účinné použití v běžné praxi.

Literatura

- Adrian, D., Papich, M.G., Baynes, R., Stafford, E., Lascelles, B.D.X. 2018. The pharmacokinetics of gabapentin in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 32: 1996-2002.
- Di Cesare, F., Negro, V., Ravasio, G., Villa, R., Draghi, S., Cagnardi, P. 2023. Gabapentin: Clinical use and pharmacokinetics in dogs, cats, and horses. *Animals* 13: 2045.
- Erickson, A., Harbin, K., MacPherson, J., Rundle, K., Overall, K.L. 2021. A review of pre-appointment medications to reduce fear and anxiety in dogs and cats at veterinary visits. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne* 62: 952-960.
- Gilmour, D., Rout, M., Hartmann, K., Kley, S., Reese, S. 2022. Effects of a single dose of gabapentin on neurologic examination findings in healthy cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 24: 1133-1139.
- Harvey, A., Tasker, S. BSAVA. 2013. BSAVA manual of feline practice: a foundation manual. British Small Animal Veterinary Association.

- Hudec, C.P., Griffin, C.E. 2019. Changes in the stress markers cortisol and glucose before and during intradermal testing in cats after single administration of pre-appointment gabapentin. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 22: 138-145.
- Quimby, J.M., Lorbach, S.K., Saffire, A., Kennedy, A., Wittenburg, L.A., Aarnes, T.K., Creighton, K.J., Jones, S.E., Paschall, R.E., King, E.M., Bruner, C.E., Wallinger, J.N., van Haaften, K.A. 2022. Serum concentrations of gabapentin in cats with chronic kidney disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 24: 1260-1266.
- Raucourt, L., Masson, S. 2025. The effect of gabapentin on the efficiency of a desensitization-counter-conditioning claw-trimming protocol for cats with healthcare phobias: A double-blind, placebo-controlled crossover trial. *Animals* 15: 1326.
- Rodan, I., Dowgray, N., Carney, H.C., Carozza, E., Ellis, S.L., Heath, S., Niel, L., St Denis, K., Taylor, S. 2022. AAFP/ISFM Cat friendly veterinary interaction guidelines: Approach and handling techniques. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 24: 1093-1132.
- van Haaften, K.A., Forsythe, L.R.E., Stelow, E.A., Bain, M.J. 2017. Effects of a single preappointment dose of gabapentin on signs of stress in cats during transportation and veterinary examination. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 251: 1175-1181.

VLIV OVARIÁLNÍCH TUMORŮ NA ZDRAVOTNÍ STAV, CHOVÁNÍ A WELFARE KLISEN

IMPACT OF OVARIAN TUMORS ON BEHAVIOR, HEALTH CONDITION AND WELFARE OF MARES

Markéta Jeřábková^{1*}, Šárka Krisová²

Klinika chorob koní, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika
Equine Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno,
Czech Republic

Summary

Ovarian tumors in mares are clinically significant conditions that can affect the reproductive function and behavior of affected animals. Hormone-active tumors often cause symptoms that are easily mistaken for temperament issues, cyclicity disorders, or training difficulties. These changes can negatively impact not only reproductive capacity but also the overall health status and welfare of the mares. The aim of this contribution is to summarize current knowledge on ovarian tumors in mares, focusing on their influence on behavior, breeding aspects, and animal welfare.

Key words: horse, ovarian tumors, granulosa cell tumor, behavioral changes, animal welfare

Souhrn

Ovariální tumory u klisen jsou klinicky významným onemocněním, které může ovlivnit reprodukční funkce a chování postižených zvířat. Hormonálně aktivní nádory často způsobují projevy, jež jsou snadno zaměnitelné za poruchy temperamentu, říjového cyklu nebo obtíže při výcviku. Tyto změny mohou negativně ovlivnit nejen reprodukční schopnosti, ale také celkový zdravotní stav a welfare klisen. Cílem tohoto příspěvku je shrnout současné poznatky o ovariálních nádorech u klisen se zaměřením na jejich vliv na chování, chovatelské souvislosti a welfare zvířat.

Klíčová slova: kůň, ovariální tumory, tumor buněk granulózy, behaviorální změny, welfare

Úvod

Tumory ovarií u klisen představují skupinu neoplazií postihujících vaječníky a vykazujících široké spektrum klinických příznaků (Nielson et al., 1976). Incidence těchto nádorů je u koní vyšší než u jiných druhů domácích zvířat a tvoří přibližně 2,5 % všech novotvarů zaznamenaných u tohoto druhu (Baba and Cătoi, 2007). Nejčastěji diagnostikovaným typem je tumor buněk granulózy (*granulosa cell tumor*, GCT), který je významnou příčinou poruch reprodukční aktivity, změn chování a zhoršení sportovní výkonnosti (Straticò et al., 2023; Sundberg et al., 1977). Mezi nejčastější klinické příznaky patří perzistentní estrus, anestrus, infertilita, agresivní nebo hřebčí chování a další projevy ovlivněné hormonální aktivitou tumoru (Noakes et al., 2009). Symptomy se liší v závislosti na konkrétním spektru hormonů produkovaných nádorem (např. inhibin, testosteron, estrogen) (Stabenfeldt et al., 1979). Vzhledem k možnému dopadu těchto změn nejen na reprodukční schopnosti, ale i na celkovou pohodu zvířat (welfare), je porozumění této problematice důležité jak z veterinárního, tak i z chovatelského hlediska.

Typy ovariálních tumorů u klisen

Klasifikace primárních ovariálních nádorů vychází z předpokladu, že tyto novotvary vznikají z jedné ze tří základních tkáňových struktur vaječníku – z epitelu (povrchového epitelu nebo *rete ovarii*), ze zárodečných buněk, nebo ze stromatu vaječníku včetně pohlavních provazců (MacLachlan, 1987). Epitelové nádory jsou u klisen méně časté a zahrnují benigní i maligní formy,

* jerabkovam@vfu.cz

například adenom, mucinózní adenom či karcinom. Ze zárodečných buněk mohou vznikat nádory jako dysgerminom nebo teratom. Do skupiny nádorů stromálního původu pak řadíme tumor buněk granulózy, luteom, thekom, nádory Leydigových nebo Sertoliho buněk, androblastom a další (Nielson et al., 1976; McCue et al., 2006). Většina těchto tumorů se u klisen vyskytuje pouze zřídka a bývá detekována při rutinním ultrasonografickém vyšetření bez přítomnosti klinických příznaků. Obvykle jsou hormonálně neaktivní a jejich vliv na chování klisen bývá minimální nebo žádný (Duarte et al., 2022). Výjimku představují hormonálně aktivní nádory, zejména tumor buněk granulózy, a v menší míře také thekom a fibrothekom, které mohou způsobovat změny reprodukčního chování, narušení říjového cyklu i temperamentu klisen (Robboy et al., 2006). Tumor buněk granulózy představuje nejčastěji se vyskytující ovariální neoplazii u klisen (Samper et al., 2007). Tento typ nádoru byl popsán u koní všech plemen a věkových kategorií, včetně novorozených hříbat, nejčastěji se však vyskytuje u zvířat ve věku 5 až 9 let. Jedná se o pomalu rostoucí, ve většině případů unilaterální neoplazii. Ačkoli mají tyto nádory zpravidla benigní charakter, byly zaznamenány i případy metastáz do peritonea, širokých děložních vazů, sleziny, jater, plic a lymfatických uzlin v oblasti lumbosakrální, retroperitoneální a v parenchymatózních orgánech dutiny břišní (Gift et al., 1992). Kromě tumoru buněk granulózy byly u klisen popsány i další hormonálně aktivní nádory stromálního původu, mezi nimiž z behaviorálního hlediska zaujímá určitý význam thekom. Jedná se o benigní novotvar tvořený buňkami s fenotypem thékálních buněk, jehož incidence je nižší než u GCT. V literatuře byl výskyt thékomu popsán rovněž u dalších druhů, jako je skot nebo pes (Jones et al., 2000). U klisen se může thékom klinicky manifestovat podobně jako tumor buněk granulózy – změnami chování, poruchami říjového cyklu, nymfomanií, anestrem nebo maskulinizací (Nóbrega et al., 2008). Nádor je hormonálně aktivní a může produkovat estrogeny či androgeny, což vysvětluje klinické projevy pozorované u postižených zvířat (Cellio & Degner, 2000). Klinicky významným, byť raritním, typem hormonálně aktivního stromálního nádoru je také fibrothekom. Tento benigní novotvar je u klisen popisován zřídka a ve veterinární literatuře je o něm dostupné pouze omezené množství informací. Podle klasifikace Světové zdravotnické organizace (WHO) jsou fibrothekomy řazeny mezi nádory z buněk stromatu a zárodečných pruhů (*sex-cord stromal tumors*) (Tamulionytė-Skėrė et al., 2024). Fibrothekom může být hormonálně aktivní a produkovat estrogeny a androgeny (Dolin et al., 2023). Produkce estrogenu je spojena s neplodností, která je způsobena poruchami ovulace nebo implantace (Meuten, 2017). Přesto však diagnostické hormonální testy často vykazují normální hladiny testosteronu a progesteronu, což může komplikovat diagnostiku (Raofi et al., 2006). Kromě změn chování a poruch říjového cyklu může fibrothekom klinicky způsobovat také úbytek hmotnosti nebo příznaky koliky (Hinrichs and Hunt, 1990). Ve veterinární literatuře nebyly dosud popsány případy malignity tohoto nádoru (Târcoveanu et al., 2006).

Klinické projevy a behaviorální změny spojené s ovariálními nádory u klisen

Hormonálně aktivní ovariální tumory, především tumor buněk granulózy (GCT), představují jednu z nejčastějších příčin abnormálního chování u klisen (Samper et al., 2007). Nejtypičtějším projevem je tzv. hřebčí chování, které zahrnuje agresi vůči jiným koním, kousání, kopání nebo naskakování na jiné klisny (Pryor and Tibary, 2005). Toto hřebčí chování často bývá chybně interpretováno jako projev říje, přičemž ve skutečnosti je nejčastěji důsledkem zvýšené koncentrace testosteronu (Samper et al., 2007). U některých klisen se navíc objevuje maskulinizace, tedy změny tělesné stavby, jako je hypertrofie krčního svalstva a nárůst tělesné hmotnosti (Huggins et al., 2024). Další jedinci s GCT vykazují nymfomaniakální chování, tedy prodlouženou říji bez ovulace, která je spojována s nadprodukcí estrogenu (Straticò et al., 2023). Naopak v některých případech může dojít k anestru, nebo chování zůstává beze změny, zatímco se objevují nespecifické symptomy – například abdominální dyskomfort, kolikové příznaky, úbytek hmotnosti, kulhání či anémie (Hinrichs and Hunt, 1990; Samper et al., 2007). Poruchy chování spojené s říjovým cyklem se mohou dále manifestovat jako zvýšená excitabilita, bolestivost v oblasti pánve, kolikové příznaky

v období ovulace, snížení výkonnosti během říje nebo přítomnost perzistující či intermitentní říje (Huggins et al., 2024). Obdobné klinické projevy mohou doprovázet i hormonálně aktivní stromální tumory, jako je thékóm nebo fibrothékóm. Přestože jsou u koní vzácnější, mohou rovněž produkovat steroidní hormony (zejména estrogeny a androgeny), což se klinicky projevuje poruchami cyklu, neplodností nebo změnami temperamentu (Dolin et al., 2023; Hinrichs and Hunt, 1990; Nóbrega et al., 2008). Estrogen může být přímo zodpovědný za infertilitu tím, že narušuje ovulaci nebo implantaci (Meuten, 2017). Z pohledu welfare představují tyto stavy závažný problém – klisny mohou být neovladatelné pod sedlem, agresivní při manipulaci, přecitlivělé v oblasti pánve nebo vykazovat bolestivé reakce v období ovulace. Tyto projevy negativně ovlivňují sportovní výkonnost a snižují kvalitu života zvířete (Huggins et al., 2024). Včasné rozpoznání hormonálně podmíněného chování a jeho odlišení od jiných příčin je proto zásadní nejen z hlediska zdravotní péče, ale i z hlediska etiky a ochrany welfare klisen. (McDonnell, 2017; Straticò et al., 2023).

Diagnostika hormonálně aktivních ovariálních tumorů u klisen

Diagnostika ovariálních tumorů, by měla být komplexní a vycházet z důkladné anamnézy, klinického vyšetření a hormonální analýzy. Anamnestické údaje by měly zahrnovat informace o průběhu říjových cyklů, reprodukčním chování a fertilitě klisny. Následné klinické vyšetření zahrnuje rektální vyšetření a transrektální ultrasonografii, zaměřenou na velikost a morfologické změny vaječníků (Samper et al., 2007). Samotné tyto vyšetřovací metody však často nejsou dostačující, a proto je nezbytné doplnit vyšetření o stanovení koncentrací hormonů v krvi. Nejcitlivějším hormonálním markerem je Anti-Mülleriánský hormon (AMH), který produkují granulózní buňky v antrálních folikulech i v tumorech. Jeho koncentrace zůstává stabilní v průběhu celého roku, což významně zvyšuje jeho diagnostickou hodnotu. Hladiny AMH nad 6,9 ng/ml (dle UC Davis Endocrinology Laboratory) mají až 98 % senzitivitu při detekci GCT (Sundberg et al., 1977). Druhým nejcitlivějším markerem je inhibin, jehož zvýšené hladiny nad 1 ng/ml mohou také naznačovat přítomnost GCT. Inhibin inhibuje sekreci folikulostimulačního hormonu, což má za následek atrofii kontralaterálního ovaria – efekt, který může být závažný zejména v období zimního anestru, kdy jsou obě ovaria přirozeně malá a inaktivní (Ali et al., 2015; Sundberg et al., 1977). Testosteron, produkováný thékálními buňkami, je nejméně senzitivní marker (48 %), avšak jeho koncentrace nad 100 pg/ml u nebřezí klisny je považována za velmi pravděpodobný indikátor GCT, jelikož neexistuje jiná známá fyziologická příčina tohoto zvýšení, kromě exogenní aplikace testosteronu (Sundberg et al., 1977). McCue et al. (2006) uvádí, že zvýšená hladina testosteronu se vyskytuje pouze u 54 % případů, zatímco zvýšený inhibin je přítomen u 87 %, což potvrzuje jeho vyšší diagnostickou hodnotu. Přesná diagnóza je nezbytná k vyloučení jiných příčin nežádoucího chování, které nesouvisí s reprodukčním systémem. Mezi takové stavy patří například poruchy močového a pohlavního aparátu (vaginitida, cystitida, urolitiáza), muskuloskeletální diskomfort nebo vliv nevhodných jezdeckých návyků, zejména pokud majitelé uvádějí problémy s ovladatelností klisny pod sedlem. Přesná diagnostika tak má zásadní význam nejen pro zdravotní stav a welfare koně, ale i pro spokojenost majitele a správné vedení léčby (Straticò et al., 2023).

Léčba a management poruch chování u klisen s ovariálními tumory

Nejčastější léčbou hormonálně aktivních ovariálních tumorů, zejména tumoru buněk granulózy, je chirurgické odstranění postiženého ovaria – ovariektomie (Murase et al., 2018). Tento zákrok vede obvykle během 2 až 12 měsíců k obnovení normální funkce druhého, zdravého ovaria, které bylo předtím inhibováno produkcí hormonů tumoru (Samper et al., 2007). Ovariektomie by měla být zvážena až po důkladném vyloučení ostatních možných příčin nežádoucího chování či snížené výkonnosti, které nemají původ v reprodukčním systému. Konzervativní hormonální terapie, jako je podávání altrenogestu, progesteronových injekcí či implantátů, a imunizace proti GnRH vakcínou může být využita ke snížení hormonální aktivity vaječníků, avšak účinnost těchto metod bývá často omezená nebo dočasná (Straticò et al., 2023). Chirurgický zákrok, zejména laparoskopická

ovariektomie, je dnes preferovanou metodou díky menšímu riziku komplikací a rychlejší pooperační rekonvalescenci ve srovnání s klasickou laparotomií v celkové inhalační anestezii (Vitte et al., 2014). Ovariektomie však v případě bilaterálního provedení znamená definitivní ztrátu reprodukční schopnosti klisny, a proto by měla být prováděna pouze v případech, kdy je jasně prokázána ovarialní patologie související s klinickými příznaky (Pryor and Tibary, 2005). Pokud příčina nežádoucího chování není jednoznačně spojena s ovarialním onemocněním, je možné provést zkušební léčbu hormonálními preparáty k ověření vztahu chování k říjovému cyklu (McDonnell, 2017). Celkově je ovariektomie považována za krajní řešení a není doporučována jako metoda kontroly agresivního chování bez přesné diagnostiky a potvrzené ovarialní patologie (Pryor and Tibary, 2005).

Závěr

Hormonálně aktivní ovarialní tumory, zejména tumor buněk granulózy, představují významnou příčinu poruch reprodukce a změn chování u klisen. Tyto projevy často vedou k narušení jezdeckého využití, zhoršení výkonnosti a komplikacím v každodenní manipulaci. Včasné rozpoznání těchto stavů a jejich odlišení od jiných příčin, které nesouvisejí s reprodukčním systémem, je klíčové pro správné rozhodnutí o terapii. Změny chování způsobené těmito nádory představují nejen diagnostickou výzvu, ale mohou mít i zásadní dopad na welfare klisen. Nesprávná interpretace příznaků nebo unáhlené terapeutické rozhodnutí bez podrobné diagnostiky může vést ke zbytečným a ireverzibilním zákrokům, jako je ovariektomie. Proto je nezbytné přistupovat ke každému případu individuálně, s důrazem na komplexní vyšetření a pečlivé posouzení všech možných příčin. Přestože je chirurgická léčba často efektivní a vede k úpravě chování, její indikace by měla vycházet z jasně prokázané hormonální aktivity tumoru a vyloučení ostatních etiologií. Z pohledu veterinární praxe i etického přístupu ke zvířatům je důležité věnovat pozornost i méně zjevným souvislostem mezi hormonální rovnováhou, reprodukcí a chováním – a především zohlednit, jak tyto faktory ovlivňují celkovou pohodu klisny.

Literatura

- Ali, A., Alamaary, M., Al-Sobayil, F., Mehana, E., Fathy, A. 2015. Ovarian tumours in Arabian mares. *Comparative Clinical Pathology* 24: 157-162.
- Baba AI, Câtoi C. 2007. *Comparative Oncology*. The Publishing House of the Romanian Academy. Bucharest (RO).
- Cellio, L.M., Degner, D.A. 2000. Testosterone-producing thecoma in a female cat. *Journal of the American Animal Hospital Association* 36: 323-325.
- Dolin, A., Schweiger, P., Waselau, M., Egerbacher, M., Walter, I. 2023. Immunohistochemical markers for equine granulosa cell tumors: a pilot study. *Journal of Equine Science* 34: 37-46.
- Duarte, L., Allen, W. R., Guimei, M., Loes, M., Wilsher, S. 2022. Equine ovarian teratomas: Diagnostic challenges illustrated by case reports. *Equine Veterinary Education* 34: e393-e405.
- Gift, L.J., Gaughan, E.M., Schoning, P. 1992. Metastatic granulosa cell tumor in a mare. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 200: 1525-1526.
- Hlnrlchs, K., Hunt, P.R. 1990. Ultrasound as an aid to diagnosis of granulosa cell tumour in the mare. *Equine Veterinary Journal* 22: 99-103.
- Huggins, L., Norris, J., Conley, A., Dini, P. 2024. Abnormal mare behaviour is rarely associated with changes in hormonal markers of granulosa cell tumours: A retrospective study. *Equine Veterinary Journal* 56: 759-767.
- Jones, T.C., Hunt, R.D., King, N.W. 2000. Genital system. In: *Veterinary Pathology*, Manole, São Paulo, pp. 1169-1244.
- MacLachlan, N.J. 1987. Ovarian disorders in domestic animals. *Environmental Health Perspectives* 73: 27-33.
- McCue, P.M., Roser, J.F., Munro, C.J., Liu, I.K.M., Lasley, B.L. 2006. Granulosa cell tumors of the equine ovary. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 22: 799-817.
- McDonnell, S.M. 2017. Behavior problem: ovaries or not? *AAEP PROCEEDINGS* 63: 131-134.

- Misdorp, W. 1967. Tumours in large domestic animals in the Netherlands. *Journal of Comparative Pathology* 77: 211-217.
- Melgaard, D.T., Korsgaard, T.S., Thoenfner, M.S., Petersen, M.R., Pedersen, H.G. 2020. Moody mares—Is ovariectomy a solution? *Animals* 10: 1210.
- Meuten, D.J. 2017. *Tumors in Domestic Animals*. Wiley, Hoboken, NJ, USA.
- Murase, H., Ball, B.A., Tangyuenyong, S., Watanabe, G., Sato, F., Hada, T., Nambo, Y. 2018. Serum anti-Müllerian hormone concentrations in mares with granulosa cell tumors versus other ovarian abnormalities. *Theriogenology* 60: 6-10.
- Noakes, D.E., Parkinson, T.J., England, G.C.W. 2009. *Veterinary reproduction and obstetrics*. 9th ed. Saunders Elsevier. Edinburgh.
- Nóbrega, F.S., Gianotti, G.C., Beck, C.A.C., Alievi, M.M., Gomes, A., Arruda, N.S., Rocio, T.F., Gonzalez, P.C., Ferreira, M. P. 2008. Tecoma em uma égua. *Acta Scientiae Veterinariae* 36: 185-189.
- Nielson, S.W., Misdorp, W., McEntee, K. 1976. Tumors of the ovary. *International Histological Classification of Tumors of Domestic Animals*. Bull. WHO 53: 203-215.
- Pryor, P., Tibary, A. 2005. Management of estrus in the performance mare. *Clinical Techniques in Equine Practice* 4: 197-209.
- Raoofi, A., Mardjanmehr, S.H., Masoudifard, M., Adibhashemi, F., Asadian, P. 2006. Thecoma in a mare. *Journal of Equine Veterinary Science* 26: 588-591.
- Robboy, S.J., Kurman, R.J., Merino, M.J. 2006. "Sistema Reprodutivo Feminino." *Patologia, Bases Clinicopatológicas da Medicina*. Rio de Janeiro, Brazil: Guanabara Koogan, pp. 945-1014.
- Samper, J.C., Pycock, J.F., McKinnon, A.O. 2007. *Current therapy in equine reproduction*. Saunders Elsevier. St. Louis, MO.
- Scott, E., Kunze, D. 1977. Ovariectomy in the mare: presurgical, surgical and postsurgical considerations. *The Journal of Equine Medicine and Surgery* 1.
- Sundberg, J.P., Burnstein, T., Page, E.H., Kirkham, W.W., Robinson, F.R. 1977. Neoplasms of Equidae. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 170: 150-152.
- Stabenfeldt, G.H., Hughes, J.P., Kennedy, P.C., Meagher, D.M., Neely, D.P. 1979. Clinical findings, pathological changes and endocrinological secretory patterns in mares with ovarian tumours. *Journal of Reproduction and Fertility*. Supplement 27: 277-285.
- Straticò, P., Hattab, J., Guerri, G., Carluccio, A., Bandera, L., Celani, G., Marruchella, G., Varasano, V., Petrizzi, L. 2023. Behavioral disorders in mares with ovarian disorders, outcome after laparoscopic ovariectomy: a case series. *Veterinary Sciences* 10: 483.
- Tamulionytė-Skėrė, R., Juodžiukynienė, N., Gruodytė, R., Rimkutė, P., Duliebaitė, I., Savickytė, A. 2024. Ovarian fibrothecoma in a mare—case report. *Animals* 14: 1307.
- Târcoveanu, E., Niculescu, D., Bradea, C., Dimofte, G., Vasilescu, A., Ferariu, D., Crumpei, F. 2006. Incidence and management of the ovarian fibroma and thecoma. *Experience of The First Surgical Clinic Iași. Chirurgia (Bucharest, Romania)* 101: 325-330.
- Vitte, A., Rossignol, F., Mespoules-Rivière, C., Lechartier, A., Röecken, M. 2014. Two-step surgery combining standing laparoscopy with recumbent ventral median celiotomy for removal of enlarged pathologic ovaries in 20 mares. *Veterinary Surgery* 43: 663-667.

ASPEKTY WELFARE V MANAGEMENTU LAMINITIDNÍCH KONÍ ASPECTS OF WELFARE IN THE MANAGEMENT OF LAMINITIC HORSES

Jana Babicová*, Kristina Žuffová

Klinika chorob koní, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika
Equine Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Equine laminitis represents one of the most serious and painful conditions in equine practice. Within its etiopathogenesis, a range of factors are involved that lead to damage of the lamellar suspensory apparatus of the hoof and the development of intractable pain. As a multifactorial disease, laminitis requires a comprehensive approach that places the highest emphasis on preserving the patient's welfare. Successful management must combine timely diagnosis, multimodal analgesia, targeted therapy, and adjustments in nutrition and environmental management. The aim of this paper is therefore to provide a comprehensive overview of current recommendations for the management of laminitis, with an emphasis on preserving patient welfare.

Key words: equine laminitis, welfare, pain management, cryotherapy, multimodal analgesia

Souhrn

Laminitida koní představuje jeden z nejzávažnějších a nejbolestivějších stavů v hippiatrické praxi. V rámci její etiopatogeneze se uplatňuje řada faktorů, které vedou k poškození lamelárního závěsného aparátu kopyta a k rozvoji těžko zvladatelné bolesti. Jakožto multifaktoriální onemocnění vyžaduje laminitida komplexní přístup, který klade nejvyšší důraz na zachování welfare pacienta. Úspěšný management musí kombinovat včasnou diagnostiku, multimodální analgezii, cílenou terapii a úpravy v oblasti výživy a managementu prostředí. Cílem tohoto příspěvku je proto poskytnout ucelený přehled současných doporučení pro management laminitidy, s důrazem na zachování welfare pacienta.

Klíčová slova: laminitida koní, welfare, management bolesti, kryoterapie, multimodální analgezie

Úvod

Podle Mitchell et al. (2015) je akutní laminitida mimořádně bolestivý stav, který představuje vážné riziko jak pro další využití, tak pro život koně. Právě proto je nezbytné zaměřit se na správnou prevenci a léčbu (Lavado, Lewis & Montgomery, 2023). Podle primární příčiny rozlišujeme laminitidu spojenou s hyperinzulinémií, laminitidu spojenou se sepsí, laminitidu způsobenou mechanickým přetížením a traumatickou laminitidu (Lavado et al., 2023). Ať už je příčina jakákoli, léčba se zaměřuje na protizánětlivou terapii, omezení pohybu pacienta, mechanickou podporu kopyt a kontinuální digitální hypotermii (CDH) (van Eps and Burns, 2019; Cassimeris et al., 2021).

Klinický obraz

Klinický obraz laminitidy je variabilní a závisí na délce trvání, závažnosti patologie a přítomnosti predisponujících onemocnění (Belknap and Geor, 2017). Hlavním příznakem je kulhání různé intenzity, které je často asymetrické a výraznější při otáčení na tvrdém povrchu. S tím souvisí i charakteristický „saw horse“ postoj (Pollitt, 1999), při němž kůň přesouvá váhu na patky natažením hrudních končetin dopředu a podsunutím pánevních končetin pod trup (Belknap and Geor, 2017; van Eps, 2010). Při klinickém vyšetření můžeme pozorovat neustálé přenášení váhy, zvýšenou povrchovou teplotu kopytní stěny (Pollitt, 1999) a zesílení digitální pulzace (Belknap and

* babicovaj@vfu.cz

Geor, 2017; van Eps, 2010). Systémová odpověď na bolest se může projevit tachykardií, tachypnoe a celotělovým pocením. V chronických nebo pokročilých případech lze pozorovat strukturální změny, jako je hmatatelná prohlubeň v oblasti korunky signalizující pokles kopytní kosti či deformace růstu kopytní stěny, která se projevuje tvorbou typických kroužků odrážejících nerovnoměrný růst rohoviny (Belknap and Geor, 2017).

Diagnostický přístup

Základem diagnostiky laminitidy je klinické vyšetření, přičemž radiografie slouží k potvrzení nálezu, určení rozsahu dislokace kopytní kosti, stanovení prognózy a plánování terapie (Belknap and Geor, 2017; van Eps, 2010). Je zásadní zhotovit vstupní snímky co nejdříve a v prvním týdnu po manifestaci příznaků je opakovat v intervalech 3 až 4 dnů. Ve většině případů stačí pro stanovení diagnózy zhotovit kvalitní latero-mediální projekce; dodatečné zobrazení je nutné pouze při podezření na další kostní lézi (van Eps, 2010). Sleduje se přitom řada parametrů, klíčová je vzdálenost mezi extenzorovým výběžkem kopytní kosti a korunkovým okrajem (van Eps, 2010; Cripps and Eustace, 1999). Pro detailnější posouzení cévního zásobení může být využita digitální venografie. Z pohledu welfare je však nutné zdůraznit, že získání kvalitních a projekčně správných snímků může být pro bolestivého koně náročné a často si vyžaduje použití sedace či analgezie k minimalizaci stresu a diskomfortu pacienta (Belknap and Geor, 2017).

Management a terapie

Jedním z nejzásadnějších aspektů při terapii pacientů s laminitidou je efektivní zvládnutí bolesti a optimalizace analgetické léčby (Hopster and Driessen, 2021). Základem léčby jsou nesteroidní protizánětlivé léky (NSAID), přičemž Mitchell, Fugler a Eades (2015) uvádějí, že fenylobutazon zůstává nejúčinnějším léčivem pro kontrolu ortopedické bolesti. U koní s laminitidou současně probíhají komplexní zánětlivé procesy, a proto NSAID plní nejen analgetickou, ale i protizánětlivou funkci, čímž přispívají k ochraně lamelárních struktur (Belknap et al., 2007; Fontaine et al., 2001; Pollitt, 1996; van Eps, 2010). Intravenózní infuze lidokainu poskytuje vynikající úlevu od bolesti v mnoha případech, kde léčba nesteroidními protizánětlivými léky (NSAID) není dostatečně účinná (van Eps, 2010). Multimodální analgezie, při které se NSAID kombinují s opioidy, ketaminem či $\alpha 2$ -agonisty, může snížit potřebné dávky jednotlivých léčiv a tím i riziko nežádoucích účinků (Hopster a Driessen, 2021). Z pohledu welfare je důležité minimalizovat bolest, motivovat a umožnit koni odpočinek vleže, který snižuje mechanické přetížení postižených končetin a významně tak ovlivňuje jeho komfort a šanci na uzdravení (Mitchell et al., 2015).

Jak uvádějí Orsini et al. (2010), mechanická podpora kopyt a zajištění vhodného povrchu jsou pro management bolesti stejně důležité jako medikamentózní terapie. Cílem je omezit další dislokaci kopytní kosti a zvýšit komfort pacienta, čehož je dosaženo odlehčením poškozených lamel nosné stěny a přesunutím zátěže na kaudální část kopyta, zejména na střelku a chodidlo. V praxi se využívá široká škála metod, od aplikace měkkých pěnových podložek a otiskovacích hmot (např. silikonových) až po specializované dočasné podkovy, terapeutické boty či sádry, které mění dynamiku kopyta (Mitchell et al., 2015; van Eps, 2010). Během akutní fáze jsou indikovány pouze snadno odnímatelné formy podpory, a proto se permanentní ocelové či hliníkové podkovy nepoužívají (van Eps, 2010). Účinnost zvolené mechanické podpory je nutné neustále hodnotit podle reakce koně, neboť optimální řešení se mezi jednotlivými pacienty výrazně liší (Mitchell et al., 2015).

Kontinuální digitální hypotermie (CDH) jako druh kryoterapie je doporučována u všech koní, kteří mají zvýšené riziko vzniku laminitidy (van Eps et al., 2004; van Eps, 2013), nebo u koní, u nichž byla akutní laminitida diagnostikována (Lavado et al., 2023). Hlavní ochranné účinky hypotermie na distální končetiny zahrnují modifikaci zánětlivé reakce (van Eps et al., 2012; Stokes et al., 2020b), snížení metabolické a enzymatické aktivity tkání a tím jejich vyšší odolnost vůči hypoxii a analgezii (Lavado et al., 2023). Teplota kopyt by měla být udržována optimálně pod hranici 10 °C

(Bamford, 2019; Luethy, 2021). Ideální doba pro aplikaci CDH je během vývojové fáze onemocnění, tedy v období mezi spouštěcím faktorem a prvními klinickými příznaky (van Eps, 2013; Luethy, 2021). V CDH by mělo být pokračováno 24–48 hodin po odeznění klinických a laboratorních známek zánětu, jako jsou např. srdeční frekvence, digitální pulzace, rektální teplota, barva sliznic a leukogram (van Eps, 2010; van Eps, 2013). Intermitentní CDH není vhodné pro prevenci a terapii laminitidy, protože může vyvolat nežádoucí vazodilataci (van Eps et al., 2004). Doporučuje se zvolit postupné ohřívání kopyt během 12–24 hodin místo náhlého ukončení terapie, aby se minimalizovalo riziko opětovného aktivování škodlivých procesů (van Eps, 2010).

Nutriční management, zejména u poníků a starších koní, je důležitý pro snížení rizika vzniku laminitidy (McIlwraith and Rollin, 2011). Výživa koní s chronickou laminitidou vyžaduje pečlivý výběr krmiva, které podporuje regeneraci tkání, aniž by nadměrně zatěžovalo metabolismus (Orsini et al., 2010). Je nezbytné minimalizovat obsah nestrukturních sacharidů (NSC), ideálně pod 10 %, protože vyšší hladiny mohou zhoršit klinický stav. Pastva s vysokým obsahem cukrů by měla být vyloučena, zvláště u koní s metabolickým syndromem. Současně je nutné zajistit dostatečný příjem vody, aby se předešlo dehydrataci a komplikacím spojeným s podáváním NSAID (van Eps, 2010).

Pro laminitidní koně je nezbytné zajistit podestýlku, která je pohodlná, bezpečná a vhodně podporuje kopyta (Orsini et al., 2010). Ideální je čistý písek, který dobře kopíruje chodidlo a poskytuje oporu střelce a chodidlu kopyta. Někteří koně jsou ochotnější si lehnout na písek, pokud je pokrytý tenkou vrstvou slámy nebo pokud mají lehkou deku (van Eps, 2010). Podestýlka musí být suchá a čistá, protože vlhkost a nečistoty zvyšují riziko kopytních abscesů (Orsini et al., 2010). Výběr materiálu je třeba přizpůsobit konkrétním potřebám koně a zohlednit hygienu, komfort a abrazivitu (Mitchell et al., 2015).

Hirudoterapie, tedy léčba lékařskými pijavicemi, se využívá zejména v případech, kdy konvenční postupy selhávají (Sobczak and Kantyka, 2014). Její hlavní indikací je stav žilního městnání (Haycox et al., 1995) a osvědčuje se i při léčbě laminitidy. Terapeutický efekt je zprostředkován bioaktivními látkami v slinách pijavic, zejména hirudinem, které působí analgeticky a antitromboticky. Během jedné aplikace se u koní využívá 5 až 15 pijavic, přičemž následné krvácení z rány je považováno za důležitou součást terapie. Po ukončení krvácení se přisáté místo ošetří a zakryje obvazem (Sobczak and Kantyka, 2014).

Rehabilitace

Pravidelná a kontrolovaná aktivita je stěžejním prvkem při zotavování z laminitidy, neboť přerušované odlehčování chodidla během chůze zabraňuje ischemii (nedokrvení) lamelárních tkání, ke které dochází, když kůň pouze nepřetržitě stojí (Taylor et al., 2014). Klíčové je správné načasování; s mírnou denní aktivitou se začíná teprve tehdy, když kůň projevuje dostatečný komfort a nehrozí další poškození tkání (Orsini et al., 2010). Rehabilitace zpravidla začíná pomalou chůzí na ruce po měkkém povrchu, přičemž délka a intenzita se postupně navyšují podle rostoucího komfortu zvířete (Orsini et al., 2010; Taylor et al., 2014). Důležitou součástí je také fyzioterapie a interakce s jinými koňmi, které přirozeně podporují jak fyzickou, tak psychickou regeneraci (Orsini et al., 2010).

Hodnocení kvality života

Při managementu laminitidy je zásadní zvažovat léčebné postupy s ohledem na welfare pacienta, přičemž konečným cílem je vždy zachování co nejvyšší kvality života (Belknap and Geor, 2017). Pro majitele je často hlavním měřítkem úspěchu léčby právě komfort koně a efektivní management bolesti (Orsini et al., 2010). Pro úspěch jakékoliv zvolené terapie je nezbytné stanovit realistické cíle, neboť péče o laminitidního pacienta představuje pro majitele značný a dlouhodobý závazek (Orsini et al., 2010; Belknap and Geor, 2017). V případech se špatnou prognózou, nezvladatelnou bolestí a nízkou kvalitou života se rozhodnutí o humánní eutanazii stává důležitou a legitimní volbou (Belknap and Geor, 2017).

Prevence

Podle van Eps (2012) prevence laminitidy začíná včasnou identifikací ohrožených koní, což umožňuje zavedení preventivních opatření ještě před rozvojem onemocnění. Samotné preventivní strategie by měly být cíleny na specifické mechanismy, které jsou klíčové pro jednotlivé formy onemocnění (van Eps and Burns, 2019). Prevence laminitidy spojené se sepsí (SRL) spočívá v kontrole systémového zánětu a současném využití kontinuální digitální hypotermie (kryoterapie), která je ověřenou metodou profylaxe v těchto rizikových případech (van Eps and Burns, 2019; Divers, 2010). Oproti tomu se prevence laminitidy z přetížení (SLL) zaměřuje na podporu perfuze končetiny cyklickým zatěžováním, zatímco u nejčastější, endokrinopatické formy, je základem důsledný management inzulinové dysregulace (van Eps and Burns, 2019).

Závěr

Laminitida je závažným a život ohrožujícím onemocněním u koní, proto je nezbytné zaměřit se na správnou prevenci a léčbu (Lavado et al., 2023). Nastavenou terapii a její vliv na pacienta je třeba neustále přehodnocovat, přičemž klíčovým kritériem pro jakákoli další rozhodnutí je aktuální a budoucí kvalita života koně. Předpokladem úspěchu je aktivní komunikace a spolupráce týmu složeného z majitele, veterináře a podkováře.

Literatura

- Bamford, N.J. 2019. Clinical insights: treatment of laminitis. *Equine Veterinary Journal* 51: 145–146.
- Belknap, J.K., Geor, R. 2017. *Equine Laminitis*. John Wiley & Sons, Inc.
- Belknap, J.K., Giguere, S., Pettigrew, A., Cochran, A.M., Van Eps, A.W., Pollitt, C.C. 2007. Lamellar pro-inflammatory cytokine expression patterns in laminitis at the developmental stage and at the onset of lameness: innate vs. adaptive immune response. *Equine Veterinary Journal* 39: 42–47.
- Cassimeris, L., Armstrong, C., Burger, Q.C., Stokes, S., van Eps, A., Galantino-Homer, H. 2021. Continuous digital hypothermia reduces expression of keratin 17 and IL-17A inflammatory pathway mediators in equine laminitis induced by hyperinsulinemia. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 241: 110326.
- Cripps, P.J., Eustace, R.A. 1999. Radiological measurements from the feet of normal horses with relevance to laminitis. *Equine Veterinary Journal* 31: 427–432.
- Divers, T.J. 2010. Clinical application of current research findings toward the prevention and treatment of acute laminitis in horses with systemic inflammatory diseases: An internist's perspective. *Journal of Equine Veterinary Science* 30: 517–524.
- Fontaine, G.L., Belknap, J.K., Allen, D., Moore, J.N., Kroll, D.L. 2001. Expression of interleukin-1beta in the digital laminae of horses in the prodromal stage of experimentally induced laminitis. *American Journal of Veterinary Research* 62: 714–720.
- Haycox, C.L., Odland, P.B., Coltrera, M.D., Raugi, G.J. 1995. Indications and complications of medicinal leech therapy. *Journal of the American Academy of Dermatology* 33: 1053–1055.
- Hopster, K., Driessen, B. 2021. Pharmacology of the equine foot: Medical pain management for laminitis. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 37: 551–564.
- Lavado, R.A., Lewis, J., Montgomery, J.B. 2023. Continuous digital hypothermia for prevention and treatment of equine acute laminitis: A practical review. *The Veterinary Journal* 300-302: 106016.
- Luethy, D. 2021. Cryotherapy techniques: best protocols to support the foot in health and disease. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 37: 685–693.
- McIlwraith, C.W., Rollin, B.E. 2011. *Equine Welfare*. Wiley-Blackwell.
- Mitchell, C.F., Fugler, L.A., Eades, S.C. 2015. The management of equine acute laminitis. *Veterinary Medicine: Research and Reports* 6: 39–47.
- Orsini, J.A., Wrigley, J., Riley, P. 2010. Home care for horses with chronic laminitis. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 26: 215–223.
- Pollitt, C.C. 1996. Basement membrane pathology: a feature of acute equine laminitis. *Equine Veterinary Journal* 28: 38–46.
- Pollitt, C.C. 1999. Laminitis. In: Colahan, P.T., Merritt, A.M., Moore, J.N., Mayhew, I.G. (Eds.): *Equine Medicine and Surgery*, 5th ed., Mosby, pp. 1521–1749.

- Sobczak, N., Kantyka, M. 2014. Hirudotherapy in veterinary medicine. *Annals of Parasitology* 60: 89–92.
- Stokes, S.M., Burns, T.A., Watts, M.R., Bertin, F.R., Stefanovski, D., Medina-Torres, C.E., Belknap, J.K., van Eps, A.W. 2020. Effect of digital hypothermia on lamellar inflammatory signaling in the euglycemic hyperinsulinemic clamp laminitis model. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 34: 1606–1613.
- Taylor, D., Gonzales, M., Taylor, N. 2014. Clinical Outcome of 14 Obese, Laminitic Horses Managed with the Same Rehabilitation Protocol. *Journal of Equine Veterinary Science* 34: 685–689.
- van Eps, A.W. 2010a. Acute laminitis: Medical and supportive therapy. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 26: 103–114.
- van Eps, A.W. 2010b. Therapeutic hypothermia (cryotherapy) to prevent and treat acute laminitis. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 26: 125–133.
- van Eps, A.W. 2012. Progress towards effective prevention and therapy for laminitis. *Equine Veterinary Journal* 44: 746–748.
- van Eps, A.W. 2013. Cryotherapy for laminitis: When and how? *Journal of Equine Veterinary Science* 33: 878–879.
- van Eps, A.W., Burns, T.A. 2019. Are there shared mechanisms in the pathophysiology of different clinical forms of laminitis and what are the implications for prevention and treatment? *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 35: 379–398.
- van Eps, A.W., Leise, B.S., Watts, M., Pollitt, C.C., Belknap, J.K. 2012. Digital hypothermia inhibits early lamellar inflammatory signalling in the oligofructose laminitis model. *Equine Veterinary Journal* 44: 230–237.
- van Eps, A.W., Walters, L.J., Baldwin, G.I., McGarry, M., Pollitt, C.C. 2004. Distal limb cryotherapy for the prevention of acute laminitis. *Clinical Techniques in Equine Practice* 3: 64–70.

MANAGEMENT WELFARE KONÍ SE SYNDROMEM EGUS WELFARE MANAGEMENT OF HORSES WITH EQUUS SYNDROME

Alžbeta Bubeníková*, Miroslava Mráčková

Klinika chorob koní, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Equine Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno,
Czech Republic

Summary

Equine Gastric Ulcer Syndrome (EGUS) represents a significant health issue with a high prevalence, particularly among sport and racehorses. Based on the anatomical division of the stomach, EGUS is categorized into disease of the non-glandular/squamous portion of the stomach (Equine Squamous Gastric Disease, ESGD) and disease of the glandular portion of the stomach (Equine Glandular Gastric Disease, EGGD). The etiology of these forms differs – while ESGD is closely associated with dietary factors and management practices, EGGD is likely related to a disruption of the mucosal barrier due to infection or stress. Clinical signs are often non-specific and include reduced performance, behavioral changes, decreased appetite, weight loss, and signs of abdominal discomfort. Diagnosis is based on endoscopic examination (gastroscopy), which allows for direct assessment of mucosal lesions. Treatment primarily relies on the use of proton pump inhibitors (especially omeprazole), combined with adjustments in feeding regimes, reduction of stress factors, and optimization of management practices. EGUS represents not only a major health concern but also an economic issue, the prevention and early diagnosis of which are crucial for ensuring the welfare and performance of horses. The aim of this contribution is to acquaint readers and listeners with current recommendations for the management of stabling, exercise, and welfare of horses affected by Equine Gastric Ulcer Syndrome.

Key words: equine gastric ulcers, EGUS, ESGD, EGGD, gastroscopy, omeprazole, horse nutrition, welfare

Souhrn

Syndrom žaludečních vředů u koní (Equine Gastric Ulcer Syndrome, EGUS) představuje významný zdravotní problém s vysokou prevalencí, zejména u sportovních a dostihových koní. Na základě anatomického rozdělení žaludku se EGUS člení na onemocnění nežláznaté/skvamózní části žaludku (Equine Squamous Gastric Disease, ESGD), a glandulární části žaludku (Equine Glandular Gastric Disease, EGGD). Etiologie těchto forem se liší – zatímco ESGD je úzce spojeno s dietními faktory a celkovým managementem zvířete, EGGD pravděpodobně souvisí s poruchou slizniční bariéry v důsledku infekce nebo stresu. Klinické projevy jsou často nespecifické a zahrnují sníženou výkonnost, změny chování, nechuť k příjmu potravy, úbytek hmotnosti a známky abdominálního diskomfortu. Diagnóza je založena na endoskopickém vyšetření (gastroskopii), které umožňuje přímé zhodnocení slizničních lézí. Terapie se opírá zejména o použití inhibitorů protonové pumpy (zejména omeprazolu), v kombinaci s úpravou krmného režimu, redukcí stresových faktorů a optimalizací managementu. EGUS představuje nejen významný zdravotní, ale i ekonomický problém, jehož prevence a včasná diagnostika jsou klíčové pro zajištění welfare koní. Cílem tohoto příspěvku je seznámit čtenáře a posluchače se současným doporučením managementu ustájení, pohybu a welfare koní se syndromem žaludečních vředů.

Klíčová slova: žaludeční vředy, koně, EGUS, ESGD, EGGD, gastroskopie, omeprazol, výživa koní, welfare

* bubenikovaa@vfu.cz

Úvod

Syndrom gastrických ulcerací u koní (EGUS) je patologie vyskytující se v oblasti terminální části jícnu, nežláznaté a žláznaté části žaludku a proximálního duodena (Reed et al., 2010). Celosvětově se objevuje s vysokou prevalencí u všech plemen a typů koní, jak u divokých (Ward et al., 2015), tak u domestikovaných koní (Luthersson et al., 2009), s nejvyšší prevalencí u dostihových koní (Bell et al., 2007). Je spojen se sníženou výkonností a ekonomickými ztrátami (Zavoshti and Andrews (2017). Postihuje hříbata i dospělé koně a relativní riziko vzniku ulcerací může s věkem narůstat. I přes často účinnou terapii zaměřenou na blokování sekrece žaludeční kyseliny a zvyšování pH žaludečního obsahu pomocí antiulcerózní terapie je pro trvalou remisi onemocnění zapotřebí zajištění správného dietního, pohybového a stájového managementu (Reed et al., 2010). Přístup k léčbě EGUS za účelem zlepšení v oblasti welfare zahrnuje stanovení a nápravu základní příčiny onemocnění, managementu prostředí, úpravu krmného režimu a případnou farmakologickou intervenci.

Ucelení nomenklatury EGUS

Pojem EGUS byl běžně používaným termínem. S postupem diagnostiky se však stal příliš obecným, proto se začaly rozlišovat 2 nozologické jednotky – ESGD a EGGD. ESGD (equine squamous gastric disease) postihuje nežláznatou sliznici, která zahrnuje velké a malé zakřivení a dorzální fundus. EGGD (equine glandular gastric disease) postihuje žláznatou sliznici, která zahrnuje ventrální fundus, antrum pyloru, pylorus a proximální duodenum (Ehlers et al., 2016; Hewetson et al., 2017; Sykes et al., 2017; Vokes et al., 2023).

Patofyziologie

Patofyziologie ESGD – Equine squamous gastric disease, spočívá ve vystavení žaludeční sliznice kyselinám. Hlavním činitelem prvotního poškození je kyselina chlorovodíková. Vznik ulcerací následně podporují produkty bakteriální fermentace sacharidů jako je kyselina mléčná a těkavé mastné kyseliny, která navazují na prvotní poškození způsobené kyselinou chlorovodíkovou (van den Boom, 2022). Dalšími agresivními faktory mohou být žlučové soli a pepsin. Žlučové kyseliny se mohou dostat do žaludku běžně s gastroduodenálním refluxem (Reed et al., 2010).

Patofyziologie EGGD – Equine glandular gastric disease (žláznatá sliznice) Předpokládá se, že ke vzniku ulcerací glandulární sliznice dochází při oslabení obranných mechanismů (Sykes et al., 2015). Zatímco ESGD se považuje za důsledek nadměrného vystavení kyselině, EGGD je spojováno s narušením mechanismů obrany sliznice (Sykes et al., 2015). Pro protekci sliznice je důležité adekvátní prokrvení sliznice, které může být sníženo např. v důsledku podávání nesteroidních antiflogistik.

Klinická manifestace

Mnoho koní s gastrokopicky potvrzenými žaludečními ulceracemi nemá zjevné klinické příznaky, nebo jsou tyto příznaky mírné a majiteli nerozpoznané, přesto bývá výskyt i závažnost vředů vyšší u koní s mírnými příznaky (Murray et al., 1989; Niedźwiedz et al., 2013) jako je nechutenství, úbytek hmotnosti, průjem, změny v chování a špatná výkonnost jedince. Jedním z nejčastějších klinických příznaků je koliková epizoda, zejména opakující se, ačkoli žaludeční ulcerace lze při gastrokopickém vyšetření pozorovat i u koní bez příznaků koliky (Sprayberry and Robinson, 2014). Mezi další nespecifické příznaky patří bolestivost nebo projev diskomfortu při utahování podbřišníku, stejně jako stereotypní nebo abnormální chování. Postižená hříbata jsou často ve věku 2 až 6 měsíců a typicky vykazují známky letargie, koliky, bruxismu, ptyalismu, průjmu (akutního nebo chronického) a častého převalování se do dorzální rekumbence (Camacho-Luna et al., 2018). Méně případů bylo hlášeno i u novorozenech hříbat již od 24 hodin věku (Nappert et al. 1989; Lewis, 2003; Elfenbein and Sanchez, 2012). Nejčastěji uváděným místem postižení byl u všech kategorií vrstevnatý dlaždicový epitel přiléhající k margo plicatus (Elfenbein and Sanchez, 2012).

První výzkumy v problematice EGUS se zaměřovaly na dostihové plnokrevníky a jejich projevy. Později, při zkoumání jiných plemen koní, byly přidávány i další příznaky spojené s žaludečními ulceracemi. Lze zmínit změny chování jako nervozita, agresivita, změna kvality srsti, skřípání zubů a sebepoškozování (McDonnell, 2008). Snížení výkonnosti jedince může být důsledkem jak ESGD (Franklin et al., 2008), tak EGGD (Sykes et al., 2019).

Rizikové faktory

Bylo identifikováno několik klíčových rizikových faktorů, především spojených s nutričními vlivy a managementem koní.

Vliv krmení

V patogenezi je velice důležitý management krmení. Podstatnými faktory jsou množství nestrukturálních sacharidů v dietě a množství a složení vlákniny. Význam vlákniny v patogenezi ulcerací je zvyšování produkce slin, které následně pufrují obsah žaludku a snižují jeho aciditu a tvorba ochranného filmu, která eliminuje rozstříkávání kyseliny po sliznici (Andrews et al., 2006). I proto by měli být koně krmeni kontinuálně či po malých porcích vícekrát denně, aby nedocházelo k delším dobám hladovění a žaludek nebyl úplně prázdný. Zařazením pastvy, diety s vysokým obsahem píce (kvalitní seno/vojtěška) a nízkým obsahem koncentrátů, zároveň s nízkým obsahem NSC (nestrukturálních sacharidů), krmením menšími a častějšími porcemi lze dosáhnout snížení prevalence ulcerací a tím přispět ke zlepšení welfare koní (Andrews et al., 2007).

Tréninkový a pohybový režim

Dalším významným faktorem, který zvyšuje expozici sliznice kyselinám, je trénink a jeho délka. Při tréninku dochází ke kontrakcím žaludku a zvyšování tlaku v břišní dutině, což má za následek vytlačení kyseliny do dorzálních částí žaludku. Během tréninku se intraabdominální a intragastrický tlak zvyšoval od kroku přes klus až po cval, přičemž při klusu a cvalu došlo k téměř kompletnímu uzavření lumen žaludku (Lorenzo-Figueras and Merritt, 2002). To vedlo k tomu, že kyselý obsah žaludku byl vytlačován proti skvamózní (nežláznaté) sliznici. Význam pohybové aktivity podporuje skutečnost, že prevalence ESGD se během dostihové sezóny zvyšuje (Tamzali et al., 2011) a je velmi vysoká právě u dostihových koní. Pohybová aktivita 5 nebo více dní v týdnu také významně zvyšovala riziko vzniku EGGD (Pederson et al., 2018).

Sekundárně vzniká ESGD při opožděném vyprazdňování žaludku, například při stenóze pyloru nebo těžších případech EGGD (Lorenzo-Figueras and Merritt, 2002).

Medikace nesteroidními antiflogistiky

Vysoké dávky NSAIDs, hlavně neselektivních inhibitorů cyklo-oxygenázy (fenylbutazon, flunixin meglumin), mohou vyvolávat vznik EGGD, a to hlavně kvůli inhibici prostaglandinu (Wallace et al., 2000), která způsobí snížení prokrvení sliznice, a tak nedochází k adekvátnímu odstraňování vodíkových iontů (MacAllister a Sangiah, 1993). Nicméně používání NSAIDs není častou příčinou klinických případů EGUS.

Stresový faktor

V rozvoji EGGD má důležitou roli také stres, který je u koní obtížné kvantifikovat a je závislý na individualitě každého jedince. Může se jednat o sociální stres, stres z odstavu u hříbat, transportní stres či stres v souvislosti s tréninkem a závoděním (Bezděková and Jahn, 2003). Často se také předpokládá, že ideálním prostředím pro koně je ustájení na pastvině ve skupině s ostatními koňmi. Ve skutečnosti však v přírodě neexistují ohraničené pastviny, které by omezovaly pohyb koní, a zvířata se tak mohou vyhýbat stresovým situacím (Visser et al., 2001). Každý kůň má individuální povahu a odlišné behaviorální reakce na různé podněty, navíc ve skupinách koní funguje sociální hierarchie (Stachurska et al., 2021). Sociální kontakt s ostatními koňmi může být pro některé jedince stresující, zejména pro ty, kteří zaujímají nižší postavení v hierarchii. Nestabilní sociální struktury či časté změny ve složení stáda pak mohou zvyšovat agresivitu a vést k častějším konfliktům a zraněním. Proto je doporučeno zajistit stádu dostatečný prostor a možnost sociálního

kontaktu, přičemž je potřeba sledovat, aby sociální struktura byla stabilní a byly minimalizovány konflikty ve stádě (Visser et al., 2001; Stachurska et al., 2021).

Další faktory, jako je počet a variabilita ošetřovatelů nebo trenér, mohou rovněž zvyšovat výskyt EGGD. Bylo prokázáno, že jak trenér, tak počet ošetřovatelů ovlivňují prevalenci EGGD u jezdeckých koní, což naznačuje důležitost pozitivní interakce mezi člověkem a koněm (Mönki et al., 2016).

Diagnostika

Na základě klinických příznaků a odpovědi na léčbu lze předpokládat diagnózu EGUS, ale jedinou možností přímého potvrzení je gastrokopie. Potřeba endoskopu, minimálně dlouhého 2,5 – 3 m, je nevyhnutné pro dosažení a vizualizaci obou částí žaludku — skvamózní (nežláznaté) i glandulární (žláznaté) (Andrews et al., 2002). Tento úkon také navíc umožňuje stanovit grading (závažnost) onemocnění EGUS.

Při hodnocení žaludečních vředů je důležité si uvědomit, že různí hodnotitelé mohou stejný nález posoudit odlišně. U skvamózní části žaludku je systém EGUC poměrně spolehlivý hlavně pokud má hodnotitel zkušenosti (Wise et al., 2021). U žláznaté části je hodnocení méně jednotné, takže přesné určení závažnosti je obtížnější. Proto se doporučuje spíše popisovat vzhled vředů slovy, než je zařazovat do konkrétních stupňů (Sykes et al., 2015), nebo používat upravené hodnoticí verze EGUC systému (Wise et al., 2021).

Histopatologické vyšetření může pomoci při diagnostice EGGD (Murray et al., 2004), ale Crumpton et al. (2015) upozornili, že makroskopický vzhled léze nepredikuje jejich závažnost.

Terapie

Volba terapeutického přístupu záleží na věkové kategorii pacienta, lokalizaci a závažnosti lézí, intenzitě klinických příznaků a finančních možnostech majitele. Jelikož za nejdůležitější patofyziologickou složku ESGD je považována kyselina, je většina antiulcerózní terapie zaměřena na potlačení nebo neutralizaci žaludeční kyseliny (Reed et al., 2010). Cílem terapie je zvýšit pH žaludečního obsahu. K dispozici je několik různých medikamentů zahrnujících inhibitory protonové pumpy, histaminové H2 blokátory, antacida, protektiva žaludeční sliznice (sukralfát) a syntetické analogy prostaglandinu (Bezděková and Jahn, 2003).

Spontánní hojení skvamózních žaludečních ulcerací (ESGD) je vzácné, zejména u koní v tréninku. (Murray et al., 1996). Většina lézí, hlavně u koní zůstávajících v tréninku, vyžaduje právě medikamentózní terapii. Největší uplatnění má lék omeprazol, který je považován za nejúčinnější léčivo. Blokuje tvorbu žaludeční kyseliny a zvyšuje pH žaludku. Existují různé formy podání (orální, intravenózní, intramuskulární), přičemž enterosolventní a dlouhodobě působící formy jsou účinnější (Murray et al., 1997). Blokace samotné produkce kyseliny se ukázalo být účinné, proto se inhibitory protonové pumpy (PPI) jako omeprazol staly léčbou volby. Současná doporučení pro dostihové koně jsou podávat omeprazol brzy ráno, před prvním krmením (Sykes et al., 2015). Léčba ESGD obvykle trvá 2–4 týdny. EGGD však vyžaduje delší terapii (min. 8 týdnů).

Misoprostol (syntetická látka napodobující účinky prostaglandinů) podporuje tvorbu ochranného hlenu a bikarbonátu v žaludku. Ve srovnání s kombinací omeprazolu a sukralfátu byl účinnější jak při hojení, tak při zmírnění poškození glandulární sliznice, přestože také inhibuje sekreci žaludeční kyseliny (Sangiah et al., 1989). Kvůli riziku vyvolání děložních stahů se však nesmí podávat březím ani kojícím klisnám (Buchanan and Andrews, 2003).

Optimalizace welfare - zahrnuje komplexní přístup, který kombinuje úpravu prostředí, krmení, péče a minimalizaci stresu.

Závěr

Syndrom žaludečních vředů u koní (EGUS) představuje komplexní a častý zdravotní problém s významným dopadem na welfare, výkonnost a ekonomiku chovu koní, především u sportovních

a dostihových jedinců. Rozlišení dvou hlavních forem, ESGD a EGGD, odráží rozdílné patofyziologické mechanismy a vyžaduje odlišný přístup v diagnostice i léčbě. Základní prevencí a podpůrnou terapií je vhodná úprava dietního, tréninkového a ustájovacího managementu s cílem minimalizovat expozici žaludeční sliznice kyselinám a redukovat stresové faktory. Farmakologická terapie, zejména s využitím inhibitorů protonové pumpy, představuje efektivní nástroj k léčbě ulcerací, avšak bez komplexního přístupu k péči o jedince a jeho životnímu prostředí koní nelze dosáhnout trvalé remise onemocnění. Včasná diagnostika gastroskopii a cílená úprava managementu jsou proto klíčové pro zlepšení zdravotního stavu, welfare a výkonnosti koní postižených EGUS.

Literatura

- Andrews, F., Bernard, W., Byars, D., Cohen, N., Divers, T., MacAllister, C., Merritt, A., Murray, M., Snyder, J., Vatisas, N. 1999. Recommendations for the diagnosis and treatment of equine gastric ulcer syndrome (EGUS). *Equine Veterinary Education* 11: 262–272.
- Begg, L.M., O’Sullivan, C.B. 2003. The prevalence and distribution of gastric ulceration in 345 racehorses. *Australian Veterinary Journal* 81: 199–201.
- Bell, R.J.W., Kingston, J.K., Mogg, T.D., Perkins, N.R. 2007. The prevalence of gastric ulceration in racehorses in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal* 55: 13–18.
- Bezdekova, B., Jahn, P., Vyskocil, M. 2007. Pathomorphological study on gastroduodenal ulceration in horses: localisation of lesions. *Acta Veterinaria Hungarica* 55: 241–249.
- Disorders of the gastrointestinal system. 2010. In: Reed, S.M., Bayly, W.M., Sellon, D.C. (Eds.): *Equine Internal Medicine*, 3rd ed., Elsevier Inc., pp. 777–845.
- Ehlers, K., Rohn, K., Hünigen, H., Brehm, R., Ohnesorge, B. 2016. Mucosal lesions in the pyloric area – retrospective study on 315 equine patients (2004–2013). *Pferdeheilkunde* 32: 96–102.
- Elfenbein, J.R., Sanchez, L.C. 2012. Prevalence of gastric and duodenal ulceration in 691 nonsurviving foals (1995–2006). *Equine Veterinary Journal* 44: 76–79.
- Hewetson, M., Christley, R.M., Clegg, P.D., Wood, J.L.N., Smith, S. 2017. Diagnostic accuracy of blood sucrose as a screening test for equine gastric ulcer syndrome (EGUS) in adult horses. *Acta Veterinaria Scandinavica* 59: 15.
- Julliand, V., Grimm, P. 2016. Horse species symposium: The microbiome of the horse hindgut: History and current knowledge. *Journal of Animal Science* 94: 2262–2274.
- Lewis, S. 2003. Gastric ulceration in an equine neonate. *The Canadian Veterinary Journal* 44: 420.
- Luthersson, N., Nielsen, K.H., Harris, P., Parkin, T.D.H. 2009. The prevalence and anatomical distribution of equine gastric ulceration syndrome (EGUS) in 201 horses in Denmark. *Equine Veterinary Journal* 41: 619–624.
- Merritt, A.M. 2009. Appeal for proper usage of the term ‘EGUS’: Equine gastric ulcer syndrome. *Equine Veterinary Journal* 41: 616.
- Mönki, J., Hewetson, M., Virtala, A.-M.K. 2016. Risk factors for equine gastric glandular disease: A case-control study in a Finnish referral hospital population. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 30: 1270–1275.
- Murray, M.J., Eichorn, E.S., Friend, C.R., Pelligrini, F. 1989. Gastric ulcers in horses: A comparison of endoscopic findings in horses with and without clinical signs. *Equine Veterinary Journal* 21: 68–72.
- Murray, M.J., Schusser, G.F., Pipers, F.S., Gross, S.J. 1996. Factors associated with gastric lesions in Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal* 28: 368–374.
- Nadeau, J.A., Andrews, F.M., Mathew, A.G., Argenzio, R.A., Blackford, J.T. 2003. Effects of hydrochloric, acetic, butyric, and propionic acids on pathogenesis of ulcers in the nonglandular portion of the stomach of horses. *American Journal of Veterinary Research* 64: 404–412.
- Nappert, G., Vrins, A., Larybyere, M. 1989. Gastroduodenal ulceration in foals. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 5: 338–345.
- Sprayberry, K.A., Robinson, N.E. 2014. *Robinson’s Current Therapy in Equine Medicine*. 7th ed., Elsevier Health Sciences.
- Stachurska, A., Nogaj, J., Wiśniewska, A., Górniak, W., Wójcik, A. 2021. Behavioural and physiological changes in a herd of Arabian mares after the separation of individuals differently ranked within the dominance hierarchy. *Animals* 11: 2694.

- Smyth, G.B., Young, D.W., Hammond, L.S. 1989. Effects of diet and feeding on postprandial serum gastrin and insulin concentrations in adult horses. *Equine Veterinary Journal* 21: 56–59.
- Sykes, B.W., Hewetson, M., Hepburn, R.J., Luthersson, N., Tamzali, Y. 2015. European College of Equine Internal Medicine Consensus Statement – Equine gastric ulcer syndrome in adult horses. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 29: 1288–1299.
- Sykes, B.W., Underwood, C., Greer, R., McGowan, C. 2017. Preliminary investigations into a novel, long-acting, injectable, intramuscular formulation of omeprazole in the horse. *Equine Veterinary Journal* 49: 795–801.
- van den Boom, R. 2022. Equine gastric ulcer syndrome in adult horses. *The Veterinary Journal* 283: 105830.
- Visser, E.K., Van Reenen, C.G., Hopster, H., Schilder, M.B.H., Knaap, J.H., Barneveld, A., Blokhuis, H.J. 2001. Quantifying aspects of young horses' temperament: Consistency of behavioural variables. *Applied Animal Behaviour Science* 74: 241–258.
- Ward, S., Sykes, B.W., Brown, H., Bishop, A., Penaluna, L.A. 2015. A comparison of the prevalence of gastric ulceration in feral and domesticated horses in the UK. *Equine Veterinary Education* 27: 655–657.
- Widenhouse, T.V., Lester, G.D., Merritt, A.M. 2002. Effect of hydrochloric acid, pepsin, or taurocholate on bioelectric properties of gastric squamous mucosa in horses. *American Journal of Veterinary Research* 63: 744–749.
- Zavoshti, F.R., Andrews, F.M. 2017. Therapeutics for equine gastric ulcer syndrome. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 33: 141–162.

MANAGEMENT WELFARE KONÍ PŘI VSTÁVÁNÍ Z CELKOVÉ INHALAČNÍ ANESTEZIE

WELFARE MANAGEMENT OF HORSES DURING RECOVERY FROM GENERAL INHALATION ANESTHESIA

Jana Menšíková*, Radovan Kabeš

Klinika chorob koní, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika
Equine Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno,
Czech Republic

Summary

Recovery from general anesthesia represents one of the most critical phases of anesthetic management in horses. Due to their size, temperament, and anatomy, horses are exposed to a high risk of injury and cardiopulmonary complications when waking up after anesthesia. The goal of proper management is to minimize stress, pain, and the risk of injury, thereby increasing the animal's welfare and, at the same time, improving the overall outcome of the procedure. Key elements of welfare management in this phase include choosing a suitable environment for recovery (e.g., a padded stall), the presence of experienced personnel, adequate medication for a smooth awakening (e.g., sedatives), and potentially using special aids such as a rope recovery system. An individualized risk assessment for each patient is also important, including breed predisposition, age, type of procedure, and overall health status. Modern approaches to welfare consider not only the horse's physical safety but also its psychological well-being throughout the entire perioperative care. The aim of this presentation is to introduce readers and listeners to the risks associated with recovery from general anaesthesia in horses and to present the available management strategies.

Key words: horse, recovery from anesthesia, welfare management, risk of injury

Souhrn

Období zotavení z celkové anestezie představuje jedno z nejkritičtějších fází anesteziologického managementu u koní. Vzhledem k jejich velikosti, temperamentu a anatomii jsou koně při vstávání po anestezii vystaveni vysokému riziku poranění a kardiopulmonálním komplikacím. Cílem správného managementu je minimalizovat stres, bolest a riziko úrazů, čímž se zvyšuje welfare zvířete a zároveň se zvyšuje úspěšnost celého zákroku. Klíčovými prvky welfare managementu v této fázi jsou volba vhodného prostředí pro probouzení (např. polstrovaný box), přítomnost zkušeného personálu, adekvátní medikace pro hladké probuzení (např. sedativa) a případně použití speciálních pomůcek, jako je například systém lanového vstávání (rope recovery system). Důležité je rovněž individuální posouzení rizik u každého pacienta, včetně plemenné predispozice, věku, typu zákroku a celkového zdravotního stavu. Moderní přístupy k welfare zohledňují nejen fyzickou bezpečnost koně, ale i jeho psychickou pohodu během celé perioperační péče. Cílem tohoto příspěvku je přiblížit čtenářům a posluchačům rizika spojená se zotavením z celkové anestezie u koní a představit možnosti jeho managementu.

Klíčová slova: kůň, zotavení z anestezie, management welfare, riziko poranění

Úvod

Zotavení z celkové anestezie může být jednou z nejproblematictějších a nejméně předvídatelnou fází anesteziologického plánu (Clark-Price, 2013). Bidwell et al. (2007) uvádí, že až třicet procent všech perioperačních úmrtí u koní souvisí se závažným poraněním, ke kterým dochází během zotavení z celkové anestezie, a proto je tato fáze považována za kritickou součást celkové anestezie

* mensikovaj@vfu.cz

u koní. Spektrum poranění, která se mohou objevit během fáze probouzení, je široké a zahrnuje jak lehká povrchová poškození (oděrky, lacerace, kontuze), tak i závažná traumatická poranění jako jsou luxace kloubů a fraktury (Wagner, 2008). Mezi další fatální komplikace, které se mohou objevit během rekonvalescence po anestezii patří: myopatie, neuropatie, malacie míchy a respirační obstrukce (Dugdale et al., 2016). Pro minimalizaci komplikací je nutné koně během celé rekonvalescence bedlivě monitorovat, aby bylo možné včas odhalit a řešit případné komplikace (Clark-Price, 2013).

Fáze zotavení

Období zotavení trvá od ukončení anestezie až do okamžiku, kdy se kůň bezpečně postaví a je stabilizovaný (Clark-Price, 2013). Clark-Price (2013) uvádí, že existuje 6 fází recovery u koní. První fází rekonvalescence koně po anestezii je jeho přemístění do vhodného prostoru pro probuzení. Volba polohy a způsob přesunu závisí na velikosti koně a poloze během anestezie. V této fázi lze podávat sedativa nebo analgetika a dle potřeby zajistit ventilaci. Druhá fáze zotavení začíná prvním pohybem koně, což signalizuje návrat vědomí. Tento moment je důležitý pro bezpečnost personálu, který musí být připraven reagovat, například se vzdálit od koně nebo uzavřít zotavovací prostor. Někteří anesteziologové používají tento signál k odstranění endotracheální trubice a podání sedativ (Clark-Price, 2013), která výrazně přispívají ke zkvalitnění průběhu zotavování (Schrimpf et al., 2011). Během třetí fáze zotavení se kůň pokouší přejít do sternální polohy, přičemž dezorientace a svalová slabost mohou vést k nekoordinovaným pohybům. Čtvrtá fáze zotavování nastává při pokusu koně o postavení a pátá fáze začíná okamžikem, kdy se kůň postaví, přičemž ideálně by měl stát klidně, ale u některých jedinců může přetrvávat nestabilita a svalový třes. Závěrečná fáze zotavení nastává ve chvíli, kdy je kůň vyhodnocen jako natolik stabilní, že se může bezpečně vrátit do svého boxu (Clark-Price, 2013).

Rizikové faktory

Mezi rizikové faktory ovlivňující nepříznivý průběh zotavení patří typ provedení zákroku, klasifikace fyzického stavu dle ASA, délka anestezie, věk a hmotnost koně, jeho temperament, výskyt hypotenze či hypoxémie, přítomnost bolesti a také poloha během zákroku (Loomes a Louro, 2022). Chirurgické zákroky dle Young a Taylor (1993) často vyžadují delší dobu anestezie a způsobují intenzivnější pooperační bolest, což může u koní vést k neklidnému chování během rekonvalescence a k předčasným pokusům o vstávání, čímž se zvyšuje riziko ztráty koordinace.

Hypotenze během operace je spojována s delší dobou zotavení, horší kvalitou probuzení a vyšším rizikem myopatie (Loomes, 2024) a bylo prokázáno, že udržování průměrného arteriálního tlaku nad 70 mmHg snižuje její výskyt (Loomes, 2023).

Optimální poloha koně na operačním stole spolu s adekvátním polstrováním hraje klíčovou roli v prevenci postanestetické myopatie a neuropatie (Moreno et al., 2020). Studie uvádí, že zvyšující se věk má negativní vliv na kvalitu rekonvalescence u koní zotavujících se z celkové anestezie (Dugdale et al., 2016; Czupalla a Gerhards, 2013) a podobně u koní s excitabilním temperamentem byla zaznamenána nižší kvalita zotavení ve srovnání s jedinci s klidnějším chováním (Whitehair et al., 1993).

Management zotavení z celkové anestezie

Navzdory rozsáhlému výzkumu nepanuje mezi anesteziology shoda na přístupech, které by jednoznačně zlepšily kvalitu rekonvalescence. Bezpečné probouzení koní z anestezie tak nadále zůstává výzvou (Loomes a Louro, 2022).

Postanestetické prostředí

Kliniky nabízející chirurgické zákroky u koní v celkové injekční či inhalační anestezii musí disponovat odpovídajícím vybavením pro fázi zotavení. Pro bezpečnou rekonvalescenci by měly být k dispozici boxy s polstrovanou podlahou i stěnami. Neexistuje shoda ohledně velikosti, tvaru

ani uspořádání postnarkotizačních boxů. Zotavovací box by měl být navržen tak, aby omezoval rozsah pohybu koně během probouzení, čímž se minimalizuje riziko, že se kůň rozběhne a narazí do stěny, což by mohlo vést k vážnému úrazu. Většinou postačí rozměry kolem $3,6 \times 3,6$ metru. Nejjednodušší je navrhnout zotavovací box ve tvaru čtverce nebo obdélníku. Výhodnější však mohou být osmiboké či kruhové boxy, které minimalizují riziko, že se kůň během zotavení zachytí nebo uvízne v rohu. Silné polstrování, které se přizpůsobí tělu koně, rovnoměrněji rozkládá tělesnou hmotnost a pravděpodobně snižuje výskyt komplikací, jako je myopatie nebo neuropatie (Loomes a Louro, 2022). Dle Whitehair et al. (1993) je dále pro minimalizaci rizika neuropatie nezbytné správně napolohovat nohy koně a zabránit tak stlačení nervů pod vahou těla.

Medikace

Koně mohou být při vědomí a vnímat okolní podněty, přestože jsou stále ovlivněni reziduálními účinky inhalačních anestetik. Podáním sedativ nebo jiných zklidňujících látek během této fáze lze zajistit klidnější průběh vylučování anestetik z organismu, čímž se snižuje riziko nekoordinace, svalové slabosti či excitace při vstávání a zvyšuje se kvalita celého zotavovacího procesu (Santos et al., 2003). McMurphy a Cribb (1989) uvádějí, že koně, kterým byl podáván kyslík, měli během zotavení významně vyšší arteriální parciální tlak kyslíku než ti bez suplementace. Dle výsledků studie (Meier et al., 2024) je hypoxémie během anestezie statisticky významně spojena s horší kvalitou zotavení. Doherty, Valverde a Reed (2006) popisují, že ke snížení otoku nosní sliznice a zprůchodnění dýchacích cest lze použít fenylefrinové kapky do každé nosní dírky.

Metody asistence

Rozhodnutí o použití asistované rekonvalescence závisí na více faktorech a neexistuje jednotný názor na její vhodnost či nejlepší metodu. U zdravých koní po nekomplikovaných zákrocích je často dostačující neasistovaná rekonvalescence, ačkoliv některá pracoviště standardně používají alespoň lana na hlavu a ocas. Asistenci by měli dostat koně s ortopedickými problémy, vážným celkovým stavem, prodlouženou anestézií a starší, vyčerpaní nebo tažní koně. Volba způsobu asistence závisí na zkušenostech týmu, vybavení a zvyklostech pracoviště (Clark-Price, 2013). Mezi asistované metody používané při probouzení koní z anestezie řadí Elmas et al. (2007), Taylor et al. (2005), Ray-Miller et al. (2006), Tidwell et al. (2002), Sullivan et al. (2002) a Clark-Price (2013): manuální podporu personálem, použití závěsných zařízení, vzduchových polštářů, naklápěcích stolů, vodních bazénů pro rekonvalescenci a také asistenci pomocí lan připevněných k hlavě a ocasu.

Driessen (2005) uvádí, že manuální asistence je možná u dobře vychovaných koní, malých koní a hříbat, avšak Clark-Price (2013) tuto metodu nedoporučuje kvůli riziku poranění personálu. Metoda asistence pomocí lan připevněných k hlavě a ocasu patří k nejčastěji používané metodě pro podporu zotavení na klinikách (Kästner, 2010). Tento systém se používá k zajištění stability pacienta, který se začíná zvedat do stoje. Zvyšuje pravděpodobnost dobrého zotavení tím, že pomáhá koni vstát a zabraňuje tvrdým pádům a klopýtání (del Castillo a Matthews, 2005).

-Elmas et al. (2007) doporučuje techniku zotavení pomocí naklápěcího stolu jako jednu z klinicky vhodných a efektivních možností asistované rekonvalescence, a to i přesto, že je náročnější na provedení a rekonvalescence koní může trvat déle ve srovnání s jinými metodami. Průměrná doba zotavení je delší, což zvyšuje šance na lepší koordinaci a snižuje riziko nekoordinovaných pokusů o vstání. Systém je navíc snadno ovladatelný a vyžaduje minimální počet personálu (Elmas et al., 2007).

Použití hydrobazénu je užitečné při zotavování koní z anestezie, zejména u těch s očekávanými komplikacemi. Tato metoda je sice časově a pracně náročnější než běžné probouzení ve stáji, ale snižuje riziko poranění. Závažnou komplikací je otok plic (plicní edém), který se objevil u 17 % koní. K ochraně ran před infekcí se doporučuje jejich pečlivé uzavření kůže kyanoakrylátovým lepidlem a použití tlakových obvazů (Tidwell et al., 2004).

V případě metody rychle se nafukujícího a vyfukujícího polštáře je kůň hluboce ponořen do vzduchem naplněného polštáře a anesteziolog určí kdy bude polštář vyfouknout, na základě svého

klinického posouzení schopnosti koně stát. Použití vzduchového polštáře prodlužuje odpočinek koně po anestezii, což ve výsledku vede k úspěšnějšímu vstání s menším počtem pokusů a lepší koordinací (Ray-Miller et al., 2006).

Závěr

Zotavení koně z celkové anestezie představuje jednu z nejrizikovějších fází celého zákroku, během níž může dojít k vážným, často fatálním komplikacím, jako jsou zranění pohybového aparátu, myopatie a neuropatie. Tyto komplikace jsou ovlivněny řadou faktorů, od typu a délky operace, přes věk a temperament koně, až po intraoperační události, jako je hypotenze a hypoxémie. Pro minimalizaci rizik je klíčový komplexní management, který zahrnuje optimalizaci postanestetického prostředí, pečlivou medikaci a zvážení asistovaných metod zotavení. Přestože nepanuje shoda na jediné nejvhodnější metodě asistence, odborná literatura popisuje řadu účinných technik. Každá z těchto metod má své výhody a nevýhody, a jejich výběr závisí na individuálních potřebách pacienta, typu zákroku a vybavení pracoviště. Bezpečné zotavení koní tak i nadále zůstává výzvou, která vyžaduje nejen hluboké klinické znalosti, ale i neustálou pozornost a schopnost přizpůsobit se specifickým potřebám každého koně.

Literatura

- Bidwell, L.A., Bramlage, L.R., Rood, W.A. 2007. Equine perioperative fatalities associated with general anaesthesia at a private practice—a retrospective case series. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 34: 23-30.
- Castillo, S. del, Matthews, N.S. 2005. How to assemble, apply, and use a head-and-tail rope system for the recovery of the equine anesthetic patient. In: AAEP Annual Convention - Seattle, American Association of Equine Practitioners, pp. 490-493.
- Clark-Price, S.C. 2013. Recovery of horses from anesthesia. *Veterinary Clinics: Equine Practice* 29: 223-242.
- Doherty, T., Valverde, A., Reed, R.A. 2006. Manual of equine anesthesia and analgesia. Blackwell Publishing. Oxford, UK.
- Driessen, B. 2005. Assisted recovery in horses awakening from general anesthesia. *Recent Advances in Anesthetic Management of Large Domestic Animals*: 1-10.
- Dugdale, A.H.A., Obhrai, J., Cripps, P.J. 2016. Twenty years later: a single-centre, repeat retrospective analysis of equine perioperative mortality and investigation of recovery quality. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 43: 171-178.
- Elmas, C.R., Cruz, A.M., Kerr, C.L. 2007. Tilt table recovery of horses after orthopedic surgery: fifty-four cases (1994–2005). *Veterinary Surgery* 36: 252-258.
- Kästner, S.B.R. 2010. How to manage recovery from anaesthesia in the horse—to assist or not to assist. *Pferdeheilkunde* 26: 604-608.
- Loomes, K. 2024. Anaesthesia for colic surgery in horses. *UK-Vet Equine* 8: 76-84.
- Loomes, K. 2023. Intra-operative hypotension in anaesthetised horses. *UK-Vet Equine* 7: 86-93.
- Loomes, K., Louro, L.F. 2022. Recovery of horses from general anaesthesia: a systematic review (2000-2020) of risk factors and influence of interventions during the recovery period. *Equine Veterinary Journal* 54: 201-218.
- McMurphy, R.M., Cribb, P.H. 1989. Alleviation of postanesthetic hypoxemia in the horse. *The Canadian Veterinary Journal* 30: 37.
- Meier, M., Kazmir-Lysak, K., Kälin, I., Torgerson, P.R., Ringer, S.K. 2024. The influence of hypoxaemia, hypotension and hypercapnia (among other factors) on quality of recovery from general anaesthesia in horses. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 51: 135-143.
- Moreno, K.L., Scallan, E.M., Friedeck, W.O., Simon, B.T. 2020. Transient pelvic limb neuropathy following proximal metatarsal and tarsal magnetic resonance imaging in seven horses. *Equine Veterinary Journal* 52: 359-363.
- Ray-Miller, W.M., Hodgson, D.S., McMurphy, R.M., Chapman, P.L. 2006. Comparison of recoveries from anesthesia of horses placed on a rapidly inflating-deflating air pillow or the floor of a padded stall. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 229: 711-716.

- Santos, M., Fuente, M., Garcia-Iturralde, R., Herran, R., Lopez-Sanroman, J., Tendillo, F.J. 2003. Effects of alpha-2 adrenoceptor agonists during recovery from isoflurane anaesthesia in horses. *Equine Veterinary Journal* 35: 170-175.
- Schrimpf, R., Tichy, A., Stanek, C. 2011. Relevance of assisting horses in recovery after general anesthesia for osteosynthesis? *Pferdeheilkunde Equine Medicine* 27: 393-399.
- Sullivan, E.K, Klein, L.V., Richardson, D.W., Ross, M.W., Orsini, J.A., Nunamaker, D.M. 2002. Use of a pool-raft system for recovery of horses from general anesthesia: 393 horses (1984-2000). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 221: 1014-1018.
- Taylor, E.L., Galuppo, L., Steffey, E.P., Scarlett, C.C., Madigan, J.E. 2005. Use of the Anderson Sling suspension system for recovery of horses from general anesthesia. *Veterinary Surgery* 34: 559-564.
- Tidwell, S.A., Schneider, R.K., Ragle, C.A., Weil, A.B., Richter, M.C. 2002. Use of a hydro-pool system to recover horses after general anesthesia: 60 cases. *Veterinary Surgery* 31: 455-461.
- Wagner, A.E. 2008. Complications in equine anesthesia. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 24: 735-752.

AMPUTACE KONČETIN U DROBNÝCH SAVCŮ: RETROSPEKTIVNÍ STUDIE (2017-2024)

LIMB AMPUTATION IN SMALL MAMMALS: A RETROSPECTIVE STUDY (2017–2024)

Michaela Dočekalová¹, Vladimír Jekl^{2,3}, Karel Hauptman,³ Lenka Rozsypalová^{4*}

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Ústav farmakologie a farmacie, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ³ Veterinární klinika Jekl & Hauptman, Česká republika, ⁴ Ústav chovu zvířat, výživy zvířat a biochemie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Department of Pharmacology and Pharmacy, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ³ Jekl and Hauptman Veterinary Clinic, Czech Republic, ⁴ Department of Animal Breeding, Animal Nutrition and Biochemistry, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Limb amputation in small mammals is a surgical procedure, which is typically indicated in cases of severe trauma, infectious complications, or neoplastic processes. The retrospective study analyzed 61 cases of limb amputations performed at a veterinary clinic between 2017 and 2024. Amputations were documented in seven species: rabbit, guinea pig, chinchilla, hamster, rat, degu, and hedgehog. The causes of amputation were evaluated in relation to age, species, amputation site, and husbandry conditions. The most common cause was traumatic injury (62% of cases), followed by severe pododermatitis (26%), while neoplastic conditions accounted for the fewest cases (12%). Rabbits were the most frequently affected species ($n = 27$), with trauma responsible for 81% of amputations in this group. Guinea pigs were the second most affected species ($n = 20$), with pododermatitis, grade 4 being the leading cause (60 % of cases). Traumatic injuries occurred significantly more often in younger animals compared to geriatric individuals ($p < 0.05$), whereas pododermatitis was significantly more prevalent in geriatric patients ($p < 0.01$). In rabbits and chinchillas, pelvic limb amputations were significantly more common than in guinea pigs ($p < 0.05$), where thoracic limb amputations predominated. Preventing limb disorders in small mammals requires a comprehensive approach that includes appropriate bedding, hygiene, safe enclosure design, gentle handling, and early veterinary care. Husbandry conditions should be documented in greater detail within clinical records to facilitate better identification of risk factors and improve preventive strategies.

Key words: amputation, rabbit, guinea pig, trauma, pododermatitis, welfare

Souhrn

Amputace končetin u drobných savců představuje závažný chirurgický zákrok, často nezbytný při těžkých traumatech, pokročilých stupních pododermatitidy či nádorových procesech. Tato studie retrospektivně analyzovala 61 případů amputací provedených v letech 2017-2024. Amputace byla zaznamenána u 7 druhů drobných savců - králík, morče, činčila, křeček, potkan, osmák a ježek. Příčina amputace se analyzovala vzhledem k věku jedince, druhu zvířete, lokalizaci, podmínkám chovu. Dominantní příčinou amputace bylo traumatické poranění (62 % případů), dále pokročilá pododermatitida (26 %) a nejmenší podíl zaujímaly neoplazie (12 %). Amputace byla nejčastěji provedena u králíků ($n=27$), přičemž v 81 % šlo o následky traumatickým poranění. Druhým

* rozsypaloval@vfu.cz

nejčastěji zastoupeným druhem bylo morče ($n=20$), u kterého v 60 % případů byla příčinou pokročilá pododermatitida. Trauma se významně více vyskytovalo u mladých jedinců oproti geriatrickým ($p<0,05$), naopak pododermatitida byla zaznamenána významně častěji u geriatrických pacientů oproti mladým ($p<0,01$). U králíků a činčil výrazně převažovala amputace pánevní končetiny oproti morčatům ($p<0,05$), u kterých převažovala naopak amputace hrudní končetiny. Prevence onemocnění končetin u drobných savců vyžaduje komplexní přístup, který zahrnuje vhodnou podestýlku, pravidelnou hygienu prostředí, bezpečné vybavení klecí, správnou manipulaci a v případě potíží také včasnou návštěvu veterinárního lékaře. Záznamy o chovatelských podmínkách by měly být v klinických databázích vedeny podrobněji, což umožní lépe identifikovat rizikové faktory a zlepšit prevenci.

Klíčová slova: amputace, králik, morče, trauma, pododermatitida, welfare

Úvod

Drobní savci, především králíci a morčata, jsou v posledních letech čím dál častěji chováni jako domácí mazlíčci. S tím souvisí i zvyšující se potřeba kvalitní veterinární péče (Knotek et al., 2017). Onemocnění končetin jako jsou fraktury, pokročilá pododermatitida, nebo nádory způsobují bolest, omezují pohyblivost zvířete a výrazně tak snižují kvalitu života (Bays, 2020). Amputace končetiny může být při řešení takových případů indikovaným, někdy i jediným způsobem záchrany života zvířete. Northrup et al. (2014) analyzoval lékařské záznamy králíků, kteří podstoupili amputaci a uvádí, že ačkoliv většina králíků amputaci dobře tolerovala a většina majitelů byla se zákrokem spokojena, komplikace se vyskytly u více než poloviny zvířat a v některých případech vedly až k eutanazii. Riziko komplikací bylo vyšší u jedinců s vyšší tělesnou hmotností, věkem nebo doprovodným onemocněním. Riziko výskytu ortopedických zdravotních problémů je možné alespoň částečně eliminovat pravidelnými veterinárními prohlídkami a správným chovatelským přístupem (Knotek et al., 2017; Bays, 2020).

Cílem studie bylo retrospektivně analyzovat klinické případy amputací končetin, identifikovat nejčastější příčiny a navrhnout preventivní opatření ke snížení jejich výskytu. Předpokládali jsme, že chovatelské podmínky představují klíčový faktor ovlivňující zdraví a welfare zvířat a hrají zásadní roli v prevenci úrazů a dalších problémů spojených s pohybovým aparátem.

Materiál a metodika

Retrospektivně byly hodnoceny anonymizované klinické záznamy z Veterinární kliniky Jekl a Hauptman v Brně za období 2017–2024. U každého případu byly zaznamenány: věk, druh, výživný stav (body condition score, BCS), údaje o amputaci (rok provedení, příčina, lokalizace a typ amputace, komplikace, doba hospitalizace, počet kontrol po zákroku, výsledek zákroku), chovatelská technologie. Údaje o tělesné kondici byly v kartách pacientů uvedeny jako Body Condition Score (BCS) a hodnota se pohybovala na škále od 1 (velmi špatná kondice) do 5 (obezita). Pacienti byli rozděleni do tří věkových kategorií: mladí (období růstu a vývoje do pohlavní dospělosti), dospělí (od pohlavní dospělosti do začátku senia), geriatrici (tabulka č. 1). Příčiny amputací byly kategorizovány následovně: trauma (fraktury otevřeného i uzavřeného typu, luxace), pododermatitida (pokročilý stupeň 5 a 6) a přítomnost tumoru. Pokročilý stupeň pododermatidy zahrnoval stupeň 5 a 6, kde dochází k výrazné infekci hlubokých tkání, a to kostí, kloubů a šlach, spojených se ztrátou funkce postižené končetiny (Mancinelli et al., 2014).

Data byla statisticky vyhodnocena pomocí statistického softwaru STATISTICA verze 10 (StatSoft Inc., 2011). K posouzení vztahu kategoriálních proměnných (např. příčiny amputace a věkové kategorie) byly použity kontingenční tabulky 2x2, které byly následně analyzovány pomocí Fisherova přesného testu. Dále byl použit nepárový t-test k porovnání průměrných hodnot tělesné kondice mezi dvěma skupinami zvířat (např. zvířata s pododermatitidou a bez pododermatitidy). Výsledky jsou uvedeny ve formátu s hladinou pravděpodobnosti $p < 0,05$.

Tabulka č. 1. Věkové kategorie hodnocených druhů drobných savců

Druh zvířete	Věková kategorie			
	Mladí	Dospělí	Geriatricí	Literatura
Králík	0 – 10 měsíců	10 měsíců – 5 let	od 5 let	(Knotek et al., 2017; Bays, 2020)
Morče	0 – 3 měsíce	3 měsíce – 3 roky	od 3 let	(Knotek et al., 2017; Bays, 2020)
Činčila	0 – 5 měsíců	5 měsíců – 5 let	od 5 let	(Knotek et al., 2017; Bays, 2020)
Potkan	0 – 3 měsíce	3 měsíce – 2,5 roku	od 2,5 roku	(Knotek et al., 2017; Başbuğ, 2023;)
Osmák	0 – 3 měsíců	3 měsíců – 3,5 let	od 3,5 roku	(Jekl et al., 2011; Knotek et al., 2017)
Křeček	0 – 2 měsíců	2 měsíců – 2,5 roku	od 2,5 roku	(Knotek et al., 2017; Reavill and Imai, 2020)
Ježek	0 – 8 měsíců	8 měsíců – 3 roky	od 3 let	(Knotek et al., 2017; Johnson, 2020)

Výsledky a diskuze

Od října 2017 do konce října 2024 bylo řešeno celkem 61 případů amputací končetin u drobných savců. Nejvyšší zastoupení v souboru tvořili králíci ($n = 27$), dále morčata (20), činčily (5), křečci (4) a osmáci (3). Nejmenší četnost byla zaznamenána u ježka a potkana ($n = 1$).

Počet provedených amputací měl v čase rostoucí trend, s nejvyšším počty případů v roce 2020 ($n=10$) a 2022 ($n=11$). To lze pravděpodobně přičíst rostoucímu povědomí chovatelů o možnosti amputace a lepší informovanosti o nutnosti včasného řešení onemocnění končetin, tak postupnému nárůstu referovaných případů na veterinární kliniku.

Amputace končetin u drobných savců byla indikována v případech závažného poškození měkkých tkání, komplikovaných traumat a fraktur neumožňujících stabilizaci končetiny konzervativními či chirurgickými metodami, nebo při přítomnosti neoplastických změn. Dominantní příčinou amputace bylo traumatické poranění (62 % případů), dále pokročilá pododermatitida (26 %) a nejmenší podíl mezi příčinami zaujímal nádorové příčiny (12 %).

Traumatická poranění zahrnovala fraktury, luxace a další mechanická poškození končetin. Nejčastějšími příčinami byly pády, nevhodná manipulace, napadení jiným zvířetem či zachycení končetiny v mřížích klece. Byly zaznamenány případy otevřených nebo tříštivých fraktur, dislokací a ischemických nekrotizací měkkých tkání.

Další kategorií byla pododermatitida – chronické dermatologické onemocnění, při němž dochází ke vzniku zánětlivých lézí v oblasti plantární nebo palmární části končetin. V pokročilých stádiích (stupeň 5 a 6) se mohou rozvinout hluboké ulcerace, artritida, osteomyelitida nebo nekróza prstů. Amputace byla indikována v případech, kdy léčba nepřinesla terapeutický efekt, nebo při systémovém ohrožení organismu v důsledku sekundární infekce.

Do kategorie patologických útvarů (neoplazie) byly zařazeny zejména kostní tumory, např. osteosarkomy, které vedly k destrukci skeletální tkáně nebo závažně ohrožovaly celkový zdravotní stav zvířete.

Vzhledem k druhu zvířete, byla amputace nejčastěji provedena u králíka ($n = 27$), přičemž v 81 % šlo o následky traumatického poranění, což bylo významně více v porovnání s morčaty ($p < 0,01$). Druhým nejčastěji zastoupeným druhem bylo morče ($n = 20$), u kterého tvořila pododermatitida 60

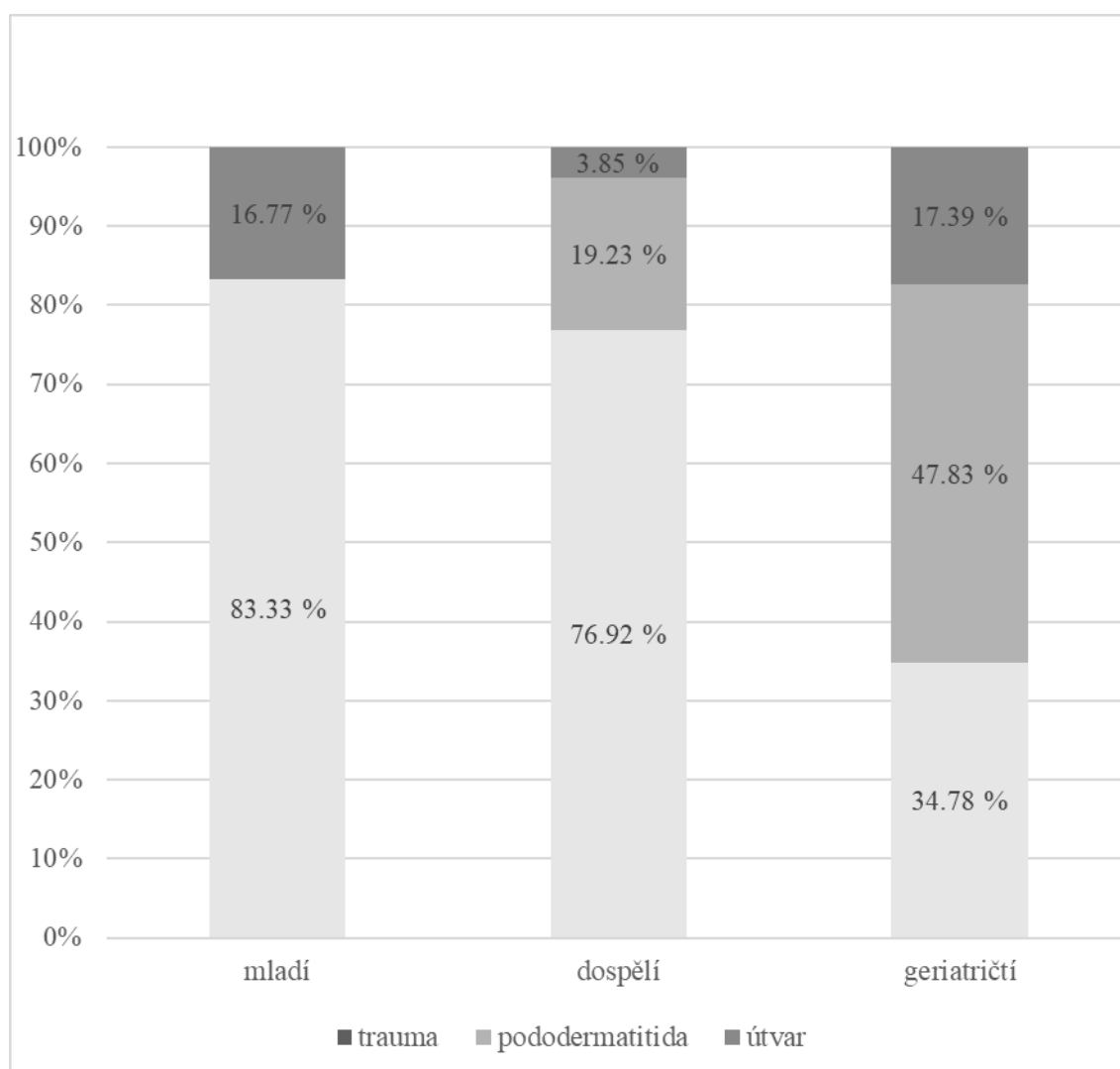
% případů, což byl významně vyšší počet případů oproti králíkům ($p < 0,01$). Ostatní druhy – činchila, potkan, osmák, ježek a křeček – byly zastoupeny v nižší míře (1 – 5 případů), přičemž nejčastější etiologií bylo trauma končetiny. U osmáka byl zaznamenán případ otevřené fraktury holenní kosti v důsledku pádu. U křečků byla ve dvou případech příčinou zlomenina a ve dvou neoplazie. U potkana byla amputace z důvodu pokročilé pododermatitidy a u ježka byl příčinou neoplazie končetiny.

Amputace byly zaznamenány ve všech věkových kategoriích zvířat (graf č. 1). Trauma se významně více vyskytovalo u mladých jedinců oproti geriatrickým ($p < 0,05$). To potvrdili také Sanchez-Migallon and Kapatkin (2021), kteří uvádí, že traumatická poranění jsou častější u mladších a dospělých aktivních zvířat, často jako důsledek pádů nebo nevhodného zacházení.

Pododermatitida byla zaznamenána významně častěji u geriatrických pacientů oproti mladým ($p < 0,01$). Výskyt pododermatitidy výhradně u dospělých a geriatrických zvířat může souviset s dlouhodobým působením nevhodných podmínek chovu, nebo sníženou mobilitou starších, či nemocných zvířat. Pododermatitida u králíků vzniká postupně, objevuje se zejména v důsledku dlouhodobého chovu na nevhodném podkladu (Lenox 2010).

Nádorová onemocnění byla zaznamenána napříč všemi věkovými skupinami, s vyšší incidencí u mladých a geriatrických jedinců. Bertram et al. (2024) zdůrazňuje, že s přibývajícím věkem výrazně roste pravděpodobnost nádorů zejména u geriatrických pacientů.

Graf. č. 1. Procentuální zastoupení příčin amputací u jednotlivých věkových kategorií

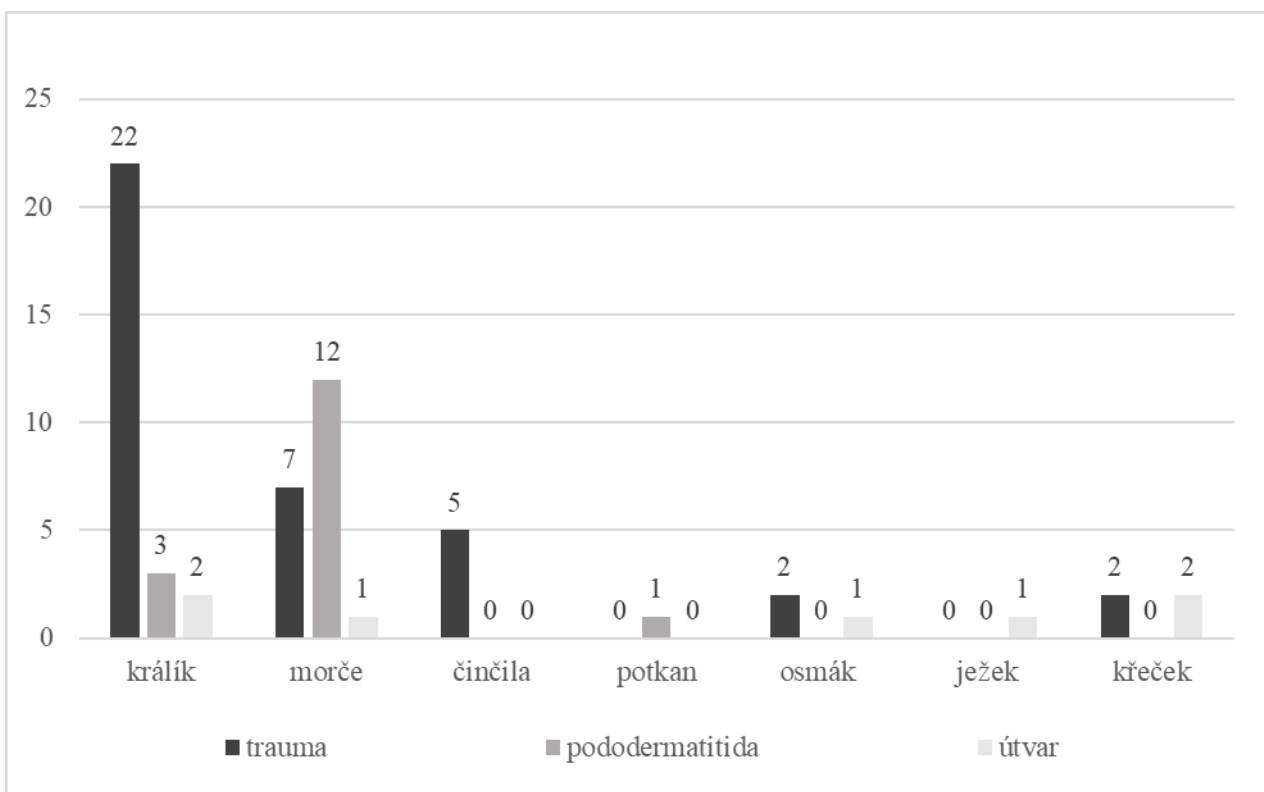


Věk zvířete může hrát důležitou roli při rozhodování o amputaci a prognóze, nicméně rozhodující je vždy celkový zdravotní stav a kondice pacienta (Edell et al., 2022).

S ohledem na druh a věk zvířete bylo u králíků nejčastější příčinou amputace trauma, a to napříč všemi věkovými kategoriemi. U mladých jedinců šlo výhradně o traumatické příčiny, což souvisí s vyšší motorickou aktivitou a rizikem mechanických poranění. V dospělosti se kromě traumatu uplatňují i pododermatitidy a patologické útvary (tabulka č. 2).

Tyto výsledky poukazují na změnu etiologie amputací v závislosti na věku. Zatímco u mladých zvířat dominují akutní traumatické příčiny, u starších jedinců narůstá význam chronických onemocnění měkkých i tvrdých tkání. To je v souladu s literárními poznatky, které uvádí, že u drobných savců s věkem přibývají zdravotní komplikace, včetně poruch imunity a degenerativních změn (Hocker et al., 2017; Bays, 2020).

Graf č. 2. Příčina provedených amputací u jednotlivých druhů drobných savců



U morčat bylo spektrum příčin amputací ovlivněno věkem (tabulka č. 2). U mláďat dominovalo trauma. U dospělých byly trauma i pododermatitida zastoupeny shodně (50 %). U geriatrických jedinců převažovala pododermatitida (75 %) a trauma bylo zastoupeno v 17 % případů. Novotvary byly zaznamenány pouze u geriatrických zvířat (8 %), což odpovídá vyšší incidenci nádorových onemocnění u starších savců (Van Praag, 2018; Bertram et al., 2024).

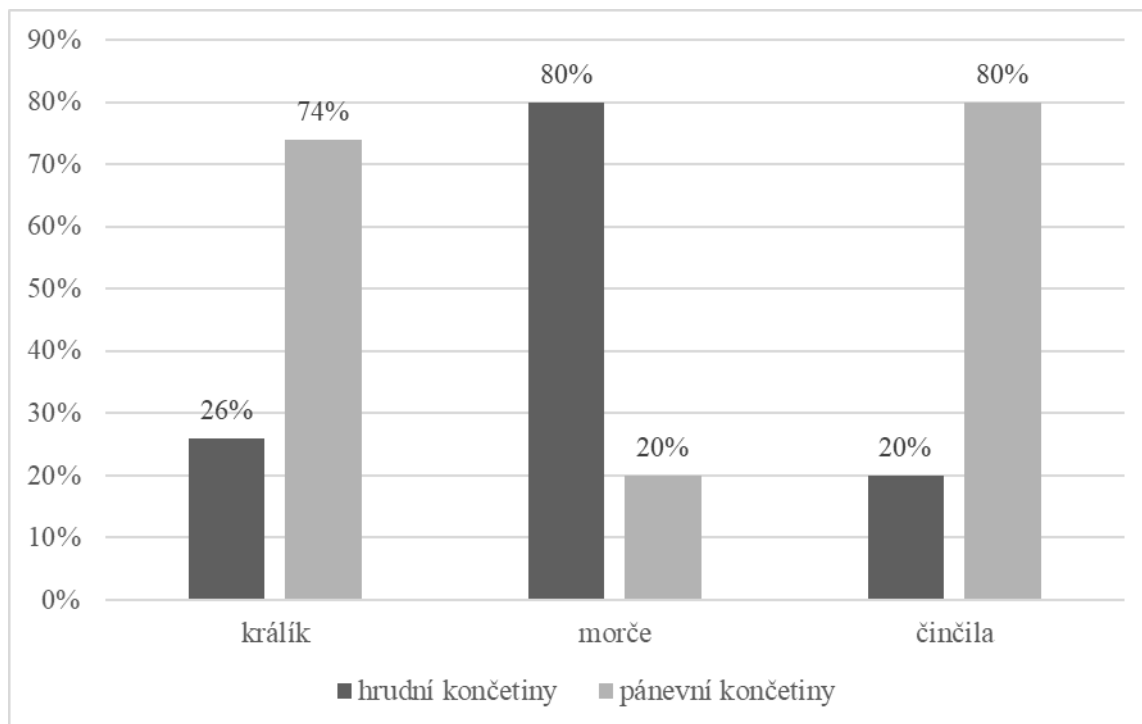
Důvodem vysoké incidence traumat v mladém věku může být zvýšená aktivita morčat, nebo nebezpečí pádů a mechanických zranění při neopatrné manipulaci (Miles, 2021). Z analýzy dostupných dat vyplývá, že nejvíce amputací podstoupila morčata v geriatrickém věku z důvodu pokročilé pododermatitidy. Starší morčata jsou náchylnější ke vzniku otlaků z důvodu snížené pohyblivosti, přítomnosti osteoartritidy kolenních kloubů a vyšší tělesné hmotnosti, což zvyšuje tlak na končetiny a podporuje vznik patologických změn (Van Praag, 2018). V klinické studii u 1000 morčat byla popsána fraktura končetiny u 7 zvířat (0,7 %) a pododermatitida u 30 zvířat (3%) (Minarikova et al., 2015), což souhlasí s vyšší incidencí amputací u problémů postihující distální části končetiny zjištěné v této studii. U geriatrických pacientů bylo navíc zastoupené nádorové

onemocnění, což obecně odpovídá biologické predispozici k novotvarům ve vyšším věku (Bertram et al., 2024).

Tabulka č. 2. Distribuce příčin amputací u králíků a morčat dle věkových kategorií

Druh zvířete	Věková kategorie	Trauma (%)	Pododermatitida (%)	Neoplazie (%)	Celkový počet zvířat
Králík	Mladí	100	0	0	5
	Dospělí	86	7	7	14
	Geriatricí	63	25	12	8
Morče	Mladí	100	0	0	2
	Dospělí	50	50	0	6
	Geriatricí	17	75	8	12

Graf č. 3. Lokalizace amputací u králíka, morčete a činčily



Lokalizace amputací se lišila mezi druhy. U králíků a činčil výrazně převažovala amputace pánevní končetiny oproti morčatům ($p < 0,05$), zatímco u morčat naopak amputace hrudní končetiny.

Tyto rozdíly mezi druhy mohou být ovlivněny anatomii a pohybovými návyky zvířat. Králíci při pohybu více zatěžují pánevní končetiny, což by mohlo vysvětlovat jejich častější postižení způsobeno traumatem a korespondovat s jejich náchylností ke zlomeninám pánevních končetin, protože mají křehčí kosti kvůli vyššímu podílu minerálů (Miwa and Carrasco, 2019). Hetterich et al. (2023) na základě zkušeností z veterinární praxe uvádí, že u králíků dochází nejčastěji ke zlomeninám dlouhých kostí (zlomeniny kosti holenní, stehenní a vřetenní), přičemž zlomeniny v oblasti pánevních končetin jsou dvakrát častější než v oblasti hrudních končetin. Podobně Northrup et al. (2014) zaznamenal při hodnocení klinických případů, že 28 králíků podstoupilo amputaci pánevních končetin a šest amputaci hrudních končetin.

U morčat se vyšší počet amputací hrudní končetiny vázal především na výskyt pododermatitidy. U činčil dominovala traumata pánevních končetin, což souvisí s jejich přirozeným chováním – skákáním a šplháním – při kterém jsou tyto končetiny více zatěžovány (Miwa and Carrasco, 2019). Lokalizace amputace končetiny se odvíjela od typu a rozsahu poškození končetiny. Při zlomeninách byla amputována končetina v distální části femuru nebo humeru. U pokročilé pododermatitidy, která postihuje prsty a distální části končetiny se přistoupilo k amputaci postiženého prstu, nebo distální části femuru nebo humeru. V případě patologických útvarů byla volena amputace celé končetiny s cílem minimalizovat riziko lokální recidivy nebo systémového šíření patologického procesu.

Z výsledků šetření i záznamů v databázi klinických případů vyplynulo, že technologické podmínky chovu měly přímý vliv na zdraví končetin drobných savců.

Konkrétní případy ukázaly, že nevhodné vybavení ubikací, jako jsou drátěné mříže, ostré hrany nebo mezery, představují významné riziko. Například v několika případech došlo k zaseknutí končetiny v mříži klece, což vedlo k vážnému poranění a následné amputaci. Jeden z chovatelů činčil popsal případ amputace hrudní končetiny po traumatu, přičemž zvíře se po zákroku dobře adaptovalo. Naopak při amputaci pánevní končetiny činčila vykazovala výrazné potíže s pohybem, což ukazuje na rozdílný význam jednotlivých končetin pro daný druh.

S pododermatitidou se nejčastěji setkávaly chovatelé králíků a morčat. Je prokázáno, že k pododermatitidě jsou náchylnější velká plemena králíků a králíci, kterým chybí protektivní srst na plantární a palmární ploše, mezi které plemeno Rex patří (Mancinelli et al., 2014).

Závažným problémem se ukázala být i manipulace se zvířaty. V několika případech došlo k poranění končetin v důsledku nesprávného zacházení, například při odchytu nebo běžné péči. Zvláště rizikové byly situace, kdy se o zvířata starala jiná osoba během nepřítomnosti majitele. V jednom případě byla u křečka zaznamenána spontánní autoamputace traumatizované končetiny před poskytnutím veterinární péče. Zvíře však nadále vykazovalo uspokojivou adaptaci a nebyly pozorovány výrazné poruchy mobility.

Literatura potvrzuje, že podmínky chovu mají zásadní vliv na zdraví končetin (Grant, 2015; Knotek et al., 2017). Masthoff and Hoy (2019) upozorňují na riziko pododermatitidy u zvířat chovaných na drátěných podlahách. Rosell a Fuente (2013) prokázali, že u králíků chovaných v klecích s roštovou podlahou se výskyt pododermatitidy snížil z 14 % na 5 %, pokud byla do klece přidána odpočinková plošina. Brown a Donnelly (2008) zjistili, že morčata chovaná na tvrdých plastových podlahách bez měkké podestýlky mají vyšší riziko rozvoje pododermatitidy. Mancinelli (2014) doporučuje jako nejvhodnější podestýlku seno, které je měkké, poddajné a dobře rozkládá tlak.

Z výše uvedeného vyplývá, že prevence onemocnění končetin u drobných savců vyžaduje komplexní přístup, který zahrnuje vhodnou volbu podestýlky, pravidelnou hygienu prostředí, bezpečné vybavení ubikací, správnou manipulaci a individuální přístup ke každému zvířeti. Záznamy o chovatelských podmínkách by měly být v klinických databázích vedeny podrobněji, aby bylo možné lépe identifikovat rizikové faktory a zlepšit prevenci v budoucnosti.

Závěr

Amputace končetin u drobných savců je nejčastěji indikována při traumatech a významnou roli hrají podmínky chovu a celkový zdravotní stav jedince. Výsledky naznačují, že řadě těchto případů by bylo možné předejít vhodnou podestýlkou, hygienou, pravidelným pohybem a kontrolou hmotnosti. Včasná diagnostika a edukace chovatelů jsou zásadní pro snížení incidence onemocnění končetin.

Literatura

- Başbuğan, Y., Yuksek, N., Kömüroğlu, A.U., Okman, E.N., Özdek, U. 2023. Some renal marker levels in geriatric rats. *Van Veterinary Journal* 34: 213-218.
- Bays, T.B. 2020. Geriatric care of rabbits, guinea pigs, and chinchillas. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 23: 567-593.

- Bertram, C.A., Donovan, T.A., Bertram, B., Sabara, J., Klopffleisch, R. 2024. Neoplasia in pet guinea pigs: a retrospective analysis of 2,474 autopsy examinations. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 37: 94-103.
- Brown, C., Donnelly, T.M. 2008. Treatment of pododermatitis in the guinea pig. *Laboratory Animal* 37: 156-157.
- Coufalová, S. 2018. Pododermatitida a dermatitida u králíka. *Veterinářství* 68: 256-258.
- Edell, A.S., Vella, D.G., Sheen, J.C., Carotenuto, S.E., Mckee, T., Bergman, P.J. 2022. Retrospective analysis of risk factors, clinical features, and prognostic indicators for urolithiasis in guinea pigs: 158 cases (2009-2019). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 260: 95-100.
- Grant, D. 2015. Guinea pig pododermatitis (bumblefoot, sore hocks) [online]. [vid. 16. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.veterinary-practice.com/article/guinea-pig-pododermatitis-bumblefoot-sore-hocks>
- Hetterich, J., Joos, D., Beyerbach, M., Cigler, P., Hackenbroich, Ch., Hatt, J., Müller, K., Thöle, M., Fehr, M., Reuschel, M. 2023. Treatment options, complications and long-term outcomes for limb fractures in pet rabbits. *Veterinary Record* 192: e2344.
- Hocker, S.E., Eshar, D., Wouda, R.M. 2017. Rodent oncology: diseases, diagnostics, and therapeutics. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 20:111-134.
- Jekl, V., Hauptman, K., Jeklová, E., Knotek, Z. 2011. Selected haematological and plasma chemistry parameters in juvenile and adult degus (*Octodon degus*). *Veterinary Record* 169: 71.
- Johnson, D.H. 2020. Geriatric hedgehogs. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 23: 615-637.
- Knotek, Z., Hauptman, K., Chloupek, P., Jekl, V., Knotková, Z., Kohútová, S., Mináriková, A., Stehlík, L. 2017. Nemoci zvířat zájmových chovů: drobní savci. 1st ed. Profi Press s. r. o. Praha, CZ.
- Lennox, A.M. 2010. Care of the geriatric rabbit. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 13: 123-133.
- Mancinelli, E., Keeble E., Richardson, J., Hedley, J. 2014. Husbandry risk factors associated with hock pododermatitis in UK pet rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Veterinary Record* 174: 429.
- Masthoff, T., Hoy, S. 2019. Investigations on the influence of floor design on dirtiness and foot pad lesions in growing rabbits. *Animals* 9: 354.
- Minarikova, A., Hauptman, K., Jeklova, E., Knotek, Z., Jekl, V. 2015. Diseases in pet guinea pigs: a retrospective study in 1000 animals. *Veterinary Record* 177: 200
- Miles, S. 2021. Forelimb amputation in a guinea pig with osteomyelitis. *Veterinary Practise Today* 1: 1-3.
- Miwa, Y., Carrasco, D.C. 2019. Exotic mammal orthopedics. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practise* 22: 175-210.
- Northrup, N.C., Barron, G.H.W. Aldridge, Ch.F., Powers, L.V., Greenacre, Ch.B., Hutcheson, J.D. Morrissey, J.K. 2014. Outcome for client-owned domestic rabbits undergoing limb amputation: 34 cases (2000–2009). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 244: 950-955.
- Reavill, D.R., Imai, D.M. 2020. Pathology of diseases of geriatric exotic mammals. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 23: 651-684.
- Rosell, J.M., De La Fuente, L.F. 2018. Mastitis on rabbit farms: prevalence and risk factors. *Animals* 8: 98.
- Van Praag, E. 2014. Pododermatitis, a difficult problem in rabbits [online]. [vid. 16. 6. 2025]. Dostupné z: https://www.medirabbit.com/EN/Skin_diseases/Mechanical/Pod/Pododerma_fr.pdf

CHOV A VYUŽITÍ MORČAT V ČESKÉ REPUBLICE BREEDING AND USE OF GUINEA PIGS IN CZECH REPUBLIC

Natálie Kytnerová*, Ivana Gardiánová

Demonstrační a experimentální pracoviště – stáj, FAPPZ ČZU v Praze, Česká republika
Demonstrational and Experimental Workplace, Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural
Resources, Czech University of Life Sciences in Prague, Czech Republic

Summary

The aim of this study was to map and evaluate the current conditions of guinea pig (Cavia aperea f. porcellus, Linné 1758) breeding in the Czech Republic. The focus of the work was on their use, composition of breeding groups, feed rations, breeding technology and use of enrichment, but also the demography of breeders. For the preparation of the paper, the method of content analysis of professional documents and a questionnaire survey were used to map the level of knowledge and experience of the respondents with breeding and utilization of guinea pigs. The survey included respondents with current or past experience with guinea pig breeding, either in hobby, show or other purpose breeding. The results showed that the most common purpose of breeding is hobby breeding (pet breeding), with most respondents breeding guinea pigs in groups and providing basic forms of environmental enrichment. Hay, pellets and fresh vegetables are the most represented feeds. Enrichment is actively used by approximately three-quarters of respondents. There was a wide age and educational spectrum among the keepers, with women forming a significant majority. These results provide an up-to-date overview of guinea pig husbandry practices in the Czech Republic. The paper can serve as a basis for further professional discussion in the field of small mammal welfare and as a starting material for the proposal of recommendations concerning standards of guinea pig breeding in the pet sector.

Key words: Guinea pig, breeding, use of, enrichment

Souhrn

Cílem této práce bylo zmapovat a zhodnotit současné podmínky chovu morčat (Cavia aperea f. porcellus, Linné 1758) v České republice. Zaměření práce bylo na jejich využití, složení chovných skupin, krmné dávky, technologii chovu a využití enrichmentu, ale také demografie chovatelů. Pro zpracování článku byla použita metoda obsahové analýzy odborných dokumentů a dotazníkové šetření, které mapovalo úroveň znalostí a zkušeností respondentů s chovem a využitím morčat. Do šetření byli zařazeni respondenti s aktuální nebo minulou zkušeností s chovem morčat, a to v zájmovém, výstavním či jiném účelovém chovu. Z výsledků vyplynulo, že nejčastějším účelem chovu je zájmový chov (tzv. pet chov), přičemž většina respondentů chová morčata ve skupinách a poskytuje jim základní formy obohacení prostředí. Nejvíce zastoupeným krmivem je seno, granule a čerstvá zelenina. Enrichment aktivně využívá přibližně tři čtvrtiny respondentů. Mezi chovateli se vyskytovalo široké věkové i vzdělanostní spektrum, přičemž ženy tvořily výraznou většinu. Tyto výsledky poskytují aktuální přehled o praxi chovu morčat v České republice. Článek může sloužit jako podklad pro další diskusi v oblasti welfare drobných savců a jako výchozí materiál pro návrh doporučení týkajících se standardů chovu morčat v zájmovém sektoru.

Klíčová slova: morče, chov, využití, enrichment

Úvod

Morče domácí (Cavia aperea f. porcellus) se v současnosti těší rostoucí oblibě nejen v rámci zájmových chovů. Tento trend je způsoben především jeho relativní nenáročností na chov, nízkou

* kytnerova.natalie@gmail.com

pořizovací cenou, přátelskou povahou, dobrou dostupností a širokou variabilitou v rámci barev a plemen. Z hlediska welfare je zásadní jak technologie ustájení, tak složení skupiny, obohacení prostředí či způsob interakce se zvířetem. Jak uvádí Elsbacher et al. (2025), technologie chovu významně ovlivňuje chování a celkovou pohodu morčat chovaných ve skupině. Výsledky studie Brewer et al. (2014) navíc ukazují, že obohacené prostředí zvyšuje míru pohybu a sociálních interakcí u morčat, aniž by negativně ovlivňovalo hladinu stresu. Význam těchto faktorů potvrzuje i Minariková et al. (2015), která ve své studii poukazuje na častý výskyt onemocnění spojený s nevhodným ustájením a výživou. Také mezinárodní studie (Cameron et al., 2022) upozorňují na rozpor mezi doporučenými standardy a reálnou praxí drobných chovatelů, zejména v oblasti velikosti klecí a sociálních potřeb zvířat. Organizace NC3Rs (2020) proto doporučuje specifické prvky obohacení, jako jsou skryše, žvýkací materiály nebo členité prostředí.

Zájem o využití morčat roste i mimo běžný (tzv. pet) chov. Jedná se například o využití v rámci edukace nebo zooterapie (O'Haire et al., 2014), kde se klade důraz na jejich klidné chování a relativně nízkou míru stresových reakcí. Přestože existuje řada zahraničních studií zaměřených na welfare nebo terapeutické využití morčat, v českém prostředí dosud chybí komplexnější pohled na podmínky a způsoby jejich chovu, stejně jako na demografii samotných chovatelů.

Materiál a metodika

V rámci rešeršní části práce byla použita metoda cíleného vyhledávání odborných a vědeckých zdrojů zabývajících se chovem a využitím morčat (*Cavia aperea f. porcellus*) v zájmovém chovu a v oblasti zooterapií. Informace byly vyhledávány ve vědeckých databázích a otevřených publikačních platformách, jako jsou PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, ResearchGate atd. pomocí klíčových slov „guinea pig“, „breeding“, „welfare“, „husbandry“, „use“, atd. s využitím Booleovského operátoru „and“.

Pro část věnovanou praxi chovu v České republice byla data získána pomocí dotazníkového šetření, které bylo realizováno prostřednictvím online formuláře (Google Forms). Dotazník byl šířen zejména v tématických skupinách na sociálních sítích a fórech zaměřených na drobné savce a morčata. Účastníky byli chovatelé různého věku a vzdělání, kteří měli aktuální nebo minulou zkušenost s chovem morčat v rámci zájmového, výstavního či jiného účelového chovu. Zúčastnilo se celkem 195 respondentů napříč Českou republikou.

Výsledky a diskuse

1. Demografický profil

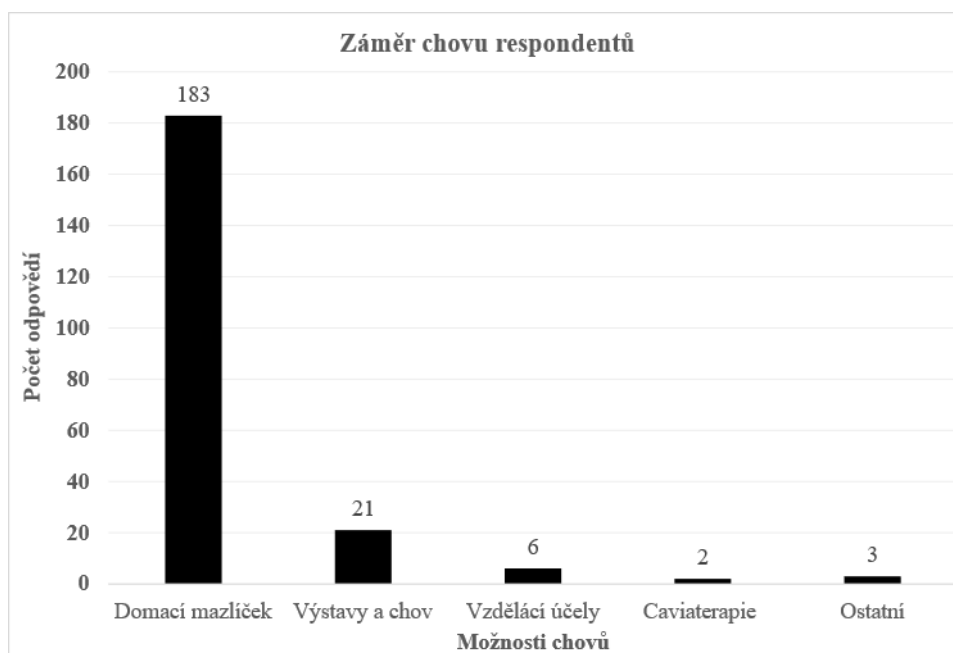
Z 195 respondentů bylo 92,8 % žen a 7,2 % mužů. Nejčastější věkovou skupinou byli respondenti ve věku 40–49 let (30,8 %), následovaní věkovými kategoriemi 30–39 let (28,2 %) a 20–29 let (25,1 %). Menší zastoupení měly věkové skupiny 50–59 let (8,2 %), 15–19 let (5,6 %) a 60–69 let (1,5 %). Respondenti mladší 14 let tvořili 0,5 % a žádný respondent nebyl ve věku 70 let a více.

Nejvíce uváděným nejvyšším dosaženým vzděláním respondentů bylo vysokoškolské (36,9 %), následované středoškolským vzděláním s maturitou (35,9 %) a vyšším odborným vzděláním (9,7 %). Dále bylo zastoupeno odborné učiliště bez maturity (7,7 %), základní vzdělání (6,7 %) a odborné učiliště s maturitou (3,1 %).

Nejvíce respondentů uvedlo, že se chovu morčat věnují 1–5 let (36,9 %). Následovaly skupiny s délkou praxe více než 10 let (29,2 %) a 5–10 let (25,6 %). Pouze 8,2 % účastníků uvedlo, že se chovu věnují méně než jeden rok.

2. Způsob a účel chovu

Jak lze vidět na Grafu č. 1, nejčastějším účelem chovu morčat mezi dotázanými je zájmový chov ($n = 183$). Následovaným chovem v chovatelských stanicích s účastí na výstavách ($n = 21$). Respondenti dále uváděli také vzdělávací účely ($n = 6$), caviaterapii ($n = 2$) či jiné důvody ($n = 3$). Tento trend potvrzuje i studie Elsbacher et al. (2025), která se zabývá chovem drobných savců v Evropě.

Graf č. 1. Záměr chovu respondentů

Nejčastěji byli preferováni jedinci hladkosrstých plemen ($n = 104$), následováni chovateli bez jednoznačné preference ($n = 51$), případně s důrazem na povahu zvířat. Dále byli uváděni jedinci rozetových ($n = 32$), dlouhosrstých ($n = 30$), drsnosrstých ($n = 28$), bezsrstých plemen ($n = 9$) a masných Cuy plemen ($n = 2$). V odpovědích se rovněž objevovaly kombinace více plemen, případně plemena konkrétně zaměřená na chovatelské cíle nebo estetické preference.

Nejčastěji respondenti chovali 2–5 morčat (76,4 %), menší část pak 6–10 zvířat (7,7 %) nebo více než 20 (6,7 %). Pouze 5,1 % chovalo jedno morče a 4,1 % uvádělo 10–20 jedinců.

Nejčastějším složením chovné skupiny byla skupina samic ($n = 80$), následovaná skupinou samců ($n = 62$) a skupinami samic s jedním samcem ($n = 44$), často kastrovaným. Objevily se i menší skupiny s jedním jedincem nebo s kombinacemi pohlaví pro správné welfare morčat.

3. Ustájení a péče

Technologie chovu nejčastěji zahrnovala ubikace klecového typu ($n = 119$) a výběh ($n = 97$). Významná část chovatelů využívá také ubikace na míru ($n = 60$). Mezi další záznamy patřily králíkárně, kombinované systémy propojených klecí, nebo alternativní řešení jako prostor pod postelí, či volný pohyb v místnosti.

Nejčastěji byla využívána podestýlka z hoblin ($n = 115$), následovaná fleecovými podložkami ($n = 93$) a buničitou podestýlkou (např. Asan, $n = 51$). Dále byly uváděny peletky, konopné, lněné či kukuřičné podestýlky, sláma. Dřevěná štěpka, nebo kombinace podkladových textilií (např. ručníků, koberečků) s vrchní vrstvou. Někteří chovatelé uvedli i využití veterinárních podložek (Vetbed, Abrisoft) či steliva pro kočky.

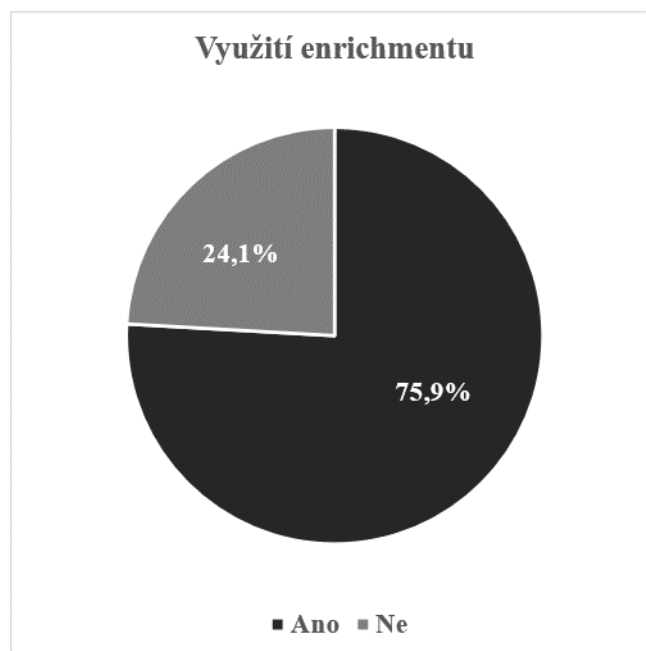
Chovné prostory nejčastěji obsahovaly misky na potravu ($n = 184$), napáječky ($n = 179$), jesličky na seno ($n = 149$), pelišky ($n = 131$) a domečky ($n = 126$). Dále se vyskytovalo vybavení jako prolézačky, rampy, závěsné prvky (hamaky) a textilní přístřešky. V některých případech bylo uváděno i víceúrovňové uspořádání prostoru (patra).

Základem krmné dávky u naprosté většiny chovatelů bylo seno ($n = 194$), komerčně vyráběné granule ($n = 188$) a čerstvá zelenina ($n = 187$). Čerstvá zelenina byla uváděna velmi často, přestože podle Harrup a Rooney (2020) může její nadměrný příjem přispívat ke vzniku zdravotních potíží. Významné zastoupení měly také byliny ($n = 153$) a možnost pastvy ($n = 98$). Někteří respondenti zmiňovali také vlastní výrobu pamlsků, sezónní přístup k čerstvému krmení nebo specifické formy doplňků (větvíčky ovocných stromů, minerální kameny aj.).

4. Enrichment

Z Graf č. 2 je patrné, že enrichment v chovu aktivně využívá více než 75 % chovatelů, zatímco necelých 25 % respondentů uvedlo, že jej nevyužívají, což může negativně ovlivnit pohodu morčat, jak uvádějí Brewer et al. (2014).

Graf č. 2. Využití enrichmentu



Z obohacujících prvků prostředí dominoval sociální enrichment ($n = 128$), zahrnující soužití více jedinců a interakce s chovatelem. Významně byl zastoupen rovněž strukturní enrichment ($n = 127$) – tedy předměty určené k prozkoumávání (domečky, mostky, hamaky, patra). Častý byl také potravní enrichment ($n = 91$), zahrnující např. tunely ze sena, zavěšené pamlsky či ukrývání potravy. Smyslové ($n = 32$) a kognitivní ($n = 21$) obohacení byla zastoupena méně často. Někteří chovatelé enrichment nevyužívají ($n = 20$).

5. Povědomí o zooterapii s morčaty

Více než polovina respondentů (56,4 %) uvedla, že se s pojmem caviaterapie dosud nesetkala. Přibližně 42,1 % o ní ví, ale tuto formu zooterapie sami neprovozují. Aktivně se caviaterapii věnuje pouze 1,5 % dotázaných. Přitom studie Gut et al. (2018) dokládá, že morčata jsou v rámci zooterapie běžně využívána, a dle Philippe-Peyroutet a Grandgeorge (2019) či O'Haire et al. (2013) lze tato zvířata úspěšně zapojit i do terapie dětí s poruchou autistického spektra.

Závěr

Na základě výsledků dotazníkového šetření bylo zjištěno, že morčata jsou v ČR chována převážně jako domácí mazlíčci, kdy tzv. pet chov uvedlo 99,5 % účastníků. Významné zastoupení měl i výstavní chov, zatímco jiné formy využití (vzdělávací účely, caviaterapie, výzkum či výkrm) byly uváděny výrazně méně často.

Většina chovatelů upřednostňuje skupinový chov s obohacením prostředí, přičemž nejčastěji využívanými prvky enrichmentu byly pelíšky, úkryty, větve a výběh. Využití obohacení prostředí uvedlo 75,9 % respondentů, což svědčí o rostoucím zájmu o welfare zvířat. Přesto se ukázalo, že část chovatelů enrichment nevyužívá vůbec, nebo ho dlouhodobě nemění, což může snižovat jeho efektivitu a welfare zvířat.

Z hlediska technologie chovu byl patrný trend využívání alternativních typů podestýlky – zejména fleecových podložek, které uvedla výrazná část respondentů (47,9 %) jako preferovanou variantu.

Tento posun od klasických hoblin či slámy může souviset s vyšším komfortem pro zvířata, jednodušší údržbou pro chovatele či estetickými preferencemi.

Nízká informovanost o caviaterapii byla dalším zajímavým zjištěním – více než polovina respondentů se s tímto pojmem nikdy nesetkala, a pouze 1,5 % ji aktivně využívá.

Demografická struktura chovatelů byla různorodá, přičemž převahu tvořily ženy ve věku 30–49 let. Vzdělanostní profil ukázal, že morčata nejsou chována výhradně dětmi nebo laiky, ale napříč různými vzdělanostními úrovněmi.

Chov morčat v České republice lze celkově označit za dobře rozvinutý, zejména v oblasti zájmového chovu. Přesto se v některých oblastech stále objevují určité rezervy – například v povědomí o specifických potřebách zvířat, využití enrichmentu nebo ve znalostech o alternativních formách využití, jako je caviaterapie. V tomto ohledu by mohla pomoci základní osvěta zaměřená na welfare a moderní chovatelské postupy.

Literatura

- Brewer, J.S., Bellinger, S.A., Joshi, P., Kleven, G.A. 2014. Enriched open field facilitates exercise and social interaction in 2 strains of guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 53: 344-355.
- Cameron, K.E., Holder, H.E., Connor, R.L. 2022. Cross-sectional survey of housing for pet guinea pigs (*Cavia porcellus*) in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal* 70: 4.
- Elsbacher, T., Sommese, A., Waiblinger, S., Künzel, F., Arhant, Ch., Windschnurer, I. 2025. Guinea pig (*Cavia porcellus*) welfare: Associations between husbandry practices, human–animal interactions, and animal behaviour. *Animals* 15: 1157.
- Gut, W., Crump, L., Zinsstag, J., Hettendorf, J., Hediger, K. 2018. The effect of human interaction on guinea pig behavior in animal-assisted therapy. *Journal of Veterinary Behaviour* 25: 56-64.
- Harrup, A.J., Rooney, N.J. 2020. Current welfare state of pet guinea pigs in the UK. *Veterinary Record* 186: 9.
- Minariková, A., Hauptman, K., Jeklová, E., Knotek, Z., Jekl, V. 2015. Diseases in pet guinea pigs: a retrospective study in 1000 animals. *Veterinary Record* 177: 200.
- NC3Rs. 2020. Housing and husbandry: Guinea pig [online]. [vid. 12. 7. 2025]. Dostupné z: <https://nc3rs.org.uk/3rs-resources/housing-and-husbandry-guinea-pig>
- O’Haire, M.E., McKenzie, S.J., McCune, S., Slaughter, V. 2013. Effects of animal-assisted activities with guinea pigs in the primary school classroom. *Anthrozoös* 26: 445-458.
- O’Haire, M.E., McKenzie, S.J., McCune, S., Slaughter, V. 2014. Effects of classroom animal-assisted activities on social functioning in children with autism spectrum disorder. *Journal of Alternative and Complementary Medicine* 20: 162-168.
- Philippe-Peyroutet, C., Grandgeorge, M. 2018. Animal-assisted interventions for children with autism spectrum disorders: A survey of French facilities. *People and Animals: The International Journal of Research and Practice* 1: 1-15.

MOŽNOSTI OBOHACENÍ PROSTŘEDÍ MORČAT CHOVANÝCH V LIDSKÉ PÉČI POSSIBILITIES OF ENVIRONMENTAL ENRICHMENT FOR GUINEA PIGS BREED IN HUMAN CARE

Ivana Gardiánová*, Natálie Kytnerová

Demonstrační a experimentální pracoviště – stáj, FAPPZ ČZU v Praze, Česká republika

Demonstrational and Experimental Workplace, Faculty of Agrobiology, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences in Prague, Czech Republic

Summary

Enrichment is used for a wide range of animal species to prevent undesirable behavior and improve animal welfare. Enrichment is suitable for animals kept not only like pets, but also for laboratory and farm purposes. It is used and is well visible in zoos. Environmental enrichment is most often divided into five types (cognitive, social, sensory, food and physical). Individual types can be combined, usually combining food with physical, cognitive or sensory. It is necessary to ensure that enrichment is safe, taking into account the type of animal, its ethology, age and size. Furthermore, it is necessary to assess the suitability of the material, durability, safety, etc. Natural materials are the most suitable (nibbling, kennels), but it is also possible to encounter various types of enrichment from plastic, metal, etc. Appropriate enrichment provided to animals reduces stress, reduces stereotypical behavior, promotes natural behavior, increases guinea pig physical and cognitive activity. The most suitable enrichment for guinea pigs is social, followed by structural, food, cognitive and sensory enrichment.

Key words: guinea pig, enrichment, types of enrichment

Souhrn

Obohacení prostředí se využívá u celé řady druhů zvířat, aby se zabránilo nežádoucímu chování a zlepšilo se welfare zvířat. Obohacení prostředí je vhodné pro zvířata chovaná nejenom v domácnosti, ale také pro laboratorní i hospodářské účely. Využívá se a je dobře patrný v zoologických zahradách. Nejčastěji se člení do pěti typů (kognitivní, sociální, senzorický, potravní a fyzický/strukturní). Jednotlivé typy se mohou kombinovat, nejčastěji se jedná o spojení potravního enrichmentu s fyzickým, kognitivním nebo smyslovým. Je třeba zajistit, aby byl enrichment bezpečný, musí být brán ohled na druh zvířete, jeho etologii, věk a velikost. Dále je třeba posoudit vhodnost materiálu, odolnost, nezávadnost atd. Za nejvhodnější se považují přírodní materiály (okus, boudy), ale je možné se setkat také s různými typy obohacení z plastu, kovu atd. Vhodné obohacení poskytnuté morčatům snižuje stres, omezuje stereotypní chování, podporuje přirozené chování a zvyšuje pohybovou i kognitivní aktivitu morčat. Nejvhodnější je pro morčata obohacení sociální, dále pak strukturní, potravní, kognitivní a senzorické.

Klíčová slova: morče, welfare, enrichment, typy enrichmentu

Úvod

Zvířata mohou mít zkušenosti jak pozitivní, tak také negativní (Webster, 2016). Enrichment čili obohacení prostředí podporuje kvalitu života zvířat a umožňuje zvířatům rozhodovat se. Na podněty bohaté prostředí zlepšuje welfare, pocit pohodlí, zájem a potěšení, příležitost zapojit se do činností jako je např. hledání potravy, prozkoumávání prostředí a je-li chováno více zvířat také možnost sociálních interakcí (Mellor, 2016). Vhodné obohacení snižuje projevy agresivního chování, nudu a negativní projevy zvířat. Naopak podporuje přirozené chování, a tudíž cílem obohacování prostředí je nejenom poskytnout interaktivní prostředí, ale také zaujmout zvíře, aby projevovalo

* gardianova@af.czu.cz

přirozené chování (Resende et al., 2009), pomáhá zvládnout stresové situace a snižuje stres (Mellen and MacPhee, 2001) a poskytně příležitost ke zkoumání (Morgan and Tromborg, 2007). Při chovu v domácnosti, je třeba chovat morčata buď v jednopohlavních či oboupohlavních párech nebo ve větší skupině. V zoologických zahradách se chovají v párech či skupině. Jsou rozšířené také vícedruhové expozice morčat s jinými druhy. V soukromých chovech, pokud je morče přesto chováno jednotlivě, potřebuje mít dostatečný kontakt s chovatelem. Dle Wirth et al. (2020) je však nutno brát v zřetel, že chovatel morčeti nikdy nebude schopen nahradit jiné morče. Harrup and Rooney (2020) zjistili, že morčata chovaná s morčaty stejného druhu a ve větších výběžích vykazovala častěji pozitivní chování. Toto chování zahrnovalo ležení na boku, stání na zadních nohách, „popcorning“ (hry s pohybem), vydávání vysokých vokalizací (obvykle v očekávání potravy nebo odměny) a okusování předmětů ve svém výběhu. Naproti tomu morčata chovaná jednotlivě nebo s jiným živočišným druhem vykazovala méně pozitivního chování. Hare et al. (2008) ovšem uvádí, že je třeba dbát na bezpečnost při poskytování obohacení, aby nedošlo ke zranění zvířete nebo jeho úhynu.

Materiál a metodika

Pro zpracování článku byla použita metoda obsahové analýzy dokumentů. Zdroje byly vyhledávány pomocí vědeckých databází WOS, Scopus, ScienceDirect, ProQuest, Plos One atd., ResearchGate. Vyhledávalo se pomocí klíčových slov „guinea pig“, „enrichment“ a „enrichment elements“ atd. s využitím Booleovského operátoru „and“. Byly využity především zahraniční materiály týkající se možností obohacování prostředí pro morčata.

Výsledky a diskuze

Rozlišuje se více typů enrichmentu. Většinou se vychází z 5 typů, a to smyslového, kognitivního/pracovního, potravního, sociálního/kontaktního a fyzického/strukturního. Obohacení prostředí zaujme zvířata jak fyzicky, tak i psychicky, což vede ke zlepšení jejich welfare (Baumans, 2005; Newberry, 1995). To se může projevit ve zvýšení afiliativních a snížení agonistických interakcí. Tyto asociace byly potvrzeny např. u potkanů, kde se afiliativní chování vyskytovalo při sníženém stresu nebo bez stresu. Naopak stres podporoval agonistické interakce (Klein et al., 2009). Hračky jako úkryty a tunely, vyvýšené plochy, hračky na žvýkání a kousání a seno poskytují morčatům obohacování tím, že zvyšují příležitosti k přirozenému chování, jako je žvýkání, schovávání a hrabání (Cameron et al., 2023).

Z hlediska **sociálního obohacení** jsou morčata skupinová zvířata a měla by být chována společně s jinými morčaty (Keeble 2023) a je tudíž toto obohacení nejdůležitější. Dalším obohacením jsou interakce s chovatelem, např. dle studie Elsbacher et al. (2025) jde o hlazení, mluvení na morčata, nošení morčat. Dále pak interakce s chovatelem ve spojení s dalšími typy obohacení formou hry, tréninku s klikem či targetem, agility, učením různých triků nebo krmení morčat z ruky.

Do **strukturního obohacení** možno zařadit vše, co souvisí s vybavením expozice/klece, stromy, větve, hamaky, boudy a úkryty z různých materiálů, různé druhy substrátu, vyvýšená místa, můstky, překážky atd. Dle Elsbacher et al. (2025) se může jednat např. o kartonové krabice, dřevo na okusování a čerstvé větve, dále pak tunel vyrobený z látky, plastu, vrby, dřeva atd., Dle Harkness et al. (2010) je obohacování prostředí důležité, zejména jde o zajištění úkrytů, jako jsou například potrubí či trubky s velkým průměrem, které slouží jako tunely. Schneider (2017) uvádí, že morčata těží také z dostatku prostoru k volnému pohybu, což podporuje pohybovou aktivitu a udržuje je mentálně stimulované. Brewer et al. (2014) zjistili, že laboratorní morčata s možností volného pohybu vykazovala vyšší úroveň aktivity a více sociálních interakcí než ta chovaná výhradně v klecích. Dle studie Elsbacher et al. (2025) byla četnost poskytování různých obohacujících předmětů různá, nejčastěji byly nabízeny tunely vyrobené z látky, plastu, vrbového proutí, dřeva atd. Dle studie Begum-Diamond et al. (2022) jsou morčata schopna šplhat/lézt po rampách vysokých až 30 cm se sklonem téměř 14 stupňů, aby si našla potravu, a také se brání zvýšení sklonu

zvýšením rychlosti pohybu při zdolávání rampy. Rampy šlo využít pro zjištění zájmu o různé typy potravy a jejich atraktivnost, přičemž pro získání atraktivní potravy vynaložila morčata více energie. Cameron et al. (2023) uvádějí vyvýšenou spací plochu, kdy se spodní část plochy nedotýká země, dále pak místa na schovávání a spaní jako jsou krabice, tunely, speciální podestýlka, karton/papír a plošiny či lezecké plochy (např. rampy, kostky).

Potravní obohacení, pokud se nejedná o různá krmiva nebo pamlsky podávané morčatům, bývá spojeno s dalšími typy obohacení prostředí např. o hledání a získávání ukryté potravy. Jako obohacení prostředí je možné využít umístování sena v krabicích, seno na stojanech nebo zabalené do kartonových rolí (Keeble, 2023), neboť rozptýlené krmení podporuje u morčat hledání potravy (tzv. foraging). Morčata by měla mít vždy k dispozici předměty k ohlodávání pro podporu opotřebení řezáků. Potrava by může rozmístěna (rozházená) po ubikaci, aby se podpořilo shánění potravy a tím dochází k obohacení prostředí RSPCA (2011). Elsbacher et al. (2025) uvádí jako obohacení potravní např. kouli/míč se senem nebo granulemi, dřevěnou hlodací tyčku, krmný strom (kmen/kmínek s otvory k vyplnění, připevněný k dřevěné desce. Cameron et al. (2023) dále uvádějí také přístup k trávě, jiné materiály na žvýkání (např. lufy, větve), pamlsky/jedlé hračky, dále také seno, slámu či travu.

Dalším typem je **kognitivní obohacení**, kdy se využívají hračky, hlavolamy a tréninky. Dle studie Elsbacher et al. (2025) je možné využít např. hračky pro kočky a psy, trénink se zvířaty, target a kliker. Dle Schneider (2017) jsou tréninky s klikem a targetem velmi dobrými nástroji pro enrichment morčat. Cameron et al. (2023) uvádí hračky na hraní (např. míče, závěsné hračky, hračky pro kočky, toaletní papír, puzzle), komerčně vyráběné hračky koupené v obchodě nebo hračky doma vyrobené.

Vhodné je také **smyslové/senzorické obohacení**, které působí na smysly zvířat. Může se jednat o zrakový a sluchový: jako je možnost sledovat televizi, poslouchat rádio či hudbu; chuťové a čichové jako jsou např. různé druhy vhodné potravy (sušené byliny, koření), různé druhy vhodných dřevin na okus. Jako dotykový může působit i substrát a jeho různé typy (hoblíny, seno, pelety atd.). Ve studii Cameron et al. (2023) majitelé morčat uváděli různé typy substrátů pro morčata chovaná uvnitř či venku. Morčata chovaná venku měla jako podklad půdu a travu, přičemž malá část výběhu byla tvořena kovovou mřížkou nebo síťovanou podlahou. Naproti tomu morčata umístěná uvnitř domu měla v klecích koberec nebo plastové dno s podestýlkou. Majitelé uvedli řadu dalších materiálů: savé podložky, ložní prádlo (přikrývky, fleece, ručníky), seno/slámu, vinyl nebo podestýlku z kůry, ovesné slámy, z konopí, dřevěné štěpky, hoblíny nebo pelety.

Závěr

Pro morčata je důležité prostředí s množstvím stimulů. Pokud jsou chována samostatně nebo ve skupině, je dobré morčatům poskytovat dostatek podnětů, aby nedocházelo až už ke stereotypnímu či abnormálnímu chování. Je třeba jim dodávat vhodné prvky. Z hlediska enrichmentu je nejvhodnější sociální obohacení. V rámci tohoto obohacení jsou morčata chována v páru nebo skupině. Pokud jsou chována samostatně je důležitý častý kontakt s chovatelem. Dalším typem je obohacení strukturní (vybavení, substrát, materiál ke zkoumání či okusu), kognitivní (hračky, puzzle, tréninky), potravní (různé vhodné druhy potravy, možnost hledání potravy, získávání z různých zařízení atd.) a senzorické (video, hudba).

Literatura

- Baumans, V. 2005. Environmental enrichment for laboratory rodents and rabbits: Requirements of rodents, rabbits, and research. *ILAR Journal* 46: 162-170.
- Begum-Diamond, Z., Neuhauser, J.E., Cameron, K.E. 2022. Measuring ramp use in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 2: 292-301.
- Brewer, J.S., Bellinger, S.A., Joshi, P., Kleven, G.A. 2014. Enriched open field facilitates exercise and social interaction in 2 strains of guinea pigs (*Cavia Porcellus*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 53: 344-355.

- Cameron, K.E., Holder, H.E., Connor, R.L., Gear, R.N.A. 2023. Cross-sectional survey of husbandry for pet guinea pigs (*Cavia porcellus*) in New Zealand, New Zealand Veterinary Journal 71: 27-32.
- Elsbacher, T., Sommese, A., Waiblinger, S., Künzel, F., Arhant, C., Windschnurer, I. 2025. Guinea pig (*Cavia porcellus*) welfare: Associations between husbandry practices, human–animal interactions, and animal behaviour. Animals 15: 1157.
- Hare, V.J., Rich, B., Worley, K.E. 2008. Enrichment gone wrong! In: Hare, V.J., Kroshko, J.E. (Eds.): Proceedings of the 8th International Conference on Environmental Enrichment. The Shape of Enrichment, Inc. San Diego.
- Harkness, J.E., Turner, P.V., VandeWoude, S., Wheler, C.L. 2010. Harkness and Wagner's Biology and Medicine of Rabbits and Rodents, Wiley.
- Harrup, A.J., Rooney, N. 2020. Current welfare state of pet guinea pigs in the UK. Veterinary Record 186: 282-282.
- Keeble, E. 2023. Guinea pig nutrition: what do we know? In Practice 200-210.
- Klein, Z.A., Padow, V.A., Romeo, R.D. 2009. The effects of stress on play and home cage behaviors in adolescent male rats. Developmental Psychobiology 52: 62–70.
- Mellen, J., MacPhee, M.S. 2001. Philosophy of environmental enrichment: Past, present, and future. Zoo Biology 20: 211-226.
- Mellor, D.J. 2016. Updating animal welfare thinking: Moving beyond the “five freedoms” towards “a life worth living”. Animals 6: 21.
- Morgan, K.N., Tromborg, C.T. 2007. Sources of stress in captivity. Applied Animal Behaviour Science 102: 262-302.
- Newberry, R.C. 1995. Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. Applied Animal Behavior Science 44: 229-243.
- Resende, L.S., Remy, G.L., Ramos, V.D., Andriolo, A. 2009. The influence of feeding enrichment on the behavior of small felids (*Carnivora: Felidae*) in captivity. Zoologia 26: 601-605.
- RSPCA. 2011. Guinea pigs: good practice for housing and care. [online]. [vid. 5. 5. 2025]. Dostupné z: <https://bit.ly/3GiwnVQ>
- Schneider, B. 2017. Meerschweinchen. In: Schneider, B., Döring, D. (Eds.): Verhaltensberatung bei kleinen Heimtieren, Schattauer GmbH, Germany, pp. 103.
- Webster, J. 2016. Animal welfare: Freedoms, dominions and “a life worth living”. Animals 6: 35.
- Wirth, S., Gebhardt-Henrich, S.G., Riemer, S., Hattendorf, J., Zinsstag, J., Hediger, K. 2020. The influence of human interaction on guinea pigs: Behavioral and thermographic changes during animal-assisted therapy. Physiology & Behavior 225: 113076.

KORTIZOL JAKO INDIKÁTOR STRESU U MORČAT CORTISOL AS AN INDICATOR OF STRESS IN GUINEA PIGS

Zdeňka Vacušková*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

*Cortisol level measurement is currently a widely used method for monitoring stress responses and assessing animal welfare. This review focuses on the assessment of cortisol in guinea pigs (*Cavia porcellus*), provides an overview of available studies in which cortisol analysis has been applied, and presents the analytical methods used to measure cortisol levels in various types of biological samples, along with their application in guinea pig-related research.*

Key words: *welfare, *Cavia porcellus*, analytical methods, biological samples*

Souhrn

*Měření hladiny kortizolu je v současnosti běžnou metodou sloužící k monitorování stresové odpovědi a k posuzování dobrých životních podmínek zvířat. Tento příspěvek se zaměřuje na problematiku stanovení kortizolu u morčat (*Cavia porcellus*), přináší přehled dostupných studií, ve kterých byla tato analýza využita, a představuje analytické metody používané k měření hladiny kortizolu v různých typech biologických vzorků spolu s jejich aplikací ve výzkumech zaměřených na morčata.*

Klíčová slova: *welfare, *Cavia porcellus*, analytické metody, biologické vzorky*

Úvod

Stres může být definován jako komplexní fyziologický stav, který zahrnuje řadu integračních a behaviorálních procesů v případě skutečného nebo domnělého ohrožení homeostázy (Ralph and Tilbrook, 2016). Mezi ukazatele stresové reakce, které se často používají ve studiích welfare zvířat, patří aktivita hypotalamo-hypofyzární osy nadledvin (HPA), primárního fyziologického systému reagujícího na stres (Mormede et al., 2007). Při zvýšené aktivitě HPA osy dochází k uvolňování glukokortikoidů (Gabai et al., 2020), které se velmi často využívají pro hodnocení fyziologické odpovědi na stres (Nelson, 2011). Nicméně je důležité uvědomit si, že stres jako fyziologický mechanismus není sám o sobě špatný (Milsum, 1985). Glukokortikoidy se například uvolňují i v reakci na situace, které nejsou běžně považovány za stresující, ale spíše vzrušující, jako např. námluvy, kopulace nebo lov (Broom and Johnson, 1993). Během krátkodobého stresu glukokortikoidy zlepšují kondici jedince mobilizací energie (Raynaert et al., 1976). Chronický (dlouhodobý) stres ovšem snižuje zdatnost jedince, kdy může docházet k imunosupresi (Munck et al., 1984) a snižuje se také reprodukční úspěšnost zvířete (Dobson and Smith, 1995). Za nejspolehlivější a nejpoužívanější biomarker aktivity osy HPA je považován kortizol, primární glukokortikoid psů a mnoha dalších druhů (Hennessy, 2013) včetně morčat (Malinowska and Nathanielsz, 1974). Glukokortikoidy nebo jejich metabolity lze měřit v různých typech biomatric (Whitham et al., 2020), které můžeme rozdělit na tři typy (Ataallahi et al., 2022). První typ tvoří tekuté bimatrice jako např. krev, sliny, moč nebo mléko. Druhým typem jsou polotuhé bimatrice, mezi které můžeme zařadit např. trus. Posledním typem jsou matrice pevné, do kterých patří např. srst, peří nebo drápy (Ataallahi et al., 2022). Pro identifikaci stavů akutního stresu lze použít vzorky

* vacuskovaz@vfu.cz

krve (Hennessy et al., 2002), slin (Jeong et al., 2020), moči (Verspeek et al., 2021) nebo mléka (Gellrich et al., 2015). Pro stanovení chronického stresu se využívají např. vzorky srsti (Nejad et al., 2017) nebo trusu (Ataallahi et al., 2022).

Morče domácí patří mezi klasický laboratorní modelový druh, který je často využíván v biomedicínských výzkumech (Sterusky et al., 2020; Stokes et al., 2020; Spittler et al., 2021), ale v poslední době je zkoumán např. i vliv interakce s člověkem v průběhu asistence za pomoci zvířat - AAT (Gut et al., 2018; Wirth et al., 2020) a v tzv. „petting zoo“ (Sato et al., 2010; Kase et al., 2021; Namiki et al., 2024) nebo chov v zoologických zahradách jako tzv. ambasadorská zvířata (Powell et al., 2020) na stresové zatížení morčat. Velmi často se ve studiích na morčatech využívá měření kortizolu z krevní plazmy (např. Ritchey and Hennessy, 1987; Hennessy and Moorman, 1989; Graves and Hennessy, 2000; Michel et al., 2011; Schumann et al., 2014), nicméně využití krevní plazmy je často limitující, protože se jedná o invazivní odběr, který může zvíře stresovat (Palme, 2012). V poslední době se dostává do popředí měření kortizolu u morčat z biotric odebraných neinvazivní metodou, jako jsou např. sliny (Fenske, 1997a; Brewer et al., 2014; Nemeth et al., 2016; Kase et al., 2021; Namiki et al., 2024), trus (Bauer et al., 2008; Sato et al., 2010; Schöpfer et al., 2012; Walters et al., 2012; Nemeth et al., 2016; Powell et al., 2020; McCready et al., 2022), moč (Fenske, 1997b) nebo srst (Keckeis et al., 2012). Neinvazivní měření kortizolu u morčat bylo ověřeno pomocí „ACTH-challenges“, které spočívají v aplikaci injekce adrenokortikotropního hormonu vyvolávajícího uvolňování glukokortikoidů nadledvinami, pro hladiny kortizolu ve slinách (Fenske, 1996; Fenske, 1997a) a pro hladinu kortizolu v trusu (Bauer et al., 2008). Mezi výhody neinvazivních metod oproti invazivním metodám patří jednodušší odběr vzorku, přičemž odběr může být prováděn delší dobu, zvířata při odběru nejsou nijak rušena a ohrožována z důvodu anestezie a předchází se stresovým situacím z důvodu nesprávné manipulace (Sheriff et al., 2011).

Hodnocení kortizolu v krevní plazmě morčat

Odběr krve patří dlouhodobě k nejběžnější metodě měření koncentrace glukokortikoidů (Mormede et al., 2007), nicméně je známo, že hladiny glukokortikoidů v krvi se mění v závislosti na cirkadiálních rytmech, takže daný vzorek představuje koncentraci glukokortikoidů v krvi pouze v daném časovém okamžiku (Monfort et al., 1993). Ataallahi et al. (2022) upozorňují na potřebu zohledňovat při interpretaci výsledků měření koncentrace biomarkerů v krvi dobu odběru vzorku. Kromě toho odběr vzorku zahrnuje manipulaci se zvířaty, která sama o sobě může být stresující a zkreslovat výsledky měření (Hopster et al., 1999).

U morčat byly hladiny plazmatického kortizolu měřeny při různých stresových situacích, jako je např. izolace jedinců (např. Ritchey and Hennessy, 1987; Hennessy et al., 1995), vystavení jedinců neznámému prostředí (např. Hennessy et al., 2002), přítomnost neznámých jedinců (např. Hennessy et al., 2006; Shomer et al., 2015), vystavení stroboskopickému světlu (Kapoor and Matthews, 2005; Schöpfer et al., 2011), vystavení teplotnímu stresu (Michel et al., 2011), kastrace (Kaiser et al., 2023) a vnitřní ustájení u volně žijících morčat (Schumann et al., 2014).

Ritchey and Hennessy (1987) ve své studii měřili hladinu plazmatického kortizolu u morčat po odebrání jejich mláďat z klece 3 dny po porodu. Zjistili, že matky, kterým byly odebrány vrhy a umístěny mimo dosah sluchu po dobu 30 minut, vykazovaly významné zvýšení plazmatického kortizolu. Kromě toho autoři hodnotili vliv přítomnosti matky nebo sourozenců na hladinu plazmatického kortizolu u mláďat morčat umístěných v novém, neznámém prostředí. Výsledky ukazují, že izolovaní jedinci a jedinci ve společnosti svých sourozenců mají významně vyšší hladiny kortizolu než jedinci umístění v novém prostředí se svou matkou. K podobným výsledkům dospěl také Hennessy and Moorman (1989) i Hennessy et al. (2002). Hennessy and Moorman (1989) zkoumali také vliv separování mláďat morčat ve známém domácím prostředí na hladinu kortizolu. U morčat byla naměřena průměrná bazální hodnota kortizolu $20,9 \pm 2,3 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ plazmy a po separování morčat byla zjištěna průměrná hodnota kortizolu $21,4 \pm 2,7 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ plazmy. V případě známého domácího prostředí tedy nevedlo separování mláďat morčat od matky

ke statisticky významným rozdílům v hladinách kortizolu. Dle Hennessy et al. (1995) i Hennessy et al. (2002) může mít přítomnost matky pozitivní vliv na potlačení stresové reakce u morčat i několik týdnů po odstavení. Hennessy et al. (1995) zjistili, že morčata izolovaná v novém, neznámém prostředí vykazovala i po 50. dni věku větší zvýšení plazmatické hladiny kortizolu, než když byla do nového prostředí umístěna s matkou. Hennessy et al. (2002) do své studie využili morčata ve stáří minimálně 70 dní, přičemž společnost matky snižovala hladinu kortizolu u testovaných jedinců. Také přítomnost neznámé, nekojící samice tlumí stresovou reakci morčecích mláďat během expozice novému prostředí (Hennessy et al., 2002; Graves and Hennessy, 2000), ale ne tak silně jako přítomnost matky (Graves and Hennessy, 2000). Jednotlivé studie (Graves and Hennessy, 2000; Hennessy et al., 2000; Hennessy et al., 2002; Hennessy et al., 2006) se liší ve výsledcích o vlivu neznámé samice na stresové zatížení morčat po jejich odstavu, ke kterému dochází přibližně od 21. dne věku (Shomer et al., 2015). Zatímco Graves and Hennessy (2000), Hennessy et al. (2000) a Hennessy et al. (2006) uvádějí, že po odstavu morčat je jakákoliv dospělá samice při snižování stresové reakce morčat účinná jako matka, výsledky Hennessy et al. (2002) dokládají, že neznámá dospělá samice nijak neovlivňuje stresovou reakci morčat v neznámém prostředí.

Testován byl také vliv přítomnosti neznámých dospělých samců na kortizolovou odpověď mladých morčat po expozici novému prostředí. V první studii zkoumající tlumící schopnost dospělých samců vykazovali jedinci ve stáří 40-50 dní zvýšení plazmatického kortizolu po expozici nové kleci, přičemž zvýšení bylo stejné v přítomnosti dospělého samce i v izolaci – z méně než 15 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ plazmy na více než 40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ plazmy (Hennessy et al., 2002). Hennessy et al. (2015) provedl studii vlivu přítomnosti samce na hladinu kortizolu u morčat před odstavem, přičemž výsledky ukazují, že dospělý samec snižoval plazmatickou hladinu kortizolu stejně účinně jako matka – z více než 90 $\mu\text{g}/\text{dl}$ na méně než 45 $\mu\text{g}/\text{dl}$. V poslední studii Hennessy et al. (2018) zjistili pozitivní dopad neznámého dospělého samce na stresovou reakci morčat před odstavem (hladiny kortizolu klesly z více než 160 $\mu\text{g}/\text{dl}$ na méně než 120 $\mu\text{g}/\text{dl}$) i po odstavu, nicméně u morčat po odstavu byla nutná delší expozice.

Extrémní nebo chronický stres může mít negativní dopad na zdraví a přežití savců, což platí zejména pro samice v době březosti (Gräbner et al., 2009). Proto Kapoor and Matthews (2005) i Schöpfer et al. (2011) zkoumali účinky opakovaného stresu během rané a střední fáze březosti na stresové zatížení samic morčat, přičemž výsledky jejich studií ukazují zvýšení plazmatických koncentrací kortizolu po jednorázovém i opakovaném vystavení stresoru. Michel et al. (2011) zkoumali vliv teploty prostředí a reprodukčního stavu na hladinu plazmatického kortizolu u samic morčat. Vzorky krve byly odebírány z hlavní marginální ušní žíly. Výsledky práce ukazují vyšší hladiny kortizolu u březích samic, a také větší stresovou reakci (rychlé zvýšení plazmatického kortizolu) u březích samic umístěných v chladnějších podmínkách (15 °C) oproti samicím umístěným v prostředí s teplotou 22 °C.

Z důvodu potenciálního negativního dopadu kastrace na pohodu zvířat v podobě zvýšené citlivosti na stres, provedli Kaiser et al. (2023) studii, ve které měřili plazmatické hladiny kortizolu u kastrováných, sterilizovaných, falešně operovaných a intaktních samců morčat. Krev byla testovaným jedincům odebírána z ušní žíly v množství 50 μl . Získaná data ukazují, že kastrování samci vykazovali během akutní stresové situace významně vyšší hladiny kortizolu než samci intaktní, falešně operovaní a sterilizovaní. Stresové zatížení zvířat může být ovlivněno také ustájením (D'Arbe et al., 2002).

Negativní dopad na zvířata může mít ustájení ve vnitřním prostředí především u nedomestikovaných zvířat (Dell'Omo et al., 2000), a proto Schumann et al. (2014) zkoumali účinky vnitřních a venkovních podmínek ustájení na tělesnou hmotnost a hladinu kortizolu u divokých morčat. Přesun z vnitřních do venkovních výběhů vedl nejen k podstatnému přírůstku hmotnosti asi o 12 %, ale také k významně nižším hladinám kortizolu ($79 \pm 26\text{ ng/ml}$ oproti $150 \pm 35\text{ ng/ml}$ ve vnitřním ustájení).

Hodnocení kortizolu ve slinách morčat

Hladiny glukokortikoidů ve slinách byly použity jako alternativa k hladinám glukokortikoidů v krvi v řadě studií (Pearson et al., 2008; Nemeth et al., 2016; Kovács et al., 2021). Steroidy rozpustné v tucích, jako jsou glukokortikoidy, volně přecházejí z krve do slin přes lipofilní vrstvy a žlázo-epitelové buňky stěn kapilár a acinární buňky slinných žláz a difundují do slin (Riad-Fahmy et al. 1982). Vzhledem k tomu, že glukokortikoidy v krvi jsou z velké části vázány na bílkoviny, může do slin přecházet pouze volný hormon (Kirschbaum and Hellhammer, 1994). Koncentrace glukokortikoidů ve slinách jsou v závislosti na druhu 10-60 % z koncentrací zjištěných v plazmě (Wood, 2009), což podporuje potřebu validace této techniky pro každý druh před jejím použitím (Sheriff et al., 2011). Dle Fenske (1996) se sběr slin ukazuje jako jednoduchý, rychlý a účinný, bez zbytečného omezování zvířat v porovnání s odběrem krve, a tak může měření kortizolu ve slinách morčat představovat alternativu k měření plazmatické hladiny kortizolu.

U morčat nepatří měření koncentrace slinného kortizolu mezi často využívané metody, ale bylo použito např. při sociálních interakcích morčat (Nemeth et al., 2016), při poskytování obohacení prostředí (Brewer et al., 2014) nebo při zjišťování vlivu tzv. petting zoo na stresové zatížení morčat (Kase et al., 2021; Namiki et al., 2024).

Nemeth et al. (2016) porovnávali hladiny kortizolu u morčat ve vzorcích plazmy, trusu a slin, přičemž k odběru slin využili standardní vatové tyčinky, které vložili na 30 vteřin do lícního vaku zvířete. Výsledky studie ukazují vysokou relevanci neinvazivního měření glukokortikoidů ve vzorcích slin a výkalů morčat domácích, neboť hladiny kortizolu ve slinách a trusu byly v reakci na sociální konfrontace významně zvýšené a vysoce korelovaly se skutečnými hladinami cirkulujícího kortizolu v plazmě. Dle Goymann (2005) je koncentrace glukokortikoidů ve slinách srovnatelná s hladinou glukokortikoidů v plazmě a jejich měření je vhodné pro studium krátkodobých nebo akutních stresových reakcí nebo pro posouzení aktuální fyziologické stresové zátěže. Také Fenske (1996) uvádí, že změny koncentrace kortizolu ve slinách pozitivně korelují s koncentrací plazmatického kortizolu. Nicméně Dunbar et al. (2016) ve své studii uvádí, že přestože doba exsudace kortizolu z nadledvin do krve je velmi rychlá, exsudace do slinných žláz může být považována za hmotnostně a druhově specifickou pro dané zvíře, přičemž dle Namiki et al. (2024) pro morčata neexistují přesné údaje o exsudaci do slinných žláz.

Fenske (1997a) ve své studii uvedl průměrnou hodnotu koncentrace kortizolu ve slinách morčat, která činila 6,6 ng/ml, vykazovala ovšem relativně velké odchylky v minutách a dnech v rámci jednotlivých zvířat i mezi nimi. Autor dále zmiňuje významné zvýšení slinného kortizolu při izolování zvířat ať už ve známém nebo neznámém, testovacím prostředí. Brewer et al. (2014) hodnotili vliv přístupu morčat do obohaceného prostředí na chování a hladinu slinného kortizolu. Jedinci byli pozorováni jak ve standardních laboratorních podmínkách, tak v obohaceném prostředí a odběr slin byl proveden pomocí houbiček (BD Visispear, Beaver Visitec, Waltham, MA). Analýzy odhalily vyšší úroveň aktivity a sociální interakce v obohaceném prostředí, aniž by došlo k významné změně hladin kortizolu ve slinách. Kase et al. (2021) ve své studii hodnotili krátkodobé behaviorální a fyziologické účinky tzv. petting zoo na morčata. Sliny byly odebírány 10 minut před začátkem interakce s lidmi a 10 minut před ukončením interakce s lidmi. U jedinců před interakcí byl medián koncentrace kortizolu $10,59 \pm 6,34$ ng/ml, u jedinců před ukončením interakce došlo ke statisticky nevýznamnému nárůstu hladiny kortizolu na $11,38 \pm 5,63$ ng/ml. Cílem studie Namiki et al. (2024) bylo vyhodnotit změny koncentrací kortizolu u morčat vystavených různým typům interaktivních činností s návštěvníky zoologické zahrady, přičemž sliny byly odebírány 5 minut před začátkem interakce a 5 minut po ukončení interakce, kdy byla testovacím jedincům do tlamy vložena vatová tyčinka na 20-30 vteřin. Množství odebraného vzorku činilo cca 0,1-0,2 ml slin. Průměrný obsah kortizolu ve slinách morčat před normální interaktivní činností byl 8,149 ng/ml a po ukončení normální interaktivní činnosti 10,853 ng/ml. Před nadměrnou interaktivní činností byly naměřeny průměrné hodnoty kortizolu 14,874 ng/ml a po nadměrné interaktivní činnosti 23,179 ng/ml.

Hodnocení kortizolu v moči a trusu morčat

Kvantifikace metabolitů glukokortikoidů v moči a trusu se stala široce uznávanou neinvazivní metodou používanou k měření úrovně stresu u laboratorních, domácích a volně žijících zvířat (Sheriff et al., 2011), a to i proto, že nabízí výhody v podobě minimálního rušení zvířat a snadného odběru (Huber et al., 2003). Glukokortikoidy v plazmě jsou ve velké míře metabolizovány v játrech a vylučovány ledvinami do moči nebo žlučovými cestami do střev (Palme et al., 2005). V trusu se nevyskytují žádné nativní, nemetabolizované glukokortikoidy (Touma and Palme, 2005), zatímco v moči může být malé množství nativních glukokortikoidů (Bahr et al., 2000). Metabolity glukokortikoidů se objeví v trusu s časovým zpožděním, které je druhově specifické a zhruba odpovídá době průchodu střevem (Palme et al., 1996), přičemž Bauer et al. (2008) uvádí, že časová prodleva mezi hormonální sekrecí a exkrecí v trusu se pohybuje mezi 14-20 hodinami. Zatímco plazmatické hladiny glukokortikoidů značně kolísají v důsledku pulzující sekrece a cirkadiálních rytmtů, hladiny glukokortikoidů v trusu představují souhrnné množství glukokortikoidů, které je agregací glukokortikoidů a jejich metabolitů za určité období (Goymann et al., 1999). Studie fekálních glukokortikoidů tedy mohou poskytnout kvantitativní měření stresu, pokud zkoumáme hladiny glukokortikoidů po delší časové období, narozdíl u odběru vzorků séra (Harper and Austad, 2001). Z tohoto důvodu mohou být studie fekálních glukokortikoidů účinným nástrojem při měření chronického fyziologického stresu u zvířat (Goymann, 2005). Při využívání vzorků trusu je ovšem potřeba pamatovat na správné skladování, protože metabolity kortizolu v trusu mohou být dále metabolizovány bakteriálními enzymy (Lexen et al., 2008). Proto se doporučuje odebírat čerstvé vzorky trusu, zamrazit je při $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ideálně do 30 minut po defekaci a ve zmraženém stavu je uchovávat do analýzy (Palme, 2012).

U morčat byly hodnoty kortizolu v trusu zjišťovány např. při hodnocení vlivu stroboskopického světla na stresové zatížení březích samic (Schöpfer et al., 2011; Schöpfer et al., 2012), při hodnocení vlivu úkrytů na fyziologický stres (Walters et al., 2012), při sociálních interakcích (Nemeth et al., 2016), při měření stresové zátěže morčat v zoologických zahradách (Powell et al., 2020) a při hodnocení vlivu pneumoperitonea na stresové biomarkery morčat (McCready et al., 2022). Ve studii Schöpfer et al. (2011) byla jedna skupina samic morčat v průběhu březosti stresována vystavením stroboskopickému světlu, druhá skupina – kontrolní – byla ponechána nerušeně. Od testovaných jedinců byly vzorky trusu odebírány po celou délku březosti v týdenních intervalech vždy v ranních hodinách před vystavením stresoru a v ranních hodinách následujícího dne, což odráželo vystavení stresu během odpoledních hodin předchozího dne. Přestože zjistili, že expozice stresu vedla u samic morčat ke zvýšení plazmatického kortizolu, nezjistili autoři žádné významné rozdíly ($p > 0.05$) v hladinách metabolitů kortizolu v trusu odebraného po vystavení stresoru. Walters et al. (2012) zkoumali účinek poskytnutí úkrytu u morčat chovaných v párech, i u samostatných jedinců. Trus byl odebírán po dobu 4 po sobě jdoucích dnů a koncentrace kortizolu byly měřeny v každém testovacím dni. Průměrné denní koncentrace kortizolu v trusu u párové skupiny bez úkrytu byly $2039 \pm 481\text{ ng}$, $2774 \pm 698\text{ ng}$, $3416 \pm 499\text{ ng}$ a $3541 \pm 450\text{ ng}$. U párové skupiny s úkrytem byly zjištěny průměrné denní koncentrace $795 \pm 136\text{ ng}$, $1173 \pm 115\text{ ng}$, $1070 \pm 86\text{ ng}$ a $2007 \pm 241\text{ ng}$. Výsledky studie tedy ukazují pozitivní dopad přítomnosti úkrytu u morčat chovaných v párech, podobný výsledek ovšem nebyl pozorován u individuálně chovaných jedinců. Powell et al. (2020) porovnávali hladiny glukokortikoidů v trusu mezi obdobími, kdy morčata byla umístěna ve výběhu přístupném veřejnosti, a kdy byla umístěna v expozici nepřístupné veřejnosti. Z výsledků studie vyplývá, že průměrné hladiny glukokortikoidů se mezi obdobími v expozici přístupné veřejnosti a nepřístupné veřejnosti nelišily. Odlišně ovšem tyto situace působily na pohlaví, kdy v průběhu času se hladiny kortizolu v trusu snižovaly u samic, a naopak se zvyšovaly u samců.

Hodnocení kortizolu v srsti morčat

Také srst byla uznána jako biomateriál, který může akumulovat glukokortikoidy v průběhu týdnů až měsíců (Macbeth et al., 2010; Sheriff et al., 2011), což znamená, že by se mohlo jednat o biomatrici sloužící k hodnocení chronického stresu, ale nevhodnou ke zkoumání dopadů přechodných stresorů (Sheriff et al., 2011). Předpokládá se, že hlavním zdrojem glukokortikoidů je krevní zásobením, ale vlasový stvol může být také vystaven sekretu různých žláz obsahujících glukokortikoidy, které se mohou vstřebávat (Cone, 1996). Dle Comin et al. (2011) odrážejí hladiny glukokortikoidů v srsti průměrné systémové hladiny během příslušné růstové fáze integrací výchozích hladin a zvýšené adrenokortikální sekrece. Jednou z největších výhod odběru vzorků srsti je snadnost jejich odběru a skladování (Sheriff et al., 2011). Odběr vzorků srsti je neinvazivní. Srst se nevytrhává, protože folikulární buňky by mohly zkreslit hodnocení, pouze dojde k jejímu ostříhání (Gow et al., 2010). Pro získání záznamu hladin glukokortikoidů v reálném čase je třeba srst ostříhat bezprostředně před začátkem sledovaného období a poté lze na konci ostříhat odrostlou srst. Odrostlá srst poskytne informace o průměrné expozici glukokortikoidů za dané období (Paul et al., 2007). Mezi další výhody analýzy kortizolu v srsti můžeme zařadit jednoduchou manipulaci se vzorky, a také možnost retrospektivní analýzy expozice endogennímu kortizolu (Gow et al., 2010). Mezi nevýhody této metody patří například možnost kontaminace srsti sekrety, které obsahují glukokortikoidy (trus, moč, sliny, pot, krev), což by mohlo vést k zisku falešně pozitivních výsledků. Z toho důvodu je nutný účinný a spolehlivý dekontaminační protokol, který vyžaduje výběr vhodného promývacího rozpouštědla nepronikajícího příliš hluboko do vlasového stvolu, aby se zabránilo extrakci glukokortikoidů z vnitřku (Davenport et al., 2006).

V důsledku chybějící validace metody měření kortizolu v srsti studovali Keckeis et al. (2012) radioaktivní známky v srsti a vylučování do moči a výkalů po podávání ³H-kortizolu morčatům v průběhu tří po sobě jdoucích dnů. Moč byla odebírána pomocí absorpčních papírků v půl hodinových intervalech. Srst byla sledovaným jedincům odebrána ze hřbetu po druhé aplikaci ³H-kortizolu a následně sedmý den byla odebrána nově narostlá srst ze stejného místa. Srst byla oholena těsně u kůže na ploše o velikosti 4,5 x 6 cm. Pro extrakci vzorků trusu a srsti využili autoři metanol a pro následné vyhodnocení radioaktivně značených a neznačených vzorků využili vysokoúčinnou kapalinovou chromatografii a enzymovou imunoanalýzu. Z výsledků provedené studie vyplývá, že maxima radioaktivita v moči dosahovala v prvních vzorcích po podání injekce, kdežto v trusu až po 8 hodinách od podání injekcí. V srsti ovšem bylo zjištěno jen velmi malé množství radioaktivity, což znamená, že ukládání systémově podávaných radioaktivních glukokortikoidů je poměrně nízké. Zároveň ovšem bylo detekováno velké množství neznačených metabolitů glukokortikoidů, což dle autorů naznačuje lokální produkci glukokortikoidů ve vlasových folikulech.

Metody vyhodnocování hladiny kortizolu

Pro stanovení kortizolu v biologických materiálech se nejčastěji využívají imunoanalytické metody založené na vazbě mezi analytem a protilátkou (Ataallahi et al., 2022). V rámci imunoanalytických metod dochází ke značení analytu nebo protilátky např. pomocí radioizotopu (radioimunoanalýza - RIA) nebo enzymu (enzymová imunoanalýza - EIA) (Nejad et al., 2022).

Radioimunoanalýzu (RIA) poprvé popsali Yalow and Berson (1959), kteří použili radioaktivně značený inzulin k hodnocení koncentrace inzulinu v lidské plazmě. Jedná se tedy o poměrně starý test, který se nyní používá jen v omezené míře, a to z důvodu rizika, které představují radioaktivní látky, vysoké úrovni dovedností a znalostí vyžadovaných ve srovnání s ELISA, a také z potenciálního ohrožení životního prostředí (Ataallahi et al., 2022). Dle Accorsi et al. (2008) je RIA vysoce citlivá a specifická testovací metoda, pro kortizol udávají autoři citlivost 0,26 pg/mg a specifčnost 100 %. Pro provedení RIA je potřeba mít k dispozici vzorek obsahující požadovaný antigen, komplementární protilátku a radioaktivně značenou verzi antigenu (Grange et al., 2014). Princip testu spočívá v navázání radioizotopu na antigen a spojení s jeho komplementární

protilátkou. Následně se přidá vzorek obsahující antigen, který poté soutěží s radioaktivně značeným antigenem o vazebná místa na protilátce. Po vymytí nenavázaných antigenů se měří radioaktivita vzorku, přičemž množství radioaktivního materiálu je nepřímě úměrné množství cílového antigenu (Nejad et al., 2022). Radioimunoanalýza je u morčat nejčastěji využívána při měření hladiny kortizolu v krevní plazmě (Ritchey and Hennessy, 1987; Hennessy and Moorman, 1989; Graves and Hennessy, 2000; Hennessy et al., 2000; Hennessy et al., 2002; Kapoor and Matthews, 2005; Hennessy et al., 2006; Michel et al., 2011; Schumann et al., 2014; Hennessy et al., 2015; Hennessy et al., 2018). Ale využita byla např. také při vyhodnocení koncentrace glukokortikoidů v trusu morčat (Powell et al., 2020), kdy autoři využili komerčně dostupný kortikosteronový radioimunotest (DA I-125 Corticosterone RIA, ICN MP Biomedicals, Solon, OH, USA).

Enzymová imunoanalýza využívá katalytických vlastností enzymů k detekci a kvantifikaci imunologických reakcí a rozlišujeme heterogenní a homogenní enzymovou imunoanalýzu (O'Kennedy et al., 1990). Příkladem heterogenní enzymové imunoanalýzy je metoda ELISA, příkladem homogenní enzymové imunoanalýzy je metoda EMIT (O'Kennedy et al., 1990) nebo CEIDA (Nishiyama et al., 2021). Metoda ELISA byla vyvinuta a poprvé použita v roce 1971 při stanovení hladiny IgG v králičím séru modifikací metody RIA (Engvall and Perlmann, 1971), kdy autoři provedli konjugaci značených antigenů a protilátek s enzymy namísto radioaktivního jódu (Aydin, 2015). Byly vyvinuty 4 hlavní typy metody ELISA, které zvyšují specifickou měření (O'Kennedy et al., 1990). Přímá ELISA byla vyvinuta v roce 1971 (Engvall and Perlmann, 1971) a stala se průkopníkem dalších typů metody ELISA, tento typ je vhodný pro stanovení antigenů s vysokou molekulovou hmotností (Aydin, 2015). Dalším typem je nepřímá ELISA vyvinutá v roce 1978 (Lindström and Wager, 1978), která se častěji využívá v endokrinologii (Aydin, 2015). Sendvičová ELISA byla vyvinuta v roce 1977 (Kato et al., 1977) a uvádí se, že sendvičové ELISA testy jsou 2 - 5krát citlivější než ostatní ELISA testy (Aydin, 2015). Posledním typem je kompetitivní ELISA vyvinutá v roce 1976 (Yorde et al., 1976). Enzymová imunoanalýza byla u morčat využita v několika studiích zabývajících se koncentrací plazmatických hladin kortizolu (Schöpfer et al., 2011; Nemeth et al., 2016; Kaiser et al. 2023). Dále byla enzymová imunoanalýza využita také pro vyhodnocení hladiny slinného kortizolu u morčat (Brewer et al., 2014; Nemeth et al., 2016; Kase et al., 2021; Namiki et al., 2024) a trusu. McCready et al. (2022) a Walters et al. (2012) ve své studii využívali k hodnocení stresové zátěže morčat fekální kortizol s využitím komerčně dostupného Cortisol EIA Kit. Bauer et al. (2008), Schöpfer et al. (2011) Schöpfer et al. (2012) a Nemeth et al. (2016) ve své studii hodnotili fekální metabolity kortizolu, k čemuž využili 11-oxoetiocholanolon ELISA Kit.

Kromě enzymové imunoanalýzy byla v minulosti jako alternativní analytická metoda pro měření steroidů používána plynová chromatografie s hmotnostní spektrometrií. Vzhledem k tomu, že glukokortikoidy nejsou během procesu plynové chromatografie stabilní a při teplotách používaných pro tuto metodu se rozkládají, bylo nutné vyrábět teplotně stabilní deriváty, což představovalo značné časové omezení a nevýhodu této metody (Möstl, 2014). Dále byla vyvinuta řada LC-MS/MS metod pro měření steroidních hormonů, včetně glukokortikoidů, v tělesných tekutinách a vlasových extraktech s dobrou přesností, precizností a selektivitou (Holst et al., 2015; Dasenaki et al., 2019; Šimková et al., 2022). Fenske (1997b) ve své studii porovnával výsledky měření kortizolu ve vzorcích moči morčat pomocí vysokoúčinné tenkovrstvé chromatografie (HPTLC) s fluorescenční detekcí, vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) s UV detekcí a tenkovrstvé chromatografie/radioimunoanalýzy (TLC-RIA). Výsledky této práce ukazují jako specifickou a přesnou metodu HPLC. Zároveň ovšem studie uvádí jednu nevýhodu této metody v podobě pozdní eluce kortizolu z HPLC kolony. Metoda HPTLC se jeví časově méně náročnou a autor navrhuje možné vzájemné doplňování obou metod. V takovém případě by metoda HPLC mohla být primárně použita k detekci látek absorbujících UV světlo a metoda HPTLC by sloužila k ověření výsledků HPLC stanovením hodnot R_f steroidů v různých mobilních fázích a/nebo měřením jejich

tepla. Autor dále uvádí, že měření kortizolu radioimunoanalýzou bylo významně ovlivněno neznámou látkou, která má hodnotu R_f podobnou jako kortizol. Pro stanovení volného kortizolu v moči a trusu morčat byla využita také metoda tenkovrstvé chromatografie (TLC) s detekcí pomocí kompetitivního testu vazby na protein (CPBA) (Fenske, 1999).

Meyer and Novak (2012) uvádí, že volba testu pro stanovení hladiny kortizolu není zvláště důležitá, pokud má daný test požadovanou specifičnost pro kortizol a stupeň citlivosti odpovídající velikosti analyzovaných vzorků.

Závěr

Měření kortizolu u morčat představuje důležitý nástroj pro hodnocení stresové odpovědi organismu. Přestože je ve většině studií nejčastěji využíváno stanovení hladiny kortizolu v krevní plazmě, v poslední době se stále častěji objevují výzkumy pracující s neinvazivními metodami odběru vzorků, jako jsou sliny, trus, srst nebo moč. Tyto přístupy přinášejí řadu výhod z hlediska etiky i praktičnosti a umožňují sledovat jak akutní, tak chronickou stresovou zátěž.

Literatura

- Accorsi, P.A., Carloni, E., Valsecchi, P., Viggiani, R., Gamberoni, M., Tamanini, C., Seren, E. 2008. Cortisol determination in hair and faeces from domestic cats and dogs. *General and Comparative Endocrinology* 155: 398-402.
- Ataallahi, M., Nejad, G.J., Park, K.H. 2022. Selection of appropriate biomatrices for studies of chronic stress in animals: a review. *Journal of Animal Science and Technology* 64: 621-639.
- Aydin, S. 2015. A short history, principles and types of ELISA and our laboratory experience with peptide/protein analyses using ELISA. *Peptides* 72: 4-15.
- Bahr, N.I., Palme, R., Möhle, U., Hodges, J.K., Heistermann, M. 2000. Comparative aspects of the metabolism and excretion of cortisol in three individual nonhuman primates. *General and Comparative Endocrinology* 117: 427-438.
- Bauer, B., Palme, R., Machatschke, I.H., Dittami, J., Huber, S. 2008. Non-invasive measurement of adrenocortical and gonadal activity in male and female guinea pigs (*Cavia aperea* f. *porcellus*). *General and Comparative Endocrinology* 156: 482-489.
- Brewer, J.S., Bellinger, S.A., Joshi, P., Kleven, G.A. 2014. Enriched open field facilitates exercise and social interaction in 2 strains of Guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 53: 344-355.
- Broom, D.M., Johnson, K.G. 1993. *Stress and animal welfare*. London: Chapman & Hall.
- Comin, A., Prandi, A., Peric, T., Corazzin, M., Dovier, S., Bovolenta, S. 2011. Hair cortisol levels in dairy cows from winter housing to summer highland grazing. *Livestock Science* 138: 69-73.
- Cone, E.J. 1996. Mechanisms of drug incorporation into hair. *Therapeutic drug monitoring* 18: 438-443.
- D'Arbe, M., Einstein, R., Lavidis, N.A. 2002. Stressful animal housing conditions and their potential effect on sympathetic neurotransmission in mice. *American Journal of Physiology – Regulatory, integrative and comparative physiology* 282: 1422-1428.
- Davenport, M.D., Tiefenbacher, S., Lutz, C.K., Novak, M.A., Meyer, J.S. 2006. Analysis of endogenous cortisol concentrations in the hair of rhesus macaques. *General and Comparative Endocrinology* 147: 255-261.
- Dasenaki, M., Papatzani, M., Gounari, E., Magnisali, P., Papadopoulou-Marketou, N., Kanaka-Gantenbein, C., Moutsatsou, P., Thomaidis, N.S. 2019. Simultaneous determination of free cortisol, cortisone and their tetrahydrometabolites in urine by single solvent extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytical Letters* 52: 17.
- Dell'Omo, G., Ricceri, L., Wolfer, P., Poletaev, I., Lipp, H. 2000. Temporal and spatial adaptation to food restriction in mice under naturalistic conditions. *Behavioural Brain Research* 115: 1-8.
- Dobson, H., Smith, R.F. 1995. Stress and reproduction in farm animals. *Journal of Reproduction and Fertility – Supplement* 49: 451-461.
- Dunbar, M.L., David, M.E., Aline, M.R., Lofgren, J.L. 2016. Validation of a behavioral ethogram for assessing postoperative pain in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 55: 29-34.

- Engvall, E., Perlmann, P. 1971. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) quantitative assay of immunoglobulin G. *Immunochemistry* 8: 871-874.
- Fenske, M. 1996. Saliva cortisol and testosterone in the Guinea pig: Measures for the endocrine function of adrenals and testes? *Steroids* 61: 647-650.
- Fenske, M. 1997a. The use of salivary cortisol measurements for the non-invasive assessment of adrenal cortical function in Guinea pigs. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes* 105: 163-168.
- Fenske, M. 1997b. Determination of cortisol in Guinea pig urine by high performance thin-layer chromatography, high performance liquid chromatography and thin-layer chromatography/radioimmunoassay. *Chromatographia* 44: 50-54.
- Fenske, M. 1999. Rapid and specific determination of free cortisol in Guinea pig urine and daeces by thin-layer chromatography-competitive-protein-binding assay. *Chromatographia* 50: 428-432.
- Gabai, G., Mongillo, P., Giarretta, E., Marinelli, L. 2020. Do dehydroepiandrosterone (DHEA) and its sulfate (DHEAS) play a role in the stress response in domestic animals? *Frontiers in Veterinary Science* 7: 588835.
- Gellrich, K., Sigl, T., Meyer, H.H.D., Wiedemann, S. 2015. Cortisol levels in skimmed milk during the first 22 weeks of lactation and response to short-term metabolic stress and lameness in dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 6: 31.
- Gow, R., Thomson, S., Rieder, M., Van Uum, S., Koren G. 2010. An assessment of cortisol analysis in hair and its clinical applications. *Forensic Science International* 196: 32-37.
- Goymann, W. 2005. Noninvasive monitoring of hormones in bird droppings: Physiological validation, sampling, extraction, sex differences and the influence of diet on hormone metabolite levels. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1046: 35-53.
- Goymann, W., Mostl, E., Van't Hof, T., East, M.L., Hofer, H. 1999. Noninvasive fecal monitoring of glucocorticoids in spotted hyenas, *Crocuta crocuta*. *General and Comparative Endocrinology* 114: 340-348.
- Gräbner, M., Kanitz, E., Otten, W. 2009. Prenatal stress in farm animals: a survey. *Berliner und Munchener tierärztliche Wochenschrift* 122: 73-81.
- Grange, R.D., Thompson, J.P., Lambert, D.G. 2014. Radioimmunoassay, enzyme and non-enzyme-based immunoassays. *British Journal of Anaesthesia* 112: 213-216.
- Graves, F.C., Hennessy, M.B. 2000. Comparison of the effects of the mother and an unfamiliar adult female on cortisol and behavioral responses of pre- and postweaning Guinea pigs. *Developmental Psychobiology* 36: 91-100.
- Gut, W., Crump, L., Zinsstag, J., Hattendorf, J., Hediger, K. 2018. The effect of human interaction on Guinea pig behavior in animal-assisted therapy. *Journal of Veterinary Behavior* 25: 56-64.
- Harper, J.M., Austad, S.N. 2001. Effect of capture and season on fecal glucocorticoid levels in deer mice (*Peromyscus maniculatus*) and red-backed voles (*Clethrionomys gapperi*). *General and Comparative Endocrinology* 123: 337-344.
- Hennessy, M.B. 2013. Using hypothalamic–pituitary–adrenal measures for assessing and reducing the stress of dogs in shelters: A review. *Applied Animal Behaviour Science* 149: 1-12.
- Hennessy, M.B., Moorman, L. 1989. Factors influencing cortisol and behavioral responses to maternal separation in Guinea pigs. *Behavioral Neuroscience* 103: 378-385.
- Hennessy, M.B., Nigh, C.K., Sims, M.L., Long, S.J. 1995. Plasma cortisol and vocalization responses of postweaning age Guinea pigs to maternal and sibling separation: Evidence for filial attachment after weaning. *Developmental Psychobiology* 28: 103-115.
- Hennessy, M.B., Maken, D.S., Graves, F.C. 2000. Consequences of the presence of the mother or unfamiliar adult female on cortisol, ACTH, testosterone and behavioral responses of periadolescent Guinea pigs during exposure to novelty. *Psychoneuroendocrinology* 25: 619-632.
- Hennessy, M.B., O'Leary, S.K., Hawke, J.L., Wilson, S.E. 2002. Social influences on cortisol and behavioral responses of preweaning, periadolescent and adult Guinea pigs. *Physiology & Behavior* 76: 305-314.
- Hennessy, M.B., Hornschuh, G., Kaiser, S., Sachser, N. 2006. Cortisol responses and social buffering: A study throughout the life span. *Hormones and Behavior* 49: 383-390.
- Hennessy, M.B., Schiml, P.A., Willen, R., Watanasriyakul, W., Johnson, J., Garrett, T. 2015. Selective social buffering of behavioral endocrine responses and fos induction in the prelimbic cortex of infants exposed to a novel environment. *Developmental Psychobiology* 57: 50-62.

- Hennessy, M.B., Watanasriyakul, W.T., Price, B.C., Bertke, A.S., Schiml, P.A. 2018. Adult males buffer the cortisol response of young Guinea pigs: Changes with age, mediation by behavior and comparison with prefrontal activity. *Hormones and Behavior* 98: 165-172.
- Holst, B.S., Kushnir, M.M., Bergquist, J. 2015. Liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) for analysis of endogenous steroids in the luteal phase and early pregnancy in dogs: a pilot study. *Veterinary Clinical Pathology* 44: 552-558.
- Hopster, H., van der Werf, J.T.N., Erkens, J.H.F., Blokhuis, H.J. 1999. Effects of repeated jugular puncture on plasma cortisol concentrations in loose-housed dairy cows. *Journal of Animal Science* 77: 708-714.
- Huber, S., Palme, R., Zenker, W., Möstl, E. 2003. Non-invasive monitoring of the adrenocortical response in red deer. *The Journal of Wildlife Management* 67: 258-266.
- Jeong, Y., Oh, Y., Song, K., Seo, K.W. 2020. Evaluation of salivary vasopressin as an acute stress biomarker in healthy dogs with stress due o noise and environmental challenges. *Veterinary Research* 16: 331.
- Kaiser, S., Korte, A., Wistuba, J., Baldy, M., Wissmann, A., Dubicanac, M., Richter, S.H., Sachser, N. 2023. Effects of castration and sterilization on baseline and response levels of cortisol – A case study in male Guinea pigs. *Frontiers in Veterinary Science* 9: 1093157.
- Kapoor, A., Matthews, S.G. 2005. Short periods of prenatal stress affect growth, behaviour and hypothalamo–pituitary–adrenal axis activity in male guinea pig offspring. *The Journal of Physiology* 566: 967-977.
- Kase, C., Terashi, K., Morioka, A., Toyoda, H., Uetake, K. 2021. Short-term effects of petting zoos on the behavioural and salivary cortisol of guinea pigs. *Animal Behaviour and Management* 57: 137-145.
- Kato, K., Hamaguchi, Y., Okawa, S., Ishikawa, E., Kobayashi, K. 1977. Use of rabbit antibody IgG bound onto plain and aminoalkylsilyl glass surface for the enzyme-linked sandwich immunoassay. *The Journal of Biochemistry* 82: 261-266.
- Keckeis, K., Lepschy, M., Schöpfer, H., Moser, L., Troxler, J., Palme, R. 2012. Hair cortisol: a parameter of chronic stress? Insights from a radiometabolism study in guinea pigs. *Journal of Comparative Physiology B* 182: 985-996.
- Kirschbaum, C., Hellhammer, D.H. 1994. Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: recent developments and applications. *Psychoneuroendocrinology* 19: 313-333.
- Kovács, L., Kézér, F.L., Bodó, S., Ruff, F., Palme, R., Szenci, O. 2021. Salivary cortisol as a non-invasive approach to assess stress in dystocic dairy calves. *Scientific Reports* 11: 6200.
- Lexen, E., El-Bahr, S.M., Sommerfeld-Stur, I., Palme, R., Möstl, E. 2008. Monitoring the adrenocortical response to disturbances in sheep by measuring glucocorticoid metabolites in the faeces. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* 95: 64-71.
- Lindström, P., Wager, O. 1978. IgG autoantibody to human serum albumin studied by the ELISA-technique. *Scandinavian Journal of Immunology* 7: 419-425.
- Macbeth, B.J., Cattet, M.R.L., Stenhouse, G.B., Gibeau, M.L., Janz, D.M. 2010. Hair cortisol concentration as a noninvasive measure of long-term stress in free-ranging grizzly bears (*Ursus arctos*): considerations with implications for other wildlife. *Canadian Journal of Zoology* 88: 935-949.
- Malinowska, K.W., Nathanielsz, P.W. 1974. Plasma aldosterone, cortisol and corticosterone concentrations in the new-born guinea pig. *The Journal of Physiology* 236: 83-93.
- McCready, J.E., Gozzard, H., Tisotti, T., Beaufre, H.H. 2022. Effect of pneumoperitoneum on gastrointestinal motility, pain behaviors and stress biomarkers in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *American Journal of Veterinary Research* 83: ajvr.22.01.0001.
- Meyer, J.S., Novak, M.A. 2012. Minireview: Hair cortisol: a novel biomarker of hypothalamic-pituitary-adrenocortical activity. *Endocrinology* 153: 4120-4127.
- Michel, C.L., Chastel, O., Bonnet, X. 2011. Ambient temperature and pregnancy influence cortisol levels in female Guinea pigs and entail long-term effects on the stress response of their offspring. *General and Comparative Endocrinology* 171: 275-282.
- Milsum, J.H. 1985. A model of the eustress system for health/illness. *Behavioral Science* 30: 179-186.
- Monfort, S.L., Brown, J.L., Wildt, D.E. 1993. Episodic and seasonal rhythms of cortisol secretion in male Eld's deer (*Cervus eldi thamin*). *The Journal of Endocrinology* 138: 41-49.
- Mormede, P., Andanson, S., Aupérin, B., Beerda, B., Guémené, D., Malmkvist, J., Manteca, X., Manteuffel, G., Prunet, P., Reenen, C.G., Richard, S., Veissier, I. 2007. Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior* 92: 317-339.

- Möstl, E. 2014. Glucocorticoids, their metabolites and their measurement in various animal species. *Medycyna Weterynaryjna* 70: 524-529.
- Munck, A., Guyre, P.M., Holbrook, N.I. 1984. Physiological functions of glucocorticoids in stress and their relationship to pharmacological actions. *Endocrine Reviews* 5: 25-44.
- Namiki, M., Fukayama, T., Suzuki, T., Masaiwa, A. 2024. Relationship between ear temperature, behaviour and stress hormones in Guinea pigs (*Cavia porcellus*) during different interactive activities in zoos. *Animals* 14: 1111.
- Nejad, J.G., Kim, B.W., Lee, B.H., Sung, K.I. 2017. Coat and hair color: Hair cortisol and serotonin levels in lactating Holstein cows under heat stress conditions. *Animal Science Journal* 88: 190-194.
- Nejad, J.G., Ghaffari, M.H., Ataollahi, M., Jo, J.H., Lee, H.G. 2022. Stress concepts and applications in various matrices with a focus on hair cortisol and analytical methods. *Animals* 12: 3096.
- Nelson, R.J. 2011. An introduction to behavioral endocrinology. Sinauer Associates Inc.: Sunderland, MA, USA.
- Nemeth, M., Pschering, E., Wallner, B., Millesi, E. 2016. Non-invasive cortisol measurements as indicators of physiological stress responses in guinea pigs. *PeerJ* 4: e1590.
- Nishiyama, K., Fukuyama, M., Maeki, M., Ishida, A., Tani, H., Hibara, A., Tokeshi, M. 2021. One-step non-competitive fluorescence polarization immunoassay based on a Fab fragment for C-reactive protein quantification. *Sensor and Actuators B: Chemical* 326: 128982.
- O'Kennedy, R., Byrne, M., O'Fagain, C., Berns, G. 1990. Experimental section: A review of enzyme-immunoassay and a description of a competitive enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of immunoglobulin concentrations. *Biochemical Education* 18: 136-140.
- Palme, R. 2012. Monitoring stress hormone metabolites as a useful, non-invasive tool for welfare assessment in farm animals. *Animal Welfare* 21: 331-337.
- Palme, R., Fischer, P., Schildorfer, H., Ismail, M.N. 1996. Excretion of infused ¹⁴C-steroid hormones via faeces and urine in domestic livestock. *Animal Reproduction Science* 43: 43-63.
- Palme, R., Rettenbacher, S., Touma, C., El-Bahr, S.M., Möstl, E. 2005. Stress hormones in mammals and birds: comparative aspects regarding metabolism, excretion and noninvasive measurement in fecal samples. *Annals of the New York Academy of Science* 1040: 162-171.
- Paul, M.J., George, N.T., Zucker, I., Butler, M.P. 2007. Photoperiodic and hormonal influences on fur density and regrowth in two hamster species. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 293: 2363-2369.
- Pearson, B.L., Judge, P.G., Reeder, D.M. 2008. Effectiveness of saliva collection and enzyme-immunoassay for the quantification of cortisol in socially housed baboons. *American Journal of Primatology* 70: 1145-1151.
- Powell, D.M., Kozłowski, C.P., Clark, J., Seyfried, A., Baskir, E., Franklin, A.D. 2020. Physical and physiological indicators of welfare in guinea pigs (*Cavia porcellus*) serving as ambassador animals. *Animals* 10: 815.
- Ralph, C.R., Tilbrook, A.J. 2016. Invited review: The usefulness of measuring glucocorticoids for assessing animal welfare. *Journal of Animal Science* 94: 457-470.
- Raynaert, R., De Paepe, M., Peeters, G. 1976. Influence of stress, age and sex on serum growth hormone and free fatty acids in cattle. *Hormone and Metabolic Research* 8: 109-114.
- Riad-Fahmy, D., Read, G.F., Walker, R.F., Griffiths, K. 1982. Steroids in saliva for assessing endocrine function. *Endocrine Reviews* 3: 367-395.
- Ritchey, R.L., Hennessy, M.B. 1987. Cortisol and behavioral responses to separation in mother and infant Guinea pigs. *Behavioral and Neural Biology* 48: 1-12.
- Sato, M., Wakabayashi, S., Sakai, H. 2010. Assessment of stress in Guinea pigs at a petting zoo: analytical comparison of fecal corticosterone and cortisol. *Transactions of Nihon University School of Dentistry* 38: 31-38.
- Schöpper, H., Palme, R., Ruf, T., Huber, S. 2011. Chronic stress in pregnant guinea pigs (*Cavia aperea* f. *porcellus*) attenuates long-term stress hormone levels and body weight gain, but not reproductive output. *Journal of Comparative Physiology* 181: 1089-1100.
- Schöpper, H., Palme, R., Ruf, T., Huber, S. 2012. Effects of prenatal stress on hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis function over two generations of guinea pigs (*Cavia aperea* f. *porcellus*). *General and Comparative Endocrinology* 176: 18-27.

- Schumann, K., Guenther, A., Jewgenow, K., Trillmich, F. 2014. Animal housing and welfare: Effects of housing conditions on body weight and cortisol in a medium-sized rodent (*Cavia aperea*). *Journal of Applied Animal Welfare Science* 17: 111-124.
- Sheriff, M.J., Dantzer, B., Delehanty, B., Palme, R., Boonstra, R. 2011. Measuring stress in wildlife: techniques for quantifying glucocorticoids. *Physiological ecology*, 166: 869-887.
- Shomer, N.H., Holcombe, H., Harkness, J.E. 2015. Biology and diseases of Guinea pigs. *Laboratory Animal Medicine* 2015: 247-283.
- Spittler, A.P., Afzali, M.F., Bork, S.B., Burton, L.H., Radakovich, L.B., Seebart, C.A., Moore, A.R., Santangelo, K.S. 2021. Age and sex-associated differences in hematology and biochemistry parameters of Dunkin Hartley Guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Plos One* 16: e0253794.
- Sterusky, M., Plevkova, J., Grendar, M., Buday, T. 2020. Female Guinea pig model for cough studies and its response to most common tussive substances. *Physiological Research* 69: 171-179.
- Stokes, J.V., Walker, D.H., Varela-Stokes, A.S. 2020. The Guinea pig model for tick-borne spotted fever rickettsioses: A second look. *Ticks and Tick-borne Diseases* 11: 101538.
- Šimková, M., Kolátorová, L., Drašar, P., Vítků, J. 2022. An LC-MS/MS method for the simultaneous quantification on 32 steroids in human plasma. *Journal of Chromatography B* 1201-1202: 123294.
- Touma, C., Palme, R. 2005. Measuring fecal glucocorticoid metabolites in mammals and birds: the importance of validation. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1046: 54-74.
- Verspeek, J., Behringer, V., Laméris, D.W., Murtagh, R., Salas, M., Staes, N., Deschner, T., Stevens, J.M.G. 2021. Time-lag of urinary and salivary cortisol response after a psychological stressor in bonobos (*Pan paniscus*). *Scientific Reports* 11: 7905.
- Walters, S.L., Torres-Urbano, C.J., Chichester, L., Rose, R.E. 2012. The impact of huts on physiological stress: a refinement in post-transport housing of male Guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Laboratory Animals* 46: 220-224.
- Whitham, J.C., Bryant, J.L., Miller, L.J. 2020. Beyond glucocorticoids: Integrating dehydroepiandrosterone (DHEA) into animal welfare research. *Animals* 10: 1381.
- Wirth, S., Gebhardt-Henrich, S.G., Riemer, S., Hattendorf, J., Zinsstag, J., Hediger, K. 2020. The influence of human interaction on Guinea pig: Behavioral and thermographic changes during animal-assisted therapy. *Physiology & Behavior* 225: 113076.
- Wood, P. 2009. Salivary steroid assays – research or routine? *Annals of Clinical Biochemistry* 46: 183-196.
- Yalow, R.S., Berson, S.A. 1959. Assay of plasma insulin in human subjects by immunological methods. *Nature* 184: 1648-1649.
- Yorde, D.E., Sasse, E.A., Wang, T.Y., Hussa, R.O., Garancis, J.C. 1976. Competitive enzyme-linked immunoassay with use of soluble enzyme/antibody immune complexes for labeling. *Clinical Chemistry* 22: 1372-1377.

MONITORING TEPLoty VNITŘNÍHO KOUTKU OKA U MORČAT BĚHEM VÝSTAVY ZVÍŘAT

MONITORING OF INNER CANTHUS EYE TEMPERATURE IN GUINEA PIGS DURING AN ANIMAL EXHIBITION

Zdeňka Vacušková*, Dominik Vacuška, Lucie Kováčová, Petr Linhart, Eva Voslášková, Vladimír Večerek

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Animal exhibitions may represent a potential source of stress for the animals involved. This study aimed to assess changes in medial canthus temperature in guinea pigs during participation in an exhibition, using infrared thermography. Five guinea pigs were monitored across five measurements: two measurements were conducted following handling, and three without prior handling. The median eye temperature at the first measurement (following interaction with the owner) was 37.32 °C. At the second measurement (without prior interaction), a slight decrease was recorded to 36.36 °C ($p > 0.05$). The third measurement (following interaction with an unfamiliar person) revealed a significant increase to 38.28 °C ($p < 0.05$) compared with measurement 2. During the fourth and fifth measurements (both without prior interaction), the temperature declined relative to measurement 3, reaching 36.5 °C ($p > 0.05$) and 36.18 °C ($p < 0.01$), respectively. These findings indicate that handling, rather than the duration of the exhibition, may constitute the primary stressor in show environments.

Key words: handling, stress, temperature, infrared thermography

Souhrn

Výstavy zvířat mohou mít pro vystavovaná zvířata stresový potenciál. Cílem studie bylo zhodnotit změny teploty vnitřního koutku oka u morčat během účasti na výstavě pomocí infračervené termografie. Teplota vnitřního koutku oka byla měřena u pěti morčat během 5 měření – dvě měření po manipulaci se zvířaty, tři měření, kterým manipulace nepředcházela. Mediánová hodnota teploty oka při prvním měření (po interakci s majitelem) byla 37,32 °C, při druhém měření (bez předchozí interakce) došlo k mírnému poklesu ($p > 0,05$) na 36,36 °C. Při třetím měření (po interakci s cizí osobou) došlo k významnému zvýšení ($p < 0,05$) oproti měření č. 2 na 38,28 °C. Při čtvrtém a pátém měření (bez předchozí interakce) se teplota oproti měření č. 3 snížila na 36,5 °C ($p > 0,05$) a 36,18 °C ($p < 0,01$). Výsledky ukazují jako možný stresový faktor na výstavách spíše manipulaci a nikoli délku výstavy.

Klíčová slova: manipulace, stres, teplota, infračervená termografie

Úvod

Morčata se často účastní veřejných vystoupení, nicméně chybí poznatky o dopadu těchto akcí na jejich welfare, které zahrnuje nejen fyzický, ale i emocionální stav (Veissier and Boissy, 2007). Negativně může ovlivňovat welfare např. teplota prostředí (Michel et al., 2011), manipulace (Mellor et al., 2020; Fetiveau et al., 2020) nebo nemožnost úniku (Morgan and Tromborg, 2007). Jak uvádějí Warwick et al. (2023), je potřeba vzít v úvahu také dobu přepravy a přípravu zvířat.

* vacuskovaz@vfu.cz

Morčata jakožto kořistní druh jsou velmi náchylná ke stresu (Foote, 2024) a dle Gut et al. (2018) by jim pro zamezení působení stresu měla být poskytnuta možnost úkrytu.

Mezi možnosti hodnocení stresu u morčat patří měření hladiny stresového hormonu kortizolu v krvi (např. Michel et al., 2011; Hennessy et al., 2015; Kaiser et al., 2023), slinách (Pearson et al., 2008; Nemeth et al., 2016; Kovács et al., 2021), trusu (např. Schöpfer et al., 2012; Walters et al., 2012; Powell et al., 2020) a srsti (Keckeis et al., 2012). Další variantou je monitoring chování morčat, kdy bylo zjištěno, že působením stresu dochází ke snížení komfortního, sociálního a exploračního chování (Anthony et al., 1959) a ke snížení příjmu potravy a sexuálního chování (Hennessy et al., 2004). Mezi chování morčat související se stresem bylo zařazeno také zamrznutí (Anthony et al., 1959), krčení se a přivírání očí (Hennessy et al., 2004). V poslední době se k měření stresu začíná využívat infračervená termografie, tedy neinvazivní metoda, která dokáže detekovat infračervené záření zvířete, které je měřítkem jeho povrchové teploty (Yarnell et al., 2013). Tato technika je založena na využití změn periferního prokrvení k posouzení změn povrchové teploty zvířete (Giannetto et al., 2022). Četné studie ukázaly, že vlivem akutní stresové reakce dochází ke zvýšení tělesné teploty zvířat (např. Bartolomé et al., 2013; Jerem et al., 2018; Boileau et al., 2019; Jerem et al., 2019). Jako vhodná oblast zájmu pro měření změn povrchové tělesné teploty je brána teplota oka (Bartolomé et al., 2013). Oko je bohatě prokrvené, což umožňuje zachytit změny v místním krevním průtoku (Stewart et al., 2007) a zároveň oblast oka není ovlivněna přítomností srsti (Johnson et al., 2011). U morčat byla infračervená termografie využita například při hodnocení stresového zatížení morčat využívaných při terapii za pomoci zvířat (Wirth et al., 2020) a při hodnocení stresového zatížení morčat při různých interakcích s lidmi (Namiki et al., 2024). Cílem práce bylo zhodnotit změny teploty vnitřního koutku oka u morčat v průběhu jejich účasti na veřejném vystoupení.

Materiál a metodika

V rámci monitoringu povrchové teploty vnitřního koutku oka u morčat na veřejných vystoupeních bylo provedeno měření u 5 samic ve věku 2-3 let. Výstavní prostory byly udržovány při stálé teplotě 22 °C a relativní vlhkosti 63 %. Morčata byla umístěna v plastových boxech s adlibitním přístupem k senu, voda jim byla předkládána vždy v hodinových intervalech. Termosnímky byly pořízeny pomocí termokamery Testo 890-2 (Testo SE & Co. KGaA, Německo) s nastavenou emisivitou 0,98 (teplotní rozsah -30 °C až 100 °C, citlivost < 0,04 °C). Bylo provedeno 5 měření ve dvouhodinových intervalech:

- měření č. 1 – 30 minut po krátkodobé přepravě na výstavu; po interakci s majitelem (08:00-08:15)
- měření č. 2 – bez předchozí interakce (10:00-10:15)
- měření č. 3 – po interakci s cizí osobou – posuzování (12:00-12:15)
- měření č. 4 – bez předchozí interakce (14:00-14:15)
- měření č. 5 – bez předchozí interakce (16:00-16:15)

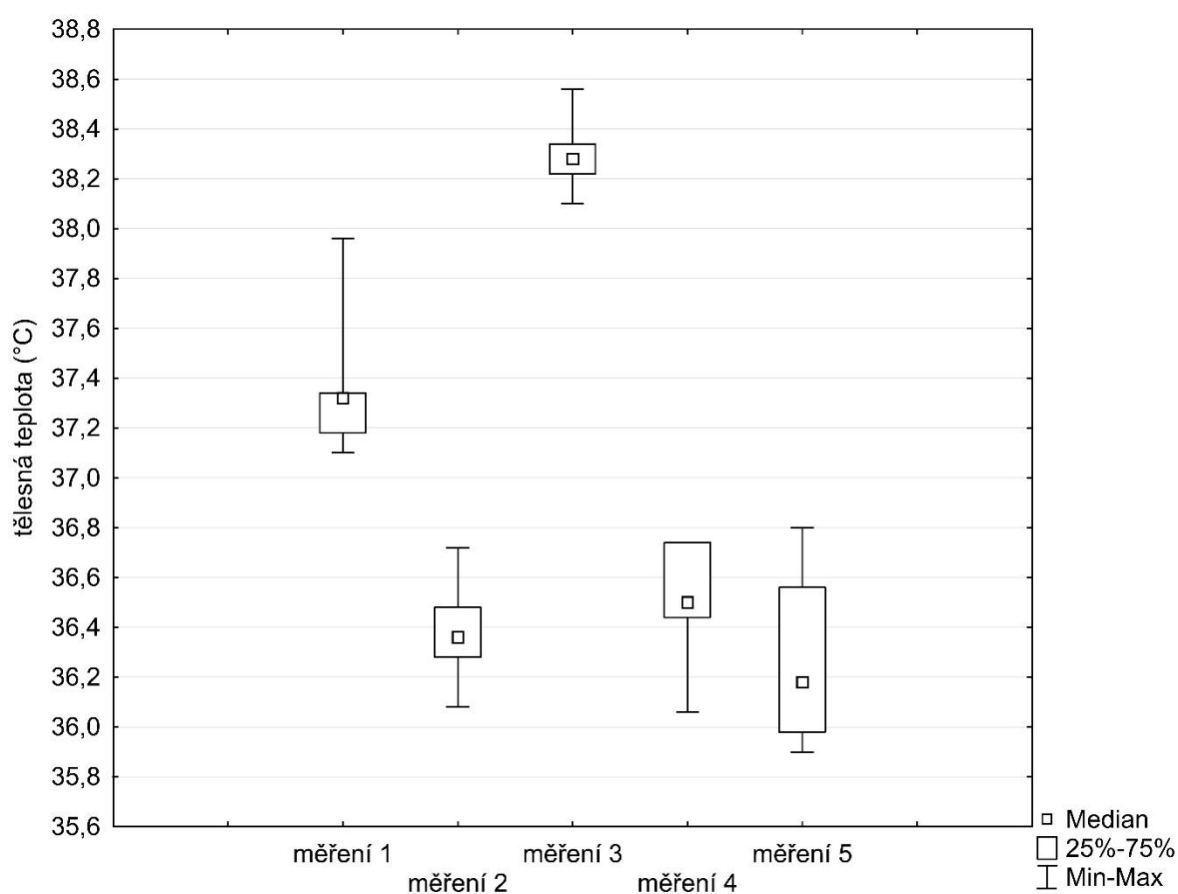
Při každém měření bylo vytvořeno 5 termosnímků levé strany hlavy morčat. Termosnímky byly následně analyzovány v programu IRSoft (Testo SE & Co. KGaA, Germany). Oblast vnitřního koutku oka byla na termografických snímcích vymezena pomocí nástroje „kruh“, z níž byla následně získána průměrná povrchová teplota. Pro všechny měřené jedince byla zachována shodná poloha a velikost vymezené oblasti. Snímky, na kterých bylo oko zavřené nebo rozmazané, nebyly do analýzy zahrnuty. Z naměřených hodnot byly pro jednotlivá morčata spočítány průměrné hodnoty pro jednotlivá měření. Získané hodnoty byly statisticky porovnány v software Unistat for Excel s využitím statistického testu Friedman ANOVA a Tukey-HSD. Hodnota $p > 0,05$ byla brána jako statisticky nevýznamná, $p < 0,05$ jako statisticky významná a hodnota $p < 0,01$ jako statisticky vysoce významná.

Výsledky a diskuze

Povrchová teplota morčat se během výstavy statisticky vysoce významně měnila (Friedmanova ANOVA, $p < 0,001$). Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány při třetím měření, které proběhlo po manipulaci cizí osobou (medián = 38,28 °C). Při měření č. 1 byla zaznamenána mediánová hodnota povrchové teploty 37,32 °C. Ve srovnání s měřeními č. 2, 3, 4 a 5 nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl naměřených teplot ($p > 0,05$). V průběhu druhého měření došlo ke statisticky nevýznamnému ($p > 0,05$) poklesu teploty (medián = 36,36 °C) oproti měření č. 1. Při srovnání měření č. 2 a 3 byl zjištěn statisticky významný rozdíl mediánových hodnot ($p = 0,012$). Ve čtvrtém a pátém měření byl zaznamenán pokles teplot oproti třetímu měření (mediány = 36,5 °C, $p > 0,05$; 36,18 °C, $p = 0,006$).

Výsledky jsou znázorněny pomocí krabicového grafu (Graf č. 1), který zobrazuje rozptyl, mediánové a minimální a maximální hodnoty v jednotlivých měřeních.

Graf č. 1. Povrchová teplota oka morčat během jednotlivých měření na veřejném vystoupení



Jak z výsledků vyplývá, teplota vnitřního koutku oka morčat se v průběhu výstavy měnila v reakci na interakci lidí s morčaty a adaptaci na výstavní prostředí. Měření č. 1 probíhalo krátce po příjezdu morčat na místo výstavy a po jejich manipulaci chovatelem. Očekávali jsme, že faktory jako předchozí transport, nové prostředí a manipulace majitelem budou mít za následek významně vyšší naměřené hodnoty teploty oproti měření č. 2, 4 a 5. Nicméně teplotní rozdíly mezi těmito měřeními nebyly prokázány jako statisticky významné ($p > 0,05$). Aragona et al. (2024) uvádějí, že u koní zůstala zvýšená povrchová teplota oka po dobu 1 hodiny od ukončení 100 km transportu. V našem případě byla morčata na výstavu přepravována 15 km a nelze vyloučit, že případná akutní stresová reakce vyvolaná transportem již po 30 minutách odezněla a při měření se výrazněji neprojevovala. Zároveň tento výsledek naznačuje, že nové prostředí a interakce s majitelem neměly tak výrazný

dopad na teplotu, jak bylo očekáváno. Mírné snížení teploty v průběhu druhého měření by mohlo souviset s částečnou adaptací morčat a snížením stresové odpovědi organismu. Statisticky vysoce významné ($p < 0,01$) zvýšení teploty v průběhu třetího měření oproti druhému měření dokládá stresovou reakci na intenzivní interakci s cizí osobou během posuzování. Zvýšení stresových markerů po manipulaci bylo zjištěno u mnoha druhů zvířat, např. zvýšení kortikosteronu u myši (Rasmussen et al., 2011) a papoušků (Parks et al., 2023) nebo zvýšení kortizolu u morčat (Namiki et al., 2024). Došlo také k mírnému nárůstu zvýšení teploty v porovnání s prvním měřením, avšak rozdíl hodnot mezi 1. a 3. měřením nebyl hodnocen jako statisticky významný ($p > 0,05$). Přesto pozorované hodnoty mohou naznačovat silnější stresovou reakci na intenzivní interakci s cizí osobou ve srovnání s interakcí s majitelem. Podobné výsledky uvádějí také Namiki et al. (2024), kteří popsali mírně vyšší tělesnou teplotu morčat při intenzivních interakcích s lidmi ve srovnání s běžnou interakcí, ovšem bez dosažení statistické významnosti. V našem případě je ovšem potřeba vzít v úvahu nejen možné působení dalších stresových faktorů, ale také nízký počet zvířat zařazených do měření. Tyto skutečnosti mohli ovlivnit detekci významných rozdílů mezi měřeními. V následujících dvou měřeních došlo ke snížení teploty, což může naznačovat opětovné uklidnění morčat. Zatímco rozdíl mezi 3. a 4. měřením nebyl statisticky významný ($p > 0,05$), porovnáním 3. a 5. měření byl zjištěn statisticky vysoce významný rozdíl ($p < 0,01$). Lze tedy pozorovat klesající trend, který může odrážet adaptaci morčat na podmínky výstavy.

Výsledky ukazují jako možné problémové období na výstavě manipulaci se zvířaty, což ovšem může být ovlivněno i případnou negativní asociací vybraných morčat s lidmi, případně jejich nedostatečným návykem na kontakt s lidmi. Jak uvádějí Fetiveau et al. (2024), nízká úroveň interakce člověka se zvířetem může vést k problémům s manipulací a vyšší míře stresu v reakci na lidský kontakt. Také Mellor et al. (2020) ve své studii uvádějí, že interakce člověka se zvířetem může mít negativní dopad na welfare zvířat mimo jiné v případě, kdy zvířata nejsou zvyklá na kontakt s lidmi. Morčata jsou druhem zvířat velmi náchylným ke stresu (Foote, 2024), stejně jako např. králíci. Přesto Fetiveau et al. (2024) zmiňují, že se králíci poměrně snadno dokáží přizpůsobit interakcím s lidmi. Dle Zucca et al. (2012) manipulace s králíky v raném věku snižuje strach králíků z lidí. Je tedy důležité, aby chovatelé navykali zvířata na kontakt s lidmi již od narození a vytvářeli pozitivní interakce se svými zvířaty, což by mohlo pomoci snížit stresové zatížení morčat na výstavách při manipulaci.

Z výsledků lze také usuzovat, že délka výstavy není negativním faktorem ovlivňujícím teplotu vnitřního koutku oka. Při srovnání měření, kterým nepředcházela manipulace s morčaty (měření 2, 4 a 5), se naměřená teplota statisticky významně nelišila ($p > 0,05$).

Závěr

Při měřeních, která byla provedena po manipulaci se zvířaty byla zjištěna vyšší teplota oka v porovnání s měřeními, kterým nepředcházela manipulace. Nejvyšší teploty byly zjištěny při měření č. 3, tedy po interakci s cizí osobou v rámci posuzování. Naopak nejnižší teploty byly zaznamenány při posledním měření, což může značit adaptaci morčat na podmínky výstavního prostředí. Ze zjištěných rozdílů mediánových hodnot povrchové teploty oka lze soudit, že potenciálním stresovým faktorem na výstavách je pro morčata spíše manipulace a nikoli délka výstavy. Nicméně pro lepší porozumění vlivu výstav na welfare morčat je potřeba další výzkum a využití většího vzorku zvířat.

Tato studie byla finančně podpořena ITA VETUNI (projekt č. 2025ITA25).

Literatura

Anthony, A., Ackerman, E., Lloyd, J.E. 1959. Noise stress in laboratory rodents. I. Behavioral and endocrine response of mice, rats, and guinea pigs. The Journal of the Acoustical Society of America 31: 1430-1437.

- Aragona, F., Rizzo, M., Arfuso, F., Acri G., Fazio, F., Piccione, G., Giannetto, C. 2024. Eye temperature measured with infrared thermography to assess stress responses to road transport in horses. *Animals* 14: 1877.
- Bartolomé, E., Sánchez, M.J., Molina, A., Schaefer, A.L., Cervantes, I., Valera, M. 2013. Using eye temperature and heart rate for stress assessment in young horses competing in jumping competitions and its possible influence on sport performance. *Animal* 7: 2044-2053.
- Boileau, A., Farish, M., Turner, S.P., Camerlink, I. 2019. Infrared thermography of agonistic behaviour in pigs. *Physiology & Behavior* 210: 112637.
- Fetiveau, M., Savietto, D., Janczak, A.M., Fortun-Lamothe, L., Fillon, V. 2024. Thoughtful or distant farmer: Exploring the influence of human-animal relationships on rabbit stress, behaviour, and emotional responses in two distinct living environments. *Animal Welfare* 33: e47.
- Foote, A. 2024. Evidence-based approach to recognising and reducing stress in pet guinea pigs. *The Veterinary Nurse* 15: 364-368.
- Giannetto, C., Aragona, F., Arfuso, F., Piccione, G., De Caro, S., Fazio, F. 2022. Diurnal Variation in Rectal and Cutaneous Temperatures of Horses Housed under Different Management Conditions. *International Journal of Biometeorology* 66: 1601-1611.
- Gut, W., Crump, L., Zinsstag, J., Hattendorf, J., Hediger, K. 2018. The effect of human interaction on Guinea pig behavior in animal-assisted therapy. *Journal of Veterinary Behavior* 25: 56-64.
- Hennessy, M.B., Deak, T., Schiml-Webb, P.A., Wilson, S.E., Greenlee, T.M., McCall, E. 2004. Responses of guinea pig pups during isolation in a novel environment may represent stress-induced sickness behaviors. *Physiology & Behavior* 81: 5-13.
- Hennessy, M.B., Schiml, P.A., Willen, R., Watanasriyakul, W., Johnson, J., Garrett, T. 2015. Selective social buffering of behavioral and endocrine responses and fos induction in the prefrontal cortex of infants exposed to a novel environment. *Developmental Psychobiology* 57: 50-62.
- Jerem, P., Jenni-Eiermann, S., Herborn, K.A., McKeegan, D.E.F., McCafferty, D.J., Nager, R.G. 2018. Eye region surface temperature reflects both energy reserves and circulating glucocorticoids in a wild bird. *Scientific Report* 8, 1–10.
- Jerem, P., Jenni-Eiermann, S., McKeegan, D., McCafferty, D.J., Nager, R.G. 2019. Eye region surface temperature dynamics during acute stress relate to baseline glucocorticoids independently of environmental conditions. *Physiology & Behavior* 210: 112627.
- Johnson, S.R., Rao, S., Hussey, S.B., Morley, P.S., Traub-Dargatz, J.L. 2011. Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies. *Journal of Equine Veterinary Science* 31: 63-66.
- Kaiser, S., Korte, A., Wistuba, J., Baldy, M., Wissmann, A., Dubicanac, M., Richter, S.H., Sachser, N. 2023. Effects of castration and sterilization on baseline and response levels of cortisol – A case study in male Guinea pigs. *Frontiers in Veterinary Science* 9: 1093157.
- Keckeis, K., Lepschy, M., Schöpfer, H., Moser, L., Troxler, J., Palme, R. 2012. Hair cortisol: A parameter of chronic stress? Insights from a radiometabolism study in guinea pigs. *Journal of Comparative Physiology B* 182: 985-996.
- Kovács, L., Kézér, F.L., Bodó, S., Ruff, F., Palme, R., Szenci, O. 2021. Salivary cortisol as a non-invasive approach to assess stress in dystocic dairy calves. *Scientific Reports* 11: 6200.
- Mellor, D.J., Beausoleil, N.J., Littlewood, K.E., McLean, A.N., McGreevy, P.D., Jones, B., Wilkins, C. 2020. The 2020 Five domains model: Including human–animal interactions in assessments of animal welfare. *Animals* 10: 1870.
- Michel, C.L., Chastel, O., Bonnet, X. 2011. Ambient temperature and pregnancy influence cortisol levels in female Guinea pigs and entail long-term effects on the stress response of their offspring. *General and Comparative Endocrinology* 171: 275-282.
- Morgan, K.N., Tromborg, C.T. 2007. Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science* 102: 262-302.
- Namiki, M., Fukayama, T., Suzuki, T., Masaiwa, A. 2024. Relationship between ear temperature, behaviour and stress hormones in Guinea pigs (*Cavia porcellus*) during different interactive activities in zoos. *Animals* 14: 1111.
- Nemeth, M., Pschering, E., Wallner, B., Millesi, E. 2016. Non-invasive cortisol measurements as indicators of physiological stress responses in guinea pigs. *PeerJ* 4: e1590.

- Parks, S.N., Tully, T.N., Settle, A.L., Lattin, C.R. 2023. Handling and restraint induce a significant increase in plasma corticosterone in Hispaniolan Amazon parrots (*Amazona ventralis*). American Journal of Veterinary Research 84: 1-7.
- Pearson, B.L., Judge, P.G., Reeder, D.M. 2008. Effectiveness of saliva collection and enzyme-immunoassay for the quantification of cortisol in socially housed baboons. American Journal of Primatology 70: 1145-1151.
- Powell, D.M., Kozlowski, C.P., Clark, J., Seyfried, A., Baskir, E., Franklin, A.D. 2020. Physical and physiological indicators of welfare in guinea pigs (*Cavia porcellus*) serving as ambassador animals. Animals 10: 815.
- Rasmussen, S., Miller, M.M., Filipski, S.B., Tolwani, R.J. 2011. Cage change influences serum corticosterone and anxiety-like behaviors in the mouse. Journal of the American Association for Laboratory Animal Science 50: 479-483.
- Schöpper, H., Palme, R., Ruf, T., Huber, S. 2012. Effects of prenatal stress on hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis function over two generations of guinea pigs (*Cavia aperea f. porcellus*). General and Comparative Endocrinology 176: 18-27.
- Stewart, M., Webster, J.R., Verkerk, G.A., Schaefer, A.L., Colyn, J.J., Stafford, K.J. 2007. Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. Physiology & Behavior 92: 520-525.
- Veissier, I., Boissy, A. 2007. Stress and welfare: Two complementary concepts that are intrinsically related to the animal's point of view. Physiology & Behavior 92: 429-433.
- Walters, S.L., Torres-Urbano, C.J., Chichester, L., Rose, R.E. 2012. The impact of huts on physiological stress: A refinement in post-transport housing of male Guinea pigs (*Cavia porcellus*). Laboratory Animals 46: 220-224.
- Warwick, C., Steedman, C., Jessop, M., Grant, R. 2023. Defining short-term accommodation for animals. Animals 13: 732.
- Wirth, S., Gebhardt-Henrich, S.G., Riemer, S., Hattendorf, J., Zinsstag, J., Hediger, K. 2020. The influence of human interaction on guinea pigs: Behavioral and thermographic changes during animal-assisted therapy. Physiology & Behavior 225: 113076.
- Yarnell, K., Hall, C., Billett, E. 2013. An assessment of the aversive nature of an animal management procedure (clipping) using behavioral and physiological measures. Physiology & Behavior 118: 32-39.
- Zucca, D., Redaelli, V., Marelli, S.P., Bonazza, V., Heinzl, E.U.L., Verga, M., Luzi, F. 2012. Effect of handling in pre-weaning rabbits. World Rabbit Science 20: 97 - 101.

HODNOCENÍ POMĚRU PROTEINU KE KREATININU V MOČI MORČAT S RŮZNÝMI ZDRAVOTNÍMI PROBLÉMY

EVALUATION OF THE URINE PROTEIN TO CREATININE RATIO IN GUINEA PIGS WITH VARIOUS HEALTH PROBLEMS

Nikola Caklová, Simona Kovaříková*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Interest in small rodent keeping has been growing recently, and so has the interest of pet owners in better veterinary care. The health of animals can be assessed by blood and urine tests using various parameters. One of them is the urine protein to creatinine ratio (UPC), which determines the amount of protein excreted in the urine. The aim of this study was to compare the UPC values of guinea pigs with different health problems with values of healthy guinea pigs. Thirty-eight diseased guinea pigs and 121 clinically healthy guinea pigs were included in the study and urinalysis and UPC determination were performed. There were no statistically significant differences between the UPC values of healthy and diseased guinea pigs, with only one diseased guinea pig having a UPC value higher than the established physiological range.

Key words: UPC, proteinuria, nephropathy

Souhrn

V poslední době roste zájem o chov malých hlodavců, a tak roste i zájem chovatelů o lepší veterinární péči. Zdraví zvířat můžeme posuzovat pomocí vyšetření krve a moči s využitím různých parametrů. Jedním z nich je i poměr proteinu ke kreatininu v moči (UPC, urine protein to creatinine ratio), který určuje množství bílkoviny vylučované do moči. Cílem této práce bylo porovnat hodnoty UPC morčat s různými zdravotními problémy s hodnotami morčat zdravých. Do studie byl zařazeno 38 nemocných morčat a 121 klinicky zdravých morčat, u kterých bylo provedeno vyšetření moči a stanovení UPC. Mezi hodnotami UPC zdravých a nemocných morčat nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly, pouze u jednoho nemocného morčete byla hodnota UPC vyšší než stanovené fyziologické rozmezí.

Klíčová slova: UPC, proteinurie, nefropatie

Úvod

Se vzrůstajícím zájmem o zlepšení welfare zvířat, včetně domácích mazlíčků v podobě hlodavců, narůstá i tlak na zkvalitnění veterinární péče. V rámci preventivních či diagnostických prohlídek je zdraví domácích mazlíčků pak posuzováno nejen vzhledem k anamnéze a klinickému vyšetření, ale i vzhledem k výsledkům laboratorního vyšetření. Laboratorní analýza se nejčastěji provádí ze vzorků krve či moči. Rozbor fyzikálních a chemických vlastností moči a močového sedimentu je vyšetřovací metodou prováděnou u pacientů s podezřením na onemocnění močového traktu, ale přínos má i pro diagnostiku abnormalit mimo močové ústrojí.

Základní vyšetření moči je výhodné z hlediska časových a peněžních nákladů (pro většinu vyšetření není nutné drahé laboratorní vybavení a reagentie) i zatížení zvířete (odběr moči lze provést také neinvazivním způsobem); i proto se hodnocení močových parametrů může stát cenným diagnostickým nástrojem. Konkrétně u moči morčat, kterými se tato práce zabývala, je však

* kovarikovas@vfu.cz

v odborné literatuře stále pouze několik zdrojů informací o referenčních mezích jednotlivých laboratorně posuzovaných parametrů. Zároveň je nedostatek záznamů o závislosti zvýšených či snížených hodnot analytů na konkrétních diagnózách.

Jednou z hodnot, kterou je možné z moči vyšetřovat, je poměr proteinu ke kreatininu (urine protein to creatinine ratio – UPC). Tato metoda kvantifikuje bílkoviny vylučované močí a ve veterinární medicíně je využívána hojněji u psů a koček k určení závažnosti proteinurie. Přítomnost bílkovin v moči může být u některých druhů zvířat do určité míry fyziologická, ale zvýšené hladiny obvykle poukazují na selhávání ledvin nebo na metabolická onemocnění. Cílem této práce bylo porovnat hodnoty UPC u morčat s různými zdravotními problémy a u morčat zdravých.

Materiál a metodika

Pro realizaci této práce byla moč získávána spontánní mikcí od morčat vyšetřovaných na Klinice chorob ptáků, plazů a drobných savců při Veterinární univerzitě v Brně. Vzorky byly skladovány v lednici a nejpozději do dvou dnů po odběru bylo provedeno základní vyšetření (zhodnocení barvy, zákalu, specifické hmotnosti a chemických vlastností), po němž byly vzorky zamrazeny při -20 °C. Nejpozději do čtyř týdnů po zamražení proběhla spektrofotometrická analýza celkového proteinu a kreatininu.

Pro potřeby práce bylo využito vzorků od 38 morčat ve věku od jednoho roku do sedmi let (s mediánem 3,5 roku) – šlo o 18 samic a 20 samců, z čehož 5 samců bylo kastrováných. Všechna zvířata, jejichž moč byla vyšetřována, měla diagnostikované onemocnění nebo vykazovala různé klinické příznaky. Některým jedincům bylo diagnostikováno i více onemocnění najednou. Jednotlivé diagnózy či příznaky a jejich zastoupení v souboru jsou uvedeny v tabulce č. 1.

U všech vzorků bylo před měřením pro stanovení hodnot UPC provedeno základní vyšetření makroskopickým zhodnocením a zhodnocením pomocí refraktometru (RUR5-ATC) a diagnostických proužků HeptaPHAN (Erba).

Před analýzou byly vzorky v Eppendorf zkumavkách zahřáty na laboratorní teplotu a odstředěny pomocí minicentrifugy Combi-Spin (Biosan) při 2 800 otáčkách za minutu po dobu tří minut. Ke stanovení koncentrací celkového proteinu a kreatininu pak byly využity pouze supernatanty vzorků. Pro stanovení koncentrace celkového proteinu v moči byl použit komerční kit (BioVendor), kde je principem navázání bílkoviny na pyrogalolovou červeň. Vzniklý komplex s barvivem je spektrofotometricky stanovován při vlnové délce 600 nm.

Pro stanovení koncentrace kreatininu v moči byl použit komerční kit (DiaSys), kde je principem Jaffého reakce, při které kreatinin reagující s kyselinou pikrovou vytváří komplex oranžovo-červené barvy v zásaditém roztoku pikrátu. Vzniklý barevný komplex je spektrofotometricky stanovován při vlnové délce 490 nm.

Pro obě stanovení byl využit automatický analyzátor Konelab 20i (Thermo). Z výsledných koncentrací celkového proteinu a kreatininu byly vypočítány hodnoty poměru proteinu ke kreatininu dle vzorce $UPC = \frac{\text{koncentrace proteinu} \div 10}{\text{koncentrace kreatininu} \times 11,3}$.

Statistická analýza byla zpracována pomocí programů MS Excel a Unistat for Excel 6.5. Ke zhodnocení výsledků byla použita standardní hladina významnosti $p < 0,05$.

Pro porovnání hodnot UPC u nemocných a zdravých zvířat byl využit již dříve sestavený soubor 121 zdravých morčat – v souboru je zahrnuto 62 samců (z toho jeden kastrováný) a 59 samic (z toho šest kastrováných) ve věku od půl roku do osmi let (s mediánem 3 roky). Všechna tato zvířata nevykazovala v době odběru moči žádné klinické příznaky onemocnění a bylo u nich provedeno vyšetření barvy, zákalu a hustoty moči; diagnostickými proužky byly orientačně vyšetřeny chemické vlastnosti moči a byly stanoveny hodnoty UPC.

Data v souboru nemocných zvířat nebyla pro přesnější statistické zhodnocení dělena do skupin. Hodnoceny tedy byly dvě nerozdělené skupiny (morčata zdravá a morčata nemocná), u kterých byly zjištěny souhrnné charakteristiky a pomocí Shapiro-Wilkova testu se u nich zhodnotila normalita

dat. Pro nenormální rozdělení dat bylo k porovnání souborů využito neparametrického testu, konkrétně testu Mann-Whitneyova.

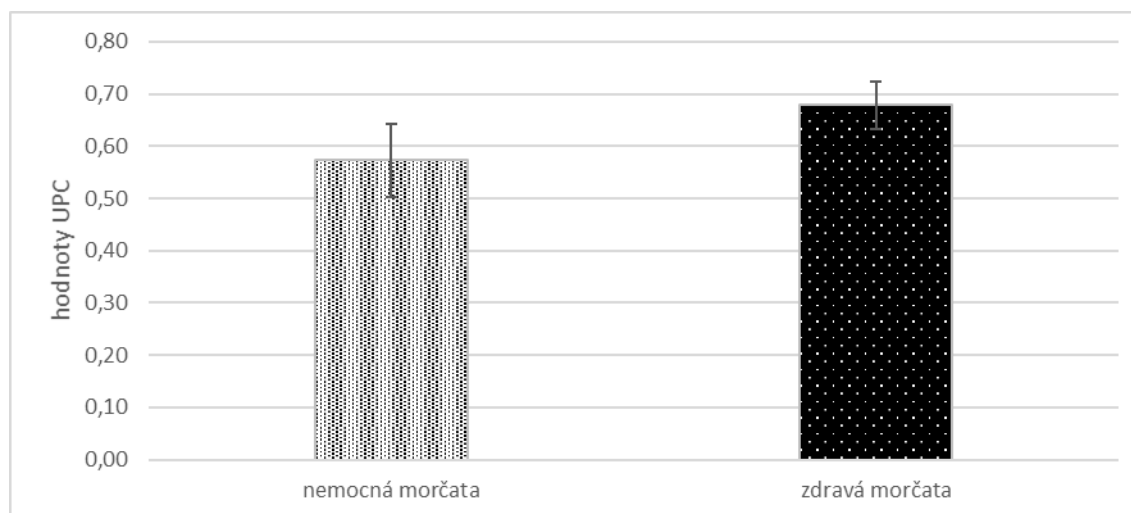
Tabulka č. 1. Přehled diagnóz objevujících se ve zkoumaném souboru nemocných morčat; u některých jedinců bylo zjištěno víc problémů najednou

Diagnóza	Samci	Samice	Celkem
Syndrom onemocnění dentice	7	5	12
Faciální absces	2	3	5
Kachexie	2	1	3
Apatie	2	1	3
Malokluze řezáků	1	1	2
Trichofolikulom	1	1	2
Tumor dělohy	0	2	2
Infestace všenkami	1	1	2
Cheylitida	1	0	1
Paréza pánevních končetin	0	1	1
Tympanie	0	1	1
Tumor mléčné žlázy	1	0	1
Ovariální cysty	0	1	1
Artróza kolenního kloubu	1	0	1
Kardiomegalie	1	0	1
Nekrotizující fasciitida	1	0	1
Obstrukční ileus	1	0	1
Dyspnoe	0	1	1
Záchvaty	0	1	1
Přechodná hypoglykémie	0	1	1
Léze v dutině ústní	0	1	1
Hematurie	0	1	1
Metropatie	0	1	1
Fraktura ulny	0	1	1
Cushingův syndrom	0	1	1
Ketoacidóza	1	0	1
Adrenomegalie	1	0	1
Tumor na hrudní končetině	1	0	1
Hypertrofická kardiomyopatie	0	1	1

Výsledky

Ve studii byly porovnávány hodnoty vypočteného poměru proteinu ke kreatininu v moči (UPC) mezi morčaty nemocnými a zdravými a nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$) (graf 1). Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.

Graf č. 1. Znázornění průměrných hodnot poměru proteinu ke kreatininu v moči u souborů nemocných a zdravých morčat



Tabulka č. 2. Medián a minimální a maximální hodnota UPC u nemocných a zdravých morčat

	Nemocná morčata	Zdravá morčata
Počet	38	121
Medián	0,4981	0,5592
Rozmezí	0,0088 - 2,4376	0,0952 - 2,3724

Dále byly výsledky vypočítaného UPC u nemocných morčat porovnávány se stanoveným rozmezím pro klinicky zdravá morčata (0,12-2,21). Pouze u jednoho pacienta (morčete s pneumonií) byla zjištěna hodnota nad horní hranicí.

Diskuze

Hlavním cílem práce bylo porovnat hodnoty UPC u nemocných a zdravých zvířat. Dle statistického vyhodnocení nebyl v tomto výzkumu pozorován významný rozdíl mezi hodnotami UPC u zdravých a nemocných morčat. Na výsledky mohlo mít vliv, že onemocnění některých morčat ze zkoumaného souboru ještě nebylo dostatečně pokročilé na to, aby se metabolicky projevilo. Dále byla také v souboru zahrnuta i zvířata, u jejichž diagnózy by se dalo předpokládat, že na hodnotu UPC nebude mít významný vliv – šlo například o nejčastěji diagnostikovaný syndrom onemocnění dentice, morče s frakturou ulny nebo o morčata s infestací všenkami.

Při srovnání s referenčními hodnotami dle Kovaříkové et al. (2024) pro UPC u zdravých morčat starších šesti měsíců (0,12–2,21) bylo zjištěno, že tomuto rozmezí se u hodnocených nemocných zvířat vymykají pouze tři vzorky jejich moči, z čehož dva vzorky spadají pod hranici referenčních hodnot a jeden vzorek je nad touto hranicí. Hodnoty spadající pod referenční rozmezí nemají klinický význam; vzorek s hodnotou nad referenčním rozmezím pochází od zvířete, kterému byla diagnostikována pneumonie – mohlo zde jít o prerenální proteinurii způsobenou vyšší koncentrací imunoglobulinů v krvi v důsledku infekce. Imunoglobuliny totiž volně přecházejí přes glomerulární membránu a při přesycení receptorů v tubulech selhává jejich resorpce a tyto proteiny se tak dostávají do moči (Grauer, 2011). Dále je ale v tomto případě možná i varianta renální proteinurie – u lidí byla dříve zjištěna proteinurie při infekčních onemocněních, která primárně nenapadají ledviny. Při takovéto infekci k proteinurii nejspíše dochází v důsledku imunologického poškození glomerulárních a tubulárních membrán (Jensen and Henriksen, 1974). U lidí byla zaznamenána pneumonie ve spojení s proteinurií a glomerulonefritidou (Lechón et al., 2010; Spoorenberg et al., 2013).

U morčat je sice dle Kovaříkové et al. (2024) stanoveno referenční rozmezí pro fyziologické hodnoty UPC, chybí však informace o tom, jak vysoké hodnoty lze považovat za hraniční proteinurii a proteinurii ve stejném smyslu jako u psů a koček, kde tyto výsledky již poukazují na metabolický rozvrat či poškození ledvin. Nejvyšší hodnoty UPC jsou u psů a koček zjišťovány při glomerulonefritidě a amyloidóze, což jsou onemocnění postihující ledvinné glomeruly (Kovaříková, 2014). V souboru 38 morčat, od nichž byly získány vzorky pro tuto práci, se neobjevuje žádné, které by mělo podobnou diagnózu nebo jiné potvrzené poškození ledvin; je možné, že u takového zvířete by se objevila výrazně vyšší hodnota UPC.

Jako jedno z možných vysvětlení pro zvýšenou koncentraci proteinu v moči i u zdravých morčat navrhl Rueloeke et al. (2016) častý výskyt subklinických onemocnění ledvin – takovéto onemocnění by bylo odhaleno až hematologickým vyšetřením nebo biochemickým vyšetřením séra, které v rámci bakalářské práce nebylo prováděno. Je však nepravděpodobné, že by se v souboru zvířet se subklinickým onemocněním ledvin vyskytlo, jelikož ve studii Minárikové et al. (2015) bylo u morčat prováděno i hematologické vyšetření a onemocnění uropoetického traktu bylo odhaleno pouze u 42 z 1 000 zvířat.

Můžeme tedy předpokládat, že ve zkoumaném souboru se nevyskytla morčata, jež by měla onemocnění ledvin vedoucí k renální proteinurii, která by nejvíce ovlivnila hodnoty UPC.

Literatura

- Athanasίου, L.V., Katsoulos, P.D., Spanou, V.M., Pazarakioti, A.T., Katsogiannou, E.G., Iliadini, B.R., Polizopoulou, Z.S. 2021. Effect of storage time on the urine protein:creatinine ratio in alkaline ovine urine. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 33: 1176-1179.
- Grauer, G.F. 2011. Proteinuria: Measurement and Interpretation. *Topics in Companion Animal Medicine* 26: 121-127.
- Jensen, H., Henriksen, K. 1974. Proteinuria in non-renal infectious diseases. *Acta Medica Scandinavica* 196: 75-82.
- Kovaříková, S., Blahová, J., Truhlářová, A., Baslerová, S., Křepinská, I., Jekl, V. 2024. Urinary protein-to-creatinine ratio in guinea pigs (*Cavia porcellus*): Reference range and the effect of age and sex. *Veterinary Record* 196: 1.
- Kovaříková, S. 2014. Vyšetření moči psa a kočky v klinické praxi. B-V-M, Brno.
- Mináriková, A., Hauptman, K., Jeklová, E.; Knotek, Zdeněk; Jekl, V. 2015. Diseases in pet guinea pigs: a retrospective study in 1000 animals. *Veterinary Record* 177: 200.
- Rueloeke, M.L., Spangenberg, R., Koch, J. 2016. Establishment of normal values of urine protein/creatinine ratio in pet guinea pigs (*Cavia porcellus*). In: BBSAVA Congress Proceedings. Birmingham, UK: British Small Animal Veterinary Association, s. 554.

STANOVENÍ BISFENOLU A V MOČI PSŮ DETERMINATION OF BISPHENOL A IN CANINE URINE

Jana Rozmarinová, Petr Maršálek*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Since numerous studies have shown that bisphenol A (BPA) is present in a variety of items we come into daily contact, it is possible that dogs living in human households are still exposed to BPA just as humans are, if not more – whether through food cans, packaging of kibble, bowls, water, dust or plastic toys. This work was focused on the analysis of bisphenol A in dog urine and the subsequent comparison of the measured values with the characteristics of the samples. A total of 42 urine samples were analyzed. The concentration of BPA was determined by LC/MS. BPA (ng/ml) in urine was detected in 33 samples, with only 9 cases where the BPA concentration was below the detection limit, which could be explained by the current trend of reducing BPA use and replacing it with other derivatives. Testing of BPA concentrations within specific groups – male vs. female; predominant indoor vs. outdoor lifestyle; predominant kibble vs. canned food – did not reveal any statistically significant differences ($p > 0.05$). However, a significant correlation was found between the concentration of BPA in urine and urine pH ($p < 0.05$; $r = 0.3372$) and we could see that the higher concentration of BPA was associated with increased urinary pH.

Key words: BPA, endocrine disruptor, dogs, urinalysis, LC/MS analysis, urine pH

Souhrn

Jelikož řada studií prokázala přítomnost bisfenolu A (BPA) v mnoha předmětech, se kterými jsme denně v kontaktu, je možné, že psi žijící v lidských domácnostech jsou BPA stále vystaveni – stejně jako lidé, ne-li více – a to prostřednictvím konzervovaného krmiva, obalů granulí, misek, vody, prachu nebo plastových hraček. Tato práce byla zaměřena na analýzu bisfenolu A v moči psů a následné porovnání naměřených hodnot s charakteristikami jednotlivých vzorků. Celkem bylo analyzováno 42 vzorků moči. Koncentrace BPA byla stanovena metodou LC/MS. BPA (ng/ml) byl v moči detekován ve 33 vzorcích; pouze v 9 případech byla koncentrace BPA pod mezí detekce, což by mohlo být vysvětleno aktuálním trendem snižování používání BPA a jeho nahrazování jinými deriváty. Testování koncentrací BPA v rámci jednotlivých skupin – psi samci vs. samice; převážně vnitřní vs. venkovní způsob života; převážně granule vs. konzervy – neodhalilo žádné statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$). Byl však zjištěn významný vztah mezi koncentrací BPA v moči a pH moči ($p < 0,05$; $r = 0,3372$) a bylo patrné, že vyšší koncentrace BPA byla spojena se zvýšeným pH moči.

Klíčová slova: BPA, endokrinní disruptor, psi, analýza moči, LC/MS analýza, pH moči

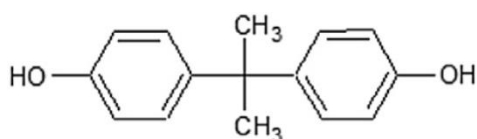
Úvod

Bisfenol A (BPA) (Obrázek 1) patří mezi nejrozšířenější endokrinní disruptory. Jeho přítomnost byla prokázána ve vodě, půdě, potravinách i vzduchu, tedy v prostředí, se kterým jsme denně v kontaktu (Li and Wang, 2015). Strukturně BPA obsahuje dvě fenolové skupiny, které určují jeho schopnost vázat se na estrogenové receptory (ER) a ovlivňovat expresi genů závislých na estrogenech (Pocar et al., 2023). Kromě estrogenní aktivity může BPA působit i antiandrogenně,

* marsalekp@vfu.cz

tedy blokovat androgenní receptory (AR) a tím narušovat hormonální rovnováhu. Studie Matsushima et al. (2007) popsala vazbu BPA na estrogen-related receptor γ (ERR γ) a poprvé poskytla molekulární pohled na tuto interakci. Výsledky studie potvrdily, že jaderné receptory tvoří komplexy s BPA, čímž dochází k aktivaci nežádoucích hormonálních drah. Závažným mechanismem účinku BPA může být také jeho vliv na epigenetiku (Pocar et al., 2023). Například bylo prokázáno, že BPA mění stav metylace genu *Hoxa10*, což vedlo ke zvýšené expresi tohoto vývojového genu v děloze samičích potomků myši, které byly BPA vystaveny in utero (Bromer et al., 2010). Změny metylace DNA byly zaznamenány i v mozkové tkáni, což naznačuje potenciální dopady BPA na neurovývoj a chování. Všechny tyto mechanismy ukazují, že BPA je biologicky aktivní látka, schopná narušit hormonální regulaci a vývojové dráhy v organismu i při nízkých koncentracích. Zatímco v humánní medicíně je toxicita bisfenolu A (BPA) dlouhodobě zkoumána, ve veterinární oblasti byla až donedávna přehlížena. Přitom domácí mazlíčci, zejména psi a kočky, žijí ve stejném prostředí jako lidé a mohou být vystaveni obdobným škodlivinám (Makowska et al., 2022). Mezi hlavní zdroje expozice BPA u psů patří především kontaminovaná voda, krmivo, plastové hračky a domácí prach (Xiao et al., 2020; Marsálek et al., 2022). BPA byl prokázán ve vodních tocích i pitné vodě, ačkoliv v ní se objevuje v nižších koncentracích (Michalowicz, 2014). Vyšší hladiny se běžně nachází v balené vodě. Významným rizikem je i krmivo. BPA se může do krmiva dostat jak během výroby, tak migrací z obalových materiálů – zejména z vnitřních výsterek kovových plechovek, které bývají ošetřeny epoxidovou pryskyřicí obsahující BPA. K migraci dochází zvláště při zahřívání nebo při kontaktu s kyselými potravinami (Corrales et al., 2015). Další cestou expozice jsou plastové hračky a výcvikové pomůcky, které psi často žvýkají. Studie Wooten and Smith (2013) potvrdila, že právě tyto předměty mohou být významným zdrojem chemikálií narušujících endokrinní systém. V neposlední řadě je třeba zmínit vdechování kontaminovaného prachu a kontakt se zeminou. BPA se vyskytuje ve vnitřním i venkovním ovzduší, často vázaný na prachové částice (Kang and Kondo, 2002; Vasiljevic and Harner, 2021). Psi se pak mohou kontaminovat při olizování tlapek nebo srsti po venčení. Cílem této práce je posoudit koncentraci bisfenolu A v moči psů a porovnat tyto hodnoty se zjištěným pH moči při klinickém vyšetření. A také porovnat koncentraci BPA s dalšími charakteristikami psů jako je pohlaví, způsob života a převažující krmivo. Práce byla zpracována v rámci řešení diplomové práce realizované na Veterinární univerzitě Brno ve studijním programu Ochrana zvířat a welfare (Rozmarinová, 2025).

Obrázek č. 1. Bisfenol A



Materiál a metodika

Vzorky byly odebrány od 42 psů různých plemen a životních stylů. U každého jedince byly zaznamenávány stěžejní parametry, jež by na výsledky mohly mít hlavní vliv – pohlaví, způsob života, převažující krmivo a způsob odběru moči. Zároveň bylo i poznamenáno, jakým způsobem byly vzorky moči odbírané a jaké další vyšetření na nich bylo prováděno, jelikož BPA je prakticky všudypřítomný, a čím větší manipulace se vzorkem, tím více by mohla hrozit po odběrová kontaminace. U většiny vzorků byly navíc zjišťovány i biochemické parametry moči, jako je: barva, čírost, pH a případná přítomnost na bilirubin, ketony, glukózu, protein či krevní elementy. Vzorky byly po provedeném vyšetření v ordinaci zamrazeny v mikrozkušavkách Safe-Lock Tubes od výrobce Eppendorf. Použité vzorky byly získávány v rámci klinického vyšetření psů v soukromé praxi veterinárního. Do skleněné zkumavky o objemu 10 ml bylo nejprve pipetováno 0,5 ml vzorku moči. Do takto odebraného vzorku bylo dávkováno 0,5 ml roztoku interního izotopicky značeného

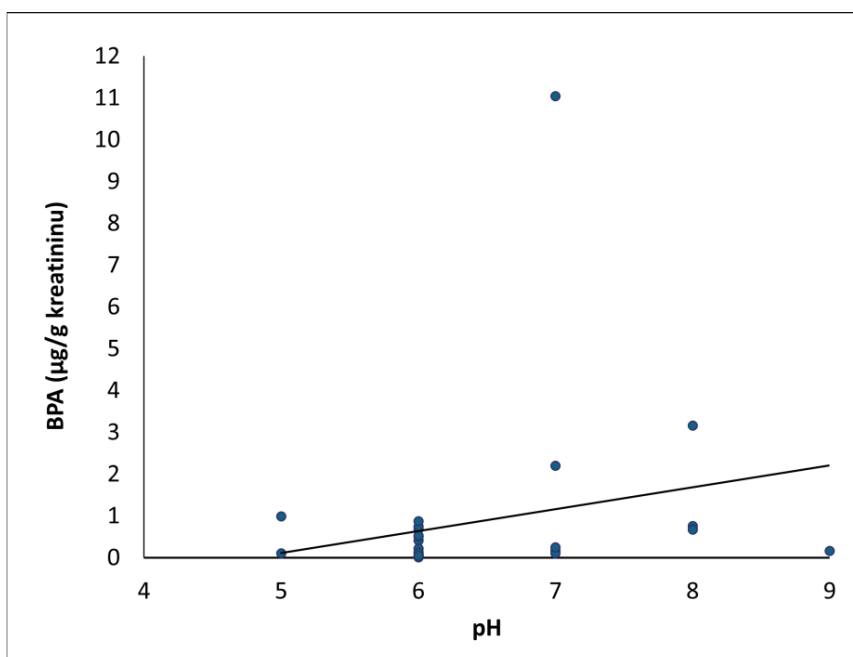
standardu BPA-D16 o koncentraci 1 ng/ml, čímž byla dosažena cílová koncentrace 1 ng/ml interního standardu v moči. Do připraveného vzorku moči a interního standardu o celkovém množství 1 ml bylo přidáno 1 ml acetonitrilu. Vzorky byly lehce protřepány na vortexu cca 3x po 6 sekundách, aby se všechny části řádně propojily. Než byly vzorky předány k první centrifugaci, tak se nechaly ještě chvíli odstát. Centrifuga byla nastavená na 3 000 otáček po 15 minutách. Po první centrifugaci se ve zkumavce vytvořily dvě oddělné vrstvy, organická vrstva a na dně zkumavky usazeniny z moči. Horní organická vrstva byla ze zkumavky odebrána skleněnou pipetou do nové zkumavky, a to v množství 1 ml. Načež bylo ke vzorku přidáno 1,5 ml acetonitrilu a znovu proběhla fáze s vortexem a centrifugací na 15 minut při 3 000 otáčkách. Po druhé centrifugaci byla opět odebrána horní organická vrstva, tentokrát o objemu 1,5 ml a byla přidána do zkumavky k 1 ml již odebraného extraktu z předešlé centrifugace. Oba takto odebrané díly horní organické vrstvy u každého ze vzorků, tak byly připraveny k následné derivatizaci. Extrakt byl odpařen pod pomalým proudem dusíku, při stálém zahřívání zkumavek v termobloku na teplotu 55 °C. Po úplném odpaření extraktu přišlo na řadu přidání 0,25 ml hydrogenuhlíčitanového pufru (pH = 10,5) a 0,25 ml roztoku dansyl chloridu do zkumavek. Vzorky byly po dobu 6 minut derivatizovány při 60 °C. Po skončení derivatizace byla teplota snížena opět na 55 °C a vzorky byly znovu odpařeny pod proudem dusíku. Takto získaný vzorek byl rekonstituován v 1 ml metanolu a použit k LC/MS analýze. Chromatografická separace byla provedena za využití gradientu mobilní fáze za konstantního průtoku 250 µL. Mobilní fáze A je tvořena deionizovanou vodou doplněnou o kyselinu mravenčí (0,1%; v/v), zatímco mobilní fázi B tvoří acetonitril. Po chromatografické separaci následovala ionizace v iontovém zdroji hmotnostního spektrometru a analýza na hmotnostním analyzátoru. Ionizace vyhříváním elektrosprejem pracovala za podmínek: teplota 350 °C, “sheath gas” tlak 50; 0 psi; “auxiliary gas” tlak 10 a.u.; napětí 3 500 V. Ke statistickému zpracování byl poté využit program Unistat 6.5. S jeho pomocí byla veškerá data testována na normální rozdělení hodnot testem Shapiro-Wilk. Rozdíly mezi jednotlivými skupinami byly hodnoceny pomocí neparametrického testu Mann-Whitney. Závislost mezi koncentrací BPA v moči a pH moči byla testována s využitím Spearmanovy korelace. Pro testování odlehlých hodnot byl zvolen Grubbsův test na odlehlé hodnoty. Statistická významnost byla hodnocena pro úroveň hodnoty pravděpodobnosti ($p < 0,05$).

Výsledky a diskuze

Mann-Whitney testem nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$) mezi koncentracemi BPA v moči u psů a fen. Průměrně naměřené hodnota BPA v moči dle pohlaví u psů byla $0,919 \pm 2,006$ (průměr $\pm$ směrodatná odchylka; µg/g kreatininu), zatímco u fen se průměrná hodnota BPA pohybovala v čísle $0,932 \pm 2,811$. Studií, jež by se zaměřovaly na porovnání koncentrací BPA dle pohlaví s významným výsledkem u zvířat je velmi poskrovnu. Kupříkladu Makowska et al. (2022) provedli měření koncentrace BPA ve vzorcích chlupů, avšak rozdíly mezi samci a samicemi nebyly statisticky významné, stejně jako ani mezi mladými, středně starými a starými jedinci. Víceméně ke stejnému závěru došla i studie Karthikraj et al. (2020), kde nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v koncentracích bisfenolů mezi pohlavími nebo věkovými skupinami, a to jak u psů, tak u koček. Studie se víceméně shodují s výsledkem v této práci, kde také statisticky významný rozdíl mezi pohlavími zjištěn nebyl a zároveň na naměřených hodnotách lze vidět, že průměrné koncentrace BPA byly v rámci pohlaví velmi podobné. Mann-Whitney testem byl zjištěn statisticky nevýznamný rozdíl ($p > 0,05$) mezi psi žijících převážně v domácím prostředí ($n = 26$) a psi, kteří převážně pobývají ve venkovním prostředí ($n = 12$). Stanovená průměrná koncentrace BPA u psů žijících převážně v domácnosti byla $1,061 \pm 2,730$ (průměr $\pm$ směrodatná odchylka; µg/g kreatininu), zatímco u psů žijících převážně ve venkovním prostředí byla průměrná koncentrace $0,627 \pm 1,014$. Ačkoliv zde mezi skupinami statisticky prokázaný rozdíl nebyl, tak obecně několik studií se problematikou koncentrace BPA ve vnitřním prostředí zabývalo a zjistilo, že může být poměrně vysoká (Vasiljevic and Harner, 2021). Jelikož bisfenol A má tendenci se vázat na částice

prachu, představuje tak ve vnitřním prostředí větší riziko oproti vnějšímu prostředí. To je pravděpodobně způsobeno běžným používáním výrobků obsahujících BPA v domácnostech a kancelářích, vazbou BPA na částice prachu a nedostatečným větráním. Nejvyšší vnitřní koncentrace BPA byly navíc hlášeny v rozvinutých zemích (Vasiljevic and Harner, 2021). Možným důvodem vyšší přítomnosti BPA v rozvinutých zemích by mohl být socioekonomický status nebo snížené větrání a spoléhání se na klimatizační systémy, což umožňuje akumulaci BPA v prachových částicích (Loganathan and Kannan, 2011). Wang et al. (2015) analyzovali vzorky vnitřního prachu z různých lokalit po celém světě a zjistili vyšší průměrné koncentrace BPA v prachu v Belgii, Řecku, Japonsku, Jižní Koreji a USA (2 001, 1 700, 2 800, 1 100 a 3 800 ng/g). A zároveň potvrdili, že naměřené koncentrace BPA byly nižší v rozvojových zemích. Mann-Whitney testem se došlo k závěru, že mezi psi krmených převážně granulami ($0,847 \pm 2,249$) a psi krmených převážně konzervovanou stravou ($1,071 \pm 2,538$) není statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Existuje řada studií, které měřily koncentrace BPA v různých typech krmiva domácích mazlíčků. Jedna studie na psech naznačuje, že konzervované krmivo může být významnějším zdrojem expozice BPA než suché krmivo balené v pytlích (Lorber et al., 2015; Hartle et al., 2016; Koestel et al., 2017) (Koestel et al. 2017). Byla hodnocena korelace mezi koncentrací BPA v moči a pH moči (Obrázek 2), kdy došlo ke zjištění, že mezi těmito dvěma parametry existuje statisticky významná korelace ($p < 0,05$; $r = 0,3372$).

Obrázek č. 2. Závislost mezi koncentrací BPA v moči a pH moči



Z různých zdrojů vyplývá, že pH prostředí hraje významnou roli v tom, jak se BPA chová, ovlivňuje jeho rozpustnost ve vodě a jeho schopnost vázat se na sedimenty. To má následně vliv na jeho koncentraci v různých složkách životního prostředí. Jeden ze zdrojů uvádí, že schopnost předvídat rozdělení BPA do sedimentů závisí na pH. Bisfenol A má $pK_a 10,29 \pm 0,69$, a tato hodnota pK_a má ovlivňovat jeho chování v závislosti na pH prostředí (Corrales et al., 2015). Abraham and Chakraborty (2020) tvrdí, že disociační konstanta BPA ($pK_a = 10,29$) zvyšuje jeho rozpustnost v alkalickém pH. Dle Corrales et al. (2015) má při nižších hodnotách pH docházet ke zvýšené absorpci BPA do sedimentů. Naopak, při hodnotách pH blízkých se pK_a (tedy vyšších, alkalických), dochází k vyšší rozpustnosti nebo desorpci BPA. Dále zde vysvětluje, že při nižších hodnotách pH (např. $pH < 7$) dochází u BPA k efektu „vysolování“, kdy zvyšující se iontová síla

podporuje absorpci do sedimentů. Naopak, při pH bližším pKa (např. pH 8) dochází k opačnému jevu.

Závěr

V 9 případech ze 36 vzorků byla koncentrace BPA pod mezí detekce (0,041 ng/ml). Ve většině vzorků tak byl nalezen BPA, což potvrzuje jeho všudypřítomnost. Vyhodnocením korelace mezi koncentrací BPA v moči a pH moči, došlo ke zjištění, že mezi těmito dvěma parametry existuje statisticky významná korelace ($p < 0,05$; $r = 0,3372$). Dalo by se tedy uvažovat, že do jisté míry může mít zvyšující se pH moči vliv na rostoucí koncentraci bisfenolu A v moči, avšak na toto téma by rozhodně bylo pro stoprocentní potvrzení potřeba provést více studií.

Literatura

- Abraham, A., Chakraborty, P. 2020. A review on sources and health impacts of bisphenol A. *Reviews on Environmental Health* 35: 201-210.
- Bromer, J.G., Zhou, Y.P., Taylor, M.B., Doherty, L., Taylor, H.S. 2010. Bisphenol-A exposure in utero leads to epigenetic alterations in the developmental programming of uterine estrogen response. *Faseb Journal* 24: 2273-2280.
- Corrales, J., Kristofco, L.A., Steele, W.B., Yates, B.S., Breed, C.S., Williams, E.S., Brooks, B.W. 2015. Global assessment of bisphenol a in the environment: Review and analysis of its occurrence and bioaccumulation. *Dose-Response* 13: 1559325815598308.
- Hartle, J.C., Navas-Acien, A., Lawrence, R.S. 2016. The consumption of canned food and beverages and urinary Bisphenol A concentrations in NHANES 2003-2008. *Environmental Research* 150: 375-382.
- Kang, J.H., Kondo, F. 2002. Determination of bisphenol A in canned pet foods. *Research in Veterinary Science* 73: 177-182.
- Karthikraj, R., Lee, S., Kannan, K. 2020. Biomonitoring of exposure to bisphenols, benzophenones, triclosan, and triclocarban in pet dogs and cats. *Environmental Research* 180: 108821.
- Koestel, Z.L., Backus, R.C., Tsuruta, K., Spollen, W.G., Johnson, S.A., Javurek, A.B., Ellersieck, M.R., Wiedmeyer, C.E., Kannan, K., Xue, J.C., Bivens, N.J., Givan, S.A., Rosenfeld, C.S. 2017. Bisphenol A (BPA) in the serum of pet dogs following short-term consumption of canned dog food and potential health consequences of exposure to BPA. *Science of the Total Environment* 579: 1804-1814.
- Li, J.J., Wang, G.H. 2015. Airborne particulate endocrine disrupting compounds in China: Compositions, size distributions and seasonal variations of phthalate esters and bisphenol A. *Atmospheric Research* 154: 138-145.
- Loganathan, S.N., Kannan, K. 2011. Occurrence of Bisphenol A in indoor dust from two locations in the eastern united states and implications for human exposures. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 61: 68-73.
- Lorber, M., Schecter, A., Paepke, O., Shropshire, W., Christensen, K., Birnbaum, L. 2015. Exposure assessment of adult intake of bisphenol A (BPA) with emphasis on canned food dietary exposures. *Environment International* 77: 55-62.
- Makowska, K., Martín, J., Rychlik, A., Aparicio, I., Santos, J.L., Alonso, E., Gonkowski, S. 2022. Hair Sample Analysis as a Method of Monitoring Exposure to Bisphenol A in Dogs. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19: 4600.
- Marsálek, P., Kovariková, S., Lueerssen, F., Vecerek, V. 2022. Determination of bisphenol A in commercial cat food marketed in the Czech Republic. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 24: 160-167.
- Matsushima, A., Kakuta, Y., Teramoto, T., Koshiha, T., Liu, X.H., Okada, H., Tokunaga, T., Kawabata, S., Kimura, M., Shimohigashi, Y. 2007. Structural evidence for endocrine disruptor bisphenol a binding to human nuclear receptor ERR γ . *Journal of Biochemistry* 142: 517-524.
- Michalowicz, J. 2014. Bisphenol A - Sources, toxicity and biotransformation. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 37: 738-758.
- Pocar, P., Grieco, V., Aidos, L., Borromeo, V. 2023. Endocrine-disrupting chemicals and their effects in pet dogs and cats: An overview. *Animals* 13: 378.
- Rozmarinová, J. 2025. Stanovení bisfenolu A v moči psů. Diplomová práce. Veterinární univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie. Vedoucí diplomové práce Petr Maršálek.

- Vasiljevic, T., Harner, T. 2021. Bisphenol A and its analogues in outdoor and indoor air: Properties, sources and global levels. *Science of the Total Environment* 789: 148013.
- Wang, W., Abualnaja, K.O., Asimakopoulos, A.G., Covaci, A., Gevao, B., Johnson-Restrepo, B., Kumosani, T.A., Malarvannan, G., Minh, T.B., Moon, H.B., Nakata, H., Sinha, R.K., Kannan, K. 2015. A comparative assessment of human exposure to tetrabromobisphenol A and eight bisphenols including bisphenol A via indoor dust ingestion in twelve countries. *Environment International* 83: 183-191.
- Wooten, K.J., Smith, P.N. 2013. Canine toys and training devices as sources of exposure to phthalates and bisphenol A: quantitation of chemicals in leachate and in vitro screening for endocrine activity. *Chemosphere* 93: 2245-2253.
- Xiao, C.Y., Wang, L.H., Zhou, Q., Huang, X.H. 2020. Hazards of bisphenol A (BPA) exposure: A systematic review of plant toxicology studies. *Journal of Hazardous Materials* 384: 121488.

STANOVENÍ BISFENOLU S V KREVNÍM SÉRU KOČEK S HYPERTYREÓZOU DETERMINATION OF BISPHENOL S IN BLOOD SERUM ORIGINATED FROM HYPERTHYROID CATS

Aneta Sasová, Petr Maršálek*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The aim of this study was to determine the concentration of bisphenol S (BPS) in the blood serum of cats with hyperthyroidism and to assess possible associations with selected biochemical and hematological parameters. The influence of factors such as sex, age, neutering status, and housing conditions (indoor vs. outdoor) on the detected BPS concentrations was also evaluated. A total of 50 blood serum samples collected from cats examined at the Clinic of Diseases of Dogs and Cats, University of Veterinary Sciences Brno, were analyzed. BPS detection was carried out using liquid chromatography coupled with mass spectrometry (LC-MS/MS) following prior extraction and derivatization. BPS was detected in 37 out of 50 samples, with concentrations ranging from 0.028 to 0.273 ng/ml. Statistical analysis revealed no significant differences in BPS concentrations between groups based on sex, age, or housing. No significant correlation was found between BPS levels and the selected biochemical or hematological indicators. A borderline p-value ($p = 0.0628$) was observed between neutered and non-neutered cats, which may suggest biological relevance. This result could indicate a possible influence of neutering and potential endocrine-disrupting effects of BPS. The detected concentrations were very low and often close to the detection limit, which may complicate the interpretation of results.

Key words: bisphenol S, blood serum, cats, endocrine disruptors, biochemical and hematological parameters

Souhrn

Cílem této práce bylo stanovit koncentraci bisfenolu S (BPS) v krevním séru koček s hypertyreózou a posoudit případné souvislosti s vybranými biochemickými a hematologickými parametry. Zároveň byl zhodnocen vliv faktorů, jako jsou pohlaví, věk, kastrace a způsob chovu (indoor vs. outdoor), na zjištěné koncentrace BPS. Celkem bylo analyzováno 50 vzorků krevního séra odebraných kočkám vyšetřovaným na klinice chorob psů a koček Veterinární univerzity Brno. Detekce BPS proběhla pomocí kapalinové chromatografie s hmotnostní spektrometrií (LC-MS/MS) po předchozí extrakci a derivatizaci. BPS byl detekován ve 37 z 50 vzorků, v koncentracích 0,028–0,273 ng/ml. Statistická analýza neprokázala významné rozdíly v koncentracích mezi skupinami podle pohlaví, věku ani způsobu chovu. Nebyla rovněž potvrzena významná korelace mezi hladinami BPS a vybranými biochemickými či hematologickými ukazateli. U rozdílu mezi kastrovánými a nekastrovánými kočkami byla zaznamenána hraniční hodnota pravděpodobnosti ($p = 0,0628$), která může naznačovat biologickou relevanci. Tento výsledek může poukazovat na možný vliv kastrace a potenciální endokrinní účinky BPS. Zjištěné koncentrace byly velmi nízké a často blízké detekčnímu limitu, což může ztěžovat interpretaci výsledků.

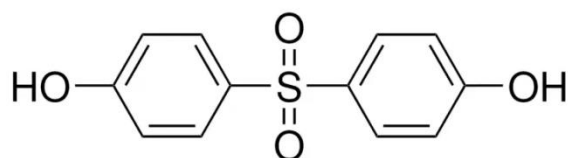
Klíčová slova: bisfenol S, krevní sérum, kočky, endokrinní disruptory, biochemické a hematologické parametry

* marsalekp@vfu.cz

Úvod

Bisfenol S (BPS) (Obrázek 1) je chemická látka používaná při výrobě polyethersulfonových (PES) plastů, které se nacházejí v tvrdých plastech, syntetických textiliích a některých potravinových obalech. Často nahrazuje BPA, jehož použití bylo omezeno. BPS je přítomen např. v dětských lahvích, nádobách pro mikrovlnný ohřev, elektronice, zdravotnickém vybavení či sportovním oblečení a bytových textiliích. Vyskytuje se také v potravinových obalech (např. vnitřní vrstvy plechovek) a v termopapírech používaných na účtenky. I produkty označené jako „BPA-free“ mohou obsahovat BPS (Michałowicz et al., 2015; Rochester and Bolden, 2015). Hlavními cestami expozice jsou konzumace potravin z plastů, kontakt s kůží nebo vdechování prachu. BPS může negativně ovlivňovat reprodukční systém – výzkum ukázal, že narušuje meiotické zrání vajíček, což může vést k chromozomálním abnormalitám a snížené plodnosti. Byl detekován i v mateřské a pupečnickové krvi, což naznačuje rizika pro vývoj plodu – zejména narušení hormonální rovnováhy a vývojových procesů (Nevoral et al., 2021). Studie rovněž potvrzují, že BPS působí jako endokrinní disruptor (Zhang et al., 2017; Morales et al., 2020). Může narušovat funkci štítné žlázy a zvyšovat riziko autoimunitních onemocnění. Výsledky naznačují, že BPS může být stejně nebo i více škodlivý než BPA (Kabuto et al., 2004; Michałowicz et al., 2015; Nourian et al., 2017). Obě látky patří mezi endokrinní disruptory, které mohou narušovat funkci štítné žlázy a ovlivňovat hormonální rovnováhu. Byly rovněž zkoumány oxidační vlastnosti bisfenolů a bylo prokázáno, že mohou vyvolat oxidační stres v různých tkáních, včetně varlat, mozku, jater a ledvin (Kabuto et al., 2004; Nourian et al., 2017). Ačkoliv bylo zjištěno, že BPS má menší oxidační účinky na krevní buňky než BPA, bisfenol F (BPF) a bisfenol AF (BPAF) tak naopak bylo prokázáno, že BPS i BPA mají výrazně destruktivní účinky na proteiny (Michałowicz et al., 2015; Mokra et al., 2015). Výsledky naznačují, že kočky žijící v interiéru, kde je vyšší koncentrace těchto chemikálií, mají vyšší riziko rozvoje hypertyreózy (Kovaríková et al., 2021). Cílem této práce bylo zjistit, zda je možné detekovat BPS v krevním séru koček, zda jeho hladina souvisí s faktory jako věk, pohlaví, kastrace či prostředí, a zda má vliv na vybrané biochemické a hematologické parametry. Práce byla zpracována v rámci řešení diplomové práce realizované na Veterinární univerzitě Brno ve studijním programu Ochrana zvířat a welfare (Sasová, 2025).

Obrázek č. 1. Strukturní vzorec Bisfenolu S



Materiál a metodika

K analýze bylo využito 50 mražených vzorků séra koček, odebraných v rámci vyšetření na klinice chorob psů a koček v areálu Veterinární univerzity Brno. Vzorky byly odebírány v období roku 2023 až do ledna 2025, kdy bylo uskutečněno samotné měření. Vzorky byly umístěny v plastových Eppendorf zkumavkách, popsané iniciály majitele a datem odběru, umístěné v jednotlivých sáčcích s dalším popisem. Na sáčcích bylo uvedeno ve většině případů plemeno kočky, věk, pohlaví, způsob chovu (indoor/outdoor), kastrace a zda má kočka nějaký problém, například apatie, nechutenství. Vzorky provázely také dokumenty s výsledky hematologických a biochemických vyšetření včetně celkové koncentrace thyroxinu. Před přípravou vzorků k vlastnímu měření bylo vždy potřeba nachystat potřebné vybavení – laboratorní sklo. Velké množství skleněných pipet, zkumavek a kádínek bylo nutno vždy promýt methanolem, aby se minimalizovala možnost kontaminace bisfenolem z okolí. Do skleněné zkumavky bylo pipetováno pomocí skleněné pipety 0,5 ml vzorku krevního séra. Pomocí skleněné dávkovací stříkačky Hamilton do vzorku přidáno 5 µl interního izotopicky značeného standardu BPA–D16 (c = 100 ng/ml). Pomocí skleněné pipety

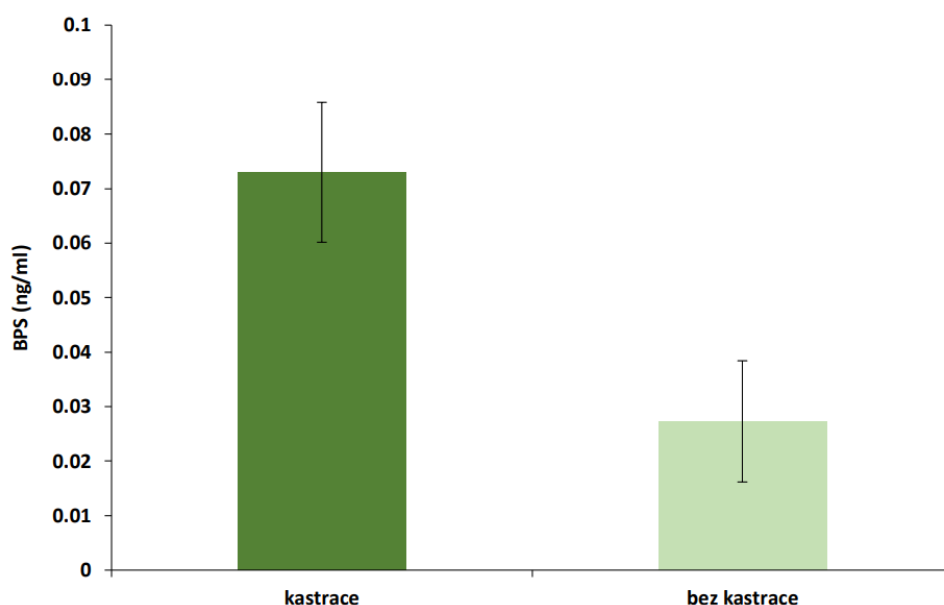
bylom přidáno 1,5 ml toluenu. Extrakce proběhla na vortexu po dobu 10x10 sekund. Poté bylo odebráno 1 ml horní organické vrstvy do nové zkumavky. Ke vzorku bylo pomocí skleněné pipety přidáno opět 1,5 ml toluenu. 2. kolo extrakce proběhlo na vortexu po dobu 10x10 sekund. Poté proběhlo odebrání 1,3 ml horní organické vrstvy k 1 ml již odebraného extraktu. Ke vzorku bylo pomocí skleněné pipety naposledy přidáno 1,5 ml toluenu. 3. kolo extrakce proběhlo na vortexu po dobu 10x10 sekund. Poté bylo opět odebráno 1,5 ml horní organické vrstvy k již odebraného extraktu. 3 odebrané díly extraktu byly spojeny ve zkumavce. Extrakt byl pomalu odpařen pod proudem dusíku při teplotě 55 °C. Po odpaření bylo přidáno 0,25 ml roztoku dansyl chloridu a 0,25 ml Hydrogenuhličitanového pufru (pH = 10,5). Derivatizace vzorku proběhla po dobu 5 minut při teplotě 60 °C. Po skončení derivatizace a snížení teploty na 55 °C proběhlo odpaření vzorku pod proudem dusíku. Po odpaření bylo přidáno 0,5 ml methanolu. Rozpuštěný vzorek v metanolu byl filtrován pomocí stříkačkového filtru do vialky s insertem. Vzorek je připraven k analýze. Takto připravené vzorky byly následně analyzovány s využitím kapalinové chromatografie spojení s tandemovou hmotnostní spektrometrií (LC/MS). LC/MS analýza byla provedena pomocí chromatografické pumpy Thermo Scientific Vanquish F a hmotnostního spektrometru Thermo Scientific TSQ Quantis Plus (Thermo Scientific, USA), který byl vybaven iontovým zdrojem OptaMax NG pracujícím v režimu vyhřívaného elektrospreje, který pracoval za následujících podmínek: teplota kapiláry 350 °C; teplota elektrospreje 350 °C; sheath gas 35 psi; pomocný (sušící) plyn 10 au; a napětí spreje 3300 V. Byla provedena statistická analýza, při které byly výsledky nejprve rozděleny do jednotlivých skupin dle sledovaných faktorů – dle způsobu chovu (indoor/outdoor), dle pohlaví (samec/samice), podle kastrace (kastrované/nekastrované) a dle věku (do 10 let/10+ let). U všech těchto skupin byla následně testována normalita dat pomocí Shapiro–Wilkova testu, který ve všech případech prokázal nenormální rozdělení dat ($p < 0,05$). Vzhledem k tomu byly pro další analýzu použity neparametrické metody – konkrétně Spearmanova korelace pro posouzení vztahu mezi koncentrací BPS v krevním séru a vybranými biochemickými a hematologickými ukazateli, a Mann–Whitneyho test pro porovnání rozdílů mezi jednotlivými skupinami. Statistické zpracování bylo provedeno v programech Unistat 5.6 for Excel (ČR) a MS Excel (Microsoft, USA).

Výsledky a diskuze

V rámci této studie byl bisfenol S (BPS) analyzován v celkem 50 vzorcích, přičemž u 37 z nich byla jeho koncentrace nad mezí detekce (0,019 ng/ml). U zbývajících 13 vzorků nebylo možné koncentraci BPS kvantifikovat, protože naměřené hodnoty byly pod detekčním limitem. Zjištěné koncentrace bisfenolu S se pohybovaly v rozmezí 0,028 až 0,273 ng/ml. V Hodnoty koncentrací BPS se ve všech vzorcích pohybují pod hranicí 1 ng/ml a v řadě případů jsou i pod hranicí 0,1 ng/ml. Jedná se o velmi nízké koncentrace, což v případě stanovení všudypřítomného bisfenolu S představuje hodnoty pohybující se těsně nad hranicí hodnoty slepého pokusu (blanku). Hodnota slepého pokusu je navíc variabilní a lze tedy konstatovat, že výsledné hodnoty koncentrací BPS v krevním séru koček jsou v tomto případě hodnotou blanku pravděpodobně významně ovlivněny. Pro vyhodnocení vztahu mezi koncentrací BPS a hodnotami jednotlivých hematologických a biochemických ukazatelů byla provedena Spearmanova korelační analýza. Nebyla zjištěna žádná významná korelace ($p > 0,05$) mezi koncentrací BPS a výsledky vyšetření. Korelace tedy nebyla nalezena ani mezi koncentrací BPA a koncentrací Thyroxinu ($r = 0,0849$, $p = 0,6386$). V kontrastu s těmito výsledky studie Kovariková et al. (2021) našla významné pozitivní korelace mezi hladinami BPA a hematokritem ($r = 0,3245$; $p = 0,0065$), hemoglobinem ($r = 0,3397$; $p = 0,0043$) a počtem erytrocytů ($r = 0,2916$; $p = 0,0151$) u koček. Navíc byla prokázána významná pozitivní korelace mezi BPA a hladinou vápníku ($r = 0,3915$; $p = 0,0009$), celkové bílkoviny ($r = 0,2383$; $p = 0,0486$) a bilirubinu ($r = 0,3848$; $p = 0,0011$). To naznačuje možný vliv BPA na krevní parametry, zatímco podobná souvislost u BPS nebyla v této studii nalezena. Podobně (Bukáčková, 2023) našla souvislost mezi hladinou BPA a biochemickými parametry u koček. Práce Liu et al. (2024)

popsala možný endokrinní vliv BPS u lidí. Možné vysvětlení rozdílů spočívá v rozdílném metabolismu BPS a BPA, nižší biologické dostupnosti BPS a odlišném mechanismu působení. Zatímco u BPA existují důkazy o jeho vlivu na krevní parametry, poznatky o BPS zůstávají nejednotné. Další výzkum je nutný pro lepší pochopení jeho biologických účinků. Statistická analýza pomocí Mann–Whitneyho testu neprokázala žádný významný rozdíl mezi koncentracemi BPS v krevním séru koček žijících pouze v domácnosti a koček majících přístup ven ($p = 0,8590$). Pokud jde o vliv životního prostředí na koncentraci bisfenolů v krevním séru koček, tak studie Kovariková et al. (2021) prokázala výrazně vyšší koncentrace BPA u indoor koček, což bylo přičítáno expozici domácímu prachu. Tato studie pomocí Mann–Whitneyho testu neprokázala žádný statisticky významný rozdíl v koncentraci bisfenolu S (BPS) mezi samci a samicemi koček ($p = 0,9649$), což naznačuje, že pohlaví nemá vliv na expozici či metabolismus BPS u koček. Podobné výsledky uvádí i studie Kovariková et al. (2021) pro BPA. Na rozdíl od domácích koček vykazují experimentální studie u laboratorních zvířat (Ijaz et al., 2020) pohlavně specifické rozdíly v citlivosti a metabolismu BPS – samci vykazovali vyšší citlivost a odlišné metabolické dráhy. Tyto rozdíly jsou pravděpodobně dány jak odlišnou enzymatickou aktivitou, tak i rozdílnou hormonální regulací. U laboratorních zvířat navíc nedochází ke stejnému rozptylu environmentálních faktorů jako u domácích mazlíčků, což může rozdíly mezi pohlavími v běžném prostředí zastříť.

Obrázek č. 2. Koncentrace BPS v krevním séru kastrovaných a nekastrovaných koček. Sloupce představují hodnotu průměru a chybové úsečky představují střední chybu průměru. Mezi skupinami není statisticky významný rozdíl ($p = 0,0628$).



Statistická analýza pomocí Mann–Whitneyho testu neprokázala žádný významný rozdíl mezi skupinami kastrovaných a nekastrovaných koček ($p = 0,0628$) (Obrázek 2). Ačkoliv rozdíl mezi skupinami nebyl významný, hodnotu pravděpodobnosti lze považovat za hraniční, respektive lze konstatovat, že výsledek testu má tendenci být významný. Tento výsledek by mohl naznačovat, že rozdíl by mohl být biologicky relevantní, i když nedosahuje standardní úrovně statistické významnosti. Lze tedy uvažovat o možném vlivu kastrace na koncentraci bisfenolu S, což by mohlo naznačovat jeho potenciální endokrinní účinky. Pro potvrzení nebo vyvrácení vlivu kastrace na obsah BPS by bylo vhodné provést vyšetření dalších vzorků, tak aby byl k dispozici větší statistický vzorek dat. Tento trend může naznačovat možný, i když zatím neprokázaný vliv kastrace na metabolismus nebo ukládání BPS. Kastrace, jakožto zásah do endokrinního systému, může ovlivnit

nejen hormonální regulaci metabolismu, ale i expresi enzymů zapojených do biotransformace xenobiotik, včetně bisfenolů. Dalším možným vysvětlením vyšších hladin BPS u kastrováných zvířat může být rozdílné složení tělesné tkáně, zejména zvýšený podíl tukové tkáně, ve které mají lipofilní látky včetně bisfenolů tendenci se ukládat. Tento předpoklad podporují i výsledky experimentů s BPA (Kim et al., 2002), které ukazují, že hormonální stav zvířete – například přítomnost nebo absence androgenních hormonů u kastrováných samců – může ovlivnit reakci organismu na expozici bisfenolům, především z hlediska jejich antiandrogenního působení. Oproti tomu Kovariková et al. (2021) neprokázala významný rozdíl v koncentraci BPA mezi kastrovánými a nekastrovánými kočkami. Tato studie neprokázala statisticky významný rozdíl v koncentraci BPS mezi kočkami mladšími a staršími 10 let ($p = 0,4735$), což naznačuje, že věk nemá přímý vliv na metabolismus nebo expozici této látky. Naopak jiné studie, zejména u BPA, prokázaly pokles koncentrací s věkem, což může souviset se změnami v metabolismu, dietě či absorpci. Možné rozdíly v účincích BPS a BPA mohou být způsobeny jejich odlišným metabolismem. Pro přesnější posouzení vlivu věku na BPS by bylo vhodné provést další výzkum.

Závěr

BPS byl detekován ve většině vzorků, ale ve velmi nízkých koncentracích, což mohlo omezit možnosti statistického vyhodnocení. Nebyla nalezena žádná statisticky významná korelace mezi BPS a hematologickými nebo biochemickými parametry. Výsledky rovněž neprokázaly vliv pohlaví, věku nebo způsobu chovu, zatímco u kastrace byl zaznamenán hraničně významný rozdíl. Tyto výsledky poukazují na nutnost dalšího výzkumu zaměřeného na biologické působení BPS u koček a jeho srovnání s BPA.

Literatura

- Bukáčková, M. 2023. Stanovení bisfenolu A v séru koček s hypertyreózou. Diplomová práce. Veterinární univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie. Vedoucí diplomové práce Petr Maršálek.
- Ijaz, S., Ullah, A., Shaheen, G., Jahan, S. 2020. Exposure of BPA and its alternatives like BPB, BPF, and BPS impair subsequent reproductive potentials in adult female Sprague Dawley rats. *Toxicology Mechanisms and Methods* 30: 60-72.
- Kabuto, H., Amakawa, M., Shishibori, T. 2004. Exposure to bisphenol A during embryonic/fetal life and infancy increases oxidative injury and causes underdevelopment of the brain and testis in mice. *Life Sciences* 74: 2931-2940.
- Kim, H.S., Han, S.Y., Kim, T.S., Kwack, S.J., Lee, R.D., Kim, I.Y., Seok, J.H., Lee, B.M., Yoo, S.D., Park, K.L. 2002. No androgenic/anti-androgenic effects of bisphenol-A in Hershberger assay using immature castrated rats. *Toxicology Letters* 135: 111-123.
- Kovariková, S., Marsálek, P., Habánová, M., Konvalinová, J. 2021. Serum concentration of bisphenol A in elderly cats and its association with clinicopathological findings. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 23: 105-114.
- Liu, J., Tian, M., Qin, H., Chen, D., Mzava, S.M., Wang, X., Bigambo, F.M. 2024. Maternal bisphenols exposure and thyroid function in children: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)* 15: 1420540.
- Michałowicz, J., Mokra, K., Bąk, A. 2015. Bisphenol A and its analogs induce morphological and biochemical alterations in human peripheral blood mononuclear cells (in vitro study). *Toxicology in Vitro* 29: 1464-1472.
- Mokra, K., Kocia, M., Michałowicz, J. 2015. Bisphenol A and its analogs exhibit different apoptotic potential in peripheral blood mononuclear cells (in vitro study). *Food and Chemical Toxicology* 84: 79-88.
- Morales, M., de la Fuente, M., Martín-Folgar, R. 2020. BPA and its analogues (BPS and BPF) modify the expression of genes involved in the endocrine pathway and apoptosis and a multi drug resistance gene of the aquatic midge *Chironomus riparius* (Diptera). *Environmental Pollution* 265: 114806.
- Nevoral, J., Havráňková, J., Kolinko, Y., Prokesová, S., Fenclová, T., Monsef, L., Zalmanová, T., Petr, J., Králícková, M. 2021. Exposure to alternative bisphenols BPS and BPF through breast milk: Noxious

- heritage effect during nursing associated with idiopathic infertility. *Toxicology and Applied Pharmacology* 413: 115409.
- Nourian, A., Soleimanzadeh, A., Shalizar Jalali, A., Najafi, G. 2017. Effects of bisphenol-S low concentrations on oxidative stress status and in vitro fertilization potential in mature female mice. *Veterinary Research Forum* 8: 341-345.
- Rochester, J.R., Bolden, A.L. 2015. Bisphenol S and F: A Systematic Review and Comparison of the Hormonal Activity of Bisphenol A Substitutes. *Environmental Health Perspectives* 123: 643-650.
- Sasová, A. 2025. Stanovení bisfenolu S v séru koček s hypertyreózou. Diplomová práce. Veterinární univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie. Vedoucí diplomové práce Petr Maršálek.
- Zhang, D.H., Zhou, E.X., Yang, Z.L. 2017. Waterborne exposure to BPS causes thyroid endocrine disruption in zebrafish larvae. *Plos One* 12: e0176927.

ANALÝZA OBSAHU BISFENOLŮ (BPA, BPF, BPS, BPAF) V POHLAVNÍCH TKÁNÍCH KOČEK

ANALYSIS OF BISPHENOLS (BPA, BPF, BPS, BPAF) IN THE REPRODUCTIVE TISSUES OF CATS

Nad'a Konečná*, Petr Maršálek

Ústav ochrany zvířat, welfare a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection, Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Bisphenols are a group of endocrine disruptors commonly found in the environment. This study focused on determining the concentrations of four bisphenol analogues (BPA, BPS, BPF, and BPAF) in the reproductive tissues of domestic cats (Felis catus) and comparing the values between the sexes. BPA and BPS were detected in all samples, with females showing significantly higher concentrations of BPA and BPAF than males. This difference may be related to the higher lipophilicity of these compounds, accumulation in the ovaries, and different tissue distribution. Local metabolism in ovarian cells, where reactive metabolites with hormonal activity may be formed, also appears to play an important role. The results suggest a higher vulnerability of female reproductive tissues to the effects of bisphenol analogues and confirm the need for further research into the sex and tissue specificity of exposure to these substances.

Key words: endocrine disruptors, bisphenols, felis catus, tissue analysis, LC-MS

Souhrn

Bisfenoly představují skupinu endokrinních disruptorů běžně přítomných v prostředí. Tato studie se zaměřila na stanovení koncentrací čtyř bisfenolových analogů (BPA, BPS, BPF a BPAF) v pohlavních tkáních koček domácích (Felis catus) a na porovnání hodnot mezi pohlavími. BPA a BPS byly detekovány ve všech vzorcích, samice pak vykazovaly výrazně vyšší koncentrace BPA a BPAF oproti samcům. Tento rozdíl může souviset s vyšší lipofilitou těchto sloučenin, akumulací ve vaječnících a odlišnou tkáňovou distribucí. Významnou roli zřejmě hraje i lokální metabolismus v ovariálních buňkách, kde mohou vznikat reaktivní metabolity s hormonální aktivitou. Výsledky naznačují vyšší zranitelnost reprodukčních tkání samic vůči působení bisfenolových analogů a potvrzují potřebu dalšího výzkumu pohlavní a tkáňové specifiky expozice těmto látkám.

Klíčová slova: endokrinní disruptory, bisfenoly, felis catus, analýza tkání, LC-MS

Úvod

Bisfenoly představují skupinu syntetických chemických látek hojně využívaných při výrobě plastů a epoxidových pryskyřic. Vzhledem ke své schopnosti interferovat s endokrinním systémem zvířat i lidí jsou klasifikovány jako tzv. endokrinní disruptory (Rubin, 2011). Jejich expozice je spojována s řadou zdravotních rizik, včetně poruch reprodukce, vývojových abnormalit a dysfunkcí štítné žlázy (Fontbonne, 2022; Peterson, 2012). U koček byl opakovaně popsán vztah mezi zvýšenou hladinou BPA a výskytem hypertyreózy, onemocněním, které je u této druhové skupiny stále častější, zejména u starších zvířat žijících v domácnostech (Peterson, 2012). Vzhledem k tomu, že kočky chované výhradně v interiéru (tzv. indoor kočky) přicházejí do častého kontaktu s plastovými výrobky, prachovými částicemi v domácnosti a potenciálně kontaminovaným krmivem, existuje předpoklad, že jejich expozice bisfenoly může být vyšší než u volně se pohybujících jedinců

* konecna@vfu.cz

(Magnusson and Persson, 2015; Pocar et al., 2022). Tyto látky se navíc mohou akumulovat v tukové tkáni a některých orgánech s hormonální aktivitou (Dalamaga et al., 2024).

Cílem této studie bylo kvantifikovat hladiny bisfenolů v pohlavních tkáních samců a samic kočky domácí (*Felis catus*). Pohlavní tkáně byly zvoleny z důvodu jejich vysoké citlivosti k hormonálním změnám a možnosti ovlivnění fertility. Následující metodika popisuje postup extrakce a chemické analýzy cílových látek.

Materiál a metodika

Pro účely této studie byly analyzovány vzorky pohlavních tkání kočky domácí (*Felis catus*), zahrnující jak samčí, tak samičí jedince. Vzorky pohlavních tkání domácích koček byly získány ve spolupráci s veterinární klinikou během rutinních kastracních zákroků prováděných na přání majitelů. Tyto zákroky nebyly prováděny za účelem výzkumu – jednalo se o běžné veterinární úkony, při nichž vzniká biologický materiál, který by za běžných okolností byl považován za odpadní. V rámci této studie byl však tento materiál dále využit k vědecké analýze, čímž se podpořil princip maximálního využití dostupných zdrojů bez zatěžování zvířat navíc. Tkáně byly odebrány výhradně od zvířat, jejichž majitelé byli o charakteru studie informováni a udělili písemný souhlas s využitím biologického materiálu pro vědecké účely. Před samotným odběrem byl s každým majitelem vyplněn dotazník obsahující základní informace o zvířeti (věk, pohlaví, způsob chovu – indoor/outdoor, krmení apod.). Tento přístup zajistil nejen etický rámec výzkumu, ale umožnil i získání doplňujících údajů relevantních pro interpretaci výsledků.

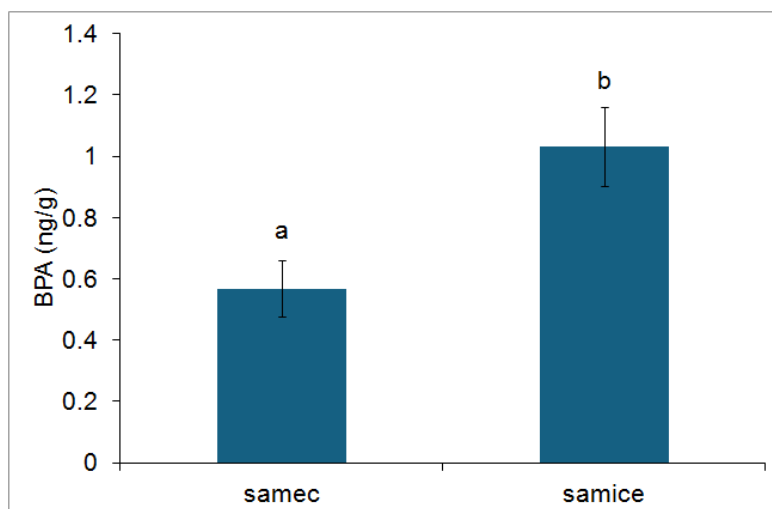
Vzorky byly zpracovány následujícím způsobem: Z každého vzorku bylo naváženo 0,5 g tkání do Eppendorfových zkumavek předem vypláchnutých methanolem. Následně bylo přidáno 0,5 ml interního standardu (koncentrace 1 ng/ml v acetonu) a 0,5 ml čistého acetonu, aby celkový objem činil 1 ml. Po přidání nerezové homogenizační kuličky byla tkáň homogenizována pomocí přístroje TissueLyser po dobu 4 minut. Homogenáty byly kvantitativně převedeny do skleněných zkumavek a doplněny 3 ml acetonu. Směsi byly důkladně protřepány na vortexu a centrifugovány (15 min při 3000 rpm). Supernatant byl odebrán a uschován, zatímco zbytek byl opět extrahován přidávkem 3 ml acetonu, promíchán a znovu centrifugován. Oba supernatanty byly spojeny a extrakt byl následně odpařen do sucha. Po odparu bylo do zbytkového rezidua přidáno 2 ml acetonitrilu a 2 ml n-hexanu. Směs byla krátce vortexována a po oddělení fází byla vrchní hexanová vrstva odstraněna. Spodní acetonitrilová vrstva byla odpařena při teplotě 55 °C. Reziduum bylo dále použito k derivatizaci: bylo rozpuštěno ve 300 µl roztoku dansylchloridu a 300 µl pufru hydrogenuhličitanu sodného (pH 10,5). Derivatizace probíhala při 60 °C po dobu 5 minut. Po ukončení reakce byla směs odpařena při 55 °C. Finální reziduum bylo rozpuštěno v 0,5 ml methanolu a připraveno k následné analýze metodou kapalinové chromatografie s atmosférickou ionizací a tandemovou hmotnostní spektrometrií (LC/MS). Chromatografická separace byla provedena za využití gradientu mobilní fáze za konstantního průtoku 250 µL. Mobilní fáze A je tvořena deionizovanou vodou doplněnou o kyselinu mravenčí (0,1%; v/v), zatímco mobilní fáze B tvoří acetonitril. Po chromatografické separaci následovala ionizace v iontovém zdroji hmotnostního spektrometru a analýza na hmotnostním analyzátoru. Ionizace vyhřívaným elektrosprejem pracovala za podmínek: teplota 350 °C, “sheath gas” tlak 50; 0 psi; “auxiliary gas” tlak 10 a.u.; napětí 3 500 V. Detekční limity pro jednotlivé bisfenoly jsou následující: BPF (0,017 ng/g); BPA (0,024 ng/g); BPS (0,010 ng/g) a BPAF (0,019 ng/g).

Statistická analýza byla provedena s využitím programu Unistat 6.5 a programu MS Excel. Jednotlivé hodnocené soubory dat byly hodnoceny na normalitu s využitím testu Shapiro-Wilk. Rozdíly v obsahu bisfenolů v tkáních pohlavních orgánů samců a samic byly hodnoceny pomocí neparametrického testu Mann-Whitney U. V případě, že koncentrace byla pod mezí detekce, byla pro hodnocení použita polovina hodnoty meze detekce. Statistická významnost byla hodnocena na hladině $p < 0,05$.

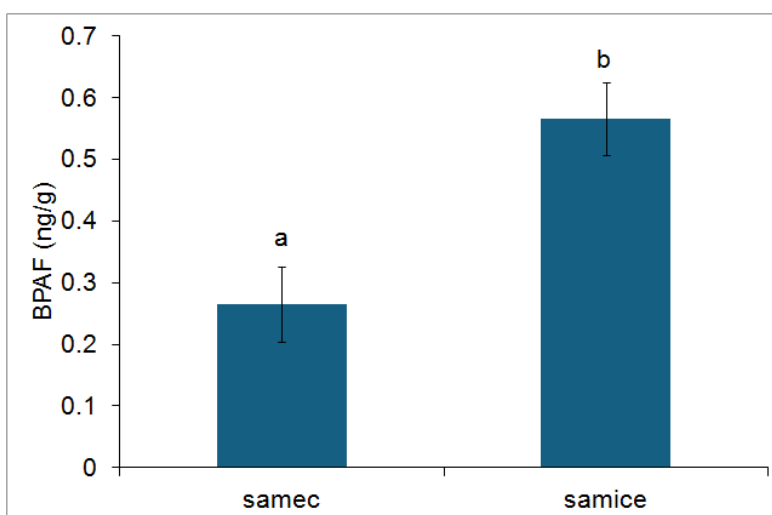
Výsledky a diskuze

Obsah BPA a BPS byl nalezen ve všech hodnocených vzorcích. V případě obsahu BPF byla koncentrace pod mezí detekce u 33 vzorků a v případě BPAF byla koncentrace pod mezí detekce u 9 vzorků. Vzhledem k tomu, že Shapiro-Wilk test našel nenormalitu hodnocených souborů dat ($p < 0,05$), byly rozdíly v obsahu bisfenolů v tkáních pohlavních orgánů samců a samic hodnoceny pomocí neparametrického testu Mann-Whitney U. Výsledky hodnocení rozdílů v obsahu bisfenolů v tkáních pohlavních orgánů samců a samic pomocí Mann-Whitneyho U testu jsou následující. Statisticky významně vyšší ($p = 0,001$) koncentrace BPA (Obrázek 1) byly nalezeny v pohlavních orgánech samic (medián 0,722 ng/g) ve srovnání s pohlavními orgány samců (medián 0,429 ng/g). Stejně tak v případě BPAF (Obrázek 2) byly nalezeny statisticky významně vyšší ($p = 0,0005$) koncentrace v pohlavních orgánech samic (medián 0,490 ng/g) ve srovnání s pohlavními orgány samců (medián 0,213 ng/g). Tento rozdíl může být vysvětlen preferenční akumulací bisfenolů v samičích reprodukčních orgánech. Studie prováděná u potkaních samic ukazuje, že poměr koncentrace BPA mezi tkání vaječníků a krevním sérem dosahuje hodnoty 9,1, zatímco u tukové tkáně je toto číslo jen 3,6. To naznačuje, že vaječníky mají výrazně vyšší afinitu k akumulaci BPA než tuková tkáň či jiné orgány (Kim et al. 2004). Choi and Lee (2017) zase popsali výraznou pH závislost rozdělení BPA, BPS a BPAF mezi vodní a organickou fází, což ovlivňuje jejich sorpční chování. Ačkoliv byla studie provedena v nebiologickém prostředí, naznačuje, že chemické vlastnosti BPAF se mohou výrazně měnit podle okolního pH. V organismu může pH různých tkání, např. v reprodukčním systému, ovlivnit míru akumulace těchto látek. Vyšší koncentrace BPA a BPAF v tkáních samic pozorované při této studii by tak mohly souviset i s rozdílným mikroprostředím, jako je lokální pH nebo složení lipidových struktur, které ovlivňuje distribuci látek s pH-senzitivním chováním. V případě obsahu BPS nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi koncentracemi v pohlavních orgánech samců (medián 0,303 ng/g) a samic (medián 0,296 ng/g). Poněkud složitější situace je v případě obsahu BPF. Zde totiž sice Mann-Whitneyho U test našel statisticky významně vyšší ($p = 0,0285$) koncentrace v případě samců (medián 0,053 ng/g) ve srovnání se samicemi (medián 0,0085 ng/g), nicméně více jak 50 % hodnocených vzorků bylo pod mezí detekce. Tato skutečnost přináší do hodnocení příliš velké zkreslení. Proto byly z hodnocení v tomto případě vyřazeny vzorky s obsahem BPF pod mezí detekce a následně byly porovnány pouze vzorky s obsahem BPF nad mezí detekce. V tomto případě potom Whitneyho U test nenalezl statisticky významný rozdíl ($p = 0,0638$) mezi obsahem BPF v pohlavních orgánech samců ($n = 16$) a samic ($n = 11$). Studie, kterou prováděli Person et al. (2023) ukazuje, že bisfenol A a jeho analogy procházejí v buňkách vaječníku specifickými metabolickými přeměnami, při kterých vznikají reaktivní metabolity s vlastním biologickým účinkem. Tyto metabolity se mohou kumulovat a narušovat endokrinní funkce nezávisle na koncentraci původní látky. Tento mechanismus může přispívat k vyšší zátěži vaječníků u samic a pomáhá vysvětlit, proč dochází ke zvýšené akumulaci i v případech, kdy nejsou významné rozdíly v expozici mezi pohlavími. Toxikokinetické studie (Gingrich et al., 2018) ukazuje rozdílnou biodistribuci a metabolickou expozici BPA vs. BPS/BPF u samic, což může přímo souviset s rozdíly v hladinách detekovaných analogů mezi pohlavími. Narušení steroidogeneze buněk vaječníků analogiemi bisfenolů (BPS, BPF) pak podporuje myšlenku, že tyto chemikálie nejen vstupují do reprodukčních tkání, ale i tam působí patofyziologicky. Toto je podpořeno naměřenými obsahovými rozdíly bisfenolů mezi pohlavími (Glod et al., 2025).

Obrázek č. 1. Obsah BPA v pohlavních orgánech koček (průměr $\pm$ střední chyba průměru). Rozdílné malé písmeni znamenají statisticky významný rozdíl ($p=0,001$).



Obrázek č. 2. Obsah BPAF v pohlavních orgánech koček (průměr $\pm$ střední chyba průměru). Rozdílné malé písmeni znamenají statisticky významný rozdíl ($p=0,0005$).



Závěr

V této studii byly bisfenoly (zejména BPA a BPS) detekovány ve všech vzorcích pohlavních tkání koček. Výrazně vyšší koncentrace BPA a BPAF byly nalezeny u samic, což může souviset s vyšší akumulací těchto látek ve vaječnících. To odpovídá dřívějším poznatkům o lipofilní povaze bisfenolů i rozdílné distribuci podle pH a složení tkání. Významnou roli může hrát i metabolismus v ovariálních buňkách, kde vznikají reaktivní metabolity s endokrinním účinkem. Rozdíly mezi pohlavími tak mohou vyplývat jak z rozdílné distribuce, tak z lokální aktivity těchto látek. Zjištění potvrzují vyšší zranitelnost reprodukčních tkání samic vůči účinkům bisfenolových analogů a potřebu dalšího výzkumu zaměřeného na pohlavní a tkáňovou specifitu expozice.

Tato práce byla podpořena Interní grantovou agenturou Veterinární univerzity Brno, číslo projektu 224/2025/FVHE.

Literatura

- Dalamaga, M., Kounatidis, D., Tsilingiris, D., Vallianou N. G., Karampela, I., Psallida, S., Papavassiliou, A. G. 2024. The Role of Endocrine Disruptors Bisphenols and Phthalates in Obesity: Current Evidence, Perspectives and Controversies. *International Journal of Molecular Sciences* 25: 675.
- Fontbonne, A. 2022. Infertility In Queens: Clinical approach, experiences and challenges. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 24: 825-836.
- Gingrich, J., Pu, Y., Ehrhardt, R., Karthikraj, R., Kannan, K., Veiga-Lopez, A. 2019. Toxicokinetics of bisphenol A, bisphenol S, and bisphenol F in a pregnancy sheep model. *Chemosphere* 220: 185-194.
- Głód, P., Smoleniec, J., Marynowicz, W., Gogola-Mruk, J., Ptak, A. 2025. The ovary as a target organ for new generation bisphenols toxicity. *Toxicism* 13: 164.
- Choi, Y., Lee, L. 2017. Partitioning behavior of bisphenol alternatives BPS and BPAF compared to BPA. *Environmental Science and Technology* 51: 3725-3732.
- Kim, C.S., Sapienza P.P., Ross, I.A., Johnson, W., Luu, H.M.D., Hutter, J.C. 2004. Distribution of bisphenol A in the neuroendocrine organs of female rats. *Toxicology and Industrial Health* 20: 41-50.
- Magnusson, U., Persson, S. 2015. Endocrine disruptors in domestic animal reproduction: A clinical issue? *Reproduction in Domestic Animals* 50: 15–19.
- Person, E., Bruel, S., Manzano, T.I., Jamin, E.L., Zalko, D., Combelles, C.M.H. 2023. The fate of bisphenol A, bisphenol S, and their respective glucuronide metabolites in ovarian cells. *Reproductive Toxicology* 118: 108380.
- Peterson, M. 2012. Hyperthyroidism in cats: What’s causing this epidemic of thyroid disease and can we prevent it? *Journal of Feline Medicine and Surgery* 14: 804-818.
- Pocar, P., Grieco, V., Aidos, L., Borromeo, V. 2023. Endocrine-disrupting chemicals and their effects in pet dogs and cats: An overview. *Animals* 13: 378.
- Rubin, B.S. 2011. Bisphenol A: An endocrine disruptor with widespread exposure and multiple effects. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 127: 27-34.

**OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE
POKUSNÁ ZVÍŘATA**

**ANIMAL PROTECTION AND WELFARE
EXPERIMENTAL ANIMALS**

WELFARE TELAT V PRŮBĚHU VÝZKUMU NA CORNELLOVĚ UNIVERZITĚ WELFARE OF CALVES DURING RESEARCH AT CORNELL UNIVERSITY

Mikuláš Michael Kálnoky*, Eva Voslářová

Ústav ochrany zvířat, welfare a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection, Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

This contribution presents findings from a welfare study of calves conducted within an immunological research project focused on bovine respiratory disease (BRD) at Cornell University. The study involved monitoring three groups of calves—healthy, recovered, and relapsed—using non-invasive and low-stress methods such as nasal swab and venous blood collection with a dual-needle vacuum system, thoracic ultrasound without shaving, and digital auscultation with real-time sinusoidal waveform visualization. Calf welfare was continuously assessed through behavioral observations and clinical health scoring. The results demonstrate that the application of modern, less stressful diagnostic techniques significantly enhances animal welfare by minimizing pain and stress associated with sample collection and improving data quality. This approach represents a notable advancement in the care of calves during experimental procedures and underscores the importance of ethical principles in fundamental and applied veterinary research.

Key words: welfare, calf, respiratory disease, cytokines, non-invasive diagnostics, blood collection, ultrasonography, digital auscultation, immune response

Souhrn

Tento příspěvek představuje poznatky z výzkumu welfare telat v rámci imunologické studie zaměřené na respirační onemocnění (BRD) na Cornellově univerzitě. Výzkum zahrnuje sledování tří skupin telat zdravých, vyléčených z onemocnění a s opakovaným onemocněním pomocí neinvazivních a šetrných metod, jako jsou odběry nosních stěrů a žilní krve se systémem dvojité jehly s kališky, ultrasonografické vyšetření hrudníku bez holení srsti a digitální auskultace s vizualizací sinusoidy. Welfare telat je monitorováno průběžně během výzkumu prostřednictvím behaviorálního pozorování a zdravotního skórování. Výsledky ukazují, že použití moderních, méně stresujících diagnostických metod výrazně přispívá ke zlepšení welfare zvířat, minimalizuje bolest a stres spojený s odběry vzorků a zvyšuje kvalitu vědeckých dat. Tento přístup představuje výrazný posun v péči o telata během experimentálních zásahů a zdůrazňuje důležitost etických principů v základním i aplikovaném veterinárním výzkumu.

Klíčová slova: welfare, tele, respirační onemocnění, cytokiny, neinvazivní diagnostika, odběr krve, ultrasonografie, digitální auskultace, imunitní odpověď

Úvod

Výzkum welfare hospodářských zvířat, zejména telat, představuje klíčovou oblast pro zlepšení podmínek chovu, snížení stresu a bolesti a zvýšení kvality života zvířat během různých intervencí. Respirační onemocnění telat (BRD) patří mezi nejčastější a nejzávažnější zdravotní problémy, které výrazně ovlivňují jejich welfare i ekonomiku produkce. Správné monitorování zdravotního stavu a imunitní odpovědi telat v různých fázích onemocnění je proto zásadní nejen pro klinickou diagnostiku, ale i pro vývoj efektivních preventivních a léčebných opatření. Cornellova univerzita, jako špičkové centrum výzkumu v oblasti veterinární medicíny, nabízí moderní, šetrné a inovativní

* kálnokym@vfu.cz

metody sledování zdravotního stavu telat, které minimalizují negativní dopady na jejich welfare. Tento příspěvek představuje poznatky získané během stáže na Cornellově univerzitě, kde jsme pomocí neinvazivních i invazivních technik, jako jsou digitální auskultace, ultrasonografie a metodické odběry vzorků krve a nosních stěrů, sledovali souvislost mezi hladinami prozánětlivých cytokinů a klinickým stavem telat. Cílem bylo nejen zmapovat imunitní profil telat v různých stavech zdraví, ale také zajistit, aby celý výzkumný proces byl co nejvíce šetrný a respektoval potřeby welfare zvířat.

Metoda odběru krve

Odběr krve u telat během výzkumu byl realizován pomocí moderního vakuového systému s oboustrannou jehlou a kalíškem, které umožňují odebrat více vzorků krve s jediným vpíchnutím. Tento systém funguje tak, že po zavedení jehly do žíly se na ni postupně nasazují zkumavky obsahující vnitřní podtlak. Díky tomuto podtlaku krev automaticky proudí do zkumavky, která se po naplnění odpojí a nahradí další zkumavkou, aniž by bylo nutné opakovaně vyjímát jehlu ze žíly. Tento postup výrazně zkracuje dobu odběru a snižuje počet vpichů, což minimalizuje bolest a stres u zvířat.

Manfre et al. (2024) uvádějí, že pro welfare telat je tento způsob odběru zásadní, protože omezuje jejich fyzickou nepohodu a psychický stres spojený s tradičními metodami, které vyžadují opakované vpichy. Každý nový vpich totiž představuje pro tele nejen bolestivý zážitek, ale i zvýšený stresový faktor, který může negativně ovlivnit jeho celkovou pohodu a zdravotní stav, zvláště u mláďat, která jsou obzvláště citlivá. Minimalizace invazivity odběru tak přispívá k lepší adaptaci telat na experimentální procedury a zvyšuje kvalitu získaných dat, protože stres výrazně ovlivňuje fyziologické parametry a může zkreslovat výsledky.

Benoit and Dailey (1991) objasňují, že tento systém navíc zjednodušuje práci personálu, neboť odběry jsou efektivnější, rychlejší a bezpečnější. Zvířata s minimalizovaným stresem snadněji spolupracují při manipulaci, což dále zlepšuje podmínky jejich péče během celého výzkumného procesu. Celkově lze tedy říci, že použití vakuového odběru s jednou jehlou a vícenásobnými podtlakovými zkumavkami představuje moderní a eticky odpovědný přístup, který respektuje potřeby welfare zvířat a zároveň umožňuje získat kvalitní a spolehlivá data nezbytná pro vědecký pokrok.

USG

Mobilní ultrazvuk je moderní veterinární diagnostický nástroj, který umožňuje provádět vyšetření přímo u zvířat v terénních podmínkách, například ve stájích nebo na farmách. Přístroj využívá ultrazvukové vlny k zobrazování vnitřních orgánů a měkkých tkání, což umožňuje rychlou a neinvazivní diagnostiku zdravotního stavu zvířat.

V rámci našeho výzkumu na Cornellově univerzitě byl mobilní ultrazvuk klíčovou metodou pro neinvazivní vyšetření hrudníku telat a identifikace postižení respiračním onemocněním. Díky speciálním sondám a citlivému zobrazovacímu systému bylo možné sledovat stav plic a dalších struktur bez nutnosti holení srsti, což výrazně snižuje stres a zvyšuje komfort zvířat během vyšetření.

Abdallah et al. (2019) uvádí, že významným benefitem mobilního ultrazvuku pro welfare telat je jeho snadná přenosnost a rychlost použití. Můžeme tak provést vyšetření přímo u telat v prostředí, na které jsou zvířata zvyklá, aniž by bylo nutné je přepravovat do specializovaných klinik. To minimalizuje stres spojený s manipulací a přesunem a umožňuje častější monitoring zdravotního stavu.

Mahmoud et al. (2022) uvádí, že kromě rychlého získání diagnostických informací poskytuje ultrazvuková metoda i vizuální podporu při klinickém rozhodování, což výrazně zlepšuje kvalitu péče o telata. Neinvazivní charakter vyšetření, absence bolesti a krátká doba vyšetření přispívají k udržení dobré pohody zvířat a zároveň poskytují vědecky relevantní data. Celkově mobilní

ultrazvuk představuje moderní, šetrnou a efektivní metodu sledování zdravotního stavu telat, která výrazně podporuje welfare zvířat během klinických i vědeckých postupů a přispívá ke kvalitnější a eticky odpovědné péči.

Digitální stetoskop

Digitální stetoskop, používaný ve výzkumu, představuje moderní nástroj, který výrazně rozšiřuje možnosti klasické auskultace. Na rozdíl od tradičních stetoskopů přenáší poslouchané zvuky, například srdeční nebo plicní šelesty, do digitální podoby a současně je vizualizuje formou sinusoidální křivky na připojené obrazovce. Tato vizualizace umožňuje nejen lepší poslech a detailnější analýzu zvukových vzorců, ale také jejich záznam, sledování a porovnávání v čase.

Ve výzkumu jsme se zaměřili na propojení dat získaných z digitální auskultace se zjištěními provedenými pomocí ultrasonografického vyšetření (USG). Cílem bylo zjistit, zda existuje korelace mezi elektromagnetickými vzory vyjadřujícími plicní funkce v digitálním stetoskopu a strukturálními změnami zobrazenými na ultrazvuku. Takový přístup by mohl umožnit rychlejší, přesnější a neinvazivní diagnostiku respiračních problémů u telat, což je z hlediska welfare velmi významné.

Pardon (2019) uvádí, že použití digitálního stetoskopu významně přispívá k welfare telat tím, že minimalizuje potřebu invazivních a stresujících vyšetření. Záznam a vizualizace sinusoidální křivky zachycuje i jemné odchylky, které nejsou snadno slyšitelné klasickým stetoskopem, a tím umožňuje rychleji reagovat na zdravotní potíže. Navíc je poslech méně závislý na subjektivním hodnocení a může být snadno konzultován s ostatními odborníky nebo použit pro výuku.

Booker et al. (2021) tvrdí, že digitální stetoskop s možností sinusoidální vizualizace představuje inovativní nástroj podporující etickou a efektivní péči o hospodářská zvířata, který pomáhá snižovat bolest a stres během vyšetření a přispívá k včasné diagnostice a podpůrné léčbě. Výzkum korelace mezi USG nálezy a sinusoidou může zásadně zlepšit naše schopnosti monitorovat a chránit welfare telat v průběhu respiračních onemocnění.

Podmínky ustájení

V rámci tohoto výzkumu jsou telata ustájena individuálně v samostatných boxech. Gessenhardt et al. (2025) uvádějí, že tento způsob ustájení omezuje jejich přirozený sociální kontakt, který je pro jejich psychický a sociální vývoj velmi důležitý. Tento způsob ustájení tak může vést ke zvýšenému stresu a pocitu izolace, což negativně ovlivňuje jejich celkové welfare. Napájení z volné hladiny pomocí kbelíku s mléčnou náhražkou sice umožňuje jistou samostatnost v příjmu potravy, ale zároveň postrádá stimulaci přirozeného sání a může omezovat optimální příjem živin. Celkově tedy ustájení a přístup k výživě nejsou ideální a představují stresové faktory, které je třeba v budoucnu minimalizovat, například zavedením skupinového ustájení a způsobů krmení více odpovídajících přirozenému chování telat.

Závěr

Výzkum prováděný na Cornellově univerzitě zdůraznil význam používání neinvazivních diagnostických metod a klidného přístupu ke zvířatům při sledování zdravotního stavu telat. Metody jako odběr krve s vakuovým systémem, neinvazivní ultrasonografie hrudníku a digitální auskultace se sinusoidální vizualizací představují moderní a šetrný způsob získávání dat, který výrazně snižuje fyzickou bolest i psychický stres telat během vědeckých procedur. Nižší hladina stresu má přímý pozitivní dopad na jejich celkovou pohodu, imunitní odpověď a schopnost zotavení, což jsou klíčové faktory pro udržení dobrého welfare.

Klidný a respektující přístup při manipulaci a vyšetřeních podporuje adaptaci zvířat na výzkumné zásahy, minimalizuje nepříznivé behaviorální reakce a přispívá k lepší spolupráci mezi telaty a výzkumným týmem. Kombinace těchto faktorů vede k vyšší kvalitě dat a zároveň chrání dobré zdraví a životní podmínky zvířat. Tento systém neinvazivních metod a etického přístupu je

z pohledu welfare telat nejen vhodnější, ale i nezbytný pro zachování vysokých standardů péče v moderním veterinárním výzkumu.

V budoucnu by bylo vhodné pokračovat ve vývoji a implementaci takových technik, které umožňují nejen detailní monitoring, ale současně respektují práva a potřeby zvířat. Takový přístup představuje cestu k eticky uvážlivému výzkumu, který přispívá k trvalému zlepšení podmínek chovu a péče o hospodářská zvířata.

Tato práce vznikla za podpory projektu IMA č. VETUNI/2025/003014 – Stáž na McArt Dairy Cow Lab na Katedře populační medicíny a diagnostických věd na Fakultě veterinární medicíny Cornellovy univerzity.

Literatura

- Abdallah, A.A., Abdelaal AM, El-Sheikh AR, Selim H, Buczinski S. 2019. Determination of the dynamics of respiratory diseases using thoracic ultrasonographic examination in preweaned dairy calves. *Canadian Veterinary Journal-Revue Veterinaire Canadienne* 60: 859-863.
- Benoit, A.M., Dailey, R.A. 1991. Catheterization of the caudal vena-cava via the lateral saphenous-vein in the ewe, cow, and gilt - an alternative to uteroovarian and medial coccygeal vein catheters. *Journal of Animal Science* 69: 2971-2979.
- Booker, C.W., Jim, G.K., Grimson, T.M., Hill, K.T., Wildman, B.K., Nickell, J.N. 2021. Association between computer-aided lung auscultation and treatment failure risk in calves treated for respiratory disease. *Canadian Veterinary Journal-Revue Veterinaire Canadienne* 62: 511-514.
- Gessenhardt, C., Steiner, A., Rufener, C. 2025. The housing of cow and calf: An overview of barn design, management and behaviour in cow-calf housing systems. *Schweizer Archiv fur Tierheilkunde* 167: 89-98.
- Mahmoud, A.E. Fathy, A., Ahmed, E.A., Ali, A.O., Abdelaal, A.M., El-Maghraby, M.M. 2022. Ultrasonographic diagnosis of clinical and subclinical bovine respiratory disease in Holstein calves. *Veterinary World* 15: 1932-1942.
- Manfre, C., Battini, M., Simonetto, A., Contiero, B., Serva, L., Mattiello, S., Ntalampiras, S., Normando, S., Brscic, M. 2024. A methodological approach to compare continuous and instantaneous sampling and two methods to deal with animals out of sight on dairy cattle behavior and interaction with their calf in the first hours post-partum. *Frontiers in Veterinary Science* 11: 1360239.
- Pardon, B., Buczinski, S., Deprez, P.R. 2019. Accuracy and inter-rater reliability of lung auscultation by bovine practitioners when compared with ultrasonographic findings. *Veterinary Record* 185: 254-261.

VLIV SOCIÁLNÍHO USTÁJENÍ NA CHOVÁNÍ SAMCŮ LABORATORNÍHO POTKANA V TESTU NUCENÉHO PLAVÁNÍ

EFFECT OF SOCIAL HOUSING ON MALE LABORATORY RATS BEHAVIOUR IN THE FORCED SWIM TEST

Jaroslav Nádeníček*

Fyziologický ústav, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita Brno, Česká republika

Department of Physiology, Faculty of Medicine, Masaryk University, Czech Republic

Summary

*This study assessed the impact of social housing on the behaviour of male rats (*Rattus norvegicus*) in the Forced Swim Test (FST). We compared individual (IND), pair (SS2), and group-of-six (SS6) housing. Behaviours analysed were immobility, climbing, and swimming. Pair housing significantly reduced immobility compared to IND and SS6 (Kruskal–Wallis, $p = 0.017$). Group-of-six housing markedly increased climbing ($p < 0.001$), while swimming was unaffected by housing type. These findings suggest that small social groups may protect against passive coping behaviour.*

Key words: laboratory rat, isolation, social housing, group, Forced Swim Test

Souhrn

*Cílem studie bylo posoudit vliv sociálního ustájení na chování u samců potkana (*Rattus norvegicus*) v testu nuceného plavání (Forced Swim Test, FST). Porovnali jsme individuální (IND), párové (SS2) a skupinové ustájení po šesti (SS6). Hodnoceny byly prvky chování immobility, climbing a swimming. Párové ustájení vedlo k významně nižší immobility než IND a SS6 ($p = 0,017$). Skupina SS6 vykazala výrazně vyšší climbing ($p < 0,001$), zatímco swimming nebylo typem ustájení ovlivněno. Výsledky naznačují, že malé sociální skupiny mohou mít protektivní efekt proti pasivnímu chování.*

Klíčová slova: laboratorní potkan, izolace, sociální ustájení, Forced Swim Test

Úvod

Sociální prostředí je klíčovým faktorem, který zásadně ovlivňuje chování i fyziologii laboratorních hlodavců. Potkan (*Rattus norvegicus*) je vysoce sociální druh, který ve volné přírodě žije v koloniích a vytváří stabilní sociální struktury. Sociální interakce, jako je vzájemná péče o srst, společné odpočívání a hra, mají významný vliv na rozvoj nervového systému, emoční stabilitu a schopnost zvládat stres (Hall et al., 1998; Lukkes et al., 2009). Nedostatek těchto interakcí, například v důsledku individuálního ustájení, je proto považován za významný stresor s dlouhodobými dopady.

Individuální ustájení (IND) je v experimentálním výzkumu tradičně využíváno k omezení variability mezi jedinci a k lepší kontrole podmínek. Nicméně je stále více kritizováno, protože způsobuje narušení přirozených behaviorálních vzorců, vede k hyperaktivitě stresové osy a zvyšuje projevy úzkostného a depresivního chování (Manouze et al., 2019). Výsledky experimentů s individuálně ustájenými zvířaty proto mohou být zkreslené a méně validní (Barker et al., 2017).

Párové ustájení (SS2) představuje kompromis mezi izolací a velkou skupinou. Poskytuje možnost sociální interakce, aniž by docházelo k nadměrné sociální kompetici nebo agresi. Některé studie ukázaly, že párové ustájení má protektivní účinek proti rozvoji depresivního fenotypu, a to jak ve Forced Swim Testu, tak v dalších behaviorálních modelech (Brenes et al., 2020). Tento typ ustájení je v souladu i s doporučeními evropské legislativy (Directive 2010/63/EU), která vyžaduje, aby společenské druhy byly chovány spolu, pokud tomu nebrání vědecké důvody.

* nadenicek@med.muni.cz

Skupinové ustájení po více jedincích (např. SS6) může poskytovat bohatší sociální prostředí, zároveň ale nese rizika spojená s vyšší hustotou. Větší skupiny mohou vést ke zvýšené kompetici o zdroje, častějším konfliktům a silnějšímu hierarchickému uspořádání. Tyto faktory mohou na jedné straně stimulovat aktivitu zvířat, na druhé straně však vyvolávat stres a zvyšovat variabilitu chování (Karolewicz a Paul, 2001).

Forced Swim Test (FST) patří k nejpoužívanějším behaviorálním testům pro hodnocení depresivního fenotypu. Zatímco původně byla imobilita interpretována jako projev „behaviorálního zoufalství“ (Porsolt et al., 1977, 1978), novější interpretace chápou tento projev jako adaptivní copingovou strategii, která umožňuje úsporu energie při nezvladatelném stresoru (Molendijk a de Kloet, 2015; Armario, 2021). Aktivní projevy, jako je climbing a swimming, jsou pak považovány za odlišné strategie zvládání stresu, spojené s různými neurotransmiterovými systémy (Detke et al., 1995; Slattery a Cryan, 2012).

Cílem této studie bylo zjistit, zda typ ustájení (individuální, párové nebo skupinové) ovlivňuje chování samců potkana v testu nuceného plavání (FST). Zvláštní pozornost byla věnována imobilitě, protože představuje nejčastěji využívaný behaviorální ukazatel copingových strategií v testu nuceného plavání a citlivě reaguje na změny v sociálním prostředí.

Materiál a metodika

Do studie bylo zařazeno 24 samců potkana kmene Wistar ve věku 3 týdnů. Zvířata byla náhodně rozdělena do tří skupin: IND ($n = 8$), SS2 ($n = 8$) a SS6 ($n = 8$). Ustájení probíhalo po dobu 30 dnů v klimatizované místnosti s řízeným světelným režimem (12:12 světlo/tma), teplotou 22 ± 2 °C. Vlhkosti 55 %. Zvířata byla krmena ad libitum a pravidelně napájena vodou.

Po uplynutí doby ustájení byl proveden Forced Swim Test. Hlavnímu testu předcházela pre-test. Každé zvíře bylo umístěno do průhledné kruhové plastové nádoby s vodou (teplota 25 °C) po dobu 5 minut. Videozáznamy byly následně skórovány vyškoleným pozorovatelem. Hodnoceny byly tři behaviorální parametry:

- Immobility – pasivní plavání bez aktivních pohybů, pouze udržování se na hladině,
- Climbing – aktivní vertikální pohyby končetinami proti stěně nádoby,
- Swimming – aktivní horizontální pohyby směrem ve vodě.

Data byla analyzována jednofaktorovou ANOVA a Kruskal–Wallis testem. Výsledky jsou uváděny jako průměr $\pm$ SD, za hladinu významnosti bylo stanoveno $\alpha = 0,05$.

Všechna experimentální opatření byla v souladu se směrnicí 2010/63/EU a doporučeními NRC (2011) a FELASA (2012).

Výsledky a diskuze

Při porovnání jednotlivých skupin se ukázalo, že typ ustájení významně ovlivnil délku trvání Immobility (Graf č.1). Zvířata ustájená po dvou (SS2) vykazovala průměrné hodnoty immobility $2,5 \pm 3,2$ sekund, což bylo významně méně než u individuálně ustájených potkanů (IND: $9,6 \pm 6,8$ s) a skupinově ustájených po šesti (SS6: $8,4 \pm 5,7$ s). Rozdíl mezi SS2 a oběma ostatními skupinami byl statisticky významný ($p < 0,05$). V rámci skupiny SS2 bylo navíc patrné, že u většiny jedinců prvek immobility prakticky chyběl – časté bylo aktivní vyhledávání úniku či plavání. Naopak u IND a SS6 se prvek immobility objevoval častěji a u některých jedinců dominovala značná část testu.

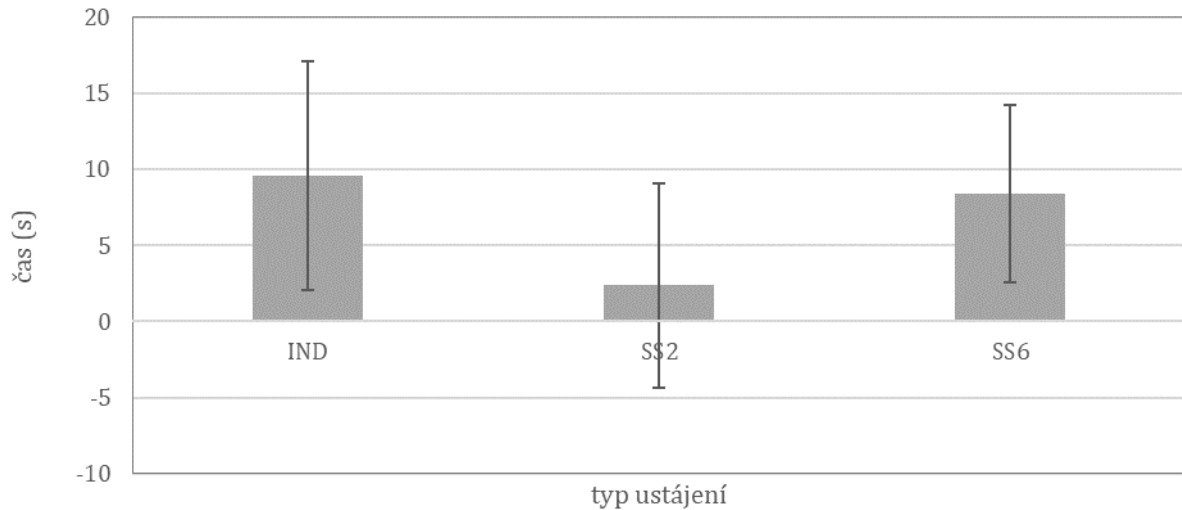
Climbing (Graf č. 2) bylo naopak nejvíce zastoupen ve skupině SS6, kde potkani dosahovali průměrně $268,6 \pm 10,2$ s aktivního lezení po stěnách. Tento výsledek byl výrazně vyšší než u SS2 ($176,7 \pm 4,2$ s) i IND ($151,5 \pm 19,7$ s). Většina jedinců ve skupině SS6 trávila podstatnou část testu snahou dostat se z nádoby, což odráží vysokou aktivitu i intenzivní stresovou odpověď. Rozdíly mezi SS6 a oběma ostatními skupinami byly vysoce významné ($p < 0,01$).

Projev chování swimming nebylo typem ustájení významně ovlivněno ($p > 0,05$). Průměrné hodnoty se pohybovaly okolo 2–4 s v každé skupině (IND: $2,8 \pm 2,5$ s; SS2: $2,9 \pm 1,9$ s; SS6: $2,5 \pm 3,1$ s).

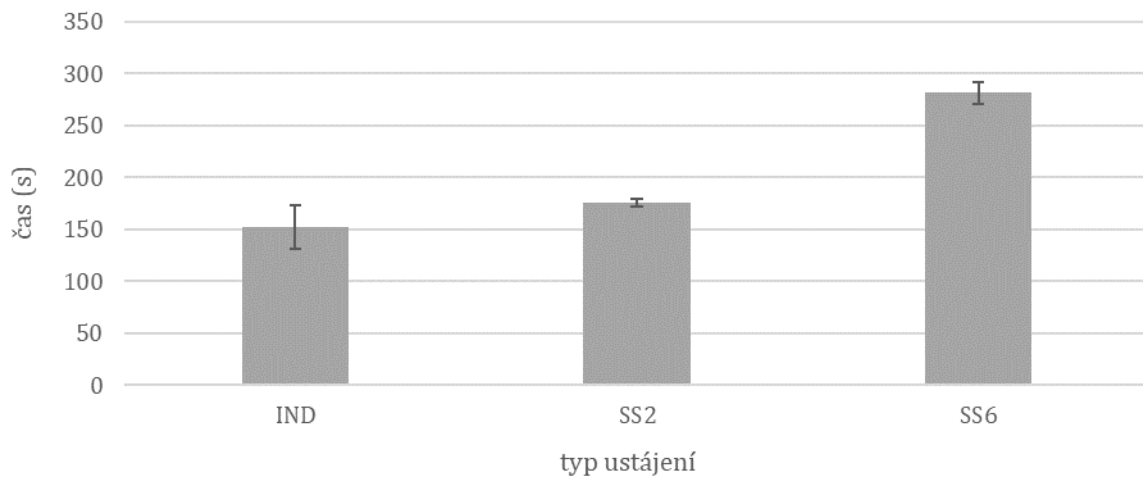
Přesto lze pozorovat, že swimming byl u IND méně častý a převážně se objevoval jako krátká epizoda, zatímco u SS2 šlo spíše o souvislejší plavecké úseky (Graf č. 3).

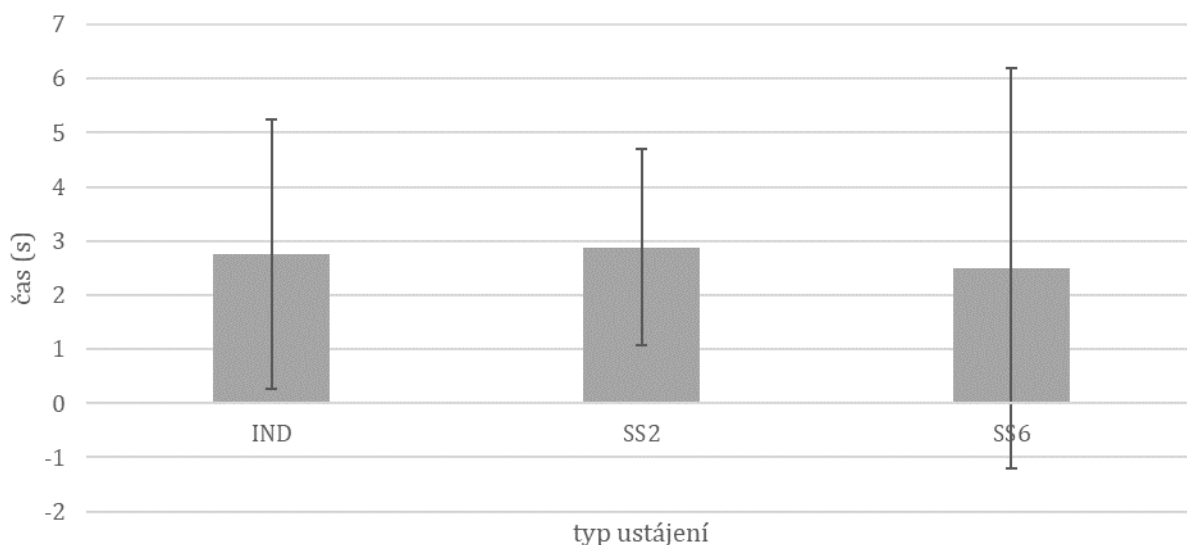
Párově ustájení potkani SS2 vykazovali nízkou pasivitu (immobility) a střední úroveň climbing, což naznačuje vyváženou copingovou strategii. Potkani ustájení skupinově SS6 vykazovali nejvyšší hodnotu chování climbing a současně vyšší imobilitu než potkani SS2, což může svědčit o zvýšeném stresu i větší variabilitě chování. Individuálně ustájení potkani IND se nacházely mezi oběma extrémami, s vyšší imobilitou než SS2, ale s nižším climbing než SS6.

Graf č. 1. Čas strávený Imobility v závislosti na typu ustájení



Graf č. 2. Čas strávený Climbing chováním v závislosti na typu ustájení



Graf č. 3. Čas strávený Swimming chováním v závislosti na typu ustájení

Výsledky ukazují, že typ sociálního ustájení významně ovlivňuje chování samců potkana ve FST. Párové ustájení (SS2) působilo protektivně, což odpovídá předpokladu, že přítomnost sociálního partnera redukuje stres a snižuje projevy pasivní copingové strategie (Brenes et al., 2020). Individuální ustájení naopak zvyšovalo nehybnost (immobility), což je v souladu s předchozími nálezy (Hall et al., 1998; Manouze et al., 2019).

Skupinové ustájení po šesti jedincích (SS6) bylo charakterizováno zvýšeným lezením po válci (climbing). Tento výsledek lze vysvětlit vyšší mírou sociální stimulace a kompetice, která může podporovat aktivní copingové strategie. Zároveň se ukazuje, že velké skupiny mohou být zdrojem stresu a vést k heterogenním výsledkům, jak popisují Karolewicz a Paul (2001).

Plavání (Swimming) nebylo významně ovlivněno typem ustájení, což naznačuje, že jde o parametr méně citlivý na sociální podmínky. Slattery a Cryan (2012) jej spojují spíše se serotonergní aktivitou než se sociální stimulací.

Naše výsledky podporují moderní interpretaci FST, podle níž projev chování immobility není nutně ukazatelem deprese, ale adaptivní strategií úspory energie (Molendijk a de Kloet, 2015; Armario, 2021). Rozdíly mezi typy ustájení proto odrážejí různé strategie zvládání stresu.

Z hlediska welfare je důležité zdůraznit, že individuální ustájení má negativní dopady a mělo by být používáno jen v nezbytných případech. Párové ustájení se ukazuje jako optimální z hlediska snížení stresu a zvýšení validity dat. Skupinové ustájení je možné, ale je třeba počítat s vyšší variabilitou výsledků a rizikem konfliktů.

Naše studie má omezení – zahrnovala pouze samce Wistar a relativně malý vzorek. Další výzkum by měl ověřit výsledky u samic, v jiných kmenech a při delším trvání ustájení. Důležité je také zohlednit vliv environmentálního obohacení a interakci sociálních podmínek s farmakologickými zásahy.

Závěr

Párové ustájení (SS2) bylo spojeno s nižším výskytem chování immobility než IND a SS6, zatímco SS6 vykazovala vyšší prvek chování climbing. Typ sociálního ustájení tedy významně moduluje chování ve FST a měl by být standardně reportován a zohledněn při plánování experimentů i interpretaci výsledků s ohledem na welfare.

Literatura

- Armario, A. 2021. The forced swim test: historical, conceptual and translational issues. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 128: 74–90.
- Barker, T.H., George, R.P., Howart, G.S., Whittaker, A.L. 2017. Improving reproducibility in animal research by standardizing reporting of housing and husbandry conditions. *ILAR Journal* 58: 17–23.
- Brenes, J.C., Fornaguera, J., Cordero, A.S. 2020. Environmental enrichment and physical exercise counteract post-weaning social isolation-induced depressive-like behavior. *Frontiers in Pharmacology* 11: 590.
- Detke, M.J., Rickels, M., Lucki, I. 1995. Active behaviors in the rat forced swimming test differentially produced by serotonergic and noradrenergic antidepressants. *Psychopharmacology (Berl)* 121: 66–72.
- Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council on the protection of animals used for scientific purposes. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 2. 3. 2012]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>.
- FELASA. 2012. Recommendations and guidelines for the housing and care of laboratory rodents in Europe. *Laboratory Animals* 46: 1–18.
- Hall, F.S., Huang, S., Fong, G.W. 1998. Effects of social isolation on depression-like behavior in the rat forced swim test. *Physiology & Behavior* 63: 281–288.
- Karolewicz, B., Paul, I.A. 2001. Group housing increases immobility in the forced swim test in mice. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 69: 503–507.
- Lukkes, J.L., Watt M.J., Lowry Ch.A., Forster G.L. 2009. Post-weaning social isolation reduces hippocampal cell proliferation in rats. *Brain Research* 1296: 149–155.
- Manouze, H., Ghestem, A., Poillerat, V., Bennis, M., Ba-M'hamed, S., Benoliel, J.J., Becker, C., Bernard, C. 2019. Effects of single cage housing on stress and cognitive performance in rats. *eNeuro* 6: ENEURO.0179-19.2019.
- Molendijk, M.L., de Kloet, E.R. 2015. Immobility in the forced swim test is adaptive and does not reflect depression. *Psychoneuroendocrinology* 62: 389–391.
- NRC (National Research Council). 2011. *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals*. 8th ed. National Academies Press, Washington, DC.
- Porsolt, R.D., Le Pichon, M., Jalfre, M. 1977. Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatments. *Nature* 266: 730–732.
- Porsolt, R.D., Anton, G., Blavet, N., Jalfre, M. 1978. Behavioural despair in rats: a new model sensitive to antidepressant treatments. *European Journal of Pharmacology* 47: 379–391.
- Slattery, D.A., Cryan, J.F. 2012. Using the rat forced swim test to assess antidepressant-like activity in rodents. *Nature Protocols* 7: 1009–1014.

**OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE
VOLNĚ ŽIJÍCÍ ZVÍŘATA
včetně zvířat chovaných v zajetí**

**ANIMAL PROTECTION AND WELFARE
WILD ANIMALS
including animals kept in captivity**

WELFARE LIŠKY OBECNÉ WELFARE OF THE RED FOX

Mikuláš Michael Kálnoky*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The red fox is an important predator in the Czech landscape whose welfare is shaped by a complex interplay of natural and anthropogenic factors. Key influences include the availability of food and water, competition and predation, extreme climatic conditions, human presence (such as hunting and habitat fragmentation), disease and parasite prevalence, and environmental pollution. Urbanization brings new opportunities for foxes but also specific risks that can negatively affect their health and survival. Ensuring good fox welfare requires the protection of natural habitats, regulation of harmful interventions, and public education about the ecological importance of this species.

Key words: red fox, *Vulpes vulpes*, welfare, predator, food, water, urbanization, predation, competition, diseases, parasites, pollution, habitat fragmentation, hunting, environment, nature conservation

Souhrn

Liška obecná je v české krajině významným predátorem, jehož welfare je ovlivňováno komplexem přírodních i antropogenních faktorů – klíčovou roli hraje dostupnost potravy a vody, konkurence a predace, extrémní klimatické podmínky, přítomnost člověka (lov, fragmentace krajiny), výskyt nemocí a parazitů i znečištění prostředí. Urbanizace přináší liškám nové příležitosti, ale zároveň i specifická rizika, která mohou negativně ovlivnit jejich zdraví a přežívání. Pro zajištění dobrého welfare lišek je zásadní ochrana přirozených stanovišť, regulace škodlivých zásahů a osvěta veřejnosti o významu tohoto druhu v ekosystému.

Klíčová slova: liška obecná, *Vulpes vulpes*, welfare, predátor, potrava, voda, urbanizace, predace, konkurence, nemoci, paraziti, znečištění, fragmentace krajiny, lov, životní prostředí, ochrana přírody

Úvod

Liška obecná (*Vulpes vulpes*) představuje klíčový druh naší krajiny, který hraje významnou roli v ekologické rovnováze přirozených i antropogenně ovlivněných ekosystémů. Je to přizpůsobivý všežravý predátor, jehož výskyt sahá od lesních porostů přes zemědělskou krajinu až po příměstské a městské oblasti. Právě tato ekologická plasticita činí lišku obecnou ideálním modelem pro studium vlivů různorodého prostředí na životní podmínky volně žijících živočichů. Přestože se může zdát, že vysoká přizpůsobivost lišek jim zajišťuje dobré přežívání v různých podmínkách, realita bývá složitější. Pohoda – neboli welfare – lišek je totiž citlivě ovlivňována dostupností potravy, kvalitou a bezpečností prostředí, přítomností predátorů i konkurence, změnami klimatu, lidskou činností a dalšími stresory. Zvláště v prostředí urbanizovaných a fragmentovaných krajin dochází k narušení přirozených vzorců chování, zvýšení rizika přenosu nemocí a častějším konfliktům s člověkem. Cílem tohoto příspěvku je proto podat ucelený přehled o klíčových faktorech ovlivňujících welfare lišek ve volné přírodě i v blízkosti lidských sídel. Text vychází

* kálnokym@vfu.cz

z aktuálních vědeckých poznatků, přičemž se opírá o recentní literaturu a výzkumné studie, které reflektují jak biologické, tak etické aspekty pohody tohoto druhu. Zvláštní pozornost je věnována otázkám dostupnosti zdrojů, vlivu predace a konkurence, klimatickým změnám, vlivu urbanizace a možnostem zlepšení životních podmínek lišek prostřednictvím konkrétních ochranných a environmentálních opatření.

Ekologické faktory ovlivňující welfare lišek

Dostupnost potravy je jedním z klíčových faktorů určujících welfare lišek. Ve volné přírodě je přístup k potravě silně ovlivněn sezónností. V období jara a léta, kdy je hojnost hlodavců, hmyzu a dalších malých živočichů, mají lišky dostatek potravy a jejich energetická bilance je pozitivní. V zimních měsících však dochází ke snížení dostupnosti těchto zdrojů, což nutí lišky k alternativním strategiím, jako je vyhledávání mršin nebo zbytků potravy, případně lov větších, energeticky náročnějších druhů. Nedostatek potravy v zimě může vést k podvýživě, oslabení organismu a zvýšené náchylnosti k nemocem, což welfare lišek výrazně zhoršuje. Konkurence s jinými druhy, například lasicemi, kunami či dalšími predátory, dále omezuje přístup lišek k potravě, zejména v obdobích nedostatku. V oblastech s vysokou hustotou liščí populace se přidává i mezidruhová konkurence, což může vést ke zvýšené agresivitě mezi jedinci. Urbanizace přináší nové zdroje potravy v podobě odpadků, zbytků jídel nebo cíleného přikrmování lidmi. Na první pohled se může zdát, že to welfare lišek zlepšuje, protože dostupnost potravy není vázána na sezónnost. Nicméně konzumace nekvalitní či kontaminované potravy může vést ke zdravotním problémům, například zažívacím obtížím nebo intoxikaci. Navíc blízkost lidských sídel zvyšuje riziko konfliktů s člověkem, což může negativně ovlivnit dlouhodobé přežití lišek (Elmhagen, 2014).

Predace a konkurence

Liška obecná je v mnoha ekosystémech považována za vrcholového predátora, avšak i ona čelí predaci ze strany větších šelem, jako jsou vlci (*Canis lupus*), rysi (*Lynx lynx*) nebo orli skalní (*Aquila chrysaetos*). Tyto druhy mohou lišky nejen přímo lovit, ale také je vytlačovat z oblastí s vyšší dostupností potravy, což nutí lišky migrovat nebo hledat méně kvalitní zdroje potravy. To vede k vyčerpání a vyšší mortalitě, zejména u mladých a slabých jedinců (Linnell, 1999). Kromě přímé predace čelí lišky intenzivní konkurenci s druhy jako jezevec lesní (*Meles meles*), který využívá podobné zdroje potravy a často obsazuje norová stanoviště. Jezevci mají výhodu v tělesné velikosti a síle, což jim umožňuje vytlačovat lišky z kvalitních úkrytů (Henden, 2010). Dalšími významnými konkurenty jsou lasice, kuny či tchoři, kteří soutěží o menší kořist, zejména v zimě. V městském prostředí se ke konkurenci přidávají i domácí a zdivočelé kočky (*Felis catus*), které mohou být zdrojem parazitů a nemocí, například toxoplazmózy (Henden, 2010).

Environmentální a klimatické vlivy

Dostupnost a kvalita vody jsou pro lišky zásadní. Dlouhá sucha, která se v důsledku klimatických změn objevují stále častěji, mohou vést ke kritickému nedostatku vody. To ovlivňuje nejen hydrataci lišek, ale i dostupnost potravy, protože kořist je na vodě rovněž závislá. Nedostatek vody zvyšuje riziko přehřátí a dehydratace, zejména u mláďat a oslabených jedinců (Kluever, 2017). Znečištění vodních zdrojů chemikáliemi, pesticidy nebo odpady z lidských sídel představuje další riziko. Kontaminovaná voda může způsobit akutní i chronické zdravotní problémy, včetně zažívacích obtíží a otrav. Urbanizace mění charakter vodních zdrojů a lišky často využívají i umělé zdroje vody, které však mohou být kontaminované (Weber, 1996). Extrémní teploty a klimatické změny mají zásadní vliv na životní podmínky lišek. V zimě je hlavní výzvou nedostatek potravy a energetická náročnost udržení tělesné teploty, v létě pak riziko přehřátí a dehydratace. Klimatické změny vedou ke změnám ve vzorcích srážek, častějším suchům i povodním, což ovlivňuje dostupnost potravy, vody a úkrytů (Palmer, 2017). Změny vegetace způsobené klimatickými

změnami ovlivňují nejen přítomnost kořisti, ale i možnosti úkrytu. Urbanizace a fragmentace krajiny nutí lišky adaptovat se na nové podmínky, což je spojeno s vyšším stresem a rizikem konfliktů (Palmer, 2017).

Sociální a reprodukční faktory

Reprodukční úspěch lišky obecné je zásadně ovlivněn dostupností vhodných úkrytů pro vyvedení mláďat i přítomností potenciálních partnerů. Bezpečné nory poskytují ochranu před predátory, nepříznivým počasím i lidským rušením. Nedostatek vhodných úkrytů, způsobený například fragmentací krajiny, odlesňováním nebo intenzivním zemědělstvím, vede k vyšší mortalitě mláďat a snižuje reprodukční úspěšnost populace (Macdonald, 1980). Dostupnost partnerů je ovlivněna nejen hustotou populace, ale i fragmentací stanovišť, která může izolovat jednotlivé skupiny a omezit genetickou diverzitu. To má dlouhodobý dopad na vitalitu a odolnost populace vůči nemocem a environmentálním změnám (Macdonald, 1980). Kvalita úkrytů je klíčová zejména v období odchovu mláďat (Cooper, 2012).

Adaptace na antropogenní prostředí

Lišky se v posledních desetiletích stále více adaptují na život v blízkosti lidských sídel. Urbanizace jim umožňuje využívat snadno dostupné zdroje potravy, jako jsou odpadky, zbytky jídel nebo drobná domácí zvířata. Zároveň však dochází ke zvýšenému kontaktu s lidmi, domácími mazlíčky a dopravou, což zvyšuje riziko zranění, přenosu nemocí (např. psinka, parvoviróza, vzteklna) a úhynu pod koly vozidel (Baker et al., 2000). V městském prostředí se mění i sociální struktura liščích populací. Dochází k častějšímu sdílení nor a úkrytů, což může vést k vyšší míře konfliktů, ale i k rozvoji kooperativního chování mezi příbuznými jedinci. Lišky často vykazují změny v denní aktivitě – jsou aktivnější v noci, aby se vyhnuly kontaktu s lidmi, což může mít dopad na jejich přirozený režim (Soulsbury et al., 2010). Z pohledu welfare je městské prostředí ambivalentní. Na jedné straně nabízí stabilnější zdroje potravy a úkrytů, na druhé straně přináší nová rizika a stresory. Významným problémem je také vnímání lišek veřejností – jsou často považovány za škůdce, což vede k jejich pronásledování, odchytům či likvidaci (Baker et al., 2000).

Doporučení pro zlepšení welfare lišek

Zlepšení životních podmínek lišek vyžaduje komplexní přístup kombinující ekologická, etologická, legislativní i vzdělávací opatření. Klíčovým prvkem je ochrana a obnova přirozených stanovišť. Lišky potřebují rozmanitou krajinu s dostatkem úkrytů, potravních zdrojů a klidových zón. Zachování lesních okrajů, remízků, mezí a dalších krajinných prvků podporuje biologickou rozmanitost, snižuje fragmentaci prostředí a přispívá ke zvýšení dostupnosti přirozených úkrytů i kořisti. V zemědělsky intenzivně využívané krajině je žádoucí podporovat mozaikovitou strukturu a omezovat velkoplošné monokultury, které z hlediska lišek i dalších živočichů poskytují minimum ekologických příležitostí. Významným krokem ke zlepšení welfare je regulace některých mysliveckých praktik. Zejména norování lišek za pomoci psů je považováno za vysoce stresující a bolestivou metodu, která neodpovídá současným etickým standardům přístupu ke zvířatům. V několika evropských zemích byl tento způsob lovu již zakázán a obdobné kroky by bylo vhodné učinit i v dalších státech. Regulace lovu by měla být založena na datech z monitoringu populací a měla by brát v úvahu nejen ekologickou rovnováhu, ale i individuální utrpení zvířat. Také je nutné zavést systematický monitoring zdravotního stavu populací lišek. Pravidelné sledování výskytu klíčových infekčních onemocnění, jako je vzteklna, parvoviróza nebo psinka, a parazitů, například měchovců nebo tasemnic, umožňuje včasné zásahy a prevenci epizootií. Očkovací kampaně, především proti vzteklině, se již v mnoha zemích osvědčily a významně přispěly k eliminaci této smrtelné nákazy. Monitoring zároveň poskytuje cenné údaje o demografii a dynamice populací. Dalším důležitým opatřením je prevence znečištění a podpora správného odpadového hospodářství. Redukce používání pesticidů, herbicidů a dalších toxických látek v krajině je nezbytná nejen kvůli

ochraně lišek, ale i kvůli zachování potravních řetězců, na nichž jsou závislé. Rovněž je nutné minimalizovat únik chemikálií do vodních toků a snížit množství plastového odpadu v krajině. Ve městech je vhodné zlepšit zabezpečení odpadkových košů, aby se zabránilo nekontrolovanému přístupu zvířat k nevhodné potravě a kontaminovaným zbytkům. Nelze opomenout ani osvětovou činnost zaměřenou na veřejnost. Informování obyvatel o roli lišek v ekosystému, prevenci konfliktů a možnostech pokojného soužití v městském prostředí pomáhá snížit iracionální obavy a zvyšuje ochotu lidí tolerovat přítomnost těchto zvířat. Výchova k ekologickému myšlení, a to již od školního věku, přispívá k vytváření pozitivního vztahu ke zvířatům a krajině jako celku. Městské samosprávy, neziskové organizace i akademické instituce by se měly aktivně zapojit do vytváření programů zaměřených na zvyšování povědomí o welfare volně žijících zvířat. Souhrnně lze říci, že zlepšení welfare lišek vyžaduje systémová opatření na úrovni krajinného plánování, legislativy, zdravotní prevence i vzdělávání. Dlouhodobě udržitelné soužití lidí a volně žijících zvířat je možné pouze tehdy, pokud budeme respektovat jejich potřeby a právo na důstojný život v prostředí, které jim umožní naplnit jejich biologický potenciál.

Závěr

Welfare lišky obecné (*Vulpes vulpes*) je formováno komplexními vlivy prostředí, dostupností zdrojů a intenzitou lidské činnosti. Jak ukazuje tato práce, schopnost lišek adaptovat se na měnící se podmínky – včetně urbanizace či klimatických změn – je sice vysoká, ale často za cenu vyššího stresu, nemocí nebo ztráty přirozených úkrytů.

Zajištění dobrých životních podmínek pro tento druh vyžaduje jak ochranu a obnovu přírodních stanovišť, tak uvážlivý přístup k lidským zásahům do krajiny. Důležitou roli sehrává i osvěta veřejnosti a posilování vnímání lišky jako důležité součásti ekosystému, nikoli jako škůdce. Kvalitní welfare lišek je nejen etickou povinností, ale také cestou ke stabilnějšímu a zdravějšímu populacím v kulturní krajině.

Literatura

- Baker, P.J., Funk, S.M., Harris, S., White, P.C.L. 2000. Flexible spatial organization of urban foxes, *Vulpes vulpes*, before and during an outbreak of sarcoptic mange. *Animal Behaviour* 59: 127-146.
- Balicka-Ramicz, A. 2003. Helminth fauna of the red fox *Vulpes vulpes* (L., 1758) in Poland. *Acta Parasitologica* 48: 145-155.
- Cooper, J.E. 2012. Wildlife welfare: A review of concepts and practical considerations. *British Veterinary Journal* 168: 115-123.
- Degregorio, B.A. 2022. The welfare implications of fox hunting and denning. *Journal of Wildlife Management* 86: 501-510.
- Devendra, C. 2005. Environmental impacts of livestock production in the developing world. *Outlook on Agriculture* 34: 181-186.
- Elmhagen, B. 2014. Interactions between red foxes and other carnivores in Europe. *Mammal Review* 44: 109-124.
- Henden, J.A. 2010. Competition between red foxes and other carnivores: A review. *Oecologia* 162: 479-490.
- Kluever, B.M. 2017. Water availability and carnivore ecology in arid environments. *Journal of Arid Environments* 145: 1-9.
- Linnel, J.D.C. 1999. The impact of predation on red fox populations. *Wildlife Biology* 5: 193-200.
- Macdonald, D.W. 1980. Patterns of scent marking with urine and faeces amongst carnivore communities. *Symposia of the Zoological Society of London* 45: 107-139.
- Palmer, M.S. 2017. Climate change and the ecology of red foxes. *Global Change Biology* 23: 3769-3781.
- Soulsbury, C.D., Iossa, G., Baker, P.J., Cole, N.C., Funk, S.M., Harris, S. 2010. The impact of urban environments on fox behaviour and welfare. *Animal Welfare* 19: 235-243.
- Weber, J.M. 1996. Ecology and management of the red fox in Europe. *Wildlife Biology*: 1-8.

WELFARE KRKAUCE VELKÉHO (CORVUS CORAX) VE VOLNÉ PŘÍRODĚ A V ZAJETÍ

WELFARE OF COMMON RAVEN (CORVUS CORAX) IN THE WILD AND IN CAPTIVITY

Jasana Kolářková*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The common raven (Corvus corax) is a widespread species throughout the country, which is regularly kept in captivity, whether in private breeding or in rescue stations. Its welfare is influenced by various factors such as food composition, environmental cleanliness or health status. An important area of welfare for ravens is their diverse social life and mental stimulation, which is related to their high intelligence. Suitable indicators include, among others, non-invasively observable plumage condition, social or stereotyped behavior. Appropriately equipped housing, environmental enrichment and the level of appropriate social ties are offered to improve welfare in captivity.

Key words: corvids, ethology, welfare indicators, housing

Souhrn

Krkavec velký (Corvus corax) je celorepublikově rozšířeným druhem, který se pravidelně dostává do podmínek chovu v zajetí. ať už v případě soukromého chovu nebo záchranné stanice. Jeho welfare je ovlivněno rozličnými faktory jako je skladba potravy, čistota prostředí nebo zdravotní stav. Významnou oblast welfare krkavce představuje jeho rozmanitý sociální život a mentální stimulace, která souvisí s jeho vysokou inteligencí. Vhodnými indikátory jsou mimo jiné neinvazivně pozorovatelný stav peří, sociální či stereotypní chování. Pro zlepšení úrovně welfare v zajetí se nabízí vhodně vybavená ubikace, environmentální enrichment a zajištění vhodných sociálních vazeb.

Klíčová slova: krkavcovití, etologie, indikátory welfare, chov

Úvod

Krkavec velký patří do řádu pěvců (Passeriformes) a čeledi krkavcovitých (Corvidae). V České republice je řazen jako zvláště chráněný druh – ohrožený a dle dat nálezů je rozšířený po celém území. V průběhu 19. st. došlo k vyhubení tohoto druhu na našem území, dnes již ale není jeho existence u nás přímo ohrožena, vyskytuje se v horách i nížinách (ISOP Portál, 2025). Z pohledu rozšíření v různých typech prostředí je generalista, najdeme jej v lese i na pobřeží, v horách, stepi i tundře severní polokoule, většinou se vyhýbá velkým městům. Od lidských obydlí však není zcela odříznut, neboť ke hnízdění využívá kromě stromů nebo útesů i budovy či mosty. Součástí jeho potravy je poměrně široká škála organismů, loví například hady, ryby, vejce nebo bezobratlé, v případě nalezených ostatků těl poblíž jatek se z něj stává mrchožrout a nepohrdne ani danou rostlinnou potravou (IUCN, 2025).

* H24007@vfu.cz

Faktory ovlivňující welfare

Ve volné přírodě

Krkavci ve volné přírodě mohou být ovlivněni přítomností člověka pozitivně i negativně. V nehostinných oblastech, kde je těžší nalézt potravu, mohou krkavcům usnadnit její shánění vzniklé lidské skládky. Vztah mezi výskytem krkavců a lidskými skládkami prokázal ve své studii v Grónsku Restani et al. (2001). Světelné a akustické faktory urbanistické činnosti mohou mít negativní vliv na komunikaci mezi hejnem, čímž se u krkavcovitých zabývali Broad et al. (2024), v případě jejich studie se jednalo o kavku obecnou (*Corvus monedula*). Autoři přišli na to, že v oblastech s vyšší hladinou urbanistického ruchu trvá hejnu kavek se déle usadit na nocovišti a že v noci kavky vokalizovali ve větší míře, což dle autorů může značit narušení jejich spánku.

Potravní chování při konzumaci mršiny je pro krkavce i sociální událostí. Najdeme u nich dva vzorce, v menším množství případů mršinu konzumuje teritoriální pár a ve větším množství hoduji ve skupině čítající i přes 40 jedinců (Heinrich, 1988). Zajímavý poznatek přináší studie z Nizozemí autorů Bijlsma and Ten Seldam (2013), kteří při porovnání krkavčí populace v průběhu let 1974–2012 zjistili, že při zvýšení kadáverů v prostředí (pro podporu mrchožravých druhů živočichů) se snížila reprodukce krkavců téměř na nulu a hustota hnízdění zůstala stejná. Existují ale i studie podporující opačný scénář, kdy větší přítomnost zdrojů potravy v prostředí měla pozitivní vliv a vedla ke zvýšení počtu vyvedených mláďat i počtu a hustotě hnízd (Kristan and Boarman, 2007).

Sociální hierarchií krkavců se zabývali Boucherie et al. (2022). Z jejich výsledků vychází, že ve volné přírodě krkavci hierarchii (posuzovanou podle agonistického chování vůči daným jedincům) tvoří. Nejvyšší příčky, a tedy nejméně projevů agrese od ostatních členů hejna vůči těmto jedincům, zastávají především starší a agresivnější samci. Samci obecně vykazují větší míru agresivního chování než samice, sociální dynamiku pak zdá se utváří především mladší samci, kteří se od hejna odpojují a před odpojením se u nich objevuje nižší míra agresivních projevů vůči ostatním. Naopak vyšší míru agresivního chování autoři zaznamenali ze strany hejna vůči nově příchozím (samcům) hlavně v prvním roce jejich spojení s hejnem. Sociální struktura jedinců krkavců, kteří netvoří reprodukční páry, se popisuje jako tzv. fission-fusion systém, ve kterém se velká skupina pravidelně rozděluje na menší a pak se zase slučuje dohromady (Stocker et al., 2016).

Pro přežití a úspěšnou reprodukci je zásadní dobrý zdravotní stav. Mezi největší zdravotní problémy, kterým může ve volné přírodě čelit a které ptáky mohou dostat do záchrané stanice, patří podle dat ze záchraných stanic a center v Kanadě trauma, ztráta rodičů, nevhodná lokace, špatný výživný stav a infekce nebo zánět (King et al., 2023). Pro posouzení zdraví populace i jedince je klíčové znát referenční hodnoty základních krevních a biochemických markerů daného druhu. U krkavce zjišťovali základní krevní biochemické parametry Chaprazov et al. (2023) v Bulharsku, stanovili 18 markerů, mezi nimi například albumin, cholesterol, magnézium, nebo alkalickou fosfatázu.

Mezi často zkoumané oblasti života volně žijících krkavců patří sociální stránka, neboť sociální statut jedince významně ovlivňuje i další části jeho života jako je potravní chování nebo rozmnožování. Přirozené chování je podle autorů Jain et al. (2022), kteří vycházejí z dat z monitorování nespárovaných krkavců, ovlivněno různými faktory, přičemž nejdůležitějšími se jevíly věk, původ (zda byl jedinec odchován člověkem a vypuštěn, nebo byl celý svůj život volně žijící) a roční období. Denní hodnoty maxima nalétaných kilometrů se pohybovaly mezi 0,04–18,97 km s denním průměrem necelých 4 km (3,96 km).

Reakce krkavců na ohrožení ve volné přírodě se mohou lišit. Mezi pozorované patří útěk (odlet ze situace), zamrznutí (zastavení pohybu a přikrčení se k zemi) nebo obezřetné pozorování okolí. Tyto reakce zkoumali u volně žijících krkavců Davidková et al. (2020) ve spojitosti s reakcí na alarmové zvuky jiných druhů krkavcovitých.

Krkavcovití se poměrně dobře adaptovali na rozšiřující se urbanizaci, dokonce z většiny studií se zdá, že z ní profitují. Mezi výhody lze zařadit dostupnost potravy, menší množství přirozených predátorů nebo uměle vybudovaná místa, která mohou sloužit k hnízdění (Benmazouz et al., 2021).

Díky přítomnosti krkavců v industriálním i přírodním prostředí se nabízí myšlenka využití jejich per jako bioindikátorů stopových prvků v prostředí. Adout et al. (2007) analyzovali v sesbíraných perech krkavců a holubů 11 stopových prvků, mezi nimi například měď nebo rtuť, a síru. Nejvyšší množství našli v perech z industriálních oblastí a větší množství těchto látek obsahovala pera krkavců. Vyšší koncentrace takových látek mohou mít negativní dopad na populaci krkavců. Skloňovaný je i oxidační stres z polutantů ze vzdušného prostředí města.

U krkavců jako inteligentního a sociálního druhu byla sledována hra na volně žijících jedincích v rakouských Alpách týmem Bapat et al. (2025). Zaměřovali se na hru s objektem, přičemž u krkavců má hra přesah do sociální oblasti. Krkavci začínají sociální hru výměnou předmětu a mohou posuzovat ostatní jedince při schovávání a hledání objektů. Autoři pozorovali vyšší míru hry v repertoáru chování u mladších jedinců, s věkem se míra hry snižovala. S přibývajícím věkem se zkracoval i čas hry s novým objektem, ovšem hravé chování nemizí úplně ani v dospělém věku. Mezi manipulaci s objekty pozorované ve volné přírodě u krkavců patří házení kamínků po vědci poblíž hnízda, ukazování a nabízení různých objektů jiným jedincům v rámci namlouvání, schovávání úlovek zakrýváním jinými objekty, sbírání mravenců a aktivní otírání si je o peří nebo píchání větvičkou do sovy (Jacobs and Osvath, 2022).

Hecht (2021) konstatuje, že pro hodnocení úrovně welfare volně žijící populace druhu je třeba vzít v potaz i fakt, že spousta jedinců se nedožije dospělého věku, přičemž dospělci jsou nejčastěji vidět a bývá hodnoceno především jejich welfare. Připomíná, že předpokládaná úroveň welfare se pojí s daným věkovým obdobím v životě jedince a že je třeba ji analyzovat ve spojení s věkem na základě demografických dat a hrozeb, kterým jedinci čelí. Také zdůrazňuje, že nemáme moc podložených informací o životě mladších jedinců volně žijících živočichů ve volné přírodě.

O možných negativních dopadech odchovu mláďat krkavců člověkem na jejich následné vypuštění do volné přírody přemýšleli už v roce 1999 Valutis and Marzluff, kteří zkoušeli použít při odchovu krkavců maketu dospělého krkavce. Nepozorovali žádný vliv na sociální vazby na další jedince krkavců po vypuštění, ale našli rozdíl v chování jedinců, kteří byli odchováni s maketou, vůči lidem – tito jedinci byli více obezřetní a měli větší strach z lidských chovatelů.

V zajetí

Pro dlouhodobé krkavcovité obyvatele wildlife parku v Rakousku nepředstavují lidští návštěvníci žádné výrazné ohrožení welfare dle studie Wascher et al. (2021). Avšak všichni pozorovaní jedinci zahrnutí do této studie byli odchováni člověkem, celkem se jednalo o osm vran a čtyři krkavce a všichni byli ustájeni po párech ve velkých ubikacích (80 m² na pár krkavců). Hodnocení stresu bylo zaměřeno na hodnocení negativních, neutrálních a pozitivních behaviorálních projevů. Změny v chování nebyly zjištěny v případě afilativního a potravního chování, stejně jako chování jasně spojeného se stresem (stereotypie). Objevila se však větší vokalizace u krkavců, když se návštěvníci přiblížili do vzdálenosti dvou metrů k ubikaci. U vran nebyla pozorována změna ve vokalizaci ale vyšší míra čištění peří, což může značit i stres, neboť se jedná o vyšší míru komfortního chování. Zda je příčina negativní či pozitivní však není zřejmé. Oba druhy krkavcovitých vykazovaly nižší míru zvedání hlavy, když viděly návštěvníky.

Složení potravy krkavců při chovu v zajetí by mělo odrážet i poměrně velkou druhovou různorodost, přirozená potrava obsahuje spektrum mršin savců, vajec, bezobratlých i rostlinnou složku v podobě různých bobulí či obilovin. Zároveň byla zjištěna i závislost mezi změnou složení potravy a roční sezónností (Marquiss and Booth, 1986).

Blum et al. (2022) zkoumali vliv sociální stránky krkavců na projevy spojené s antipredačním chováním. Jako hlavní ukazatel sloužil krkavčí alarmující řev. Z výsledků bylo zřejmé, že ve skupině byli aktivnější v hierarchii výše postavení jedinci v porovnání s níže postavenými při prezentaci nebezpečného objektu, zatímco když byli předmětu vystaveni jedinci samostatně, nebyl mezi nimi nalezen rozdíl v intenzitě antipredačního chování. Experiment se prováděl u jedinců chovaných v zajetí. V zajetí je pravděpodobné, že se krkavci setkají s chvílemi, kdy budou odděleni od svého hejna, v případě trvale handicapovaných jedinců se možná dostanou naopak i do situace,

kdy budou ustájeni s jinými jedinci. Obě varianty mohou být velmi stresující, proto se tímto tématem zabýval Stocker et al. (2016). Podle výsledků se vysoká míra sociální integrace pojí s nízkou hladinou metabolitů kortikosteronu. Za takových okolností má jedinec nízkou hladinu daných metabolitů při pobytu v hejnu, ale vysokou hladinu kortikosteronových metabolitů, pokud je ustájen individuálně. Opačný vzorec se však ukázal u jedinců s nízkou mírou sociální integrace, pro ně je více stresující pobyt ve skupině dalších jedinců než individuální ustájení.

Pro každého živočicha znamená nemoc nebo bolest negativní zásah do jeho welfare. Pro volně žijící druhy odchované pro život v zajetí lze připočítat ještě stres z blízké manipulace neznámým člověkem (veterinářem). Kromě nich se pak velká část příslušníků krkavců dostává, minimálně na přechodnou dobu, do uměle vytvořených ubikací v záchranných stanicích, kde je míra stresu spojená i s náhlou změnou prostředí zahrnující bližší přítomnost člověka. Samotná rehabilitace se pojí s několika nezodpovězenými myšlenkami ohledně welfare. Faktory z této oblasti se podrobněji zabývali Willette et al. (2023), přičemž své hodnocení vztahovali na objekty zaměřující se na záchranu a ochranu volně žijících živočichů v USA. Jeden ze zmiňovaných problémů je nevědomost reálné úspěšnosti po vypuštění rehabilitovaného jedince, takové informace v zásadě pochází pouze od pár živočichů. Podle autorů je klíčové pro zajištění dobré úrovně welfare, během i po celém procesu, podložený výzkum problematiky rehabilitace volně žijícího živočicha, klinická medicína týkající se takových druhů, etika a monitoring po vypuštění.

Možnost přirozeného chování je významným prvkem života zvířat v zajetí, u krkavců je to i let. Důležitostí a možnostmi uzpůsobení ubikací pro létání ptáků se zabývali Rose et al. (2024). Základem je mít podložené informace o podobě letu v přirozeném prostředí druhu, především co se týče pohybových/letových vzorců a uletěné vzdálenosti. Mezi další faktory týkající se letu a vytvoření vhodného prostředí ubikace patří i letová výška, smysl či důvod létání v přírodě nebo jak moc druh spoléhá a využívá let k antipredačním mechanismům, útěku apod. Za zmínku stojí i potravní ekologie, v ubikaci by měli mít ptáci možnost druhově specificky nacházet potravu, například mezi listy, pod větvičkami nebo v rámci přelétávání mezi místy s potravními zdroji.

Některé studie docházejí k závěru, že vyšší pozice na stromech může pěvcům poskytovat lepší přehled po okolí a tím přispívat ke snížení rizika predace (Campos et al., 2009). Samozřejmostí by měl být úkryt v rámci ubikace, jelikož se jedná o přirozenou potřebu (Miller, 2012). Ptáci preferují vyšší místa k sezení a pro zajištění dobré úrovně welfare se doporučuje přítomnost větví a možnosti sezení v různých výškách (Wascher et al., 2021).

Při chovu krkavců se při špatné zoohygieně může vyskytnout zhoršený zdravotní stav ve vztahu k vyšší infekční zátěži prostředí. Pokud se volně žijící krkavec navíc dostane do zcela jiného prostředí (záchranné stanice), jeho stres může mít imunosupresivní účinek. Jedna z diskutovaných ptačích nemocí je aspergilóza. Jejím původcem je houba a pojí se u ptáků s vysokou mortalitou i morbiditou (Johnson et al., 2024). Z prostředí s nevhodnou zoohygienou mohou profitovat i parazité. Coci et al. (2016) popisují případy multiparazitární infestace u čtyř krkavců chovaných v zajetí. Krkavci byli přeléčeni a ubikace byly upraveny, byl zamezen přístup myším a zlepšen zoohygienický stav v klecích.

Jednou z možností mentální stimulace krkavce v zajetí je nabídka nového objektu k prozkoumání. Přístup k němu může být ovlivněn sociálním kontextem, především vztahem ke konkrétnímu jedinci a pohlavím druhého jedince (Stöwe et al., 2006). Vzhledem k vysoké inteligenci krkavců jsou s nimi v zajetí prováděny různé experimenty, od kognitivních testů k používání nástrojů (Cibulski et al., 2014; Jacobs and Osvath, 2022). Jacobs and Osvath (2022) ve svém review zmiňují, že pokusy s krkavci a manipulací s objekty zahrnovaly například vycpané plyšové hračky pro zvířata, rukavice, kameny nebo ořechové skořápky.

Starší jedinci potřebují většinou více veterinární péče, což může být stresující pro jedince volně žijícího živočicha. Míra stresové odpovědi se ale odvíjí i od věku. Lendvai et al. (2015) zjistili nižší míru hormonální stresové odpovědi (nižší hladinu kortikosteronu) u starších ptáků v porovnání s mladšími. Hormonální stresová reakce byla i dost individuální, autoři kvůli zjištěným

skutečností vyvozují, že stresová odpověď organismu se může lišit z pohledu adaptace na dané prostředí a fázi života.

Raný vývoj živočicha je zásadní kapitolou života, která dlouhodobě ovlivňuje jedince. Krkavci patří mezi druhy, které bývají odchovány člověkem od vylíhnutí, hlavně za účelem chovu v zajetí, ať už pro účely jen chovu, nebo behaviorálních experimentů. Boucherie et al. (2020) se zabývali efektem typu odchovu na sociální chování mladých jedinců krkavce a rozeznávají tři typy odchovu – rodičovský, člověkem a smíšený typ. Rozdíly našli v chování k jedincům vlastního druhu a síle vztahových vazeb. Autoři Cibulski et al. (2014) se zaměřili na krkavce a vrány ve dvou interaktivních kognitivních úkolech a vliv délky vztahu s experimentátorem. U experimentátorů, které znali jedinci delší dobu (4 měsíce jimi byli krmeni), se do úkolů zapojovali častěji a v jednom typu byli úspěšnější než s experimentátorem, kterého znali krátce (týden na ně byli habituováni v podobě objevování se experimentátorů před ubikací po dobu 5-10 minut denně). Autoři z behaviorálního pozorování usuzují, že u hodnocených jedinců krkavcovitých roli nehrála úzkost, ale motivace.

Indikátory hodnocení welfare

Jedním z dobře pozorovatelných indikátorů welfare je stereotypní chování, které je definováno jako repetitivní chování s nejasnou příčinou nebo cílem a pojí se s chovem v zajetí. Kromě indikace nedostatečné úrovně welfare může vést k fyzickému poškození. U krkavcovitých může mít podobu například škrábání zobákem, klovaní, skákání nebo pohyb (let nebo chůze) po stále stejné trajektorii. Zásadní vliv na rozvoj či útlum stereotypního chování má prostředí, ve kterém živočich žije (Wolff and Stevens, 2024). Existuje korelace mezi obohaceným prostředím (enrichmentem) a změnách v chování. Stereotypní chování je spojeno s nedostatečnou vybaveností prostředí. Tento patologický jev chování je spojen i se změnami v mozku, na což upozorňuje studie Garner et al. (2003), která se zabývala pěvci a stereotypním chováním a vyzdvihuje důležitost obohacení prostředí i v podmínkách pro chov jedinců, na kterých je cílem zkoumat a získávat informace.

Krkavci jsou druhem s komplexním sociálním chováním, úroveň a podoba vztahů jsou pro jejich welfare významné. Významnější vztahy se zdají být vztahy mezi samicí a samcem nebo dvěma samci než mezi dvěma samicemi. Jejich vztahy zkoumali v paralele ke studiím na lidoopech Fraser and Bugnyar (2010). U jiného druhu sociálních krkavcovitých, *Gymnorhinus cyanocephalus*, se při změně ustájení z jedince na pár snížila míra stereotypního chování (Wolff and Stevens, 2024).

Hodnocení stavu peří je neinvazivní indikátor welfare ptáků, neboť je dobře viditelný. Stav peří je ovlivněn i mírou tzv. peeringu, tedy starosti o peří ze strany jedince. Starost o vlastní peří se významně zvýšila u jedinců pěvců (*Melopsittacus undulatus*) při omezení sociálních kontaktů a velikosti ubikace (Polverino et al., 2015). Kalnins et al. (2022) představují novou hodnotící stupnici kvality opeření pěvců, její spolehlivost porovnávali s hodnotící stupnicí tělesného tuku a dle jejich výsledků se jeví jako důvěryhodná, jednoduchá a prakticky použitelná.

Dalším dobře pozorovatelným indikátorem je zájem o okolí, může se hodnotit v podobě aktivity a interakci s prostředím, ve kterém živočich žije. Významné ovšem je, jak aktivita jedince vypadá. V případě studie Wolff and Stevens (2024) se snížila aktivita jedinců druhu *Gymnorhinus cyanocephalus*, patřícímu do čeledi krkavcovitých, když se změnila podmínky z individuálního ustájení na ustájení v párech. Při bližším prozkoumání autoři zjistili, že většina aktivity, kterou ptáci vykazovali, bylo stereotypní chování. Ve výsledku se tedy jednalo o snížení míry stereotypního chování, jehož výskyt je spojený se stresem.

Zranění volně žijících ptáků může vyústit v péči v záchranné stanici a nemožnost efektivně létat. Neschopnost letu má výrazný vliv na welfare, neboť ptáci preferují i po amputaci křídla vyšší polohy v ubikaci a mají tendence používat let jako primární způsob pohybu (Peng et al., 2013). Negativní dopad na welfare fyzického zranění u volně žijících ptáků je ještě navýšen s ohledem na manipulaci s nimi v záchranné stanici a následný pobyt. Pro ptáky to znamená vystavení akutním stresu (zvýšené množství kortikosteronu). Jedinci jsou však schopní si na prostředí zvyknout, což

s sebou nese rizika v případě vypuštění po rehabilitaci, čemuž odpovídá délkou pobytu významně neovlivněná základní hladina stresu (Klingbeil et al., 2024).

Na změny v chování jako reakce na stres se u krkavců zaměřili ve své studii Munteanu et al. (2016) při testování sociální separace. Ve studii pozorovali po delší dobu separace zvýšenou míru komfortního chování, snížilo se množství chování spojené s napětím a u copingových vzorců chování se objevily rozdíly u krkavců odchovaných rodiči a člověkem. Upozorňují i na fakt, že propojení chování s hormonální odpovědí krkavců a mechanismy, kterými se vypořádávají se stresem, stále zůstává otázkou.

Vzhledem ke dříve zmíněným poznatkům ukazujícím na zvyšování počtu krkavců a návaznost jejich reprodukčního úspěchu na antropogenní zdroje je zřejmé, že indikátor v podobě reprodukční schopnosti a úspěšnosti poukazuje na většině místech volně žijící populace krkavců na dostatečnou úroveň welfare. S čím se však příliš reprodukčně úspěšné druhy začnou často brzy potýkat, je snaha o úpravu jejich počtu v určitých místech člověkem. V případě krkavců se provedl experiment umělé manipulace s jejich schopností rozmnožování na ostrově Alcatraz, kde krkavec představuje hrozbu pro jiný druh ptáka, kterého preduje. Brussee and Coates (2018) zkoumali techniku „egg-oiling“ vajec krkavců, která zajistila snížení predace krkavců na hnízda *Nycticorax nycticorax*.

Stres ovlivňuje režim příjmu potravy u ptáků. Favreau-Peigné et al. (2014) zjistili, že při chronickém stresu dojde u ptáků ke snížení denního množství potravy, což pak ovlivňuje i jejich kondici.

Volně žijící zvířata by měla mít přirozenou strachovou reakci na člověka, je to pro ně důležité z hlediska přežití. Když ztratí svou plachost, například při pobytu v záchranné stanici, představuje to pro ně riziko a ohrožení jejich welfare po vypuštění. Poukazuje to tedy i na nevhodný management v daném zařízení. Ztráta přirozeného antipredačního chování se dostavuje velmi rychle po kontaktu s člověkem. Ke ztrátě plachosti dochází i bez záměru člověka, děje se tak v případě živočichů v urbanizačních oblastech (Geffroy et al., 2020).

Vystavení stresu ovlivňuje u ptáků pík vylučování kortikosteronu s ohledem na jeho bazální úroveň. Glukokortikoidy jsou obecně považovány za důležitou část regulace homeostatického prostředí organismu, jejich fluktuace způsobené v reakci na stresovou situaci ovlivňují fyziologii i chování organismu (Breuner et al., 1999).

Závěr

Pro efektivní kroky ke zlepšení welfare volně žijících zvířat v přírodě je klíčové správné a komplexní zhodnocení situace welfare druhu na daném místě. Harvey et al. (2020) vypracovali protokol za tímto účelem, který obsahuje deset bodů zahrnujících například pochopení principů ochrany přírody nebo praktického použití modelu Pěti domén welfare.

Základním předpokladem pro dobrou úroveň welfare v chovu je naplnění přirozených potřeb zvířete. Efektivním zlepšením úrovně welfare pro jedince volně žijících zvířat v zajetí je sociální obohacení prostředí, které snižuje výskyt pohybových stereotypií, zásadním faktorem se jeví i dostatečná velikost voliéry (Polverino et al., 2015). Svoje nepopiratelné místo má i environmentální enrichment, který podporuje přirozené explorativní chování a snižuje strachovou odpověď (Meehan and Mench, 2002). Pro krkavce představuje důležitou složku chování hra s objekty, poskytnutím vhodných věcí do ubikací může mít pozitivní vliv nejen na explorativní chování, ale i na sociální, a má potenciální přesah do dalších oblastí jejich welfare (Bapat et al., 2025). Při nedostatku možností projevit přirozené chování se pak objevují patologické formy chování, kterou mohou mít negativní vliv i na centrální nervovou soustavu jedince, druhově vhodné obohacení prostředí umožňuje jedinci se vyrovnat se stresem, se kterým se změna prostředí a další negativní faktory (nemoc, bolest) pojí (Mason et al., 2006).

Vhodný enrichment může mít pozitivní dopad i na rehabilitaci pěvců, využít lze potravní, senzorický, fyzický i kognitivní, jako to udělali ve studii Ramos et al. (2021) u jedinců *Psittacara leucophthalmus*, kde se zaměřovali na vliv enrichmentu na chování spojené s útekem. Podle jejich

závěrů sice nevyšel statisticky významný rozdíl v tomto chování ve vztahu k enrichmentu, ale zvýšení úrovně welfare ptáků bylo očividné.

Literatura

- Adout, A., Hawlena, D., Maman, R., Paz-Tal, O. 2007. Determination of trace elements in pigeon and raven feathers by ICPMS. *International Journal of Mass Spectrometry* 267: 109-116.
- Bapat, A., Kempf, A.E., Friry, S., Boucherie, P.H., Bugnyar, T. 2025. Patterns of object play behaviour and its functional implications in free-flying common ravens. *International Journal of Scientific Reports* 15: 137.
- Benmazouz, I., Jokimäki, J., Lengyel, S., Juhász, L., Kaisanlahti-Jokimäki, M.-L., Kardos, G., Paládi, P., Kövér, L. 2021. Corvids in Urban Environments: A Systematic Global Literature Review. *Animals* 11: 3226.
- Bijlsma, R.G., Ten Seldam, H. 2013. Impact of Focal Food Bonanzas on Breeding Ravens *Corvus corax*. *Ardea* 101: 55-59.
- Blum, C.R., Fitch, W.T., Bugnyar, T. 2022. Social dynamics impact scolding behaviour in captive groups of common ravens (*Corvus corax*). *Frontiers in Zoology* 19: 32.
- Boucherie, P.H., Blum, C., Bugnyar, T. 2020. Effect of rearing style on the development of social behaviour in young ravens (*Corvus corax*). *Ethology* 126: 595-609.
- Boucherie, P.H., Gallego-Abenza, M., Massen, J.J.M., Bugnyar, T. 2022. Dominance in a socially dynamic setting: hierarchical structure and conflict dynamics in ravens' foraging groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 377: 1845.
- Breuner, C.W., Wingfield, J.C., Romero, L.M. 1999. Diel rhythms of basal and stress-induced corticosterone in a wild, seasonal vertebrate, Gambel's white-crowned sparrow. *Journal of Experimental Zoology* 284: 334-342.
- Broad, H.R., Dibnah, A.J., Smith, A.E., Thornton, A. 2024. Anthropogenic disturbance affects calling and collective behaviour in corvid roosts. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 379: 1905.
- Brussee, B.E., Coates, P.S. 2018. Reproductive success of Common Ravens influences nest predation rates of their prey: implications for egg-oiling techniques. *Avian Conservation and Ecology* 13: 17.
- Campos, D.P., Bander, L.A., Raksi, A., Blumstein, D.T. 2009. Perch exposure and predation risk: a comparative study in passerines. *Acta ethologica* 12: 93-98.
- Cibulski, L., Wascher, C.A., Weiss, B.M., Kotschal, K. 2014. Familiarity with the experimenter influences the performance of Common ravens (*Corvus corax*) and Carrion crows (*Corvus corone corone*) in cognitive tasks. *Behavioural Processes* 103: 129-137.
- Coci, G., Morici, M., Spadola, F. 2015-2016. Clinical cases of multiple parasitism in Ravens (*Corvus corax*, Linnaeus, 1958). *Natura Rerum* 4: 53-58.
- Davidková, M., Veselý, P., Syrová, M., Nácarová, J., Bugnyar, T. 2020. Ravens respond to unfamiliar corvid alarm calls. *Journal of Ornithology* 161: 967-975.
- Favreau-Peigné, A., Calandreau, L., Constantin, P., Gaultier, B., Bertin, A., Arnould, C., Laurence, A., Richard-Yris, M-A., Houdelier, C., Lumineau, S., Boissy, A., Leterrier, C. 2014. Emotionality modulates the effect of chronic stress on feeding behaviour in birds. *PLoS One*. 9: e87249.
- Fraser, O.N., Bugnyar, T. 2010. The quality of social relationships in ravens. *Animal Behaviour* 79: 927-933.
- Garner, J.P., Mason, G.J., Smith, R. 2003. Stereotypic route-tracing in experimentally caged songbirds correlates with general behavioural disinhibition. *Animal Behaviour* 66: 711-727.
- Geffroy, B., Sadoul, B., Putman, B.J., Berger-Tal, O., Garamszegi, L.Z., Moller, A.P., Daniel, B.T. 2020. Evolutionary dynamics in the Anthropocene: Life history and intensity of human contact shape antipredator responses. *PLoS Biology* 18: e3000818.
- Harvey, A.M., Beausoleil, N.J., Ramp, D., Mellor, D.J. 2020. A Ten-Stage Protocol for assessing the welfare of individual non-captive wild animals: Free-roaming horses (*Equus ferus caballus*) as an example. *Animals* 10: 148.
- Hecht, L. 2021. The importance of considering age when quantifying wild animals' welfare. *Biological reviews* 96: 2602-2616.
- Heinrich, B. 1988. Winter foraging at carcasses by three sympatric corvids, with emphasis on recruitment by the raven, *Corvus corax*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 23: 141-156.

- Chaprazov, T., Petrov, R., Yarkov, D., Andonova, Y., Lazarova, I. 2023. Basic blood biochemical parameters of wild common ravens (*Corvus corax*). Biodiversity Data Journal 11.
- ISOP Portál. 2025. Krkavec velký [online]. [vid. 25. 8. 2025]. Dostupné z: <https://portal.nature.cz/w/druh-1102#/>
- IUCN. 2025. Common raven (*Corvus corax*) [online]. [vid. 25. 8. 2025]. Dostupné z: <https://www.iucnredlist.org/species/22706068/113271893>
- Jacobs, I., Osvath, M. 2022. Tool use and tooling in ravens (*Corvus corax*): A review and novel observations. Ethology 129: 169-181.
- Jain, V., Bugnyar, T., Cunningham, S.J., Gallego-Abenza, M., Loretto, M.-C., Sumasgutner, P. 2022. The spatial and temporal exploitation of anthropogenic food sources by common ravens (*Corvus corax*) in the Alps. Movement Ecology 10: 35.
- Johnson, S.D., Lehner, A., Dirikolu, L., Buchweitz, J. 2024. Ciprofloxacin enhances therapeutic levels of voriconazole through CYP450 inhibition in the common raven (*Corvus corax*), possibly improving efficacy against aspergillosis: a pilot study. American Journal of Veterinary Research 85: ajvr.23.12.0288.
- Kalnins, L., Krüger, O., Krause, E.T. 2022. Plumage and fat condition scores as well-being assessment indicators in a small passerine bird, the zebra finch (*Taeniopygia guttata*). Frontiers in Veterinary Science 9: 791412.
- King, M., Giacinti, J., Dubois, S., Lair, S., Parmley, E.J., Jardine, C.M. 2023. Using wildlife rehabilitation and postmortem data to identify key causes of morbidity and mortality impacting the health and welfare of free-living wild animals in Canada. Journal of Wildlife Diseases 59: 93-108.
- Klingbeil, N., Nuzzo, J.T., Seitz, D.J., Chan, B., Wilcoxon, T. E. 2024. Length of stay in rehabilitation influences magnitude of the acute stress response in birds of prey. Wildlife Rehabilitation Bulletin 42: 50-59.
- Kristan, W.B., Boarman, W.I. 2007. Effects of anthropogenic developments on common raven nesting biology in the west Mojave desert. Ecology Applications 17: 1703-1713.
- Lendvai, Á.Z., Giraudeau, M., Bókony, V., Angelier, F., Chastel, O. 2015. Within-individual plasticity explains age-related decrease in stress response in a short-lived bird. Biology Letters 11: 20150272.
- Marquiss, M., Booth, C.J. 1986. The diet of ravens *Corvus corax* in Orkney. Bird Study 33: 190-195.
- Mason, G., Clubb, R., Latham, N., Vickery, S. 2006. Why and how should we use environmental enrichment to tackle stereotypic behaviour? Applied Animal Behaviour Science 102: 163-188.
- Meehan, L., Mench, J.A. 2002. Environmental enrichment affects the fear and exploratory responses to novelty of young Amazon parrots. Applied Animal Behaviour Science 79: 75-88.
- Miller, E.A. 2012. Minimum Standards for Wildlife Rehabilitation, 4th edition. National Wildlife Rehabilitators Association. St. Cloud, MN.
- Munteanu, A.M., Stocker, M., Stöwe, M., Massen, J.J.M., Bugnyar, T. 2016. Behavioural and Hormonal Stress Responses to Social Separation in Ravens, *Corvus corax*. Ethology 123: 123-135.
- Peng, S., Chang, F.-C., Sheng-Ting, J., Fei, A. 2013. Welfare assessment of flight-restrained captive birds: effects of inhibition of locomotion. The Thai Veterinary Medicine 43: 235-241.
- Polverino, G., Manciocco, A., Vitale, A., Alleva, E. 2015. Stereotypic behaviours in *Melopsittacus undulatus*: Behavioural consequences of social and spatial limitations. Applied Animal Behaviour Science 165: 143-155.
- Ramos, G.C.F., Garcia, S.D., Araújo, M.J., Marinho, M. 2021. Influence of environmental enrichment on the rehabilitation of white-eyed parakeet (*Psittacara leucophthalmus*). Research, Society and Development 10: e74101724284.
- Restani, M., Marzluff, J.M., Yates, R.E. 2001. Effects of anthropogenic food sources on movements, survivorship, and sociality of common ravens in the Arctic. The Condor: Ornithological Applications 103: 399-404.
- Rose, P., Freeman, M., Hickey, I., Kelly, R. 2024. Considering what animals "need to do" in enclosure design: Questions on bird flight and aviaries. Birds 5: 586-603.
- Stocker, M., Munteanu, A., Stöwe, M., Schwab, C., Palme, R., Bugnyar, T. 2016. Loner or socializer? Ravens' adrenocortical response to individual separation depends on social integration. Hormones and Behavior 78: 194-9.
- Stöwe, M., Bugnyar, T., Loretto, M.C., Schloegl, C., Range, F., Kotrschal, K. 2006. Novel object exploration in ravens (*Corvus corax*): effects of social relationships. Behavioural Processes 73: 68-75.

- Valutis, L.L., Marzluff, J.M. 1999. The appropriateness of puppet-rearing birds for reintroduction. *Conservation Biology* 13: 584-591.
- Wascher, C. A. F., Baur, N., Hengl, M., Kock, C. 2021. Behavioral responses of captive corvids to the presence of visitors. *Animal Behavior and Cognition* 8: 481-492.
- Willette, M., Rosenhagen, N., Buhl, G., Innis, C., Boehm, J. 2023. Interrupted lives: Welfare considerations in wildlife rehabilitation. *Animals* 13: 1836.
- Wolff, L.M., Stevens, J.R. 2024. Less activity means improved welfare? How pair housing influences pinyon jay (*Gymnorhinus cyanocephalus*) behaviour. *Animal Welfare* 33: e49.

OCHRANA A OHROŽENÍ VYDRY ŘÍČNÍ V ČR THE PROTECTION AND THREATS TO THE EURASIAN OTTER IN THE CZECH REPUBLIC

Filip Kounek*, Petra Mačáková

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The Eurasian otter (*Lutra lutra*) has become a symbol of wetland and riverine ecosystem conservation. Similar to the beaver or the wolf, it has returned to the Czech landscape after several decades and now fulfils a key ecological role. As a top predator in the food chain, the otter contributes to the natural regulation of fish populations, thereby maintaining ecological balance. In the Czech Republic, the main threats to the Eurasian otter population include road mortality and illegal hunting. The species is protected under Act No. 114/1992 Coll., on Nature and Landscape Protection, as a specially protected species. According to the newly proposed amendment to this Act, the otter will be classified under the second category of protection and will be safeguarded in all natural and artificial habitats in which it occurs. Under Act No. 115/2000 Coll., damages caused by otters may be subject to financial compensation. Within European legislation, the Eurasian otter is listed in Appendix II of the Bern Convention as a strictly protected species. In the Czech Republic, there are 26 Sites of Community Importance (SCIs) where this species is afforded special protection. Mapping conducted in 2021 indicated the most stable populations are found in South Bohemia, the western part of the Vysočina Region, and in mountainous areas along the northern border of the country. Between 2016 and 2021, population declines were recorded in certain areas of western and central Bohemia, whereas increases were observed in the Hradec Králové Region and adjacent areas. A positive population trend was noted in South Moravia in 2016, which continued into 2021. The Eurasian otter represents an integral part of both Czech and European ecosystems. As a keystone species with high ecological significance, it requires continued and focused conservation efforts.

Key words: poaching, mapping, biodiversity, population

Souhrn

Vydra říční, zvíře, které se stalo symbolem ochrany mokřadů a říčních ekosystémů a podobně jako bobr či vlk se po desítkách let vrátilo do české krajiny, kde plní důležitou roli v přirozených ekosystémech. V přírodě stojí vydry na vrcholu potravního řetězce a jejich funkcí v ekosystémech je přirozená regulace populací ryb, čímž udržují přirozenou rovnováhu. Mezi hlavní důvody ohrožení populace vydry říční v ČR patří úhyny na silničních komunikacích a pytláctví. V České republice je vydra říční chráněna podle zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny jako zvláště chráněný druh živočicha. V nově projednávané novelě zákona č. 114/1992 spadá do II. kategorie ochrany a má být chráněna ve všech přirozených i umělých biotopech, v nichž se vyskytuje. Vydra patří mezi živočichy, za něž lze podle zákona č. 115/2000 Sb. žádat náhradu za jí způsobené škody na rybách. Podle Bernské úmluvy patří vydra říční do Přílohy II. mezi přísně chráněné druhy živočichů. V ČR je celkem 26 Evropsky významných lokalit, kde je vydra říční chráněna. Při mapování v roce 2021 bylo zjištěno, že nejstabilnější populace jsou v jižních Čechách, v západní části Vysočiny a v horských oblastech severní hranice České republiky. K poklesu v populaci došlo

* kounekf@vf.u.cz

mezi roky 2016 až 2021 na některých lokalitách v západních a středních Čechách, naopak k nárůstu v Královéhradeckém kraji a přilehlých oblastech. V roce 2016 byl zaznamenán růst populace na jižní Moravě a tento trend, pokračoval i v roce 2021. Vydra říční je nezbytnou součástí naší i evropské přírody a její ochraně je potřeba věnovat náležitou pozornost, v přírodě je jedním ze stěžejních druhů s velkým významem pro biodiverzitu.

Klíčová slova: pytláctví, mapování, biodiverzita, populace

Úvod

Vydra říční (*Lutra lutra*), zvíře, které se stalo symbolem ochrany mokřadů a říčních ekosystémů a podobně jako bobr či vlk se po desítkách let vrátilo do české krajiny, kde plní důležitou roli v přirozených ekosystémech. Zároveň se však jedná o druh, který je v neustálém konfliktu se zájmy rybářství (AOPK, 2024). Vlivem komerčního rybníkářství a konvenčního zemědělství ubývají v krajině přirozené vodní a mokřadní ekosystémy, a naopak přibývá hospodářsky využívaných rybníků, které se stávají pro vydry snadno dostupnými lokalitami s bohatým zdrojem potravy, čímž dochází ke střetu s rybáři a k nelegálnímu lovu, díky kterému vydry ještě do nedávna čelily úplnému vyhubení. Vydrám jsou bohužel často mylně přičítány škody způsobené invazním norkem americkým. Na lokalitách s omezenými zdroji potravy je vydra pro norka silným konkurenčním druhem a dokáže jeho stavy snižovat. Pokud je potravy dostatek, mohou tyto dva druhy spolu dlouhodobě koexistovat (Poledníková et al., 2018). V posledních desetiletích se situace zlepšila a došlo k nárůstu početnosti vydří populace. V roce 2024 byl stanoven odhad přibližně okolo 4800 jedinců na území ČR. I v současnosti je největším nebezpečím pro vydry pytláctví a stále rostoucí automobilová doprava. V některých oblastech se mortalita na silnicích blíží nalitě tamní populace (AOPK, 2024). Z důvodu zranitelnosti a ochrany tohoto druhu byl v ČR přijat program péče o vydru říční. Jeho účelem je zaštitit ochranu vydry říční a hledat řešení konfliktu s rybáři. Hlavními pilíři tohoto programu jsou péče o biotopy, zprůchodnění krajiny a migračních koridorů a v neposlední řadě osvěta rybářů i laické veřejnosti. Bez náležité ochrany by se tento druh mohl opět ocitnout na pokraji vyhubení (Poledník et al., 2018).

Biologie a ekologie vydry říční

Středně velká lasicovitá šelma vázaná na vodní prostředí. Hnědě zbarvené válcovité tělo, trojúhelníkovitá hlava a plovací blány mezi prsty, jí usnadňují pohyb ve vodě. Nozdry a ušní otvory jsou pod vodou uzavřeny kožními záhyby. Délka těla se pohybuje od 50 do 80 cm, váha od 5 do 15 kg (Anděra a Gaisler, 2012). Jedná se o nejrozšířenější druh vydry na světě (Corbet, 1978). Vydry žijí samotářským způsobem života. V přírodě stojí na vrcholu potravního řetězce a jejich funkcí v ekosystémech je přirozená regulace populací ryb, čímž udržují přirozenou rovnováhu a zároveň napomáhají přežití některých vzácných druhů (vranka obecná, střevle potoční, perlorodka říční). Tím se vydra říční stává jedním z nejdůležitějších rybožravých savců Evropy. Tento druh obývá širokou škálu vodních biotopů, přičemž menší vodní toky slouží jako migrační cesty, které poskytují dostatek potravy. Vydry obvykle loví nejhojnější a zároveň nejdostupnější kořist, která se sestává převážně z ryb, dále obojživelníků a raků (Poledník et al., 2018).

Ohrožení vydry říční

Mezi hlavní důvody ohrožení populace vydry říční v ČR jsou úhyny na silničních komunikacích a pytláctví (Poledník et al., 2018). Odhaduje se, že každoročně uhynie na silnicích okolo sta jedinců, přičemž se stále přibývajícími silničními úseky a vzrůstající automobilovou dopravou se situace může nadále zhoršovat (Hlaváč et al., 2017), na což poukazují i starší analýzy sběru dat o úhynech vyder. V období 1990 až 2000 bylo v důsledku automobilové dopravy zaznamenáno 57 % uhynulých vyder. V následujících deseti letech se počet takto uhynulých vyder zvýšil na 80 % z celkové mortality (Poledník et al., 2011), což jednoznačně poukazuje na důležitost vytvořit průchodnost přes dopravní stavby, zejména dálnice a silnice I. třídy, kde je úmrtnost vyder nejvyšší.

V případě průchodu přes dopravní stavby je vydra tzv. deštníkovým druhem a pokud bude zajištěna průchodnost pro vydru v podobně různých typů propustků, podchodů apod., budou tato opatření sloužit i celé řadě dalších druhů drobných a středně velkých obratlovců (ježci, lasicovití, hlodavci, plazi či obojživelníci). Vzhledem k tomu, že vydra patří mezi zvláště chráněné živočichy, může v krajních případech orgán ochrany přírody nařídít správci komunikace zajistit a použít takové prostředky, které úhynu vyder zabráni (Hlaváč et al., 2017).

Dalším významným faktorem ovlivňující vydří populaci je nelegální lov. Dříve byly vydry loveny pro jejich maso a kožešinu, se vzestupem intenzivního rybníkářství začaly být pronásledovány z důvodu škod na rybích obsádkách (Poledníková et al., 2018). Situaci ještě zhoršovaly regulace vodních toků, a také rostoucí znečišťování vod (Hlaváč et al., 2021). Koncem 19. století byly snahy o úplné vyhubení vyder v českých zemích, o čemž svědčí počet 585 ulovených jedinců v roce 1888 a celkem 4129 jedinců v období 1884 – 1893. V té době došlo k obnovení produktivního rybolovu, a také k počátkům sportovního rybářství a s tím spojenému pronásledování a zabíjení vyder. V roce 1941 byl legální lov vydry říční zakázán zákonem a následnými právními normami (Andreska and Krupková, 2020). Nicméně kritického minima dosáhla vydří populace v 80. letech 20. století, kdy tento druh na našem území téměř vyhynul (Poledníková et al., 2018). Tehdejší populace čítala přibližně 170 jedinců (NPŠ, 2024). V devadesátých letech se díky ochraně začala situace zlepšovat a vydry se postupně začaly vracet do oblastí odkud vymizely. Nicméně jsou každoročně sledovány případy nelegálního zabíjení vyder zastřelením, otravou karbofuranem, či použitím železných pastí (Poledníková et al., 2018). Je to neustálý spor mezi sportovními a produkčními rybáři na jedné straně a ochranou přírody na straně druhé. Získaná data o početnosti vyder bývají od ochránců přírody výrazně nižší než od rybářů (Andreska and Krupková, 2020).

Významnou roli v ohrožení vydry hraje i kvalita vody. Vydra je jako vrcholový predátor silně ohrožena toxickými látkami kumulovanými v její potravě (López-Berenguer et al., 2020). S intenzifikací zemědělství, špatným zacházením s odpady, či odpadními vodami se do prostředí dostávají perzistentní kontaminanty (Poledník et al., 2018). Kontaminace vod pesticidy, polychlorovanými bifenylly a těžkými kovy se považuje za jednu z hlavních příčin poklesu vydří populace v Evropě (Roos et al., 2001). Lemarchand et al. (2010) upozornili na rozsáhlou kontaminaci tkání vydry říční těžkými kovy, především rtutí, olovem a kadmii v oblasti horního povodí řeky Loiry ve Francii. Ve 100 % vzorků byly zjištěny mimo těžkých kovů i organochlorové sloučeniny. Esposito et al. (2020) udávají obsah PCB v játrech u 9 z 10 vyšetřovaných jedinců v jižní Itálii. I přesto, že používání některých z těchto látek je dlouhodobě zakázáno, je zřejmé, že se v přírodním prostředí stále vyskytují.

Do jisté míry může mít vliv na vydří populaci i sucho. Zejména v oblastech, kde dochází k vysychání menších vodních toků a s tím spojený úbytek ichtyofauny, mohou vydry přijít o zdroj potravy (Poledníková et al., 2018).

Ochrana vydry říční

Co se týká legislativní ochrany je v České republice vydra říční chráněna podle **zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny** jako zvláště chráněný druh živočicha, **prováděcí vyhláška 395/1992** k tomuto zákonu ji řadí mezi druhy silně ohrožené (AOPK, 2025), v nově projednávané novele zákona 114/1992 jsou navrženy tři kategorie ochrany zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů (I., II. a III. kategorie), které mají nahradit původní tři stupně ochrany (ohrožené, silně ohrožené a kriticky ohrožené), přičemž vydra spadá do II. kategorie ochrany a má být chráněna ve všech přirozených i umělých biotopech, v nichž se vyskytuje. O výjimku pro některé činnosti v těchto biotopech mimo chráněná území se nebude muset žádat při průchodu krajinou, běžném obhospodařování lesních a zemědělských kultur a dopravě na pozemních komunikacích v případě, že tyto činnosti nezpůsobí ohrožení či zničení místní populace vydry říční nebo jejího biotopu (MŽP ČR, 2025). V **zákoně č. 449/2001 Sb. o myslivosti** je vydra vedena jako zvěř, již nelze lovit. Vydra patří mezi živočichy, za něž lze, podle zákona č. 115/2000 Sb. o poskytování náhrad škod

způsobených vybranými zvláště chráněnými živočichy, žádat náhradu za způsobené škody, v tomto případě škody způsobené na rybách. V **Červeném seznamu obratlovců ČR** je zapsána jako zranitelný druh.

Podle Bernské úmluvy o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť patří vydra říční do Přílohy II. mezi přísně chráněné druhy živočichů. Dále je chráněna **Směrnicí č. 92/43/EEC, o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin** (Směrnice o stanovištích), a také Úmluvou o mezinárodním obchodu ohroženými druhy volně žijících živočichů a rostlin (CITES), kde je zařazena do přílohy II. V návaznosti na CITES je vydra chráněna i podle Nařízení Rady (ES) č. 338/1997 o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi. V ČR je celkem 26 Evropsky významných lokalit, kde je vydra říční chráněna (AOPK, 2025).

Důležitým krokem k ochraně je celostátní mapování tohoto druhu, které proběhlo již pětkrát, naposledy v roce 2021, a jehož cílem je sledovat stav populace a zároveň získat informace ke zhodnocení významu dalšího Programu péče (Poledník et al., 2021). Zatímco v letech 1989–1992 byl trvalý výskyt zaznamenán pouze na pětinašeho území (Toman, 2000), v roce 2016 byla vydra již rozšířena celoplošně (Poledník et al., 2018), jak tomu bylo i do poloviny 19. století, než začala být pronásledována a lovena (Andreska and Krupková, 2020). Při mapování v roce 2021 bylo zjištěno, že nejstabilnější populace jsou v jižních Čechách, v západní části Vysočiny a v horských oblastech severní hranice České republiky (Poledník et al., 2021), kde může docházet i k imigraci z Polska a Sasky (Cocchiararo et al. 2021). K poklesu v populaci došlo mezi roky 2016 až 2021 na některých lokalitách v západních a středních Čechách, naopak k nárůstu v Královéhradeckém kraji a přilehlých oblastech (Poledník et al., 2021). V roce 2016 byl zaznamenán růst populace na jižní Moravě (Poledník et al., 2018) a tento trend, pokračoval i v roce 2021, což může být dáno tím, že tato oblast byla kolonizována nejpозději společně se středním Polabím, kde však k růstu populace nedocházelo (Poledník et al., 2021).

Závěr

Vydra říční je nezbytnou součástí naší i evropské přírody a její ochraně je potřeba věnovat náležitou pozornost. Napomáhá udržovat křehkou rovnováhu mezi populacemi dalších druhů a umožňuje existenci řady živočichů. Díky antropogenní činnosti se vydra říční dostala v naší krajině až na pokraj vyhynutí. Dnes se situace zlepšila a populace v České republice se stabilizovala, avšak stále je značné riziko, že stavy vyder mohou opět výrazně klesnout vlivem řady faktorů (doprava, sucho, znečištění) (Ekolist, 2018). Je tedy nutné tento druh chránit nejen legislativní cestou, ale i praktickými zásahy v krajině. Značné úsilí je třeba věnovat edukační činnosti a ukázat veřejnosti, že vydra není škůdce, jak je vnímána především rybáři, ale naopak je v přírodě jedním ze stěžejních druhů s velkým významem pro biodiverzitu.

Literatura

- AOPK ČR. 2024. Aktuality, akce a tiskové zprávy [on-line]. [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z: https://aopk.gov.cz/-/ano-vydra-zere-ryby?p_l_back_url=%2Fhledej%3Fq%3Dvydra
- AOPK ČR. 2025. Status ochrany [on-line]. [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.zachranneprogramy.cz/vydra-ricni/status-ochrany/>
- Anděra, M., Gaisler, J. 2012. Savci České republiky: popis, rozšíření, ekologie, ochrana. Academia Praha.
- Andreska, J., Krupková, K. 2020. Hunting statistics of *Lutra lutra* in the Bohemian Lands from the second half of the 19th century and the first half of the 20th century (Carnivora: Mustelidae). *Lynx*, n. s. (Praha) 51: 203-212.
- CITES. 2025. Appendices [on-line]. [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z <https://cites.org/eng/app/appendices.php>
- Cocchiararo, B., Poledník, L., Kunzelmann, B., Beran, V., Nowak, C. 2021. Genetická struktura populace vydry říční v Krušných horách. *Bulletin Vydra* 19: 26-35.
- Corbet, G.B. 1978. The mammals of the Palaearctic Region. A taxonomic review. British Museum (Natural History). Londres.

- Ekolist. 2018. Kateřina Poledníková: Problematika konfliktních druhů je u nás řešena pomocí programů péče [on-line]. [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/katerina-polednikova-problematika-konfliktnich-druhu-je-u-nas-resena-pomoci-programu-pecce>
- Esposito, M., De Roma, A., D'Alessio, N., Danese, A., Gallo, P., Galiero, G., Santoro, M. 2020. First study on PCBs, organochlorine pesticides, and trace elements in the Eurasian otter (*Lutra lutra*) from southern Italy. *Science of The Total Environment* 749: 141452.
- Hlaváč, V., Poledník, L., Poledníková, K., Šíma, J., Větrovcová, J. 2017. Vydra a doprava: Příručka k omezení negativního vlivu dopravy na vydru říční. Metodika AOPK ČR a Alka Wildlife, o.p.s. Praha.
- Hlaváč, V., Poledníková, K., Poledník, L., Šíma, J. 2021. Vydra říční – ohrožený druh i rybožravý predátor. *Rybářství* 2021: 20-23.
- Lemarchand, Ch., Rosoux, R., Berny, P. 2010. Organochlorine pesticides, PCBs, heavy metals and anticoagulant rodenticides in tissues of Eurasian otters (*Lutra lutra*) from upper Loire River catchment (France). *Chemosphere* 80: 1120-1124.
- López-Berenguer, G., Peñalver J., Martínez-López, E. 2020. A critical review about neurotoxic effects in marine mammals of mercury and other trace elements. *Chemosphere* 246: 125688.
- MŽP ČR. 2025. [on-line]. [vid. 10. 4. 2025]. Dostupné z <https://mzp.gov.cz/cz/pro-media-a-verejnost/aktuality/archiv-tiskovych-zprav/novela-zakona-114-o-ochrane-prirody-a>
- Nařízení Rady (ES) č. 338/1997 ze dne 9. prosince 1996 o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské Unie [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z <https://eur-lex.europa.eu/>
- Poledník, L., Poledníková, K., Roche, M., Hájková, P., Toman, A., Václavíková, M., Hlaváč, V., Beran, V., Nová, P., Marhoul P., Pacovská, M., Růžičková, O., Mináriková T., Větrovcová, J. 2018. Program péče pro vydru říční (*Lutra lutra*) v České republice v letech 2009–2018. MŽP.
- Poledník, L., Beran, V., Zápotočný, Š., Poledníková, K. 2021. Rozšíření vydry říční (*Lutra lutra* L.) v České republice v roce 2021. *Bulletin VYDRA* 18: 25-35.
- Poledníková, K., Poledník, L., Beran, V. 2018. Norek americký – opravdový nepřítel. *Živa* 5: 282-284.
- Poledníková, K., Poledník, L., Beran, V., Hlaváč, V., Kranz, A. 2018. Statistika nelegálního zabíjení vydry říční v České republice. *Bulletin VYDRA* 17: 58-66.
- Sdělení federálního ministerstva zahraničních věcí č. 572/1992 Sb., Úmluva o mezinárodním obchodu ohroženými druhy volně žijících živočichů a rostlin. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Toman, A. 1992. První výsledky “Akce Vydra”. *Bulletin Vydra* 3: 3-8.
- Sdělení Ministerstva zahraničních věcí č. 107/2001 Sb. m.s. Úmluva o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Vyhláška č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Zákon č. 115/2000 Sb., o poskytování náhrad škod způsobených vybranými zvláště chráněnými živočichy. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Zákon č. 449/2001 Sb., o myslivosti. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>

VÝZNAM ENRICHMENTU U VLKŮ V ZOOLOGICKÝCH ZAHRADÁCH A MOŽNOSTI JEHO REALIZACE

THE IMPORTANCE OF ENRICHMENT FOR WOLVES IN ZOOS AND THE POSSIBILITIES OF ITS IMPLEMENTATION

Bára Janíková*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Nowadays, environmental enrichment is considered as the standard for ensuring good animal welfare. Enrichment is very individual and species-specific, and should always be selected adequately for the given animal, taking into account biology and individual needs. In the case of wolves, there is insufficient scientific evidence on the individual types of enrichment, which complicates efforts to ensure further expansion of the improved environment. One of the common enrichments used in zoos is food enrichment (e.g. foraging), but other options remain in the background (e.g. olfactory, acoustic or cognitive enrichment). Proper application of appropriately selected enrichment can significantly improve the physical and psychological state of the animal, which will prevent the development of stereotypical or other abnormal behavior.

Key words: *Canis lupus*, welfare, zoos, enrichment, behavior

Souhrn

V dnešní době je obohacení prostředí bráno jako standard pro zajištění dobrého welfare zvířat. Enrichment je ale velmi individuální a druhově specifický, měl by být vždy zvolen adekvátně pro dané zvíře s ohledem na biologii a individuální potřeby. V případě vlků nejsou k dispozici dostatečné vědecké podklady o jednotlivých typech enrichmentu, což komplikuje snahy o zajištění odpovídajícího obohacení prostředí. Jeden z běžných enrichmentů používaných v zoologických zahradách je potravní enrichment (např. hledání potravy), nicméně další možnosti zůstávají i nadále v pozadí (např. pachový, akustický či kognitivní typ enrichmentu). Při správné aplikaci, vhodně zvoleného enrichmentu lze výrazně zlepšit fyzický i psychický stav zvířete, čímž zabráníme rozvoji stereotypního či jiného abnormálního chování.

Klíčová slova: *Canis lupus*, welfare, zoologické zahrady, obohacení prostředí, chování

Úvod

Enrichment je koncept, který zajišťuje, aby díky změnám a obohacení prostředí byla zprostředkována adekvátní fyzická i mentální stimulace chovaných zvířat. Cílem enrichmentu je zvýšení aktivity zvířete, čímž se zabrání i rozvoji stereotypního chování, zároveň by měl enrichment poskytnout možnost projevit přirozené chování a podle některých výzkumů může poskytnutí enrichmentu vést i k rozšíření repertoáru chování. Existuje několik základních typů enrichmentu: potravní enrichment (stimuluje přirozené hledání potravy, např. rozmístěním či schováním jídla ve výběhu), fyzický enrichment (stimuluje pohyb zvířete, např. členitostí nebo průlezkami), smyslový enrichment cílí na stimulaci jednotlivých zvířecích smyslů – zejména zrak (vizuální enrichment je zprostředkován např. zavěšením krystalků, které odráží světlo), sluch (audиторní enrichment může nabízet zvuky přírody nebo i umělé zvuky např. hudbu), čich (olfaktorní enrichment lze zprostředkovat nabídnutím palety čichových vjemů např. bylinek),

* H24006@vfu.cz

sociální enrichment (chov sociálně žijících zvířat ve správně sestavené skupině) a kognitivní enrichment (nabízí možnost řešení problémů např. hlavolamy) (Hosey et al., 2013). Enrichment není zkoumán na volně žijících zvířatech v přírodě, jelikož příroda zajišťuje dostatečné množství stimulů, které vedou k uspokojení všech přirozených potřeb zvířete, avšak u volně žijících zvířat žijících v zoologických zahradách je výzkum vhodného enrichmentu na místě. Vhodný typ enrichmentu je druhově specifický a mohou se vyskytovat i individuální rozdíly mezi chovanými zvířaty. Nejčastěji se lze setkat s potravním enrichmentem, který simuluje hledání potravy, touto aktivitou zvířata ve volné přírodě tráví většinu času. I přes pozitivní výsledky aplikace potravního enrichmentu by měla být pozornost věnována i jiným typům, které stimulují základní potřeby daného druhu vzhledem k jeho biologii. Cílem tohoto příspěvku je shrnout poznatky o významu enrichmentu ve vztahu k prevenci stereotypního chování a zároveň představit možnosti enrichmentu aplikovatelného v prostředí zoologických zahrad.

Možnost projevat přirozené chování a riziko rozvoje stereotypií při chovu v zajetí

Chov v zajetí s sebou zejména u exotických druhů zvířat přináší značná úskalí v oblasti welfare a jedním z nich je i nabídnutí možnosti projevat přirozené chování. Některá chování není v prostředí zoologické zahrady možné zvířatům umožnit (např. migrace nebo predátorské chování) (Rees, 2023). Studie Clubb and Mason (2007) se zabývala přirozeným chováním jako rizikovým faktorem ve welfare masožravců žijících v zoologických zahradách. Dle studie některé druhy zvířat mají zdravotní či behaviorální problémy v chovu v zajetí. Mezi známé druhy z masožravců, u kterých se abnormální chování často projevuje a zkoumá jsou polární medvědi (*Ursus maritimus*) nebo např. levhart obláčkový (*Neofelis nebulosa*). Autoři studie závěrem uvádí, že abnormality v chování pravděpodobně souvisejí s nenaplněnou potřebou přirozeného chování a více než predátorské chování je problémem nedostatek pohybu. Výsledky naznačují, že by prostředí a enrichment měl u masožravých zvířat poskytovat uspokojení zejména potřeby pohybu. Mech (2006) ve své knize uvádí, že vlci ve volné přírodě mají obrovská teritoria v závislosti na hustotě lovené kořisti, v arktických oblastech se jedná o teritoria o velikosti 1560 až 2080 km², jinde se obvykle jedná o teritoria rozsahu několik stovek km² (např. Minnesota 260 km²). V současné době neexistují studie zaměřené na tuto problematiku u vlků, nicméně autoři jedné starší studie Forthman-Quick (1984) uvádí, že pohybová stereotypie u kojetů či vlků pravděpodobně souvisí s neuspokojenou potřebou migrace.

Abnormality v aktivitě zvířete jsou jedním ze základních indikátorů špatného welfare. Jedním z měřítek je např. apatie, ta je definovaná jako stav abnormální neaktivity, kdy zvíře má snížený zájem o okolní stimuly. Může se objevit u zvířat, která žijí v chudém prostředí nebo nad ním postrádají kontrolu (Broom et al., 1993).

Druhou abnormalitou v aktivitě zvířete je stereotypní chování, kdy zvíře opakovaně provádí zdánlivě nesmyslné chování. Přestože se vědci dříve domnívali, že stereotypní chování neplní pro zvíře žádný účel, dnes se věří, že se jedná o copingovou strategii, kterou zvíře používá, aby se vyrovnalo s prostředím, které ho obklopuje (Rees, 2024). U masožravců žijících v zajetí je nejčastěji pozorována pohybová stereotypie (tzv. pacing), kdy se zvíře opakovaně pohybuje ve své smyšlené trajektorii (Rushen and Mason, 2006). Podle již zmíněné studie Clubb and Mason (2007), je pravděpodobné, že lokomoční stereotypie u masožravců vychází z nedostatečného prostoru a nemožnosti provádět přirozené chování, což u druhů, které ve volné přírodě migrují na dlouhé vzdálenosti může vyústit v tento typ copingu. Vlci patří ke zvířatům, které migrují na dlouhé vzdálenosti a také mají velmi rozsáhlá teritoria, proto mohou patřit k druhům, které v neadekvátním prostředí budou jevit známky pohybové stereotypie. Všechny typy stereotypního chování jsou pro zvíře zdravotně rizikové – u pohybové stereotypie hrozí zejména problémy s končetinami (Wenker et al., 1998; Baker, 2002), proto je třeba zabránit rozvoji této abnormality a zajistit zvířatům vhodné welfare.

Možnosti enrichmentu v zoologických zahradách

Studie Riggio et al. (2019) se zabývala hodnocením potravního enrichmentu u vlků chovaných v zajetí, kdy byla pozornost věnována také hodnocení vlivu na návštěvníky a jejich zájem o chovaná zvířata. V rámci studie byly hodnoceny dva typy enrichmentu, prvním bylo jednoduché hledání schovaného jídla, u druhého byl zvířatům předložen nový předmět naplněn jídlem. Oba typy enrichmentu měly pozitivní výsledky a vedly k úpravě chování u zvířat, výjimku tvořil pouze jeden z vlků, u kterého nebyla zaznamenána změna v chování po předložení ani jednoho enrichmentu. U ostatních vlků byly pozorovány změny v sociálních interakcích (více pozitivních, či méně negativních interakcí v závislosti na jednotlivcích). Jediný výsledek společný pro všechny chované vlky bylo zvýšení aktivity zvířat, kdy se snažila prozkoumat nové objekty v prostředí. Autoři studie v závěru uvádějí, že výsledky jsou ovlivněny individualitou zvířat. Použití enrichmentu zároveň zvýšilo zájem návštěvníků o danou expozici.

Zajímavá je také nová studie Boić et al. (2024) ohledně pachového enrichmentu u vlků se zaměřením na válení se v pachu. Cílem studie bylo zjistit, který z pachů u vlků povede k potřebě válení se v pachu a také, u kterého pachu nejdéle vydrží reakce a zda bude stejná u všech jedinců. Testováno bylo několik druhů výkalů potenciální kořisti, ovčí vlna a poté vanilka, oregano, skořice a kari. O důvodu, proč se zvířata válejí v pachu se toho v současné době moc neví, věřilo se, že je to chování, které pomáhá predátorům maskovat svůj pach, nicméně výsledky této studie ukazují, že se zvířata nejčastěji válela v pachu kari a pravděpodobně tedy chování slouží spíše ke komunikaci uvnitř smečky o dostupnosti potenciální potravy. Zajímavým výsledkem také je, že chování bylo gender specifické a objevovalo se pouze u fen. Pachový enrichment podle studie Price (2010) vede ke zvýšení aktivity u psovitých šelem. Vzhledem k citlivému čichu u vlků by se olfaktorický enrichment mohl jevit jako vhodná volba pro mentální i fyzickou stimulaci zvířete, nicméně tato oblast je velmi málo prozkoumaná.

Dalším typem je akustický enrichment, tento typ zatím nebyl testovaný u vlků, nicméně sluch je jeden z dobře vyvinutých smyslů tohoto druhu a teoreticky by mohl sloužit ke zpestření prostředí. Akustický enrichment byl testován u několika jiných druhů v zoologických zahradách např. u asijských slonů (*Elephas maximus*) byl zaznamenán efekt klasické hudby na snížení stereotypního chování (Wells and Irwin, 2008), u goril nížinných (*Gorilla gorilla gorilla*) byla testována preference mezi pěti různými zvuky a tichem, kdy si mohli pomoci tlačítkem vybírat, co chtějí spustit, u jedné z nich se objevila silná preference k tichu, nicméně obecně u těchto třech testovaných goril byla patrná preference k nepřírozeným zvukům na úkor přirozených (Truax and Vonk, 2023). Studie u goril jasně dokládá, že je třeba dbát na individuální rozdíly, které je nutné posoudit před zavedením zvukové stimulace do prostředí (Truax and Vonk, 2023). Podobný závěr nabízí i studie u gibbonů stříbrných (*Hylobates moloch*), kdy efekt klasické hudby byl zaznamenán pouze u dvou z osmi jedinců a autoři apelují na zvážení individuálních rozdílů při využití tohoto typu enrichmentu (Wallace et al., 2013). Hudba zároveň přilákala více návštěvníků k výběhu gibbonů a je tedy možné, že efekt hudby byl upozaděn nezvyklým množstvím návštěvníků. Z důvodu individuálních rozdílů je použití hudby ve smečkovém chovu poněkud nepraktické, nicméně vzhledem k mezeře ve výzkumu tohoto typu enrichmentu u vlků, nelze s jistotou určit, jaké jsou jejich preference.

Možnost kontroly a volby

Hosey et al. (2013) ve své knize uvádí, že zvířata v zoologických zahradách se z důvodu držení v zajetí musí vyrovnávat s mnoha výzvami ve svém novém prostředí. Může se jednat jak o zvuk, světlo, neznámé pachy, ale například i klima. Jedná se o změny, na které se musí v rámci přežití adaptovat i ve volné přírodě, jediným rozdílem je, že v zajetí mají omezené možnosti kontroly, prostředí je často nepředvídatelné a proměnlivé. Podle studie Bassett and Buchanan-Smith (2007) jsou kontrola a předvídatelnost vzájemně propojené, jelikož kontrolu získáváme tím, že žijeme v předvídatelném prostředí, a naopak kontrola nad situací ústí v předvídatelnost prostředí. Jakmile zvíře necítí kontrolu nad svým životem může docházet k frustraci, čímž je kompromitováno welfare

(Hosey et al., 2013). Při aplikaci enrichmentu je zásadní, aby zvíře mělo vždy možnost ze situace odejít, popřípadě si zvolit, zda se aktivitě bude či nebude věnovat. Zároveň je třeba dbát na to, aby pro zvíře nebyl enrichment příliš neznámý či nepředvídatelný, u obezřetných volně žijících zvířat, jakými jsou i vlci by mohlo dojít k neofobii a pak by se již nejednalo o obohacení prostředí.

V rámci studie Dorey et al. (2015) byla u vlků testována preference mezi tréninkem s ošetřovatelem a enviromentálním enrichmentem. Dřívější studie u jiných druhů zvířat testovali např. preferenci na potravu (Cox et al., 1996; Fernandez et al., 2003; Clay et al., 2009, Gaalema et al., 2011) nebo preference enviromentálního enrichmentu napříč několika druhy zoo zvířat (Mehrkam and Dorey, 2014). Studie Dorey et al. (2015) používala k testování vlky, kteří prošli minimálně rokem tréninku s ošetřovatelem a volili si mezi tímto tréninkem a enviromentálním enrichmentem. Zvířata byla nejprve vystavena jednotlivým možnostem samostatně, aby věděla, že si mohou vybrat a z čeho. Výsledkem studie byly silné individuální rozdíly, ze čtyř testovaných vlků dva preferovali trénink a dva enrichment. Zvolení správného postupu na základě volby pak může vést k větší efektivitě předloženého enrichmentu a tím i zlepšení welfare.

Kognitivní bias a jeho využití

Kognice se řadí mezi indikátory, kterým se v současné době věnuje značná pozornost. Díky porozumění kognitivním schopnostem daného druhu zvířete jsme schopni lépe určit, jak prožívá emoce a co ovlivňuje jeho welfare (Hosey et al., 2013).

Zajímavým tématem, které je v poslední době často testováno u zvířat je kognitivní bias. Podle studie Clegg (2018), která shrnuje současné poznatky o využívání kognitivního biasu u zvířat v zoo, lze princip tohoto testování přiblížit na paradigmatu, zda nám sklenice připadá z půli plná či prázdná (optimismus/pesimismus). Jak už z tohoto příkladu vyplývá, teorie se opírá o nálezy u lidí, kdy bylo zjištěno, že lidé trpící depresí mají obvykle negativní kognitivní bias a často mají mnohem negativnější mínění o novém, nejednoznačném stimulu než ti, kteří nemají depresivní stavy (Eysenck et al., 1991; Wright and Bower, 1992). Testování kognitivního biasu nám dokáže prozradit mnohé o emocionálním stavu jednotlivce, proto je vhodné zařadit testování kognice do hodnocení welfare (Clegg, 2018). Kognitivní bias má několik typů, podle toho, co u lidí postihuje, prvním je již zmíněný bias úsudku (u nové, nejednoznačné věci převládá pesimismus), dalším je bias pozornosti (člověk se více zaměřuje na negativní podněty) a posledním je bias paměti (snadněji se ukládají negativní vzpomínky) (Eysenck et al., 1991; Wright and Bower, 1992; Paul et al., 2005). U zvířat se nejčastěji testuje úsudek, jelikož tento typ experimentu je snadněji definovatelný a kontrolovatelný (Clegg, 2018).

Na kognitivní bias u vlků v současné době neexistují žádné studie, v zoologických zahradách byly testovány jiné druhy např. šimpanzi (Cronin et al., 2018), delfini (Clegg, 2017) nebo medvědi grizzly (Keen et al., 2014).

Žádný ze studovaných druhů není blízce příbuzný vlkovi, a proto zde krátce zmíním experiment, který byl prováděn u psů. Bias úsudku byl testován u psů ve studii Burman et al. (2011), jednalo se o experiment, kdy psům byly předkládány barevné karty, jedna znamenala signál pro plnou misku a druhá pro prázdnou, následně jim byla předložena karta neznámá a sledovalo se, zda budou předpokládat, že v misce bude jídlo nebo nikoliv. Tento test se prováděl se dvěma skupinami psů (bez předchozí zkušenosti nebo s předchozí zkušeností), předpokladem autorů bylo, že psi s pozitivní zkušeností, budou mít pozitivnější úsudek a budou předpokládat přítomnost potravy, nicméně opak byl pravdou a neutrální skupina psů byla optimističtější. Výsledek je velmi překvapivý a odhaluje mezery, které v oblasti kognice u zvířat stále existují.

Pro zlepšení welfare vlků by bylo vhodné zaměřit se na kognitivní testy tohoto druhu. Studií na kognici u vlků je jen málo, prozkoumání této oblasti by nám ale mohlo zajistit lepší pochopení, jakým způsobem tato zvířata vnímají své potřeby a svět, který je obklopuje, což nám umožní i lépe přizpůsobit management jejich chovu (Hosey et al., 2013).

Závěr

Enrichment u vlků chovaných v zajetí je velmi málo prozkoumaná oblast, která by si zasloužila více pozornosti. Díky enrichmentu jsme schopní zvířeti poskytnout prostředí, ve kterém bude mít možnost uspokojovat své psychické potřeby, čímž zároveň zabráníme vzniku abnormálního chování. Pro vlky se vzhledem k jejich biologii jeví vhodně např. hledání potravy nebo pachový enrichment (lze využít např. trus jiných zvířat chovaných v zoo). Tyto typy enrichmentu mají dle studií potenciál zvýšit aktivitu zvířete, což je důležitý aspekt pro limitaci stereotypního chování (u šelem nejčastěji tzv. pacing z důvodu malého chovného prostoru). Nicméně pachový (nebo i akustický) enrichment je třeba nejprve lépe prozkoumat před zavedením do běžné praxe. Enrichment by měl být vždy volen obezřetně s přihlédnutím k individuálním preferencím chovaných zvířat se zachováním možnosti volby, zda obohacení chce využít či nikoliv. V rámci výzkumu by bylo vhodné věnovat pozornost také kognitivnímu enrichmentu a testování kognitivního biasu u vlků, abychom získali lepší vhled do potřeb tohoto druhu a byli jsme následně schopni navrhnout adekvátní obohacení prostředí.

Literatura

- Baker, D.G. 2002. Combination therapy for footpad lesions in a captive Bengal tiger (*Panthera tigris tigris*). Journal of Zoo and Wildlife Medicine 33: 389-391.
- Bassett, L., Buchanan-Smith, H.M. 2007. Effects of predictability on the welfare of captive animals. Applied Animal Behaviour Science 102: 223-245.
- Boić, N., Jukić, N., Mikuška, A., Bjedov, D., Kovačić, M., Šalika-Todorović, T., Sudarić Bogojević, M. 2024. Preliminary study of scent rolling in captive wolves (*Canis lupus* L. 1758) in response to olfactory enrichment. Biology 13: 422.
- Broom, D.M., Johnson, K.G. 1993. Stress and Animal Welfare. Springer. Dordrecht, Netherlands.
- Burman, O.H.P., McGowan, R.T.S., Mendl, M., Norling, A.Y., Paul, E., Rehn, T., Keeling, L.J. 2011. Using judgement bias to measure positive affective state in dogs. Applied Animal Behaviour Science 132: 160-168.
- Clay, A.W., Bloomsmith, M.A., Marr, M.J., Maple, T.L. 2009. Systematic Investigation of the Stability of Food Preferences in Captive Orangutans: Implications for Positive Reinforcement Training. Journal of Applied Animal Welfare Science 12: 306-313.
- Clegg, I.L.K. 2017. Developing welfare parameters for bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) under human care. Ph.D. thesis. Université Paris, Paris, France.
- Clegg, I.L.K. 2018. Cognitive Bias in Zoo Animals: An Optimistic Outlook for Welfare Assessment. Animals 8: 104.
- Clubb, R., Mason, G.J. 2007. Natural behavioural biology as a risk factor in carnivore welfare: How analysing species differences could help zoos improve enclosures. Applied Animal Behaviour Science 102: 303-328.
- Cox, M., Gaglione, E., Prowten, P., Noonan, M. 1996. Food preferences communicated via symbol discrimination by a California sea lion. Aquatic Mammals 22: 3-10.
- Cronin, K.A., Bethell, E.J., Jacobson, S.L., Egelkamp, C., Hopper, L.M. 2018. Evaluating mood changes in response to anthropogenic noise with a response-slowness task in three species of zoo-housed primates. Animal Behavior and Cognition 5: 209-221.
- Dorey, N.R., Mehrkam, L.R., Tacey, J. 2015. A method to assess relative preference for training and environmental enrichment in captive wolves (*Canis lupus* and *Canis lupus arctos*). Zoo Biology 34: 513-517.
- Eysenck, M.W., Mogg, K., May, J., Richards, A., Mathews, A. 1991. Bias in interpretation of ambiguous sentences related to threat in anxiety. Journal of Abnormal Psychology 100: 144-150.
- Fernandez, E.J., Dorey, N., Rosales-Ruiz, J. 2004. A Two-Choice Preference Assessment With Five Cotton-Top Tamarins (*Saguinus oedipus*). Journal of Applied Animal Welfare Science 7: 163-169.
- Forthman-Quick, D.L. 1984. An integrative approach to environmental engineering in zoos. Zoo Biology 3: 65-77.

- Gaalema, D.E., Perdue, B.M., Kelling, A.S. 2011. Food Preference, Keeper Ratings, and Reinforcer Effectiveness in Exotic Animals: The Value of Systematic Testing. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 14: 33-41.
- Hosey, G.R., Melfi, V., Pankhurst, S. 2013. *Zoo animals: behaviour, management, and welfare*. 2nd ed. Oxford University Press. Oxford, United Kingdom.
- Keen, H.A., Nelson, O.L., Robbins, C.T., Evans, M., Shepherdson, D.J., Newberry, R.C. 2014. Validation of a novel cognitive bias task based on difference in quantity of reinforcement for assessing environmental enrichment. *Animal Cognition* 17: 529-541.
- Mehrkam, L.R., Dorey, N.R. 2014. Is preference a predictor of enrichment efficacy in Galapagos tortoises (*Chelonoidis nigra*)? *Zoo Biology* 33: 275-284.
- Mech, L.D. 2006. *Arktický vlk: deset let se smečkou*. Élysion. České Budějovice, Česká republika.
- Paul, E.S., Harding, E.J., Mendl, M. 2005. Measuring emotional processes in animals: the utility of a cognitive approach. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 29: 469-491.
- Price, L.J. 2010. A preliminary study of the effects of environmental enrichment on the behaviour of captive African wild dogs (*Lycaon pictus*). *Bioscience Horizons* 3: 132-140.
- Rees, P.A. 2023. *Zoo studies: living collections, their animals and visitors*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.
- Rees, P.A. 2024. Stereotypic Behaviour in Elephants. *Animal Behaviour and Welfare Cases* [online]. [vid. 14.7.2025]. Dostupné z: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/abwcases.2024.0002>
- Riggio, G., Mariti, C., Boncompagni, C., Corosaniti, S., Di Giovanni, M., Ogi, A., Gazzano, A., Thomas, R. 2019. Feeding Enrichment in a Captive Pack of European Wolves (*Canis Lupus Lupus*): Assessing the Effects on Welfare and on a Zoo's Recreational, Educational and Conservational Role. *Animals* 9: 331.
- Rushen, J., Mason, G.J. 2006. A decade-or-more's progress in understanding stereotypic behaviour. In: Mason, G.J., Rushen, J. (Eds.): *Stereotypic Animal Behaviour: Fundamentals and Applications to Welfare*. 2nd ed. CAB International, Wallingford, pp. 1-18.
- Truax, J., Vonk, J. 2023. Silence is Golden: Auditory Preferences in Zoo-housed Gorillas. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 26: 404-419.
- Wallace, E.K., Kingston-Jones, M., Ford, M., Semple, S. 2013. An investigation into the use of music as potential auditory enrichment for moloch gibbons (*Hylobates moloch*). *Zoo Biology* 32: 423-426.
- Wells, D.L., Irwin, R.M. 2008. Auditory stimulation as enrichment for zoo-housed Asian elephants (*Elephas maximus*). *Animal Welfare* 17: 335-340.
- Wenker, C.J., Müller, M., Berger, M., Heiniger, S., Neiger-Aeschbacher, G., Schawaldler, P., Lussi, A. 1998. Dental health status and endodontic treatment of captive brown bears (*Ursus arctos* ssp.) living in the Bernese Bear Pit. *Journal of Veterinary Dentistry* 15: 27-34.
- Wright, W.F., Bower, G.H. 1992. Mood effects on subjective probability assessment. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 52: 276-291.

PÉČE O HMYZOŽRAVÉ NETOPÝRY V ZAJETÍ Z POHLEDU WELFARE INSECTIVOROUS BATS CARE IN CAPTIVITY: WELFARE INSIGHT

Hana Bandouchová*

Klinika chorob ptáků, plazů a drobných savců, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Avian and Exotic Animal Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Bats are mammals with unique adaptive mechanisms. Some species may find themselves in dangerous situations and consequently end up in wildlife rescue centres. On the one hand, bats are fragile and vulnerable animals; on the other hand, they are known to be reservoirs for the causative agents of several zoonotic diseases, including rabies. Proper handling and the use of adequate protective equipment, together with suitable conditions in captivity, are key factors in the successful rehabilitation of injured individuals. Providing optimal conditions – including appropriate shelters and minimising stress – promotes better healing, faster recovery, and a greater chance of successful release back into the wild. The ultimate goal of caring for injured wildlife should be their return to natural habitat, which requires the highest possible standard of care. This is not achievable without sufficient knowledge and experience.

Key words: Chiroptera, handling, nutrition, captive care conditions

Souhrn

Netopýři jsou savci s unikátními adaptačními mechanismy. Některé druhy se dostávají do nebezpečných situací a následně do záchranných stanic pro handicapované živočichy. Na jednu stranu se jedná o křehké a zranitelné živočichy, na druhou stranu jsou známí coby rezervoár původců řady zoonotických onemocnění včetně vztekliny. Vhodný způsob manipulace a použití adekvátních ochranných prostředků představují společně s vhodnými podmínkami držení v zajetí zásadní faktory úspěšné záchrany poraněných jedinců. Optimální podmínky včetně vhodných úkrytů a minimalizace stresu vede k lepšímu hojení, rychlejší rekonvalescenci a větší šanci na úspěšný návrat do přírody. Péče o poraněná volně žijící zvířata by měla směřovat k návratu do volné přírody a k tomu je potřeba zajistit co nejlepší péči. To není možné bez adekvátních znalostí a zkušeností.

Klíčová slova: Chiroptera, manipulace, výživa, podmínky péče

Úvod

Netopýři představují unikátní skupinu savců schopných aktivního letu, patří mezi chráněné živočichy a poskytují celou řadu ekosystémových služeb (Ramírez-Fráncel et al., 2022). V České republice se můžeme setkat s téměř 30 druhy netopýřů. Některé druhy se dostávají do kontaktu s člověkem pouze vzácně, jiné naopak v blízkosti lidí tráví více času a častěji se tak dostávají do situací, kdy potřebují pomoc člověka. Mezi druhy, které se běžněji dostávají do záchranných stanic pro handicapované živočichy, patří zejména druhy, které využívají budovy jako úkryt nebo žijí v zastavěných oblastech. Patří sem netopýř rezavý (*Nyctalus noctula*), netopýř pestrý (*Vespertillio murinus*), netopýř večerní (*Eptesicus serotinus*), netopýř velký (*Myotis myotis*) a drobné druhy rodu *Pipistrellus*. Netopýři se dostávají do záchranných stanic v důsledku vyčerpání nebo poranění například od kočky, při kácení stromů nebo přestavbě půdních prostor, kde mají úkryt, případně při

* bandouchovah@vfu.cz

podzimních přeletech z letních kolonií na zimoviště, kdy některé druhy nalétávají do lidských sídel ve velkých počtech (Thor a Bielecki, 2021).

Přestože u části lidí vyvolávají netopýři negativní emoce, řada lidí neváhá při nálezů poraněného nebo vyčerpaného jedince zajistit odbornou pomoc v rámci sítě záchranných stanic. Na jednu stranu jsou netopýři poměrně křehcí a zranitelní, na druhou stranu představuje manipulace s nimi riziko přenosu zoonotických onemocnění včetně vztekliny (Letko et al., 2020). Vhodný způsob manipulace a použití adekvátních ochranných prostředků představují společně s vhodnými podmínkami držení v zajetí zásadní faktory úspěšné záchrany poraněných jedinců. Nevhodná manipulace může vést k enormnímu stresu a úhynu a nevhodné podmínky držení v zajetí mohou znemožnit rekonvalescenci. Velkou výzvou je i rehabilitace, která má velký vliv na úspěšnost vypuštění uzdravených jedinců.

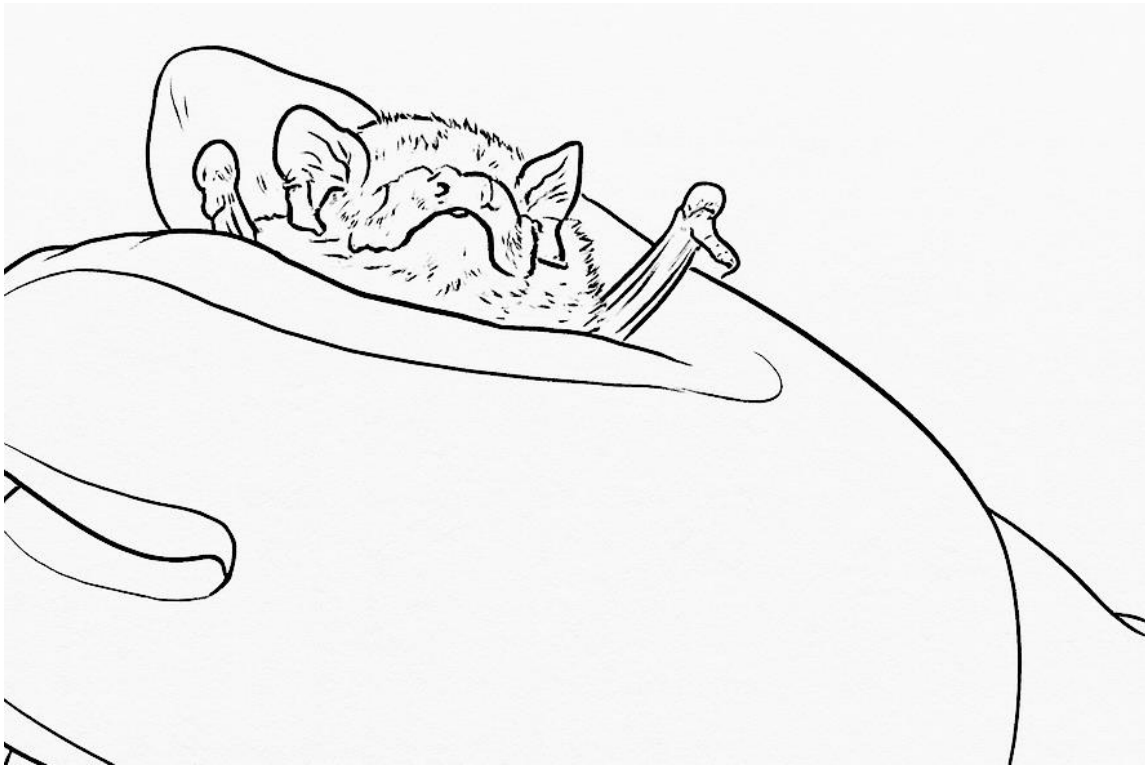
Manipulace

Netopýři patří mezi chráněné živočichy a manipulace s nimi je vyhrazena pouze lidem, kteří jsou k tomu oprávněni. V případě nálezů poraněného nebo vyčerpaného jedince je třeba postup konzultovat s některou ze záchranných stanic pro handicapované volně žijící živočichy. Vzhledem k potenciálu přenosu celé řady infekčních původců včetně virů netopýří vztekliny je třeba při manipulaci dbát na vlastní bezpečnost a používat vhodné ochranné prostředky (EUROBATS, 2012). Základem jsou vhodné rukavice, které by neměly být příliš silné, aby v nich měl člověk dostatečný cit, aby nezpůsobil zvířeti poranění, ale současně aby je netopýř nebyl schopen prokousnout, v kombinaci s jednorázovými latexovými rukavicemi. V případě, že nemáme k dispozici rukavice, je možné k odchytu použít ručník, utěrku nebo tričko. Samotná manipulace by měla být minimálně stresující a měla by se omezit na minimum. V praxi se lze setkat s některými méně vhodnými postupy manipulace, které způsobují netopýřům enormní stres. Jedním z takovýchto postupů je držení za kůži za krkem, případně v kombinaci s držením za kůži a křídla složená dozadu. Takovéto držení sice minimalizuje riziko kousnutí, nicméně je pro netopýře velmi stresující a diskomfortní (Jahelková et al., 2009). Ještě riskantnější je držení netopýře za koncové části roztažených křídel (Obrázek č. 1). Drobné kůstky článků prstů a předloktí jsou křehké a při nešetrném držení nebo pokud se jedinec zmítá může dojít k jejich fraktuře, případně k pohmoždění kloubů hrudní končetiny, což může mít za následek dočasnou nebo trvalou ztrátu schopnosti létat. Vhodný způsob fixace netopýře je pevné ale jemné držení v sevřené ruce s ukazováčkem pod krkem zvířete tak, aby nemohl kousnout a s palcem přes záda za hlavou (Lollar, 2012). Takto lze bezpečně a s minimem stresu prohlédnout volné křídlo. Pro kontrolu křídla na opačné straně stačí zvíře přechytit do druhé ruky. U dlouhodobě v zajetí držných jedinců většinou dojde při šetrné manipulaci k postupnému navyknutí zvířete na kontakt s člověkem. K posouzení míry stresu může sloužit znalost mimiky obličeje, znalost typických zvukových projevů a chování netopýře v různých situacích. V případě pocitu ohrožení může netopýř reagovat agresí. Ta se vyznačuje otevřením tlamy, typickým hlasitým projevem, kálením, močením, snahou uniknout případně toho, kdo představuje hrozbu kousnout. Průvodním projevem stresu bývá silný zápach, způsobený uvolněním páchnoucího sekretu z pachových žláz. V případě strachu se netopýř přikrčuje, couvá, močí, kálí, může otvírat tlamu a může mít složené uši dozadu. Hrozba i strach můžou souviset s nesprávnou, nešetrnou manipulací. Klidné zvíře, které není ve stresu, se nesnaží kousat, se zájmem pozoruje okolí, tlamku má zavřenou a výraz v obličeji je uvolněný (Obrázek č. 2). Rovněž může jemně vrčet (Jahelková et al., 2009).

Obrázek č. 1. Nevhodný způsob držení netopýra, otevřená tlama je projevem strachu a stresu (vytvořeno s využitím ChatGPT-5)



Obrázek č. 2. Vhodný způsob manipulace, který umožňuje kontrolu pravého křídla, z výrazu obličeje je patrné, že je zvíře v klidu (vytvořeno s využitím ChatGPT-5)



Podmínky držení v zajetí

Hospitalizovaný netopýr by měl mít dostatek prostoru, který mu umožní pohodlně roztáhnout křídla. Zpočátku mohou být netopýři umístěni v plastových nádobách tzv. fauna boxech. Tyto nádoby jsou odolné proti úniku, jsou lehké a snadno se dezinfikují. Látkový nebo papírový ručník zavěšený přes okraje nádoby poskytuje netopýrovi úkryt a měl by být pravidelně vyměňován. Při manipulaci s víkem nádoby je třeba dbát na to, aby nedošlo k poranění netopýra, protože často odpočívají zavěšení v horní části boxu. Vrápenci by měli mít v boxu plastovou mřížku, umístěnou pod víkem boxu, aby mohli viset volně v prostoru zavěšení za drápky pánevních končetin (Jahelková et al., 2009). Jedna strana boxu by měla být v blízkosti zdroje tepla tak, aby se vytvořil teplotní gradient 25–35 °C. V ideálním případě by relativní vlhkost měla být kolem 60–80 %. Příliš nízká relativní vlhkost může vést k dehydrataci, naopak příliš vysoká vlhkost a nedostatečné odvětrání může být příčinou podráždění dýchacího aparátu a respiračních onemocnění. U zvířat v rekonvalescenci je vhodné zajistit dostatečné velké voliéro, která zejména u jedinců, u kterých je snaha o návrat zpět do volné přírody, umožní létání. Před samotným vypuštěním je třeba dostatečně dlouhý trénink v proletové voliére, aby se netopýři dostali do patřičné letové kondice. Obecné pravidlo je jeden den tréninku na každý den, kdy byl netopýr držen v zajetí a nebyl schopen létat (Lollar, 2012).

Krmení v zajetí

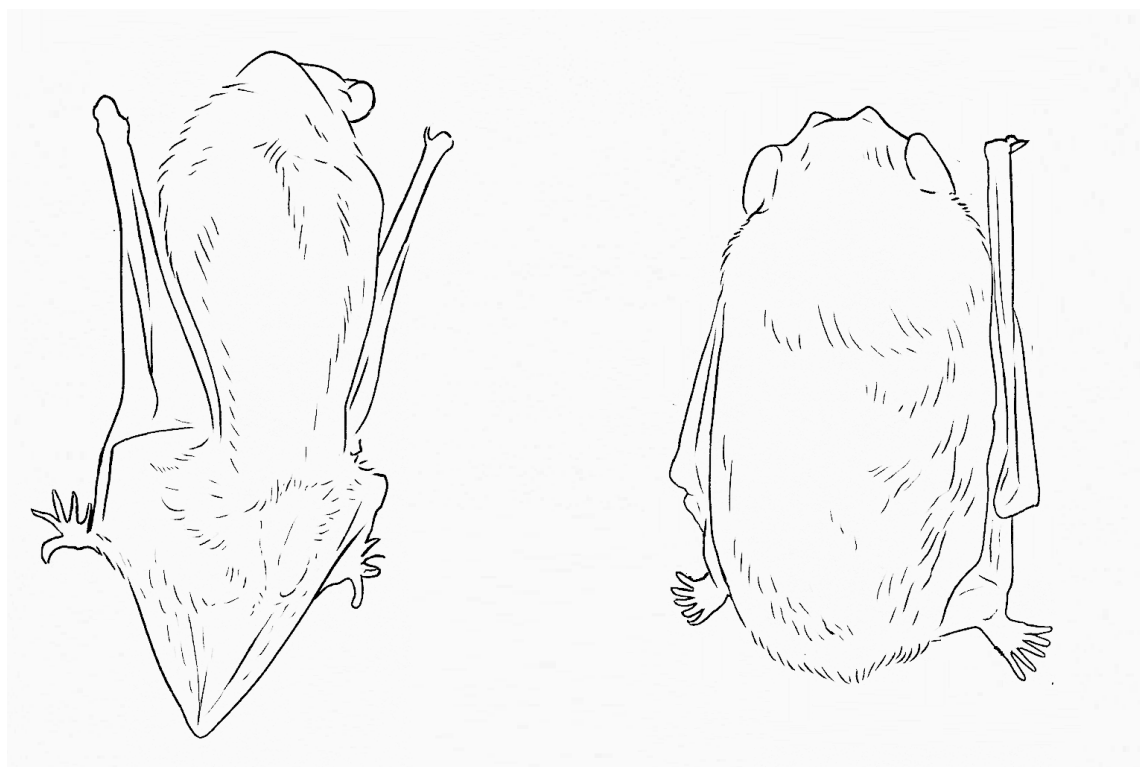
Přirozenou potravou všech druhů netopýrů žijících v ČR jsou bezobratlí. Pro netopýry v zajetí je možné použít hmyz, chovaný ke krmení hmyzožravých druhů zvířat v zájmových chovech. Alternativně je možné použít ke krmení rekonvalescenční diety pro masožravce (např. Hill's® Prescription Diet® a/d nebo Emeraid Intensive Care Carnivore®), zejména v případě vysílených zvířat nebo zvířat v rekonvalescenci. Nejběžnějším a nejdostupnějším krmným hmyzem jsou larvy potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), tzv. mouční červi. Představují dobrý zdroj kalorií a jsou netopýry ochotně přijímáni, problematický ale může být jejich nevhodný poměr vápníku a fosforu. Jejich nutriční hodnotu lze zvýšit použitím vhodné potravy, kterou jsou larvy potměníka krmeny (Finke, 2002), případně je možné je před podáním poprášit vitamínovými a minerálními doplňky. Před krmením je potřeba nechat netopýra dostatečně dlouho probudit, protože pokud je neaktivní, upadá do stavu strnulosti (Jahelková et al., 2009). Netopýry lze na konzumaci moučných červů obvykle dobře navyknout. V první fázi je netopýr jemně držen v dlani a obsah moučného červa, kterému byla odstraněna hlavová část, se mu vytlačí do tlamy. Když začne žvýkat, zatlačí se mu do tlamy i přední část moučného červa. Jakmile si netopýr zvykne na moučné červy nabízené tímto způsobem, lze mu je pinzetou nabídnout bez toho, že bychom museli s netopýrem manipulovat a v konečné fázi je možné přejít na zkrmování živých moučných červů nabízených v mělké misce (Lollar, 2012). Výjimku představují vrápenci, kteří špatně tolerují držení během krmení a je pro ně rovněž přirozenější přijímat potravu, když jsou zavěšení za pánevní končetiny volně v prostoru. Rovněž u nejdrobnějších druhů jako jsou netopýr hvízdavý (*Pipistrellus pipistrellus*) nebo netopýr parkový (*Pipistrellus nathusii*) může být krmení moučnými červy vzhledem k velikosti těchto druhů problematické. Konzumace pevných částí hmyzu je významná mimo jiné i z hlediska mechanického otírání zubního plaku (EUROBATS, 2022). V případě krmení rekonvalescenčními komerčními krmivy je potřeba dávat pozor, aby nedocházelo k potřísnění okolí tlamy a krku. Pokud k tomu dojde, je nutné, aby byla následně provedena pečlivá očista, protože jinak na těchto místech dochází k rozvoji dermatitidy a následně k alopecii (Lollar, 2012). Netopýři by rovněž měli mít v boxu nebo ve voliére přístup k mělké misce s vodou, případně u hůře pohyblivých jedinců je možné podávat vodu i opatrně perorálně s pomocí injekční stříkačky.

Posouzení výživného stavu

Péče v zajetí se odvíjí od celkového stavu jedince. Vizualně na první pohled je možné posoudit výživný stav, u druhů s delší srstí je potřeba stav ověřit pohmatem, protože kontury těla nemusí být

dobře patrné. Normální výživný stav se může lišit v závislosti na ročním období, případně i na pohlaví. Jiná situace bude u zvířat na jaře těsně po ukončení hibernace, kdy v průběhu zimy došlo ke spotřebování tukových zásob, v létě u samic, které se starají o mláďata, a na podzim před vstupem do hibernace, kdy se zvířata intenzivně krmí, aby zvládla přežít zimní období. Obecně lze rozdělit výživný stav do pěti stupňů: od kachetického až po obézního netopýra. Stupeň 1 odpovídá kachexii. Tělo zvířete má výrazný tvar přesýpacích hodin a mezi lopatkami se nachází hluboká rýha. Tuková vrstva zcela chybí. Současně se může vyskytovat i výrazná dehydratace, která se projevuje seschlou létací blánou a je možné ji posoudit i pomocí kožní řasy na hřbetě. Stupeň 2 je hubený jedinec. V oblasti beder, za krkem a mezi lopatkami jsou zřetelné prohlubně, tuková vrstva chybí nebo je velmi malá. Stupeň 3 odpovídá normální situaci. V oblasti beder jsou patrné mírné prohlubně. Stupeň 4 odpovídá dobrému výživnému stavu. Tělo je bez prohlubní v oblasti krku a/nebo beder, tuk je dobře hmatatelný. Oblast za krkem a mezi lopatkami je vyplněná tukem. Stupeň 4 představuje optimální stav před vstupem do hibernace (Obrázek 3). Stupeň 5 odpovídá obéznímu jedinci. Tělo zvířete má hruškovitý tvar. Tukové polštáře v oblasti beder jsou u krátkosrstých netopýrů jasně viditelné a u netopýrů s dlouhou srstí hmatatelné. Oblast za krkem a rameny je rovněž vyplněna silnou vrstvou tukové tkáně. Tento stav nastává zejména u jedinců v zajetí, kteří mají minimum pohybu a ochotně přijímají potravu. Typicky se s takovými obézními jedinci setkáváme např. v případě netopýrů rezavých. V případě samic je třeba pamatovat na to, že může být tvar těla ovlivněn březostí, zejména v její pozdější fázi (EUROBATS, 2022).

Obrázek č. 3. Posouzení výživného stavu: nalevo stupeň 2 (hubený jedinec), napravo stupeň 4 (vykrmený jedinec před hibernací) (vytvořeno s využitím ChatGPT-5)



Rehabilitace před vypuštěním

Před vypuštěním je třeba posoudit tělesnou kondici a hmotnost netopýra, zda odpovídají danému druhu a období roku. Před tím, než je vůbec možné uvažovat o vypuštění zvířete zpět do volné přírody, je nezbytné ověřit, zda je netopýr schopen trvalého letu a echolokace. Pro posouzení letu je potřeba dostatečně velký uzavřený prostor, kde je bezpečné zvíře vypustit. Nejlepší je provést

posouzení večer, kdy jsou netopýři přirozeně aktivní. Před letem je třeba nechat zvíře přejít ze stavu strnulosti do aktivního stavu. Aktivní, letu schopný jedinec by měl být schopen vzlétnout z výšky přibližně 1,5 m a následně vystoupat do výšky a kroužit v místnosti. Netopýři, kteří nejsou dostatečně zdatní, buď nenaberou výšku nebo se neustále snaží zachytit pánevními končetinami na zdi nebo na površích, aby si zde odpočinuli. K vypuštění jsou způsobilí jedinci, kteří jsou schopni vytrvale létat po dobu minimálně 10 minut bez známek únavy (Lollar, 2012). Schopnost echolokace lze ověřit pomocí specializovaného detektoru, který zaznamenává echolokační signály a převádí je do člověkem slyšitelného zvuku nebo do vizuální formy na displeji detektoru. Ideální je posuzovat schopnost echolokace během letu, kdy ji zvíře používá k orientaci v prostoru. U dospělých jedinců je vhodné provést vypuštění v blízkosti místa, kde bylo zvíře nalezeno, samozřejmě s ohledem na bezpečnost vypouštěného zvířete (EUROBATS, 2022). Vypuštění by mělo proběhnout za soumraku a za příznivých povětrnostních podmínek (ne při silném dešti a větru). Před samotným vypuštěním by mělo být zvíře rozehřáté (ideálně po cvičném proletu v proletové voliére). Zahřátý a aktivní netopýr je následně schopen sám odstartovat ze zdvižené dlaně. Vypouštění odchovaných mláďat představuje větší problém než vypouštění dospělých jedinců. Na rozdíl od dospělých zvířat, která znají danou lokalitu a mají zkušenosti s lovem kořisti, je vypouštění uměle odchovaných mláďat pokus s nejistým výsledkem. Před vypuštěním ručně odchovaných mláďat se doporučuje dostatečně dlouhý trénink v proletové voliére (Kelly et al., 2012). Byly popsány různé techniky postupného vypouštění, kdy dochází k aklimatizaci na nové prostředí s tím, že je zvířatům i po vypuštění zajištěn přístup k potravě (Serangeli et al., 2012; Kelly et al., 2012). O úspěšnosti přežívání takto vypuštěných odchovaných mláďat je zatím pouze minimum informací, nicméně existuje několik studií, které s využitím kroužků nebo telemetrických vysílaček monitorovaly ručně odchované netopýry vypuštěné do volné přírody a potvrdily úspěšnost takto vypuštěných jedinců (Kelly et al., 2008; Serangeli et al., 2012; Kelly et al., 2012).

Závěr

Motivací veškeré péče o poraněná volně žijící zvířata by měl být jejich návrat do volné přírody. Netopýři se v tomto ohledu neliší, nicméně vzhledem k velikosti a skrytému způsobu života není jednoduché ověřit úspěšnost snah o návrat rehabilitovaných jedinců zpět do přírody. Je třeba udělat maximum pro to, aby manipulace a pobyt v zajetí nebyl dalším zdrojem stresu a aby se naše snaha nemíjela účinkem. K tomu je potřeba znát specifika jednotlivých druhů a snažit se jim zajistit co nejlepší podmínky, ať už se jedná o bezpečnou a šetrnou manipulaci, vhodné ustájení a krmení, nebo patřičnou rehabilitaci před vypuštěním na svobodu. Zajištění optimálních podmínek včetně vhodných úkrytů a minimalizace stresu vede k lepšímu hojení, rychlejší rekonvalescenci a větší šanci na úspěšný návrat do přírody.

Literatura

- EUROBATS Intersessional Working Group on Bat Rescue and Rehabilitation. 2022. Bat rescue and rehabilitation for bat conservation, research and monitoring: Guidelines [online]. [vid. 13.8.2025]. Dostupné z: https://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/pdf/Advisory_Committee/Inf.StC19-AC26.5_BatReR_guidelines.pdf
- Finke, M.D. 2002. Gut loading to enhance the nutrient content of insects as food for reptiles: A mathematical approach. *Zoo Biology* 22: 147-162.
- Jahelková, H., Hájková, P., Bláhová, A. 2009. Péče o netopýry: metodika péče o nalezené, zraněné a hendikepované netopýry. 1st ed. Český svaz ochránců přírody. Černošice, CZ.
- Kelly, A., Goodwin, S., Grogan, A., Mathews, F. 2008. Post-release survival of hand-reared pipistrelle bats (*Pipistrellus* spp). *Animal Welfare* 17: 375-382.
- Kelly, A., Goodwin, S., Grogan, A., Mathews, F. 2012. Further evidence for the post-release survival of hand-reared, orphaned bats based on radio-tracking and ring-return data. *Animal Welfare* 21: 27-31.
- Letko, M., Seifert, S.N., Olival, K.J., Plowright, R.K., Munster, V.J. 2020. Bat-borne virus diversity, spillover and emergence. *Nature Reviews Microbiology* 18: 461-471.

- Lollar, A. 2012. The rehabilitation and captive care of insectivorous bats. 2nd ed. Bat World Sanctuary. Weatherford, US.
- Ramírez-Fráncel, L.A., García-Herrera, L.V., Losada-Prado, S., Reinoso-Flórez, G., Sánchez-Hernández, A., Estrada-Villegas, S., Lim, B.K., Guevara, G. 2022. Bats and their vital ecosystem services: a global review. *Integrative Zoology* 17: 2-23.
- Serangeli, M., Cistrone, L., Ancillotto, L., Tomassini, A., Russo, D. 2012. The post-release fate of hand-reared orphaned bats: Survival and habitat selection. *Animal Welfare* 21: 9-18.
- Thor, K.A., Bielecki, W. 2021. Issues in bat (Chiroptera) treatment and rehabilitation: the scale of the problem, reasons and effects of interventions. *Journal of Vertebrate Biology* 70: 21013.

ENDOPARAZITÉ U AFRICKÝCH KOŇOVITÝCH V ZAJETÍ: VÝSKYT, RIZIKA A MOŽNOSTI PREVENCE - REVIEW

ENDOPARASITES IN CAPTIVE AFRICAN EQUIDS: OCCURRENCE, RISKS AND PREVENTION OPTIONS - REVIEW

Anna Marková*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

African ungulates are an important group of animals kept in most zoos. Whether zebras, giraffes, bison or other ungulate species, the main goal of their breeding is primarily to preserve the animal species and ideally to ensure its successful reproduction. Endoparasites found in African ungulates kept in zoos pose a significant threat to their health, welfare, and reproductive capacity. Zoos lack natural regulatory mechanisms and the increased concentration of animals in a limited space increases the risk of parasitic infections. In addition, animals kept in captivity are often exposed to stress caused by lack of space which can lead to the development of stereotypical behavior, a weakened immune system and subsequent increased susceptibility to parasitic infestations. The review focuses on zebras as representatives of African ungulates in zoos with the aim of identifying key factors that influence the transmission of parasites between individuals or between species. The main objective was to assess which specific factors contribute to the spread of parasites in groups kept in shared spaces and to determine whether these factors can be modified to reduce the risk of infection and limit parasite transmission.

Key words: parasitic infection, zoological parks, parasite control, gastrointestinal parasites

Souhrn

Afričtí kopytníci jsou významnou skupinou zvířat chovanou ve většině zoologických zahrad. Ať už se jedná o zebry, žirafy, bizony či další druhy kopytníků, hlavním cílem jejich chovu je především zachování živočišného druhu a v ideálním případě také jeho úspěšná reprodukce. Endoparazitě vyskytující se u afrických kopytníků držených v zoologických zahradách představují významnou hrozbu pro jejich zdraví, welfare a reprodukční schopnosti. V zoologických zahradách chybí přirozené regulační mechanismy, přičemž zvýšená koncentrace zvířat na omezeném prostoru zvyšuje riziko parazitárních infekcí. Zvířata chovaná v zajetí jsou navíc často vystavena stresu způsobenému nedostatkem prostoru, což může vést k rozvoji stereotypního chování, oslabení imunitního systému a následné vyšší náchylnosti k parazitárním infestacím. Přehled se soustředí na zebry jako zástupce afrických kopytníků v zoologických zahradách, s cílem identifikovat klíčové faktory, které ovlivňují přenos parazitů ať už mezi jednotlivci nebo mezidruhově. Hlavním cílem bylo především posoudit, jaké specifické faktory přispívají k rozšíření parazitů ve skupinách držených ve společných prostorách a zjistit, zda je možné tyto faktory modifikovat tak, aby se snížilo riziko infekce a omezil přenos parazitů.

Klíčová slova: parazitická infekce, zoologické zahrady, monitoring parazitů, gastrointestinální paraziti

* markovaa@vfu.cz

Úvod

Jak již bylo zmíněno, zvířata chovaná v zoologických zahradách mohou být za určitých okolností využíváni k reintrodukci do volné přírody. Ačkoli jsou tyto jedinci zpravidla považováni za klinicky zdravé, jejich status ne vždy zaručuje absenci parazitární infekce – a to i při dodržování minimálních standardů chovu stanovených Evropskou asociací zoologických zahrad a akvárií (EAZA). Přítomnost endoparazitů může představovat významný rizikový faktor, který negativně ovlivňuje reprodukční úspěšnost, případně může být přímo limitujícím činitelem při zařazení zvířete do reintrodukčních programů. (Mañas et al. 2019). Pro chov volně žijících zvířat v zajetí jsou vedle právních předpisů dostupná také doporučení Ústřední komise pro ochranu zvířat (ÚKOZ), která definují klíčové požadavky na jejich welfare. Tyto požadavky mají zajistit vhodné prostředí pro zvířata, přičemž se zaměřují nejen na velikost a mikroklima chovných prostor, ale i na jejich obohacení (enrichment) tak, aby odpovídalo biologickým potřebám a umožňovalo přirozené fyziologické funkce zvířat v závislosti na jejich druhu. V souvislosti s problematikou endoparazitů je kladen důraz na hygienu chovných prostor, které musí být snadno přístupné i pro ošetrovatelský personál. Řešení se týká také konstrukce výběhů a použitých materiálů, zejména typu podestýlky, s ohledem na jejich snadnou údržbu a čistotu. Dále jsou stanovena pravidla pro kvalitu a zdravotní nezávadnost krmiva a vody. U kopytníků jsou specifikovány minimální požadavky na podmínky chovu v závislosti na jejich řádu, čeledích, případně podčeledích a druzích (Ministerstvo zemědělství, 2006). Zoologické zahrady představují specifické prostředí, které ovlivňuje výskyt infekčních onemocnění, včetně endoparazitů (Panayotova-Pencheva, 2013). Ti mohou u volně žijících zvířat způsobovat zdravotní potíže, zejména postižením jejich gastrointestinálního traktu (Ahmad et al., 2024). Přítomnost endoparazitů je ovlivňována kombinací faktorů zahrnujících prostředí, hostitele a samotného parazita (Atanaskova et al., 2011). Složení a struktura komunit parazitů, stejně jako jejich přenos, jsou ovlivňovány různými ekologickými faktory, jako je klima, počasí, geografické rozšíření, hustota hostitelů atd. U zvířat chovaných v zajetí mají podmínky jejich chovu zvláštní vliv na komunitu parazitů; například dostupnost pastvin zajišťuje úspěšný přenos strongylidů. Navíc společný chov různých druhů koňovitých na stejném území, například v zoologických zahradách, usnadňuje výměnu parazitů a nepochybně ovlivňuje vývoj jejich komunit (Kuzmina et al., 2013).

Chovný management v zoologických zahradách

V přirozeném prostředí mají zvířata vrozenou odolnost vůči parazitárním infekcím, protože mezi nimi a jejich parazity existuje ekologická rovnováha. Navíc jsou volně žijící zvířata méně vystavena parazitárním infekcím, protože mají možnost volného pohybu na otevřených plochách s nízkou hustotou ostatních jedinců (Thawait et al., 2014; Barbosa et al., 2020). Naopak reintrodukovaní jedinci, narození a chovaní v podmínkách zoologických zahrad, se po vypuštění do svých přirozených nebo náhradních habitatů často setkávají s parazitárními agens, na které nejsou imunitně ani fyziologicky adaptováni. Tato expozice může u vnímavějších jedinců vést k závažným zdravotním komplikacím, snížené reprodukční schopnosti a v krajních případech i k úhynu. Zároveň tyto jedinci představují riziko zavlečení nových parazitů do původních populací, což může mít negativní ekologické i socioekonomické důsledky (Mañas et al. 2019). Zoologické zahrady mohou nevědomky představovat riziko přenosu patogenů mezi jednotlivci i různými druhy, a to zejména v důsledku vyšší hustoty zvířat a častějšího mezidruhového kontaktu na omezeném prostoru. Prevalence endoparazitóz v těchto zařízeních je ovlivněna celou řadou faktorů, včetně kvality prostředí, úrovně hygienických a dezinfekčních opatření, zavedených preventivních programů a používaných terapeutických protokolů. (Esteban-Sánchez et al. 2024). V zajetí mohou zvířata podléhat parazitárním infekcím také v důsledku environmentálního stresu, jako je změna životních podmínek a omezený prostor. Konstantní stres způsobený zajetím činí zvířata náchylnějšími k parazitárním infekcím, protože imunitní systém těchto zvířat v zajetí bývá oslabený (Mir et al., 2016). Parazitózy jsou také ovlivňovány kombinací různých abiotických a biotických

faktorů, jejichž skladba se liší podle geografických oblastí. Přestože se v zoologických zahradách přijímají opatření k tomu, aby se abiotické faktory co nejvíce přiblížily přirozeným podmínkám, dochází zde k vytvoření nové, nepřirozené kombinace vlivů. Mezi klíčové biotické faktory patří především člověk, který svou činností hraje zásadní roli. Preventivní a terapeutická opatření mohou výskyt parazitů významně omezit, avšak absence přirozené biologické rovnováhy způsobená umělým shromažďováním různých druhů zvířat na jednom místě může vést k rozvoji parazitóz i u druhů, které za normálních okolností nejsou jejich specifickými hostiteli (Panayotova-Pencheva, 2013). Některé druhy nematod a kokciidií se vyznačují přímým životním cyklem, což znamená, že k dokončení vývoje nepotřebují meziphostitele. Přenos probíhá fekálně-orální cestou, nejčastěji prostřednictvím kontaminovaného krmiva, vody či půdy. Tyto parazity navíc charakterizuje vysoký ekologický potenciál k akumulaci v prostředí. Ke kontaminaci a následnému přenosu mezi jednotlivými výběhy může docházet také nepřímo – například prostřednictvím personálu, který funguje jako mechanický přenašeč skrze kontaminovanou obuv, oděv, ruce nebo nástroje. (Mir et al., 2016). V posledních letech byly provedeny studie zaměřené na patogeny u volně žijících zvířat držených v zajetí s cílem zjistit výskyt parazitárních infekcí se zoonotickým potenciálem. Bohužel byly ve studiích opomíjeny ekologické faktory, které jsou s parazitárními infekcemi spojeny, čímž došlo k narušení snahy o jejich efektivní řízení (Sengar et al., 2017). Na základě těchto skutečností se další studie zaměřila na čtyři zoologické zahrady v Pákistánu, kde byly kromě identifikace parazitárních kmenů zkoumány také aspekty zdravotního a hygienického managementu v chovech zvířat. Autoři se soustředili na klíčové parametry, jako je pravidelnost úklidu klecí a výběhů, aplikace dezinfekčních prostředků, frekvence a efektivita odčervovacích programů, zajištění adekvátního přístupu k pitné vodě a kvalitnímu krmivu, pravidelné zdravotní prohlídky a implementace rutinní vakcinace. Studie tak poskytuje ucelený pohled na integraci hygienických a zdravotních opatření do managementu zoologických zahrad s cílem minimalizovat riziko parazitárních infekcí a zlepšit celkovou pohodu chovaných zvířat. Zjištěné výsledky naznačují, že zoologická zahrada s nejvyšší úrovní managementu a hygienických standardů (pravidelné úklidy prostor, moderní dezinfekční metody, důsledná antiparazitární léčba každých 6 měsíců a pravidelné zdravotní prohlídky) vykazovala nejnižší prevalenci parazitárních infekcí. Naopak nejvyšší prevalence parazitů byla zjištěna v zahradě charakterizované nedostatečným managementem a nepravidelnou péčí o chovaná zvířata (nedostatečné pokrytí dezinfekčních postupů, nepravidelná antiparazitární léčba, slabá kontrola zdravotního stavu zvířat, méně častá očkování). Zbývající dvě zoologické zahrady, které dodržovaly standartní hygienické postupy, se i přesto potýkaly s významnými problémy při kontrole parazitů, což poukazuje na nutnost implementace efektivnějších opatření a zlepšení stávajícího systému péče (Ahmad et al., 2024). Z pohledu evropských zoologických zahrad potvrzuje výše uvedené poznatky také studie realizovaná ve dvou italských zoologických zahradách, která analyzovala parazitární infekce, porovnávala jejich frekvenci mezi oběma zařízeními a hodnotila vliv managementu chovu na jejich výskyt. Zoo Safari Fasano je charakteristická přírodními výběhy, které umožňují volný pohyb zvířat. Denně je prováděn úklid vnitřních prostor výběhů, zatímco údržba venkovních výběhů je omezená a často obtížně proveditelná, což vede k nepravidelnému odstraňování trusu. Preventivní opatření zahrnují aplikaci antiparazitik dvakrát ročně, přičemž v případě výskytu průjemových infekcí se provádí analýza trusu. Pozitivně diagnostikovaná zvířata jsou léčena a následně podrobena kontrolnímu screeningu. Vzhledem k nedostatečné údržbě venkovních prostor nebyla převapivá prevalence parazitárních infekcí, která dosáhla 100 % u vzorků odebraných od zeber. Naopak Zoo Giardino Zoologico di Pistoia, která kombinuje vnitřní a venkovní výběhy, provádí denní úklid jak vnitřních, tak venkovních prostor. Rutinní analýzy trusu jsou realizovány 1x měsíčně, a při zjištění infekce následuje cílená léčba a kontrolní vyšetření. Díky efektivnímu chovnému managementu a důsledné prevenci dosáhla tato zoo prevalence 0 % pozitivních vzorků. Výsledek poukazuje na vysokou úroveň chovu a úspěšnost preventivních opatření (Fagiolini et al., 2010).

Sociální hierarchie ve skupině

Kromě managementu, který je určitým způsobem ovlivnitelný, je třeba věnovat pozornost zároveň i hierarchii zvířat chovaných ve skupině. V roce 2012 byla v Ugandě provedena studie zaměřená na volně žijící stepní zebry, která analyzovala vztah mezi jejich sociální hierarchií a úrovní parazitárního zatížení. Výsledky studie ukázaly, že sociální status a věk významně ovlivňují výskyt většiny parazitů, s výjimkou oxiuridů. Dominantní jedinci vykazovali nižší míru parazitární infekce ve srovnání s podřízenými jedinci, kteří byli parazity zatíženi výrazně více. Dokonce i věk se ukázal jako významný faktor distribuce parazitů, kdy mladší zebry byly častěji infikovány *strongyloides* sp. a tasemnicemi, zatímco starší jedinci byli více postiženi strongyly a oxiuridy. Na základě těchto poznatků lze usuzovat, že dominantní zebry disponují vyšší imunitní odolností, což vede k jejich nižší náchylnosti k parazitárním infekcím. Sociální status může mít tedy přímý vliv na imunitní odpověď a schopnost organismu infekcím odolávat (Fugazzola a Stancampiano, 2012). Na rozdíl od předchozího výzkumu se studie Joly et al. (2023) zaměřila na vztah mezi sociálním chováním a rizikem parazitárních infekcí u skupin zeber stepních (*Equus quagga*) chovaných v zajetí. Výzkum byl realizován v safari parku v jižní Francii a zahrnoval pozorování 22 jedinců. Parazitární infekce byly hodnoceny prostřednictvím analýzy trusu, zatímco vliv sociálních interakcí na šíření parazitů byl zkoumán pomocí metod sociálních sítí. Pozorováním byla odhalena přítomnost lineární dominance ve skupině, kde měli dominantnější jedinci lepší přístup ke zdrojům, což mohlo významně ovlivnit jejich infestaci. Vyšší riziko infekce bylo následně prokázáno u jedinců s větším počtem sociálních kontaktů, zatímco dominantní jedinci vykazovali po léčbě mnohem pomalejší reinfekci. To naznačuje, že lepší přístup dominantních jedinců ke kvalitním zdrojům potravy a léčbě může přispívat ke snížení jejich vnímavosti k opětovné infekci. Výsledky tedy zdůrazňují význam zohlednění sociálních faktorů při navrhování a implementaci léčebných strategií, aby byla zajištěna rovnoměrná dostupnost péče pro všechny členy skupiny. Studie rovněž ukazuje, že sociální chování hraje zásadní roli při šíření parazitů v sociálních skupinách a ovlivňuje účinnost antiparazitárních opatření. Pro optimalizaci managementu parazitů v zajetí je nezbytné brát v úvahu hierarchii, dominanci a strukturu sociálních sítí jednotlivců (Joly et al., 2023).

Nejčastěji se vyskytující endoparazité

Z dostupných studií vyplývá, že většina býložravých druhů, včetně kopytníků, vykazuje nízkou biologickou rozmanitost parazitů (Esteban-Sánchez et al., 2024). Paraziti, zejména nematody z čeledi *Stronglidae* jsou běžnými chronickými infekcemi u členů čeledi *Equidae*. Tyto nematody jsou přenášeny fekálně-orální cestou a mohou způsobovat vážné zdravotní problémy, pokud nejsou léčeny. Ačkoliv je dobře prozkoumaná parazitická fauna u domácích koní, existuje jen velmi málo studií o nematodech u jejich divokých příbuzných, jako jsou například zebry (Tombak et al., 2021). Kuzmina et al. (2013) udává, že sledovaná skupina zeber v rámci jejich výzkumu byla infikována především parazity podčeledi *Cyathostominae*, tzv. menšími strongylidy, kteří tvořili více než 99 % všech nalezených parazitů. V menší míře byla zaznamenána infestace parazity podčeledi *Strongylinae*, známé jako větší strongylidi. Převládající druhy parazitů patří mezi běžné střevní parazity koňovitých. Tyto druhy se vyznačují vysokou prevalencí, výraznou adaptabilitou na různorodé prostředí a značnou odolností vůči anthelmintickým přípravkům (Kuzmina et al., 2013).

Závěr

Z analýzy dostupných studií jednoznačně vyplývá, že management chovu představuje klíčový faktor v prevenci šíření parazitárních infekcí v zoologických zahradách. Mezi zásadní preventivní opatření patří pravidelná údržba jak vnitřních prostor, tak rozlehlých venkovních výběhů, rutinní koprologická vyšetření, pravidelné zdravotní prohlídky, systematicky řízené antiparazitární programy a cílená terapeutická intervence u jedinců s pozitivním nálezem. Zvláštní důraz by měl být kladen na ochranu zdrojů krmiva a vody před kontaminací trusem, jejich pravidelnou hygienickou údržbu a dezinfekci. Neopomenutelným rizikovým faktorem je také antropogenní

přenos, kdy zaměstnanci mohou neúmyslně šířit patogeny prostřednictvím kontaminovaného oděvu, obuvi, rukou či pracovního vybavení. Z hlediska biologické bezpečnosti se jako účelné jeví zařazení dezinfekčních stanic pro obuv a hygienických opatření před vstupem do výběhů s různými druhy zvířat. Nové poznatky z oblasti sociální etologie zároveň naznačují možnou souvislost mezi sociálním statutem a mírou parazitární zátěže. Dominantní jedinci mohou vykazovat vyšší míru infekce, což má důsledky pro organizaci chovu. Monitorování sociální dynamiky ve skupinách tak může přispět k efektivnějšímu řízení zdravotní péče. V odůvodněných případech je vhodné dočasné oddělení dominantních zvířat, které umožní rovnoměrnější distribuci antiparazitik a zajištění dostatečného přístupu ke kvalitní výživě pro celou skupinu. Důležitým aspektem je také vhodné složení chovných skupin, neboť mezi jednotlivými druhy může docházet k mezidruhovému přenosu parazitů. Infekce přenesené z hostitelsky vnímavějších druhů mohou u méně rezistentních zvířat vyvolat závažné zdravotní komplikace. Prevence těchto přenosů je zásadní pro udržení dobrého zdravotního stavu populace. Zajištění dlouhodobého zdraví a welfare chovaných zvířat, především ohrožených druhů, je nezbytnou podmínkou pro jejich ochranu a úspěšné zachování do budoucna. Těchto cílů lze dosáhnout pouze komplexním přístupem k řízení chovu, který zahrnuje neustálé zdokonalování managementových strategií a implementaci inovativních metod v oblasti preventivní i léčebné péče.

Literatura

- Atanaskova Petrov, E., Kochevski, Z., Stefanovska, J., Nikolovski, G. 2011. Endoparasites in wild animals at the zoological garden in Skopje. *Macedonian Journal of Threatened Taxa* 3: 1955-1958.
- Barbosa, A.S., Pinheiro, J.L., Dos Santos, C.R., de Lima, C.S.C.C., Dib, L.V., Echarte, G.V., Augusto, A.M., Bastos, A.C.M.P., Uchôa, C.M.A., Bastos, O.M.P., Santos, F.N., Fonseca, A.B.M., Amendoeira, M.R.R. 2020. Gastrointestinal parasites in captive animals at the Rio de Janeiro Zoo. *Acta Parasitologica* 65: 237-249.
- Esteban-Sánchez, L., García-Rodríguez, J.J., García-García, J., Martínez-Nevado, E., Riva-Fraga, M.A., Ponce-Gordo, F. 2024. Wild Animals in captivity: An analysis of parasite biodiversity and transmission among animals at two zoological institutions with different typologies. *Animals* 14: 813.
- Fagiolini, M., Lia, R.P., Laricchiuta, P., Cavicchio, P., Mannella, R., Cafarchia, C., Otranto, D., Finotello, R., Perrucci, S. 2010. Gastrointestinal parasites in mammals of two Italian zoological gardens. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 41: 662-670.
- Fugazzola, M.C., Stancampiano, L. 2012. Host social rank and parasites: Plains zebras (*Equus quagga*) and intestinal helminths in Uganda. *Veterinary Parasitology* 188: 115-119.
- Joly, Ch., Martin, R.L., Ortega, A., Richard, F.J. 2023. Social behavior impacts parasite infection risk in equid groups. *Applied Animal Behaviour Science* 269: 106091.
- Kaleem A., Wahid, U., Qasim, A., Muhammad, A., Shah, F. 2024. A Cross-sectional study of prevalence of gastrointestinal parasites in captive wild animals in Pakistan zoological gardens. *World Veterinary Journal* 14: 234-241.
- Kuzmina, T.A., Kharchenko, V.A., Zvegintsova, N.S., Zhang, L., Liu, L. 2013. Strongylids (Nematoda: Strongylidae) in two zebra species from the „Askania-Nova“ Biosphere Reserve, Ukraine: biodiversity and parasite community structure. *Helminthologia* 50: 172-180.
- Mañas, E.M., Juan, M.G., Carnero, M.R.R.Y., Gilbert, T., Ortiz, J., Espeso, G., Benzal, J., Ibáñez, B., Hernández, F.V. 2019. Survey of husbandry practises for bovidae in zoos: the importance of parasite management for reintroduction programmes. *Veterinary Record* 184: 282-288.
- Ministerstvo zemědělství. 2006. Podmínky chovu savců volně žijících druhů v zajetí [online]. [vid. 14.1.2025]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/1593/Dop_savci_tisk.pdf
- Ministerstvo životního prostředí. 2023. Zoologické a botanické zahrady [online]. [vid. 13.6.2025]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/botanicke_zoologicke_zahrady
- Mir, A.Q., Dua, K., Singla, L.D., Sharma, S., Singh, M.P. 2016. Prevalence of parasitic infection in captive wild animals in Bir Moti Bagh mini zoo (Deer Park), Patiala, Punjab. *Veterinary Word* 9: 540-543.
- Panayotova-Pencheva, M.S. 2013. Parasites in captive animals: A review of studies in some Europeans zoos. *Der Zoologische Garten* 82: 60-71.

- Sengar, A., Shrivastav, A.B., Singh, K.P., Rokde, A. 2017. Noninvasive assessment of gastrointestinal parasites infection in free-ranging wild herbivores and adjoining livestock of Panna Tiger Reserve, Madhya Pradesh, India. *Veterinary World* 10: 748-751.
- Thawait V.K., Maiti, S.K., Dixit, A.A. 2014. Prevalence of gastro-intestinal parasites in captive wild animals of Nandan Van Zoo, Raipur, Chhattisgarh. *Veterinary World* 7: 448-451.
- Tombak, K.J., Hansen, C.H.B., Kinsella, J.M., Pansu, J., Pringle, R.M., Rubenstein, D.I. 2021. The gastrointestinal nematodes of plains and Grevy's zebras: Phylogenetic relationships and host specificity. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 16: 228-235.

MÍRA ÚHYNŮ V POROVNÁNÍ S EUTANÁZIÍ ZVÍŘAT V ZÁCHRANNÝCH STANICÍCH V ČESKÉ REPUBLICE V LETECH 2010-2020

MORTALITY RATE COMPARED TO EUTHANASIA OF ANIMALS IN WILDLIFE REHABILITATION CENTERS IN THE CZECH REPUBLIC BETWEEN 2010 AND 2020

Gabriela Kadlecová*, Eva Voslářová, Vladimír Večerek

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Wildlife rehabilitation centers contribute to the conservation of free-living species within the Czech Republic by providing care for injured or disabled individuals. However, the severity of the animals' health impairments is sometimes so critical that recovery is not feasible, resulting either in natural death or euthanasia based on an unfavourable prognosis. Between 2010 and 2020, the highest mortality rates were recorded among birds (40.46%) and mammals (29.14%). Except for mammals, approximately one-third of all deceased birds, reptiles, and amphibians were euthanized. An increasing trend in both natural mortality and euthanasia was observed during the study period ($p < 0.05$). The rate of natural deaths was also significantly higher ($p < 0.05$) for selected causes of admission, with the highest proportion (91.42%) observed in juveniles, among whom euthanasia was applied in less than 10% of cases. These data suggest that rehabilitation center personnel, in collaboration with veterinary practitioners, predominantly strive to save animals rather than resort to euthanasia. Further data collection and the exchange of experiences among rehabilitation centers may enhance the accuracy of prognosis assessment and guide euthanasia decisions in cases where survival chances are minimal. Prolonged treatment of hopeless cases may negatively impact individual welfare and prolong suffering, especially in severe health impairments.

Key words: prognosis, road mortality, juveniles, mammals, birds

Souhrn

Záchranné stanice se podílí na ochraně volně žijících druhů na území České republiky péčí o handicapované jedince. Míra postižení zdraví zvířat je však někdy natolik závažná, že není možné zvíře vyléčit, a to buď uhynie nebo je na základě nepříznivé prognózy utraceno. V letech 2010 až 2020 byla nejvyšší míra mortality zjištěna u ptáků (40,46 %) a u savců (29,14 %). S výjimkou savců byl utracen cca třetinový podíl ze všech tříd (všech uhynulých ptáků, plazů a obojživelníků). V případě přirozených úhynů i eutanázií byl zjištěn vzrůstající trend za sledované období ($p < 0,05$). Míra přirozených úhynů byla také významně vyšší ($p < 0,05$) u vybraných příčin příjmu, přičemž nejvyšší (91,42 %) byla v případě mláďat, kde se k eutanázii nepřistupovalo ani v desetině případů. Tato data naznačují, že pracovníci záchranných stanic se ve spolupráci s veterinárními lékaři ve většině případů snaží zvířata zachránit a nikoli je utratit. Další data a sdílení zkušeností mezi záchrannými stanicemi mohou přispět k přesnému stanovení prognózy a přistoupení k eutanázii tam, kde je šance na přežití mizivá, neboť i přetrvávající léčba u beznadějných případů negativně ovlivňuje welfare jedince a prodlužuje jeho utrpení ve zvlášť závažných případech poškození zdraví.

Klíčová slova: prognóza, doprava, mláďata, savci, ptáci

* kadlecovag@vfu.cz

Úvod

Záchranné stanice jsou zařízeními, jejichž primárním cílem je věnovat péči a veterinární ošetření handicapovaným zvířatům, kteří jsou definováni v zákoně č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. Jejich hlavním cílem je přijatá zvířata dostat do dobrého zdravotního stavu, který by umožňoval jejich vypuštění do volné přírody a další přežívání jako i rozmnožování na vhodném stanovišti bez původního handicapu. I přes veškeré snahy pracovníků záchranných stanic však dochází k situacím, kdy zachráněná zvířata nelze navrátit do přírody, a nemusí to nutně znamenat jejich úhyn anebo usmrcení. Může se jednat o případy, kdy má jedinec trvalý handicap ať už v podobě přetrvávajícího zranění (např. ztráta končetiny), ale rovněž z pohledu etologického, například ztráta plachosti vůči člověku nebo ztráta přirozených vzorců chování (Lukesova et al., 2022; Molina-López et al., 2017). V takových případech je možné, za dodržení zásad chovu k zajištění dobré životní úrovně, využít trvalého ustájení v lidské péči a využití jedince k odchovu mláďat nebo edukační činnosti stanic.

V mnoha případech však dochází k situacím, kdy handicapovaným jedincům již není pomoci, a to ani s využitím mnoha zkušeností veterinárních lékařů, neboť poškození jsou příliš vážná (Cope et al., 2022). V takových případech dochází k úhynu přirozenou cestou, kdy i přes veškerou péči jedinec uhynie, anebo se po pečlivém zvážení prognózy přistoupí k eutanázii. V případě přirozených úhynů mohou hrát roli nejen velmi vážná zranění, ale také pokročilé infekce nebo další stavy spojené s delším přežíváním zvířete s tímto problémem, kdy mu není zajištěna včasná pomoc (Brown and Sleeman, 2002; Garcês et al., 2020; Kelly and Sleeman, 2003; Wendell et al., 2002). To není u volně žijících živočichů ničím výjimečným, neboť jejich osud často leží v rukou náhody, kdy jsou objeveni náhodným kolemjdoucím. To platí zejména v případech, kdy se zraněná nebo nemocná zvířata vzhledem ke svému stavu ukrývají nebo jsou uvíznutá v místech, která nejsou pravidelně kontrolována a odkud se nemohou dostat sami na svobodu (Kadlecová et al., 2025). Druhou zmíněnou příčinou úhynu bývá natolik závažný stav, kdy je v rámci zamezení utrpení jedince přistoupeno k eutanázii (White et al., 2023). V takovém případě je potřeba mnoha zkušeností pracovníků i veterinárních lékařů v oblasti medicíny mnoha druhů savců, ptáků i dalších druhů zvířat a co nejpřesnějšího odhadu prognózy. Toto rozhodování mohou komplikovat nedostatečné údaje o historii pacienta, který je nalezen na konkrétním místě, ale ne vždy je jasné, z jakého důvodu ke zraněním došlo anebo jak dlouho daný stav již trvá. V některých případech je evidentní, že zvíře může trpět například vnitřním zraněním po útoku kočky, pokud byl například majitelem kočky spatřen samotný lov. Nicméně v mnoha případech tyto údaje chybí.

Cílem této práce bylo stanovit, jaký podíl zvířat z jednotlivých tříd (savci, ptáci, plazi, obojživelníci) uhynul či byl utracen v záchranných stanicích v České republice v letech 2010 až 2020, jaký byl trend míry úhynů za sledované období a jak se vybrané příčiny příjmu lišily v míře přirozeného úhynu nebo eutanázie.

Materiál a metodika

Data obsahující informace o ukončení života handicapovaných zvířat v letech 2010 až 2020 byla získána z databáze Ministerstva životního prostředí jako dozorujícího orgánu nad činností záchranných stanic v České republice. Databáze obsahovala informace o druhu zvířete, jeho přiřazení do patřičné třídy (savci, ptáci, plazi, obojživelníci) a způsob ukončení života – úhyn (bez zásahu člověka) a eutanázie. Pro zhodnocení míry mortality byly vybrány následující příčiny příjmu: doprava, infekce, mláďata a pokousání. Analyzovány byly počty úhynů/eutanázií za celé sledované období a počty v rámci jednotlivých tříd a příčin příjmu, u kterých byl stanoven podíl uhynulých či utracených jedinců.

Statisticky byla data zpracována v programu UNISTAT 6.5 for Excel (Unistad Ltd., Londýn, UK). Ke stanovení trendu byl použit Spearmanův korelační koeficient, početnost jedinců v jednotlivých kategoriích byly porovnány s využitím metody chí-kvadrát testu kontingenčních tabulek 2x2 s Yatesovou korekcí. Statistická významnost byla stanovena jako $p < 0,05$.

Výsledky a diskuze

Za období let 2010 až 2020 bylo do 37 záchranných stanic přijato celkem 227 711 handicapovaných zvířat spadajících do tříd ptáci (54,28 % z celkového počtu přijatých zvířat), savci (34,55 %), plazi (0,86 %) a obojživelníci (10,31 %). Z tohoto množství byla část zvířat utracena nebo uhynula na následky zranění či dalších okolností, pro která byla přijata, a to v podílu 40,46 % ze všech přijatých ptáků, 29,14 % u savců, 9,55 % u plazů a 0,17 % v případě obojživelníků, jak zobrazuje tabulka č. 1. Nejvyšší podíl uhynulých jedinců ze třídy ptáci může naznačovat, že se jedná o skupinu nejvíce ohroženou zejména antropogenními faktory v přírodě, které mají fatální následky. Popisovány jsou v jejich případě střety s motorovými či vlakovými vozidly, dráty elektrického vedení, predace ze strany domácích mazlíčků nebo nárazy do skleněných ploch (Balmori, 2019; Fix and Barrows, 1990; Hernandez et al., 2018; Komnenou et al., 2005). U všech těchto faktorů jsou ve zmíněné literatuře popisovány vysoké míry mortality. Nejnížší míra mortality u obojživelníků v záchranných stanicích v České republice bude dána pravděpodobně tím, že záchranné stanice se často podílí na jejich transferu v rámci migračních tras a další ochraně přímo v místech výskytu, tedy zejména zajištěním optimálních podmínek pro jejich život a rozmnožování, než že by jich velké množství bylo převáženo přímo do zařízení záchranných stanic (Brown and Sleeman, 2002).

Tabulka č. 1. Počet přijatých handicapovaných zvířat do záchranných stanic v České republice v letech 2010 až 2020 dle jednotlivých tříd a podíl uhynulých či utracených jedinců

Celkem přijato		Úhyn / eutanázie	
Třída	Počet	Počet	% z přijatých
Ptáci	123 609	50 007	40,46 ^a
Savci	78 670	22 924	29,14 ^b
Plazi	1 959	187	9,55 ^c
Obojživelníci	23 473	41	0,17 ^d

^{a,b,c,d} Odlišné indexy ve sloupci indikují statistickou významnost ($p < 0,05$)

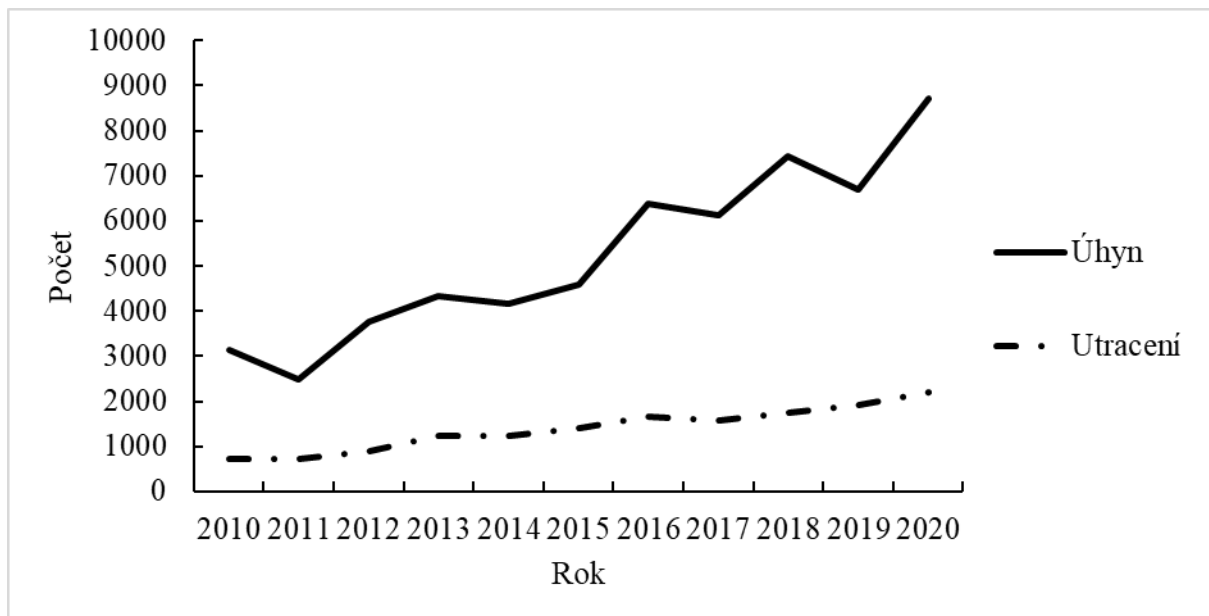
Tabulka č. 2 dále rozšiřuje náhled na to, jakým způsobem byl ukončen život handicapovaných zvířat – zda se jednalo o přirozený úhyn nebo byla veterinárním lékařem vzhledem ke svému stavu utracena. V případě ptáků byla utraceno 30,40 % jedinců z celkového počtu nepřeživších, obdobně u plazů se jednalo o 31,69 %. Naopak nejnížší podíl eutanázie byl popsán u savců, kde bylo utraceno pouze 18,84 % zvířat. Obdobná a nejvyšší míra využití eutanázie u ptáků a plazů může být dána jejich nižší odolností způsobenou působením výše zmíněných faktorů, které na tyto druhy v přírodě působí. U plazů lze doplnit opět mortalitu na silnicích, predaci ze strany domácích zvířat nebo nevhodné podmínky prostředí snižujících jejich odolnost a přežití (Brown and Sleeman, 2002). Je zajímavé, že u savců bylo využití eutanázie výrazně nižší. Otázkou je, zda k tomu dochází v důsledku lepších diagnostických postupů, než je tomu v případě jiných tříd, a tedy větší snaha a možnosti daného jedince zachránit, ať už se jedná o léčebné postupy, možnosti operací nebo větší zkušenosti pracovníků, ačkoli i to se může mezi jednotlivými stanicemi lišit. Některé studie se nicméně neshodují s výsledky zjištěnými v České republice, například Mullineaux and Pawson (2024) hodnotili rovněž všechny uvedené třídy zvířat a zjistili míru úhynů pouze 19,2 % a naopak míra eutanázií byla vyšší (37,2 %). V případě rozsáhlé rešerše, kterou provedli Cope et al. (2022) se míra přirozených úmrtí v záchranných stanicích pohybovala v rozmezí 17,9 – 18,2 % u ptáků a 17,9 % u savců. Je evidentní, že tyto hodnoty jsou výrazně nižší, než vyplývá z dat v České republice. Míra utracení holubů hřivnáčů ve Velké Británii vykazuje eutanázii u 37 % mláďat a 65 % dospělých jedinců (Kelly et al., 2011). Na eutanázii může být nahlíženo různými způsoby – může se jednat o krajní možnost, kdy zvíře na první pohled nemá absolutně šanci na přežití, anebo o posouzení toho, zda bude schopno vrátit se do přírody (Guy et al., 2013). Někteří autoři zmiňují

také otázku, zda je lepší zvíře utratit nebo jsme schopni poskytnout jim v trvalém zasetí naprosto optimální podmínky tak, aby u těchto jedinců nedocházelo k negativním dopadům na kvalitu jejich života (Mo and Oliver, 2020).

Tabulka č. 2. Přehled procentuálního zastoupení počtu eutanázií z celkového počtu nepřezivších zvířat v záchranných stanicích v České republice v letech 2010-2020

Třída	Úhyn (počet)	Utracení (počet)	% utracení ze všech uhynulých zvířat
Ptáci	38 349	11 658	30,40
Savci	19 290	3 634	18,84
Plazi	142	45	31,69
Obojživelníci	32	9	28,13

Graf č. 1. Celkový počet uhynulých a utracených handicapovaných zvířat přijatých do záchranných stanic v České republice v období let 2010 až 2020



Ve sledovaném období let 2010 až 2020 byl zjištěn vzrůstající trend v případě celkových počtů úhynů ($r_{Sp} = 0,9636$, $p < 0,05$) a to jak těch přirozených ($r_{Sp} = 0,9636$, $p < 0,05$), tak v případě eutanázií ($r_{Sp} = 0,9818$, $p < 0,05$). Tyto výsledky mohou souviset s tím, že v záchranných stanicích je popisován vzrůstající trend v počtu přijatých zvířat a s tím tedy souvisí reálné podíly úhynů a utracení. Je méně pravděpodobné, že by k úhynům docházelo častěji, stejně tak, že by byly sledované nějaké změny v počtech úhynů a eutanázií. Mullineaux and Pawson (2024) nicméně zmiňují ve své studii z Velké Británie klesající trend v počtu úhynů, což je zcela opačný trend, než byl zjištěn v České republice. Autoři zmiňují, že se jedná o výsledek lepšího třídění zvířat již v počátcích péče v záchranných stanicích a díky tomu je životní úroveň vyšší díky snižování zbytečného utrpení prostřednictvím eutanázií.

V tabulce č. 3 je znázorněn přehled míry úhynů a eutanázií u čtyř nejčastějších důvodů příjmu za sledované období. V případě zvířat zraněných dopravními prostředky (automobily, vlaky) a nemocných zvířat je poměr úhynů a utracení podobný (utracení v případě 22,71 % respektive 26,13 % všech úhynů), o něco nižší podíl eutanázií byl sledován v případě zvířat pokousaných

jiným živočichem (13,18 %) a nejnižší u mláďat (8,58 % utracených mláďat ze všech, která nepřežila). V případě dopravy může být vyšší míra eutanázií spojená s fatálními zraněními, která dopravní prostředek zvířatům způsobí. Pro menší druhy zvířat bývají tyto střety velmi často fatální pro jejich velikost, případně obrannou strategii, jako je například u ježků smotání se do klubíčka bez snahy nebezpečné místo opustit (Cope et al., 2022). V takových případech je šetrnější nepodstupovat náročné veterinární zákroky a snahu o záchranu jedince. V případě infekcí se může jednat o pozdní nález jedince, kdy infekce v čase výrazně pokročila a jedince výrazně oslabil. Zde se mohou přidat také další onemocnění, důsledky dlouhodobějšího hladovění, kdy dojde k rozvratu organismu a celkovému zhoršení zdravotního stavu natolik, že veterinární lékař zhodnotí prognózu jako velmi špatnou bez reálných šancí na uzdravení. Překvapivějším zjištěním může být nižší míra eutanázií u zvířat poraněných jiným zvířetem, kdy dochází často k vnitřním poraněním. Právě tato skutečnost ale může komplikovat stanovení přesné diagnózy, neboť je velmi těžké stanovit míru poškození zdraví, rozsah zranění a také dobu po útoku, kterou zvíře dále přežívalo a zda v té době přijímalo potravu (Lukesova et al., 2021). U mláďat je evidentní snaha o záchranu, takže míra utracení je nejnižší. Zde může sehrát roli celá řada faktorů, ať už se jedná o stáří mláďete, dobu strávenou bez matky, a tedy bez výživy, podchlazení při pobytu mimo hnízdo, zda se jedná o mláďata z neobvykle načasovaných vrhů a také s ohledem na druh a nároky na výživu u některých druhů zvířat (Cope et al., 2022).

Tabulka č. 3. Míra úhynů a eutanázií u čtyř nejčastějších příčin příjmu živočichů do záchranných stanic v České republice v letech 2010 až 2020

Důvod příjmu	Počet	Úhyn		Utracení	
		Počet	%	Počet	%
Doprava	9 044	6 990	77,29 ^a	2 054	22,71 ^w
Infekce	1 374	1 015	73,87 ^b	359	26,13 ^x
Mláďata	13 460	12 305	91,42 ^c	1 155	8,58 ^y
Pokousání	8 011	6 955	86,82 ^a	1 056	13,18 ^z

a,b,c,w,x,y,z Odlišné indexy ve sloupci indikují statistickou významnost ($p < 0,05$)

Závěr

Data ze záchranných stanic v České republice vykazují výrazně větší podíl přirozených úhynů než řízené eutanázie, což je v rozporu s některými dalšími studiemi ze záchranných stanic ve světě. Včasná a přesná diagnóza a co nejpřesnější stanovení prognózy umožňuje, prostřednictvím eutanázie, vyvarovat se prodlužování utrpení při pokusech o záchranu jedince. Vyhodnocení dalších dat by mohlo vést k užitečným zjištěním o tom, jaké kategorie zvířat mají jakou šanci na záchranu v případě konkrétních příčin jejich handicapu, rozšířit tak znalosti pracovníků a veterinárních lékařů, a uplatnit je k minimalizaci utrpení zvířat v záchranných stanicích.

Literatura

- Balmori, A. 2019. Endangered bird mortality by gunshots: still a current problem. *Biodiversity and Conservation* 28: 2555-2564.
- Brown, J.D., Sleeman, J.M. 2002. Morbidity and mortality of reptiles admitted to the wildlife center of Virginia, 1991 to 2000. *Journal of Wildlife Diseases* 38: 699-705.
- Cope, H.R., McArthur, C., Dickman, C.R., Newsome, T.M., Gray, R., Herbert, C.A. 2022. A systematic review of factors affecting wildlife survival during rehabilitation and release. *PLoS ONE* 17: e0265514.
- Fix, A.S., Barrows, S.Z. 1990. Raptors rehabilitated in Iowa during 1986 and 1987: a retrospective study. *Journal of Wildlife Diseases* 26: 18-21.

- Garcês, A., Soeiro, V., Lóio, S., Sargo, R., Sousa, L., Silva, F., et al. 2020. Outcomes, mortality causes, and pathological findings in European hedgehogs (*Erinaceus europaeus*, Linnaeus 1758): a seventeen year retrospective analysis in the North of Portugal. *Animals* 10: 1305.
- Guy, A.J., Curnoe, D., Banks, P.B. 2013. A survey of current mammal rehabilitation and release practices. *Biodiversity and Conservation* 22: 825-837.
- Hernandez, C.L., Oster, S.C., Newbrey, J.L. 2018. Retrospective study of raptors treated at the Southeastern Raptor Center in Auburn, Alabama. *Journal of Raptor Research* 52: 379-388.
- Kadlecová, G., Kounek, F., Voslářová, E., Večerek, V. 2025. Numbers of Eurasian beaver (*Castor fiber*) in the Czech Republic, causes of their admission to rehabilitation centres and release rates in the period from 2010 to 2020. *PLoS One* 20: e0323607.
- Kelly, A., Halstead, C., Hunter, D., Leighton, K., Grogan, A., Harris, M. 2011. Factors affecting the likelihood of release of injured and orphaned woodpigeons (*Columba palumbus*). *Animal Welfare* 20: 523-534.
- Kelly, T.R., Sleeman, J.M. 2003. Morbidity and mortality of red foxes (*Vulpes vulpes*) and gray foxes (*Urocyon cinereoargenteus*) admitted to the Wildlife Center of Virginia, 1993–2001. *Journal of Wildlife Diseases* 39: 467-469.
- Komnenou, A.T., Georgopoulou, I., Savvas, I., Dessiris, A. 2005. A retrospective study of presentation, treatment, and outcome of free-ranging raptors in Greece. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 36: 222-228.
- Lukesova, G., Voslarova, E., Vecerek, V. 2021. Juvenile European hedgehogs (*Erinaceus europaeus*) at rescue centers and their release rate depending on their weight on admission. *PLoS ONE* 16: e0258273.
- Lukesova, G., Voslarova, E., Vecerek, V. 2022. Mammals at rescue centres in the Czech Republic: trends in intake and outcome, causes of admission, length of stay and release rate. *Journal for Nature Conservation* 67: 126156.
- Mo, M., Oliver, R. 2020. Managing non-releasable animals following rehabilitation: the current management framework in New South Wales, recent trends and a stakeholder consultative review. *Australian Zoologist* 41: 58-73.
- Molina-López, R.A., Mañosa, S., Torres-Riera, A., Pomarol, M., Darwich, L. 2017. Morbidity, outcomes and cost-benefit analysis of wildlife rehabilitation in Catalonia (Spain). *PLoS ONE* 12: e0181331.
- Mullineaux, E., Pawson, C. 2023. Trends in admissions and outcomes at a British wildlife rehabilitation centre over a ten-year period (2012–2022). *Animals* 14: 86.
- Wendell, M.D., Sleeman, J.M., Kratz, G. 2002. Retrospective study of morbidity and mortality of raptors admitted to Colorado State University Veterinary Teaching Hospital during 1995 to 1998. *Journal of Wildlife Diseases* 38: 101-106.
- White, K., Hänninen, L., Valros, A. 2023. Euthanasia and the rehabilitation of wildlife casualties in Finland: decision-making varies depending on the background education of the caregivers. *Frontiers in Veterinary Science* 10: 1207930.

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ HNÍZDNÍ CHOVÁNÍ ČÁPA ČERNÉHO (*CICONIA NIGRA*)

FACTORS AFFECTING THE NESTING BEHAVIOUR OF THE BLACK STORK (*CICONIA NIGRA*)

Julie Jarošová, Petr Linhart*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The black stork (*Ciconia nigra*) and the white stork (*Ciconia ciconia*) are the only species of the stork family that breed in Central Europe. Black storks are less common than white storks, nest in hidden places and are very sensitive to disturbance during nesting. The study investigated differences in the proportion of time spent on the nest during the three breeding phases in two pairs of black storks at localities in Poland. Also, the weight of chicks bred by each pair was compared, which was observed when they were ringed. As part of the study, it was found that even though the pair in Bolewice raised more chicks, the weight of the chicks when ringed was statistically significantly higher ($p < 0.05$) than the same age chicks from Łódź. The ratio of time that the parent pair spends on the nest was statistically significantly higher ($p < 0.01$) in Bolewice storks. The storks from Bolewice probably had better conditions for foraging and did not have to travel as far for food as the storks from Łódź and were thus able to provide more food for their chicks.

Key words: black stork, nesting stages, breeding

Souhrn

Čáp černý (*Ciconia nigra*) a čáp bílý (*Ciconia ciconia*) jsou jedinými zástupci z čeledi čápovitých, kteří se rozmnožují na území střední Evropy. Čápi černí se vyskytují narozdíl od čápů bílých méně často, hnízdí skrytě a jsou velmi citliví na vyrušování během hnízdění. V rámci studie byly sledovány rozdíly v podílu času stráveného na hnízdě ve třech hnízdních fázích u dvou párů čápů černých na lokalitách v Polsku. Také byla porovnána hmotnost mláďat odchovaných jednotlivými páry, která byla zjištěna při jejich kroužkování. V rámci studie bylo zjištěno, že i když pár v Bolewicích odchovával více mláďat, byla hmotnost kuřat při kroužkování statisticky průkazně vyšší ($p < 0,05$) než u stejně starých kuřat z Lodže. Procentuální podíl času stráveného na hnízdě byl statisticky průkazně vyšší ($p < 0,01$) u čápů z Bolewic. Ptáci v Bolewicích zřejmě měli lepší podmínky pro získávání potravy a nemuseli pro potravu létat tak daleko jako čápi z Lodže a byli tak schopni zajistit mláďatům větší množství potravy.

Klíčová slova: čáp černý, fáze hnízdění, reprodukce

Úvod

Čáp černý (*Ciconia nigra*) je jedním ze dvou zástupců z čeledi čápovitých (*Ciconidae*), kteří se rozmnožují na území střední Evropy (Norton a Whiteside 2015). Narozdíl od čápa bílého, který se vyskytuje ve střední Evropě celkem běžně, je populace čápa černého menší a páry hnízdí většinou skrytě v lesích a při hnízdění jsou citlivější na klid než čápi bílí (Artemiuk a Klich, 2012).

Tento plachý druh brodivého ptáka je vázaný na rozlehlé lesní komplexy s minimálním rušením a dostatkem vodních ploch v okolí. Hnízdí nejčastěji na starých stromech v odlehlých částech lesa, kde si staví rozměrná hnízda, která často opakovaně využívá po několik sezón. Klid v hnízdním období je pro tento druh zásadní, zvýšené rušení člověkem (např. těžbou dřeva nebo turistickým

* linhartp@vfu.cz

ruchem) může vést k opuštění hnízda, úhynu mláďat nebo snížení reprodukční úspěšnosti (Väli et al., 2024; Cano et al., 2013; Freschi et al., 2013). Hnízdní stanoviště jsou vybírána také v závislosti na dostupnosti potravy. Čáp černý se živí převážně rybami, obojživelníky a vodními bezobratlými, které loví v mělkých tocích, tůních nebo rybnících. Kvalita a dostupnost těchto zdrojů ovlivněná např. úpravami vodních toků, chemizací nebo klimatickými extrémů má přímý dopad na stav rodičů i přežívání mláďat (Konovalov et al., 2019).

Vzhledem ke své ekologické specializaci a citlivosti k rušení je čáp černý zařazen mezi druhy vyžadující zvláštní ochranná opatření (Směrnice ES č. 147/2009). Jeho hnízdní chování tak nabízí cenný vhled do potřeb a welfare volně žijících ptáků v lesních biotopech a může sloužit jako modelový příklad pro tvorbu šetrných lesnických, vodohospodářských a rekreačních strategií.

Cílem studie bylo popsat hnízdní chování, porovnat rozdíly v přítomnosti rodičů na hnízdě ve třech fázích hnízdění u dvou hnízdících párů s různým počtem mláďat a porovnat hmotnost kuřat v období kroužkování.

Materiál a metodika

V roce 2024 během hnízdní sezóny čápa černého (*Ciconia nigra*) byly pořízeny pomocí programu OBS studio videozáznamy hnízdního chování čápů z volně dostupných webkamer nacházejících se na dvou lokalitách v Polsku. První hnízdo se nacházelo v Lodži a druhé v Bolewicích. Pohlaví dospělých jedinců bylo možné určit podle kroužků, kterými byli vybraní jedinci na hnízdech označeni. Celkem bylo získáno dvanáct dvanáctihodinových záznamů ze tří různých hnízdních období (hnízdní období inkubace vajec, hnízdní období péče o mláďata po vylíhnutí a hnízdní období péče o odrostlá mláďata před opuštěním hnízda), vždy dva záznamy z jednoho období pro každé hnízdo. Následně byly nahrávky vyhodnoceny, byla sledována četnost výskytu obou rodičů na hnízdě během jednotlivých hnízdních období a byla zjištěna hmotnost mláďat při kroužkování (věk kuřat 47-49 dnů) na hnízdě v Bolewicích (n=5) a v Lodži (n=4). Statistická analýza byla provedena pomocí programu UNISTAT verze 6.5 a StatSoft Inc. (2014) STATISTICA verze 12. Vzhledem k velikosti souboru dat byla hmotnost mláďat porovnána pomocí Mann-Whitney testu. Porovnání četností bylo provedeno pomocí Pearsonova chi-kvadrát testu, subanalýzy byly provedeny pomocí Fisherova přesného testu v případě, že četnost nesplňovala podmínky dobré aproximace nebo chí-kvadrát testem s Yatesovou korekcí. Hladina významnosti byla nastavena na $p=0,05$.

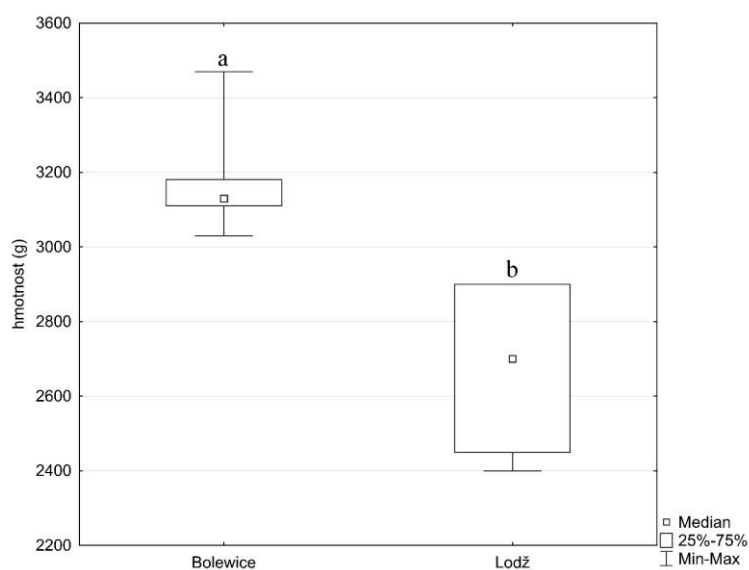
Výsledky a diskuze

V rámci studie byly sledovány rozdíly v podílu času stráveného na hnízdě u samců a samic čápa černého (*Ciconia nigra*) a hmotnost jejich kuřat při kroužkování na dvou hnízdech v Polsku.

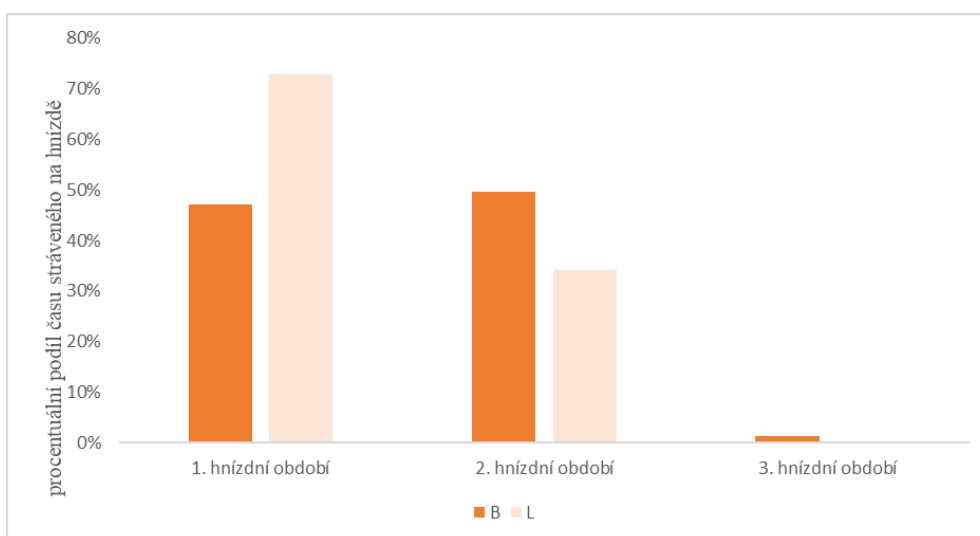
Samice na hnízdě v Bolewicích snesla postupně 5 vajec a samice v Lodži 4 vejce. Všechna vejce byla oplozená a vylíhla se z nich mláďata, která byla úspěšně odchována. U snůšky v Bolewicích nastala atypická situace, kdy se 4 z 5 kuřat vylíhla ve stejný den s odstupem 10 hodin. Na rozdíl od ptačích druhů, kde je inkubace zahájena až po dokončení snůšky, u čápů je inkubace zahájena hned po snesení prvního vejce a další vejce jsou snášena s minimálně jednodenním odstupem (Hancock et al., 2001). Tím dochází k posunu v líhnutí a ve vývoji jednotlivých kuřat, což dává nejstarším mláďatům výhodu oproti mladším sourozencům v případě nedostatku potravy. I přesto, že rodičovský pár v Bolewicích odchovával o jedno mládě více, byla hmotnost kuřat ve věku 47-49 dní statisticky průkazně vyšší ($p<0,05$) než u stejně starých kuřat z Lodže (Graf 1). Rovněž četnost výskytu rodičů na hnízdě byla statisticky průkazně vyšší ($p<0,01$) u čápů z Bolewic a to zejména ve třetím období (Graf 2 a 3). V prvním období se oba rodiče střídali v sezení na vejcích, ale zatímco v Bolewicích se větší měrou na sezení podílela samice ($p<0,01$), v Lodži strávil při sezení na vejcích více času samec ($p<0,01$). Důvodem rozdílů v hmotnosti mláďat a v četnosti výskytu obou rodičů na hnízdě v druhém a třetím období může být rozdíl v potravní nabídce v okolí hnízda. Zatímco v okolí hnízda v Bolewicích se vyskytuje velké množství členitých vodních ploch, v okolí

hnízda v Lodži je vodních ploch menší množství. Ptáci v Bolewicích tak zřejmě měli lepší podmínky pro získávání potravy a nemuseli se pro potravu vydávat do vzdálených míst. To odpovídá i frekvenci, se kterou oba ptáci přinášeli na hnízdo potravu. Přestože tedy zajišťovali potravu pro větší počet mláďat, byli zřejmě díky lepší dostupnosti potravních zdrojů schopni zajistit mláďatům větší množství potravy (Váli et al., 2024). Úspěšnost vyvedení mláďat tak není vázána pouze na dostupnost vhodných lesních porostů se vzrostlými stromy a absencí rušivých vlivů, ale důležitým faktorem je zjevně i současná dostupnost vhodných mělkých toků, tůní a rybníků s bohatou potravní nabídkou.

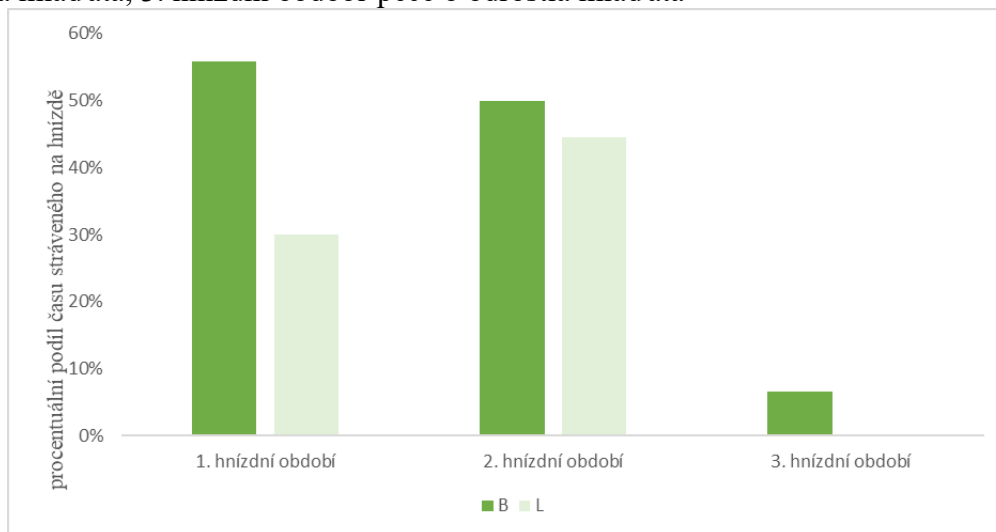
Graf č. 1. Porovnání hmotnosti mláďat při kroužkování ve věku 47-49 dnů na hnízdě v Bolewicích a v Lodži



Graf č. 2. Procentuální podíl času stráveného samci na hnízdě v daném hnízdním období, B-hnízdo Bolewicích, L-hnízdo v Lodži, 1. hnízdní období-inkubace vajec, 2. hnízdní období-péče o vylíhnutá mláďata, 3. hnízdní období-péče o odrostlá mláďata



Graf č. 3. Procentuální podíl času stráveného samicemi na hnízdě v daném hnízdním období, B-hnízdo Bolewicz, L-hnízdo v Lodži, 1. hnízdní období-inkubace vajec, 2. hnízdní období-péče o vylíhnutá mláďata, 3. hnízdní období-péče o odrostlá mláďata



Obrázek č. 1. 1. hnízdní období – inkubace vajec, Bolewice



Obrázek č. 2. 2. hnízdní období – péče o vylíhnutá mláďata, Bolewice



Obrázek č. 3. 3. hnízdní období – odrostlá mláďata, Bolewice

Závěr

V rámci studie bylo zjištěno, že dostupnost potravy v blízkosti hnízda může v průběhu odchovu mláďat čápa černého hrát významnou roli. Lepší dostupnost potravy se u hnízdícího páru z Bolewic projevila mimo jiné i ve vyšší četnosti výskytu rodičů na hnízdě, zejména ve fázi intenzivního krmení mláďat, což současně umožňuje včasnou obranu mláďat v případě ohrožení. Pozorované odlišnosti v podílu pohlaví na inkubaci mezi lokalitami naznačují možnou plasticitu v rodičovském chování. Celkově výsledky naznačují, že pro úspěšné vyvedení mláďat u čápů černých je potřeba nejen vhodná lokalita pro hnízdění, ale klíčová je i vzdálenost vhodných lovišť.

Literatura

- Artemiuk, A., Klich, D. 2012. Nesting of black stork *Ciconia nigra* in 'Lasy Janowskie' Landscape Park. Sylwan 156: 225-232.
- Cano, L.S., Franco, C., Doval, G., Tores, A., Carbonell, I., Tellería, J.L. 2013. Conservation of Iberian Black Storks *Ciconia nigra* outside breeding areas: distribution, movements and mortality. Bird Conservation International 23: 463-468.
- Freschi, P., Consentino, C., Napolitano, F., Pacelli, C., Manicone, D., Mallia, E., Ragni, M., Paolino, R., Braghieri, A. 2023. First Report on a Cliff-Nesting Pair of Black Storks (*Ciconia nigra* Linnaeus, 1758) and Their Nestlings. Forests 14: 1-17.
- Hancock, J.A., Kushlan, J.A., Kahl, P.M. 2001. Storks Ibises and spoonbills of the world. 2 nd ed. Text academic press limited. London, UK.
- Konovalov, A., Nellis, R., Nellis, R., Nurmla, A., Sellis, U., Väli, Ü. 2019. Solitude at periphery: lack of partners limits reproduction of the Black Stork (*Ciconia nigra*) at the margin of the distribution range. Ornis Fennica 96: 13-23.
- Norton, T.M., Whiteside, D.P. 2015. Ciconiiformes (Herons, Ibises, Spoonbills, Storks). In: Fowler, M.E., Miller R.E. (Eds.): Fowler's Zoo and Wild Animal medicine. 8th ed. Elsevier, Saint Louis, pp. 100-104.
- Směrnice (ES) č. 147/2009 o ochraně volně žijících ptáků. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 31.7.2025]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/LSU/?uri=CELEX:32009L0147>
- Väli, Ü., Strazds, M., Kaldma, K., Treinys, R. 2024. Low juvenile survival threatens the Black Stork *Ciconia nigra* in northern Europe. Bird Conservation International 34: 1-7.

**ZAJÍC POLNÍ (*LEPUS EUROPAEUS*) JAKO NÁHODNÝ HOSTITEL PARAZITA
*TRYPANOSOMA PESTANAI***

**EUROPEAN BROWN HARE (*LEPUS EUROPAEUS*) AS AN ACCIDENTAL HOST
OF *TRYPANOSOMA PESTANAI***

**Lucie Veitová^{1,2*}, Jiří Pikula², Jan Votýpka^{3,4}, Vendula Kokešová², Paulina Maria Lesiczka⁵,
Vladimír Piaček², Jana Sedláčková², Tomáš Heger², Hana Band'ouchová^{2,6}**

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Ústav ekologie a chorob zoozvířat, zvěře, ryb a včel, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ³ Katedra parazitologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Česká republika, ⁴ Parazitologický ústav Biologického centra Akademie věd, ČR, ⁵ The Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority, Nizozemsko, ⁶ Klinika chorob ptáků, plazů a drobných savců, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Department of Ecology and Diseases of Zoo Animals, Game, Fish and Bees, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czechia, ³ Department of Parasitology, Faculty of Science, Charles University, Czech Republic, ⁴ Biology Centre, Institute of Parasitology, Czech Academy of Sciences, Czech Republic, ⁵ The Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority, the Netherlands, ⁶ Avian and Exotic Animal Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

* veitoval@vfu.cz

Summary

*In Europe, trypanosomes are not considered a serious threat to humans or domestic animals; however, their potential ecological impact on wildlife—including possible effects on health and welfare—remains largely understudied. This study focuses on the occurrence of trypanosomes in the European brown hare (*Lepus europaeus*) in Czechia, where this leporid is not only an important game animal but also plays a key role in natural ecosystems. Using nested PCR targeting 18S rDNA, trypanosome DNA was detected in two out of 388 blood samples. This represents the first confirmed occurrence of trypanosomes in a member of the genus *Lepus*. Subsequent sequencing identified the species *Trypanosoma pestanai*, previously known only as a parasite of the European badger (*Meles meles*). These findings suggest that *T. pestanai* may have a broader host range than previously recognized and highlight the need for further research into its ecological significance, transmission dynamics, and potential impacts on the health and welfare of wild animals.*

Key words: *Leporidae, nested pcr, blood parasite, wildlife*

Souhrn

*V Evropě nejsou trypanosomy považovány za vážnou hrozbu pro člověka ani pro domácí zvířata, avšak jejich potenciální ekologický dopad na volně žijící živočichy – včetně možného vlivu na zdravotní stav a welfare – zůstává stále málo prozkoumán. Tato studie se zaměřuje na výskyt trypanosom u zajíce polního (*Lepus europaeus*) v České republice, kde tento zajícovec představuje nejen významnou lovnou zvěř, ale zároveň hraje důležitou roli v přírodních ekosystémech. Pomocí metody nested PCR cílené na 18S rDNA byla DNA trypanosom detekována ve dvou ze 388 krevních vzorků. Jde o vůbec první potvrzený výskyt trypanosom u zástupce rodu *Lepus*. Následné*

* veitoval@vfu.cz

sekvenování odhalilo druh *Trypanosoma pestanai*, který byl dosud považován za parazita jezevce lesního (*Meles meles*). Tato zjištění naznačují, že *T. pestanai* může mít širší spektrum hostitelů, než se dosud předpokládalo, a upozorňují na potřebu dalšího výzkumu jeho ekologického významu, možných cest přenosu i dopadů na zdraví a welfare volně žijících zvířat.

Klíčová slova: zajícovití, nested PCR, krevní parazit, volně žijící živočichové

Úvod

Zajíc polní (*Lepus europaeus*) je v České republice běžným druhem a obývá zemědělskou krajinu, louky i okraje lesů. V ekosystémech zastává významnou roli jako býložravec i kořist pro predátory. Od 60. let 20. století však jeho populace výrazně klesá (Edwards et al., 2000), především v důsledku úbytku pestré krajiny, rozšiřování velkoplošného zemědělství (Lundström-Gilliéron a Schlaepfer, 2003), nárůstu počtu predátorů (Edwards et al., 2000), úhynů na silnicích (Roedenbeck a Voser, 2008), vlivu zemědělské techniky (Steen et al., 2012) a výskytu onemocnění (Pikula et al., 2004; Trembl et al., 2007; Chroust et al., 2012).

Trypanosomy jsou jednobuněční parazité s celosvětovým výskytem, přenášení krev sajícími bezobratlými (Hoberg et al., 2012). K přenosu dochází různými mechanismy, například slinami vektora, jeho výkaly nebo ingescí vektora (Haag et al., 1998). Patogeneze je nejlépe popsána u druhů významných pro zdraví lidí či hospodářských zvířat, jako je např. *T. brucei* a *T. cruzi*, zatímco jiné druhy jsou buď považovány za nepatogenní, nebo jejich vliv na hostitele dosud nebyl popsán (Magri et al., 2021).

T. brucei způsobuje těžkou anémii, úbytek hmotnosti, aborty a bez léčby často úhyn (Smetko et al., 2015), infekce *T. cruzi* (původce Chagasovy choroby) může vést k vážným srdečním a trávicím komplikacím i desítky let po nakažení (Nunes da Costa et al., 2021). *T. brucei*, *T. congolense* a *T. vivax* postihují i africkou faunu, u které způsobují horečku, anémii a letargii (Kasozzi et al., 2021). U evropské fauny však převažují nepříliš patogenní druhy trypanosom (Magri et al., 2021).

Výskyt trypanosom byl potvrzen u různých savců (Kostygov et al., 2021), například u netopýrů (Linhart et al., 2020), hlodavců (Votýpka et al., 2022) nebo zajícovitých (*Leporidae*). U králíka divokého (*Oryctolagus cuniculus*) je znám druh *Trypanosoma nabiasi* (Grewal, 1957; Díaz-Sáez et al., 2014; Merino-Espinosa et al., 2016), zatímco výskyt trypanosom u zajíců, včetně zajíce polního, dosud nebyl popsán.

O vlivu trypanosom na zdravotní stav a welfare volně žijících zvířat v Evropě víme zatím velmi málo (Magri et al., 2021). Přestože krevní parazité v Evropě jen vzácně vyvolávají závažná onemocnění, jejich monitoring je důležitý – nejen kvůli možnému zoonotickému riziku, ale také s ohledem na celkovou pohodu a vitalitu volně žijících populací. Skryté parazitární zátěže mohou přispívat k oslabení jedinců, snížení reprodukční úspěšnosti či vyšší náchylnosti k jiným stresorům prostředí. V této studii byla poprvé zjištěna přítomnost trypanosom v krvi zajíců polních v České republice pomocí nested PCR. Naše výsledky tak rozšiřují dosavadní poznatky o výskytu těchto parazitů u volně žijících savců a představují důležitý krok k lepšímu porozumění jejich možného vlivu na zdraví a welfare zajíců i dalších volně žijících druhů.

Materiál a metodika

Celkem bylo během loveckých sezón v letech 2018–2020 v České republice odebráno 388 krevních vzorků zajíce polního, konkrétně v těchto lokalitách: honitba Drnholec (2 jedinci), Kyjov (10), Letovice (3), Opatovice (8), Brno – Tuřany (89), Pavlovice (149), Znojmo (3), Žichlínek (23) a několik blíže neurčených lokalit na jižní Moravě (101).

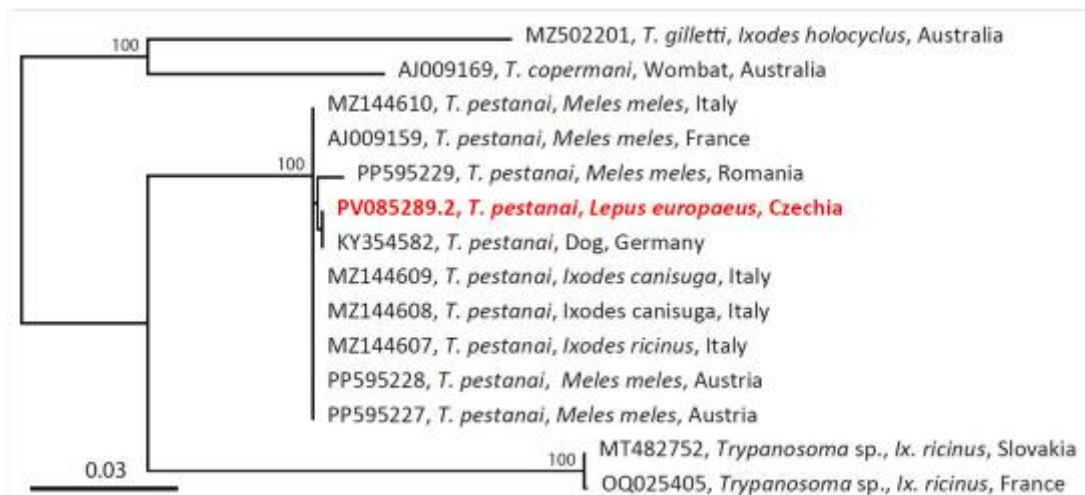
Extrakce DNA probíhala podle protokolu popsaného Lesiczku et al. (2021) a specifický protokol nested PCR zaměřený na 18S rDNA (~2100 bp) vycházel ze studie Sewarda et al. (2017). Amplikony byly purifikovány pomocí kitu High Pure PCR Product Purification Kit (Roche, Švýcarsko) a sekvenovány komerčně (SEQME, Česká republika). Úprava sekvencí a fylogenetická analýza byly provedeny v programu Geneious Prime v. 2024 (Biomatters, Auckland, Nový Zéland).

za použití výchozího nastavení algoritmu Geneious alignment; výsledný fylogenetický strom byl vytvořen pomocí pluginu PhyML.

Výsledky a diskuze

Analýza metodou nested PCR odhalila přítomnost trypanosom ve dvou ze 388 krevních vzorků zajíce polního. Oba vzorky poskytly identické sekvence (GenBank přístupové číslo PV085289.2), které vykazovaly 100% shodu s *Trypanosoma pestanai* (KY354582; viz obr. 1). Oba jedinci pozitivní na *T. pestanai* pocházeli z lokality Brno-Tuřany (2 z 89 vzorků; 2,25 %). U jednoho z těchto dvou zajíců byla navíc detekována přítomnost *Anaplasma phagocytophilum* (Lesiczka et al., 2021).

Obrázek č. 1. Fylogenetická rekonstrukce založená na sekvencích 18S rRNA všech dostupných záznamů *Trypanosoma pestanai*, včetně naší sekvence (PV085289.2) získané z krve zajíce polního (*Lepus europaeus*) z lokality Brno – Tuřany v České republice. Jako outgroup byly použity *Trypanosoma gilleti* a *T. copermani*.



Jedná se o první přímý průkaz přítomnosti trypanosom v krvi zajíců polních v Evropě, přičemž detekce *Trypanosoma pestanai* významně rozšiřuje znalosti o spektru hostitelů této trypanosomy. Dosud byl tento druh detekován u jezevce lesního (*Meles meles*), u kterého se jako vektor uplatňuje blecha jezevčí (*Paraceras melis*) (Lizundia et al., 2011; Sgroi et al., 2021). Infekce je obvykle bezpříznaková a nezpůsobuje změny v krevním obraze (McCarthy et al., 2009). Přestože *T. pestanai* byla zaznamenána jen u jezevců a výjimečně u psa (Dyachenko et al., 2017), blechy tohoto druhu se často vyskytují i na liškách a jiných hostitelích (Ancillotto et al., 2014).

Zajíc polní obvykle nevyužívá k úkrytu podzemní nory, kde by se blechy mohly vyvíjet, a blechy na něm proto přežívají spíše náhodně a krátkodobě. Nedávno popsání využívání jezevčích nor zajíci může vysvětlit přenos parazita na zajíce coby náhodného hostitele (Pecorella a Mori, 2023). Blechy mohou přežít mimo hostitele až 90 dní a soustřeďují se u vchodu do nory (Cox et al., 1999). To ukazuje, že sdílení nor může usnadnit přenos blech mezi různými druhy.

Kromě blech byla *T. pestanai* detekována také v klíšťatech (*Ixodes ricinus* a *I. canisuga*) (Sgroi et al., 2021), což naznačuje možné alternativní cesty přenosu a širší spektrum hostitelů díky nižší hostitelské specifitě klíšťat (Koual et al., 2023). Zajíc polní i jezevec lesní jsou přirozenými hostiteli těchto klíšťat (Butler a Roper, 1996; Lesiczka et al., 2021).

Klimatické změny ovlivňují distribuci patogenů, hostitelů a přenašečů a mohou měnit dynamiku přenosu (Biota, 2002; Altizer et al., 2011). Detekce *T. pestanai* u dvou jedinců zajíce polního může

představovat náhodný nález, ale nízká parazitemie může být příčinou falešně negativního výsledku, takže skutečná prevalence může být vyšší (Desquesnes et al., 2022).

U jednoho zajíce byla současně zjištěna infekce *Anaplasma phagocytophilum* (Lesiczka et al., 2021), která může ovlivnit imunitní odpověď jedince (Rikihisa, 2011). Naše výsledky podtrhují potřebu dalších studií k lepšímu pochopení výskytu, přenosu a dopadů trypanosom u zajíců a dalších evropských savců (Magri et al., 2021).

Závěr

V této studii popisujeme vůbec první detekci *T. pestanai* u zajíce polního, čímž rozšiřujeme dosud známé spektrum hostitelů tohoto parazita nad rámec jezevce lesního. Tento nález naznačuje, že ekologická nika *T. pestanai* může být širší, než se dosud předpokládalo. Přestože potvrzeným přenašečem je blecha jezevčí (*Paraceras melis*), existuje možnost, že na přenosu parazita by se mohli podílet i další vektory. To zdůrazňuje potřebu dalšího výzkumu zaměřeného na cesty přenosu, zapojení různých přenašečů a potenciální patologické dopady *T. pestanai* u volně žijících zvířat. Pro správné posouzení ekologického dopadu a možných rizik pro zdraví a welfare volně žijících i domácích zvířat je nezbytné důkladně porozumět celkovému spektru hostitelů a způsobům přenosu parazita.

Literatura

- Altizer, S., Bartel, R., Han, B.A. 2011. Animal migration and infectious disease risk. *Science* 331: 296-302.
- Ancillotto, L., Mazza, G., Menchetti, M., Mori, E. 2014. Host specificity of the badger's flea (*Paraceras melis*) and first detection on a bat host. *Parasitology Research* 113: 3909-3912.
- Biota, M. 2002. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296: 2158-2162.
- Butler, J. M., Roper, T. J. 1996. Ectoparasites and sett use in European badgers. *Animal Behaviour* 52: 621-629.
- Cox, R., Stewart, P.D., Macdonald, D.W. 1999. The Ectoparasites of the European Badger, *Meles meles*, and the Behavior of the Host-Specific Flea, *Paraceras melis*. *Journal of Insect Behavior* 12: 245-265.
- Desquesnes, M., Gonzatti, M., Sazmand, A., Thévenon, S., Bossard, G., Boulangé, A., Gimonneau, G., Truc, P., Herde, S., Ravel, S., Sereno, D., Jamonneau, V., Jittapalapong, S., Jacquet, P., Solano, P., Berthier, D. 2002. A review on the diagnosis of animal trypanosomoses. *Parasites & Vectors* 15: 64.
- Díaz-Sáez, V., Merino-Espinosa, G., Morales-Yuste, M., Corpas-López, V., Pratlong, F., Morillas-Márquez, F., Martín-Sánchez, J. 2014. High rates of *Leishmania infantum* and *Trypanosoma nabiasi* infection in wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in sympatric and syntrophic conditions in an endemic canine leishmaniasis area: Epidemiological consequences. *Veterinary Parasitology* 202: 119-127.
- Dyachenko, V., Steinmann, M., Bangoura, B., Selzer, M., Munderloh, U., Dauschies, A., Barutzki, D. 2017. Co-infection of *Trypanosoma pestanai* and *Anaplasma phagocytophilum* in a dog from Germany. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* 9: 110-114.
- Edwards, P.J., Fletcher, M.R., Berny, P. 2000. Review of the factors affecting the decline of the European brown hare, *Lepus europaeus* (Pallas, 1778) and the use of wild life incident data to evaluate the significance of paraquat. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 79: 95-103.
- Grewal, M.S. 1957. The life cycle of the British rabbit trypanosome, *Trypanosoma nabiasi* Railliet, 1895. *Parasitology* 47: 100-118.
- Haag, J., O'hUigin, C., Overath, P. 1998. The molecular phylogeny of trypanosomes: evidence for an early divergence of the Salivaria. *Molecular and biochemical parasitology* 91: 37-49.
- Hoberg, E.P., Galbreath, K.E., Cook, J.A., Kutz, S.J., Polley, L. 2012. Northern host-parasite assemblages: history and biogeography on the borderlands of episodic climate and environmental transition. *Advances in parasitology* 79: 1-97.
- Chroust, K., Vodnansky, M., Pikula, J. 2012. Parasite load of European brown hares in Austria and the Czech Republic. *Veterinarni Medicina* 57: 551-558.
- Kasozi, K.I., Zirintunda, G., Ssempijja, F., Buyinza, B., Alzahrán, K.J., Matama, K., Welburn, S.C. 2021. Epidemiology of trypanosomiasis in wildlife—implications for humans at the wildlife interface in Africa. *Frontiers in Veterinary Science* 8: 621699.

- Kostygov, A.Y., Karnkowska, A., Votýpka, J., Tashyreva, D., Maciszewski, K., Yurchenko, V., Lukeš, J. 2021. Euglenozoa: taxonomy, diversity and ecology, symbioses and viruses. *Open Biology* 11: 200407.
- Koual, R., Buysse, M., Grillet, J., Binetruy, F., Ouass, S., Sprong, H., Duhayon, M., Boulanger, N., Jourdain, F., Alafaci, A., Verdon, J., Verheyden, H., Rispe, C., Plantard, O., Duron, O. 2023. Phylogenetic evidence for a clade of tick-associated trypanosomes. *Parasites & Vectors* 16: 3.
- Lesiczka, P.M., Modry, D., Sprong, H., Fonville M., Pikula, J., Píacek, V., Heger, T., Hrazdilova, K. 2021. Detection of *Anaplasma phagocytophilum* in European brown hares (*Lepus europaeus*) using three different methods. *Zoonoses and Public Health* 68: 917-925.
- Linhart, P., Bandouchová, H., Zukal, J., Votýpka, J., Kokurewicz, T., Dundarova, H., Apoznanski, G., Heger, T., Kubíčková, A., Němcová, M., Píacek, V., Sedláčková, J., Seidlová, V., Berkova, H., Hanzal, V., Pikula, J. 2020. Trypanosomes in eastern and central European bats. *Acta Veterinaria Brno*, 89: 69-78.
- Lizundia, R., Newman, Ch., Buesching, Ch.D., Ngugi, D., Blake, D., Sin, Y.W., Macdonald, D.W., Wilson, A., McKeever, D. 2011. Evidence for a role of the host-specific flea (*Paraceras melis*) in the transmission of *Trypanosoma (Megatrypanum) pestanai* to the European badger. *PLoS One* 6: e16977.
- Lundström-Gilliéron, C., Schlaepfer, R. 2003. Hare abundance as an indicator for urbanisation and intensification of agriculture in Western Europe. *Ecological Modelling* 168: 283-301.
- Magri, A., Galuppi, R., Fioravanti, M. 2021. Autochthonous *Trypanosoma* spp. in European mammals: A brief journey amongst the neglected Trypanosomes. *Pathogens* 10: 334.
- McCarthy, G., Shiel, R., O'Rourke, L., Murphy, D., Corner, L., Costello, E., Gormley, E. 2009. Bronchoalveolar lavage cytology from captive badgers. *Veterinary Clinical Pathology* 38: 381-387.
- Merino-Espinosa, G., Corpas-López, V., Morillas-Márquez, F., Díaz-Sáez, V., Martín-Sánchez, J. 2016. Genetic variability and infective ability of the rabbit trypanosome, *Trypanosoma nabiasi* Railliet 1895, in southern Spain. *Infection, Genetics and Evolution* 45: 98-104.
- Nunes da Costa, E.A.P., Victória, C., Fortaleza, C.M.C.B. 2021. Predictors of development of cardiac and digestive disorders among patients with indeterminate chronic Chagas Disease. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 15: e0009680.
- Pecorella, S., Mori, E. 2023. "Brown hare never goes underground": the exception that proves the rule. *Mammalia* 87: 52-55.
- Pikula, J., Beklova, M., Holesovska, Z., Tremml, F. 2004. Ecology of European brown hare and distribution of natural foci of tularaemia in the Czech Republic. *Acta Veterinaria Brno* 73: 267-273.
- Rikihisa, Y. 2011. Mechanisms of obligatory intracellular infection with *Anaplasma phagocytophilum*. *Clinical Microbiology Reviews* 24: 469-489.
- Roedenbeck, I.A., Voser, P. 2008. Effects of roads on spatial distribution, abundance and mortality of brown hare (*Lepus europaeus*) in Switzerland. *European Journal of Wildlife Research* 54: 425-437.
- Seward, E.A., Votýpka, J., Kment, P., Lukeš, J., Kelly, S. 2017. Description of *Phytomonas oxycareni* n. sp. from the salivary glands of *Oxycarenus lavaterae*. *Protist* 168: 71-79.
- Sgroi, G., Iatta, R., Paolo, Lia R., Latrofa, M. S., Samarelli, R., Camarda, A., Otranto, D. 2021. *Trypanosoma (Megatrypanum) pestanai* in Eurasian badgers (*Meles meles*) and Ixodidae ticks, Italy. *Parasitology* 148: 1516-1521.
- Smetko, A., Soudre, A., Silbermayr, K., Müller, S., Brem, G., Hanotte, O., Boettcher, P.J., Stella, A., Mészáros, G., Wurzinger, M., Curik, I., Müller, M., Burgstaller, J., Sölkner, J. 2015. Trypanosomosis: potential driver of selection in African cattle. *Frontiers in Genetics* 6: 137.
- Steen, K.A., Villa-Henriksen, A., Therkildsen, O.R., Green, O. 2012. Automatic detection of animals in mowing operations using thermal cameras. *Sensors* 12: 7587-7597.
- Tremml, F., Pikula, J., Bandouchova, H., Horakova, J. 2007. European brown hare as a potential source of zoonotic agents. *Veterinarni Medicina* 52: 451-456.
- Votýpka, J., Stříbrná, E., Modrý, D., Bryja, J., Bryjová, A., Lukeš, J. 2022. Unexpectedly high diversity of trypanosomes in small sub-Saharan mammals. *International Journal for Parasitology* 52: 647-658.

LEGISLATIVNÍ RÁMEC A ANALÝZA POČTU VYŠETŘOVANÝCH VZORKŮ NA PŘÍTOMNOST SVALOVCE U PRASAT DIVOKÝCH

LEGISLATIVE FRAMEWORK AND ANALYSIS OF THE NUMBER OF SAMPLES EXAMINED FOR THE PRESENCE OF TRICHINELLA IN WILD PIGS

Kamila Novotná Kružíková*, Agáta Mitrengová

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

*The paper focuses on the legislative framework and analysis of the number of samples examined for the presence of *Trichinella spiralis* in wild boar in the Czech Republic in the years 2017–2022. *Trichinella spiralis* is a parasite that causes trichinellosis, a serious disease transmitted by eating infected meat. The study evaluates data provided by the State Veterinary Administration, which include the number of samples examined and positive findings in individual regions. Testing for the presence of *Trichinella* in the Czech Republic is regulated by regulations EU no. 2019/627 and its implementing regulations and Act No. 166/1999 Coll. Meat infected with *Trichinella* is declared unfit for human consumption. Data on the number of samples examined were evaluated according to the originator of the request for examination (sent by hunters or game handling facilities). A total of 1,231,256 samples were examined, most in the Central Bohemia Region (186,653 samples) and the lowest in Prague (2,495 samples). Total of 10 positive findings were found, which represents 0.0008% of the total number of samples examined. The results show a low incidence of trichinellosis in the Czech Republic. The highest number of positive samples in 2018 was in the Hradec Králové Region. Differences in the number of samples examined may be due to factors such as the size of the wild boar population, the migration of the animals and the intensity of hunting. The study confirms the low incidence of *Trichinella spiralis* in wild boar in the Czech Republic and emphasizes the importance of regular investigations for the protection of public health.*

Key words: *Trichinella spiralis*, veterinary control, reference method, venison

Souhrn

*Příspěvek se zaměřuje na legislativní rámec a analýzu počtu vyšetřovaných vzorků na přítomnost *Trichinella spiralis* u prasat divokých v České republice v letech 2017–2022. *Trichinella spiralis* je parazit způsobující trichinelózu, závažné onemocnění přenášené konzumací nakaženého masa. Studie hodnotí data poskytnutá Státní veterinární správou, která zahrnují počty vyšetřených vzorků a pozitivních nálezů v jednotlivých krajích. Vyšetření na přítomnost trichinel je v ČR regulováno nařízeními EU č. 2019/627 a jeho prováděcími nařízeními a zákonem č. 166/1999 Sb. Maso nakažené trichinelami je prohlášeno za nevhodné k lidské spotřebě. Data o počtech vyšetřených vzorků byla hodnocena podle původce žádosti o vyšetření (zaslané lovci nebo zařízeními pro zacházení se zvěřinou-ZvZ). Celkem bylo vyšetřeno 1 231 256 vzorků, nejvíce ve Středočeském kraji (186 653 vzorků) a nejméně v Praze (2 495 vzorků). Pozitivních nálezů bylo zjištěno 10, což představuje 0,0008 % z celkového počtu vyšetřených vzorků. Výsledky ukazují nízký výskyt trichinelózy v ČR. Nejvyšší počet pozitivních vzorků byl v roce 2018 v Královéhradeckém kraji. Rozdíly v počtech vyšetřených vzorků mohou být způsobeny faktory jako je velikost populace prasat divokých, migrace zvířat a intenzita lovu. Studie potvrzuje nízký výskyt *Trichinella spiralis* u prasat divokých v ČR a zdůrazňuje důležitost pravidelného vyšetřování pro ochranu veřejného zdraví.*

* novotnak@vf.u.cz

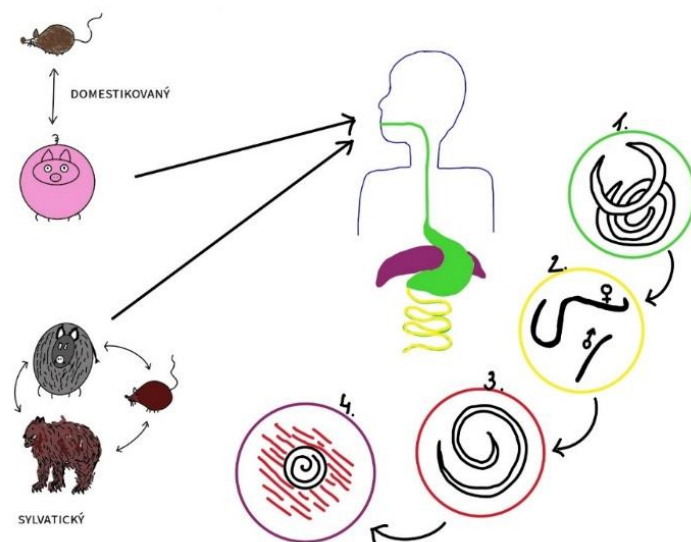
Klíčová slova: *Trichinella spiralis*, veterinární kontrola, referenční metoda, zvěřina

Úvod

Svalovec stočený (*Trichinella spiralis*) je drobný parazit světlé barvy, systematicky spadá do kmene hlístice, třída Adenophorea, řád Enoplida, čeleď Trichinelliadae a rod *Trichinella*. Rod *Trichinella* je tvořen 13 taxony. Na obrázku č. 1 je vyobrazen domestikovaný a sylvatický vývojový cyklus svalovce. Pokud člověk pozře svalovinu nakažených zvířat, tak ta putuje přes dutinu ústní do žaludku, kde dojde k uvolnění parazita, ve střevě dochází k páření jedinců a samice se zavrtávají do střevní sliznice kde produkují larvy. Vylíhnuté larvy pronikají d lymfatické soustavy a do krve, kterou se dostanou do svalů a kde pak vytváří opouzdřené cysty ve svalovině. Onemocnění vyvolané *T. spiralis* se nazývá trichinelóza a jedná se o závažné onemocnění. Symptomy závisí na infekční dávce larev a patogenitě parazita. Onemocnění má dvě fáze: 1. střevní a 2. migrační a svalovou. Ve střevní fázi převažují trávicí obtíže, bolesti a nevolnost. V migrační a svalové fázi nastupuje horečka a exantém, edém obličeje a bolestivost svalů a eozinofilie.

Obrázek č. 1. Vývojový cyklus *Trichinella spiralis*

Autor A. Mitrengová; namalováno pomocí programu Adobe Fresco. 1. v žaludku (zelený kroužek) dojde k uvolnění parazita; 2. (žlutý kroužek) páření dospělých jedinců, ke kterému dochází ve střevě; 3. (červený kroužek) larva, která ve 4. (fialový kroužek) vytváří opouzdřené cysty ve svalovině hostitele.



Právní rámec v ČR

- nařízení (EU) 2019/627; čl. 31: jatečně upravené tělo se vyšetří na přítomnost trichinel v souladu s nařízením (EU) 2015/1375, přičemž maso ze zvířat napadených trichinelami se prohlásí za nevhodné k lidské spotřebě;
- prováděcí nařízení Komise (EU) 2015/1375, kterým se stanoví zvláštní předpisy pro úřední kontroly trichinel v mase. Z jatečně upravených těl lichochoptníků, divokých prasat a jiných farmových a volně žijících druhů vnímavých k nákaze trichinelami se systematicky odebírají vzorky na jatkách nebo v zařízení na zpracování zvěře v rámci vyšetření po porážce. Vzorky se vyšetřují dle přílohy I a II v laboratorii určené příslušným orgánem (v ČR je to laboratoř dle § 52 odst. 3 zákona č. 166/1999 Sb.);
- prováděcí nařízení Komise (EU) 2025/506, které mění přílohu 2015/1375 a odkazuje na aktuální referenční metodu ISO 18743:2015/Amd1:2023, dále byla přidána metoda lumiVAST *Trichinella* pro testování masa prasat domácích;

- zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči; § 21 jatečná zvířata a těla ulovené volně žijící zvěře v zařízeních zpracovávající zvěřinu, vnímavých na trichinelózu, zajistí úřední vet. lékař vyšetření svaloviny na přítomnost svalovce, přičemž se postupuje podle prováděcího nařízení Komise (EU) 2015/1375. Dále dle § 27b uživatel honitby povinen zabezpečit vyšetření svaloviny zvěře vnímavé na trichinelózu na přítomnost svalovce. Protokol o vyšetření musí uživatel honitby uchovávat nejméně 3 roky a na požádání jej předložit úřednímu veterinárnímu lékaři. Dodávat spotřebiteli může až po vyhovujícím vyšetření zvěře na přítomnost svalovce.

Materiál a metodika

Data o počtech vyšetřených vzorků na přítomnost svalovce poskytla Státní veterinární správa, která shromažďuje a uchovává data o vyšetřovaných vzorcích. Hodnoceny byly počty vyšetřených vzorků prasat divokých v letech 2017–2022 v České republice, přičemž byl sledován počet vyšetření v jednotlivých krajích. Celkový počet vyšetření se rozděluje podle toho, kdo odesílá vzorek na vyšetření. Může to být u prasat divokých myslivecké sdružení, což označujeme jako vyšetření lovcem, nebo zařízení pro zacházení se zvěřinou, v této práci označujeme jako ZvZ. Hodnoceny byly dále i počty pozitivních nálezů svalovce. Metoda vyšetření byla provedena podle ČSN ISO 18743 (560122).

Data byla statisticky zpracována pomocí programu Unistat for Excel 6.5. Pro hodnocení trendů byl použit Spearmanův korelační koeficient a hladina pravděpodobnosti $p < 0,05$ byla považována za statisticky významnou.

Výsledky a diskuse

Počty vyšetřovaných zvířat z celé ČR pro jednotlivé kraje v letech 2017–2022 jsou uvedeny v tabulce č. 1. Za sledované období bylo vyšetřeno celkem 1 231 256 vzorků svaloviny prasat divokých. Nejméně vzorků bylo vyšetřeno v hlavním městě Praha (pouze 2 495), naopak nejvíce pak ve středočeském kraji (186 653 ks).

Procentuální zastoupení vyšetření podle původu odeslání (lovcem/ZvZ) ukazuje graf č. 1. U všech krajů, s výjimkou kraje Karlovarského, převažuje odeslání na vyšetření lovcem a ve většině krajů z 80 % odesílá na vyšetření na přítomnost svalovce lovec. V Karlovarském kraji převažuje odeslání ze zařízení pro zpracování zvěřiny (70 % vyšetřovaných vzorků). Počty vzorků, které byly odeslány ze zařízení pro zacházení se zvěřinou, se v jednotlivých letech nijak výrazně nelišily. S nejvyššími procenty ve všech letech se držel kraj Karlovarský. Nejvíce odeslal v roce 2018 a to až 73 % (graf č. 1), což bylo 8 848 vzorků pocházejících ze ZvZ z celkového počtu za tento kraj (12 209 vzorků). Tato procenta jsou vysoká, jiné kraje se ani zdaleka neblíží takovému výsledku, zpravidla to je to do 32 %. Do roku 2022 bylo v tomto kraji schváleno SVS osm zařízení pro zacházení se zvěřinou (SVS, 2025).

Tabulka č. 2 vyjadřuje počty pozitivních vzorků vyšetřených na přítomnost parazita. Nejvíce pozitivních vzorků (4) bylo v roce 2018 v Královéhradeckém kraji, tyto vzorky byly zaslány zařízením pro zacházení se zvěřinou. Jeden pozitivní vzorek v tomtéž roce byl odeslán lovcem v Libereckém kraji. Dále byly zjištěny tři pozitivní nálezy zaslané lovcem za rok 2017. Po jednom pozitivním vzorku bylo v letech 2019 ve Zlínském kraji (odesláno lovcem) a v roce 2022 pocházel vzorek ze ZvZ (Karlovarský kraj). Roky 2020 a 2021 jsou bez pozitivních nálezů. Pět vzorků odeslali lovci a dalších pět pocházelo ze ZvZ. Uvedený údaj o 10 pozitivních vzorcích (tabulka č. 2) trichinelózy v České republice za období 2017–2022 představuje 0,000811 % z celkového počtu vyšetřených zvířat prasat divokých (1 231 256) v období let 2017–2022. Výsledek vypovídá o nízkém výskytu *T. spiralis* v ČR. EFSA a ECDCP (2021) uvádí, že v roce 2020 bylo hlášeno celkem ze členských zemí 712 pozitivních nálezů u prasat divokých, což z celkově vyšetřených zvířat 1470 830 činí 0,05 %. Dle EFSA a ECDCP (2021) se jedná o nárůst oproti posledním třem letem. Zatímco v ČR nebyl zjištěn žádný pozitivní vzorek, u sousedního Slovenska to bylo 7 vzorků (0,06 %) a Německa 32 vzorků (0,005 %). Nejvyšší procento pozitivních nálezů (0,9 %) bylo

zjištěno Rumunsku (84 pozitivních). Na druhou stranu je nutné zdůraznit, že počty pozitivních vzorků prasat divokých jsou jiné než výskyt parazita u prasat domácích. U prasat chovaných v kontrolovaných podmínkách se jedná a nulový výskyt trichinel v letech 2016-2020, v nekontrolovaných podmínkách je to 0,0001 %, což je menší procento než u divokých prasat volně žijících. U lišek bylo zaznamenáno 0,85 % pozitivních případů.

Tabulka č. 1. Počet vyšetřených vzorků svaloviny prasat divokých na svalovce za sledované období 2017–2022

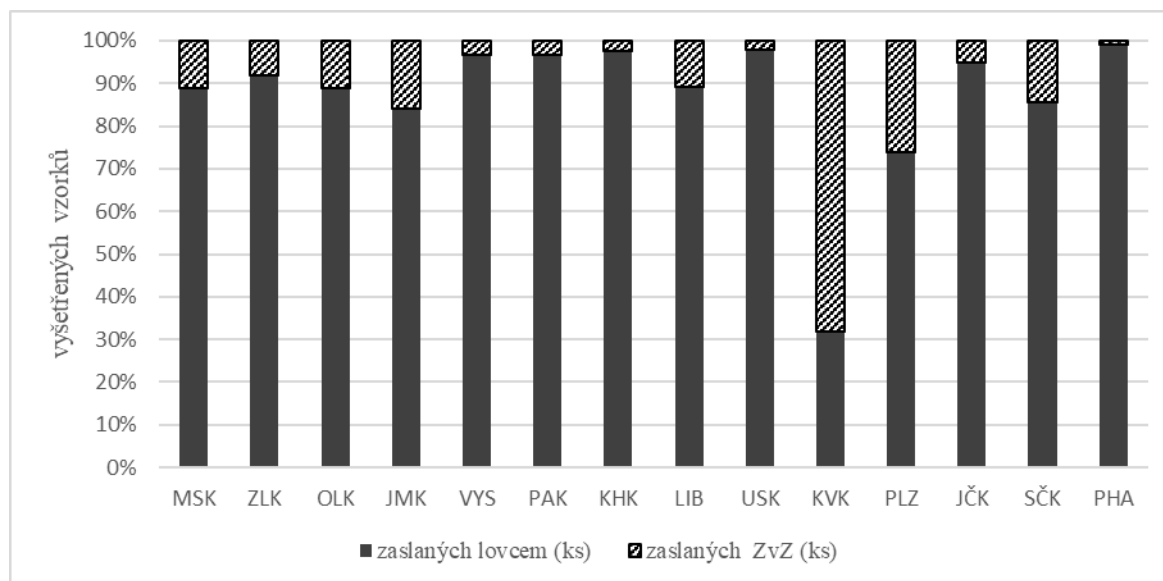
počet vzorků 2017-2022			
kraj	zaslaných lovcem (ks)	zaslaných ZvZ (ks)	vyšetřených celkem
MSK	51 400	6 388	57 788
ZLK	51 356	4 532	55 888
OLK	80 732	10 038	90 770
JMK	78 709	14 785	93 494
VYS	76 082	2 518	78 600
PAK	64 092	2 149	66 241
KHK	57 749	1 525	59 274
LIB	45 861	5 561	51 422
USK	85 333	1 949	87 282
KVK	32 746	69 967	102 713
PLZ	114 132	40 370	154 502
JČK	139 001	7 628	146 629
SČK	159 717	26 936	186 653
PHA	2 471	24	2 495
celkem	1 036 910	194 346	1 231 256
min	2 471	24	2 495
max	159 717	69967	186 653

ZvZ = zařízení pro zacházení se zvěřinou; MSK = Moravskoslezský kraj; ZLK = Zlínský kraj; OLK = Olomoucký kraj; JMK = Jihomoravský kraj; VYS = kraj Vysočina; PAK = Pardubický kraj; KHK = Královehradecký kraj; LIB = Liberecký kraj; USK = Ústecký kraj; KVK = Karlovarský kraj; PLZ = Plzeňský kraj; JČK = Jihočeský kraj; SČK = Středočeský kraj; PHA = hlavní město Praha

Tabulka č. 2. Počet pozitivních vzorků vyšetřených na *Trichinella spiralis* v období let 2017–2022

rok	kraj	pozitivních vzorků	lovec/ZvZ
2017	LIB	3	lovec
2018	LIB	1	lovec
2018	KVK	4	ZvZ
2019	ZLK	1	lovec
2022	KVK	1	ZvZ
celkem		10	

Graf č. 1. Procentuální zastoupení vyšetření na přítomnost svalovce zaslaných lovcem a ZvZ za celé sledované období v jednotlivých krajích

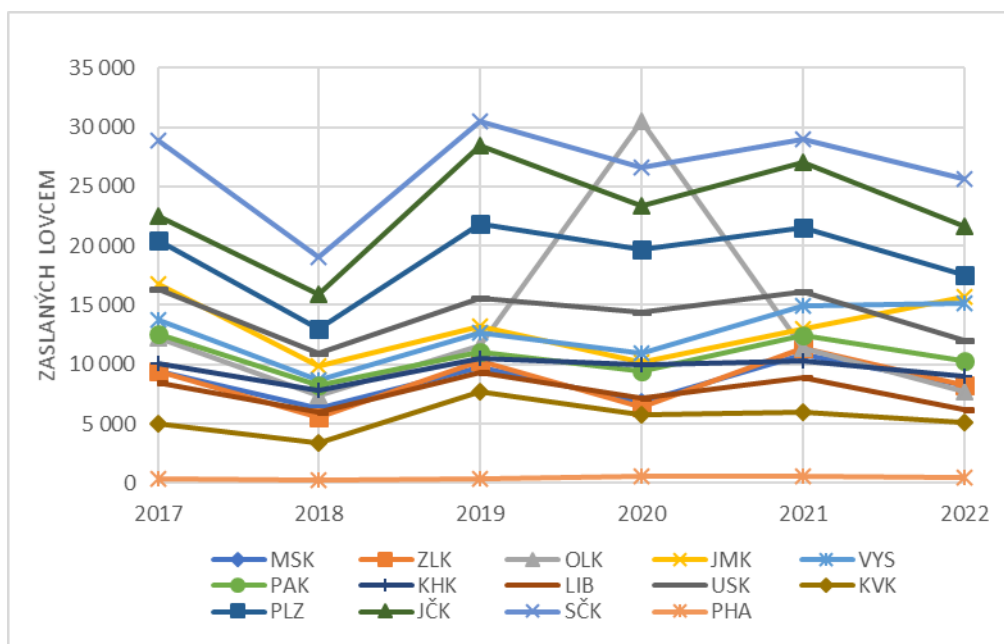


Trend vývoje počtu vyšetřovaných vzorků zaslaných lovcem je zobrazen v grafu č. 2. Největší rozdíly v počtech vyšetřovaných vzorků vidíme mezi roky 2018 (146 775 vzorků) a 2019 (235 279 vzorků) (viz. graf č. 2). To bychom mohli připsat vypuknutí afrického moru prasat (dále AMP). AMP se v ČR poprvé objevil v roce 2017, proto v roce 2018 došlo k poklesu počtu vyšetřovaných prasat divokých na přítomnost svalovce, laboratoře se totiž soustředily na přítomnost AMP a v tomto období byl nařízen aktivní odlov prasat divokých kvůli nákazové situaci (SVS, 2025). V oblastech s výskytem AMP byla taktéž zavedena mimořádná veterinární opatření, která omezovala lov divokých prasat. To vedlo ke snížení počtu ulovených a vyšetřovaných divočáků na trichinelózu.

Rozdíly mezi počty vyšetřovaných zvířat souvisí také s velikostí jednotlivých krajů ČR. Středočeský kraj si drží nejvyšší počty vyšetřovaných vzorků, což může souviset s tím, že tento kraj je plochou největším krajem v ČR, je zde spousta zeleně a lesů, může se zde tedy pohybovat nejvíce prasat divokých. Zajímavé je, že tento kraj, ač má nejvyšší počet vyšetření, tak za období 2017–2022 v něm nebyl zaznamenán ani jeden pozitivní nález. Důvodem může být to, že SČK nesousedí s žádným okolním státem, tudíž má i menší šanci rizika přenosu od více zamořeného Polska. Pouze v roce 2020 se v Olomouckém kraji vyšetřilo nejvíce vzorků (31 396). Hlavní město Praha skončila s nejnižším počtem vyšetření (220–560), nejméně vyšetřovaných prasat divokých v Praze zřejmě souvisí s malým množstvím prostoru pro život prasat divokých, velkým podílem zástavby v tomto kraji a také nejmenší rozlohou kraje 496,2 km² (RIS, 2022).

Významný trend vývoje počtu vyšetření zaslané ze zařízení pro zacházení se zvěřinou (ZvZ) ve sledovaném období je zobrazen v tabulce č. 3. Výrazný pokles pozorujeme v roce 2018 u všech krajů, kdy v dalším roce následuje vzrůst. Klesající trend ve sledovaném období byl zjištěn v Jihomoravském, Libereckém a Ústeckém kraji, naopak stoupající trend byl zjištěn ve Zlínském kraji a v Praze. Stoupající počet vyšetření ze ZvZ v Praze souvisí s registrací zařízení pro zacházení se zvěřinou, která pak zvěřinu zpracovává a má za povinnost nechat vyšetřit na trichinelu.

Ve Zlínském kraji si stoupající trend od roku 2019 vysvětlujeme situací kolem AMP, kdy od potvrzení AMP v tomto kraji v roce 2017 byla vydána mimořádná veterinární opatření, každý uhynulý či odlovený kus prasete divokého se nejprve nechal vyšetřit na AMP a pouze v případě, že byl shledán vhodným pro lidskou spotřebu se následně vyšetřovalo na trichinelu.

Graf č. 2. Trend vývoje počtu vyšetřených vzorků zaslaných lovcí ve sledovaném období

MSK = Moravskoslezský kraj; ZLK = Zlínský kraj; OLK = Olomoucký kraj; JMK = Jihomoravský kraj; VYS = kraj Vysočina; PAK = Pardubický kraj; KHK = Královehradecký kraj; LIB = Liberecký kraj; USK = Ústecký kraj; KVK = Karlovarský kraj; PLZ = Plzeňský kraj; JČK = Jihočeský kraj; SČK = Středočeský kraj; PHA = hlavní město Praha

Tabulka č. 3. Počty vyšetření na svalovce stočeného odeslané ZvZ ve sledovaných letech a statistické ukazatele (P a r_s) pro kraje, kde byl zjištěn statisticky významný trend

počet vyšetření odeslané ZvZ					
rok	JMK	LIB	UST	ZLK	PHA
2017	5320	2253	818	15	0
2018	2335	786	188	7	0
2019	3341	1126	627	966	0
2020	1136	529	142	499	0
2021	1665	550	99	1515	5
2022	988	317	75	1530	19
P	0,0188	0,0188	0,0048	0,0188	0,0341
r_s	-0,8857	-0,8857	-0,9429	0,8857	0,8452

JMK = Jihomoravský kraj; LIB = Liberecký kraj; USK = Ústecký kraj; ZLK = Zlínský kraj; PHA = hlavní město Praha; P = hladina pravděpodobnosti; r_s = Spearmanův korelační koeficient

Závěr

Analýza celkového počtu vyšetřených vzorků odhalila značné rozdíly mezi kraji České republiky v období let 2017–2022. Nejvíce vzorků v počtu 186 653 bylo vyšetřeno ve Středočeském kraji, naopak nejméně v hlavním městě Praze s počtem 2 495. Nejvíce vzorků bylo vyšetřeno v roce 2019, kdy bylo vyšetřeno 235 279 kusů a nejméně 146 775 vzorků v roce 2018, který byl ovlivněn výskytem afrického moru prasat v ČR. Tyto rozdíly mohou být způsobeny různými faktory, jako jsou rozdíly ve velikosti populace černé zvěře, migrace zvířat mezi jednotlivými kraji, intenzita lovu (může být zvýšená kvůli odlovu z důvodu afrického moru prasat), a také rozloha honiteb v krajích, zástavba, množství lesů a zeleně. Ve sledovaných letech nebyl zjištěn ani klesající ani

stoupající trend počtu vyšetřovaných vzorků prasat divokých zaslaných lovcem. Ze vzorků zaslaných ze zařízení pro zacházení se zvěřinou bylo zjištěno, že počty v letech stoupají pro Hlavní město Prahu a Zlínský kraj a klesají v Jihomoravském, Libereckém a Ústeckém kraji. Za sledované období bylo zjištěno pouze 10 pozitivních vzorků z celkového v počtu vyšetření 1 233 751 kusů prasat divokých (pět vzorků zaslaných lovcem a pět zaslaných zařízením pro zpracování zvěřiny) což je 0,0008 % pozitivních vzorků. Trichinelóza je vzácné, ale závažné onemocnění, které se stále vyskytuje v některých členských zemích EU.

Autorky děkují Státní veterinární správě za poskytnutí dat o počtech vyšetřených prasat divokých na trichinelu.

Literatura

- EFSA a ECDPC (European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control) 2021. The European Union One Health 2020 Zoonoses Report. EFSA Journal 19: 6971.
- Prováděcí nařízení Komise (EU) 2015/1375, kterým se stanoví zvláštní předpisy pro úřední kontroly trichinel v mase. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 20. 6. 2025]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- Prováděcí nařízení komise (EU) 2019/627 kterým se stanoví jednotná praktická opatření pro provádění úředních kontrol produktů živočišného původu určených k lidské spotřebě v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2017/625 a kterým se mění nařízení Komise (ES) č. 2074/2005, pokud jde o úřední kontroly. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 20. 6. 2025]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- Prováděcí nařízení Komise (EU) 2025/506, kterým se mění příloha I prováděcího nařízení EU) 2015/1375 pokud jde o referenční metodu a povolení metody lumiVAST Trichinella jako ekvivalentní metody pro zjišťování přítomnosti trichinel v mase domácích prasat. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 20. 6. 2025]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- Státní veterinární správa. 2025. Zpracovatelé živočišných produktů schválení a registrování pro obchodování v rámci EU. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.svscr.cz/registrovane-subjekty-svs/zpracovatele-zivocisnych-produktu-schvalene-pro-eu/> [citováno 2025-02-28].
- Zákon č. 166/1999 Sb., veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 20. 6. 2025].

**OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE
PŘI PŘEPRAVĚ A PORÁŽENÍ**

**ANIMAL PROTECTION AND WELFARE
DURING TRANSPORT AND SLAUGHTER**

TRENDY V POČTU PŘEPRAVOVANÝCH A V POČTU UHYNULÝCH KRÁLÍKŮ PŘI PŘEPRAVĚ NA JATKY

TRENDS IN THE NUMBER OF RABBITS TRANSPORTED AND THE NUMBER OF RABBITS THAT DIED DURING TRANSPORT TO SLAUGHTERHOUSES

Tereza Lakomá, Eva Justová, Eva Voslášková, Vladimír Večerek*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Based on the number of rabbits transported to slaughterhouses and monitoring their deaths during transport to slaughterhouses, it is possible to determine the level of protection and welfare conditions during transport to slaughterhouses, expressed as a relative number of animal deaths during their transport to slaughterhouses. The study evaluated the numbers of rabbits transported to slaughterhouses and the numbers of rabbits that died during their transport to slaughterhouses, as determined within the framework of official veterinary activities of state veterinary authorities when supervising compliance with the protection of animals against cruelty and veterinary conditions for the transport of rabbits to slaughterhouses in the period from 2017 to 2023. Trends in the number of rabbits transported were assessed by comparing the numbers of animals transported in the period from 2017 to 2019 (Period I) with the numbers in the period from 2021 to 2023 (Period II). The results show that there was a statistically significant increase in the number of rabbits transported to the slaughterhouse (by 7.0%). The total level of rabbit deaths during transport to the slaughterhouse was 0.191 % with a statistically significant decrease in the transport-related rabbit mortality from 0.207% to 0.179% (by 13.5%) during the monitored period. The trend in the number of deaths shows a positive development towards a gradual improvement in the level of conditions for transporting rabbits to the slaughterhouse, which is reflected in the number of rabbits that died during their transport to the slaughterhouse.

Key words: rabbit, transport, mortality, welfare

Souhrn

Na základě počtu přepravovaných králíků na jatky a sledování jejich úhynů při přepravě na jatky lze určit úroveň ochrany a dobrých životních podmínek při přepravě na jatky vyjádřenou relativním počtem úhynů zvířat při jejich přepravě na jatky. V práci byly hodnoceny počty přepravených králíků na jatky a počty uhynulých králíků při jejich přepravě na jatky zjišťované v rámci úřední veterinární činnosti orgány veterinární správy při dozoru nad dodržováním ochrany zvířat proti týrání a veterinárních podmínek pro přepravu králíků na jatky v období let 2017 až 2023. Vývojové změny v počtu přepravených králíků byly získány porovnáním počtů zvířat přepravených v období let 2017 až 2019 (I. období) s počty v období let 2021 až 2023 (II. období). Na základě dosažených výsledků lze celkově konstatovat, že došlo k statisticky významnému vzestupu počtu přepravovaných králíků na jatky (o 7,0 %), celková úroveň úhynů králíků při přepravě na jatky je 0,191 % se statisticky významným poklesem v počtu uhynulých králíků z 0,207 % na 0,179 % (o 13,5 %) v průběhu sledovaného období. V trendu počtů uhynulých je zřejmý pozitivní vývoj směřující k postupnému zlepšování úrovně podmínek přepravy králíků na jatky promítající se do počtů králíků uhynulých při jejich přepravě na jatky.

Klíčová slova: králík, transport, mortalita, welfare

* vecerekv@vfu.cz

Úvod

Přeprava králíků na jatky je jednou z významných činností, které podstatně ovlivňují pohodu zvířat v průběhu jejich produkčního využívání člověkem. Z hlediska současných trendů zvyšování úrovně zacházení se zvířaty ve smyslu posilování jejich pohody v průběhu chovu, přepravy a porážení na jatkách je potřebné určit míru dopadu současných podmínek přepravy na jatky na pohodu zvířat při této přepravě. Jedním z ukazatelů významného překročení standardů pro dobré životní podmínky při přepravě na jatky je úroveň jejich úhynů v průběhu přepravy na jatky.

Z pohledu dobrých životních podmínek zvířat by cílová hodnota úhynů měla být 0 %. Králíci však mohou během přepravy uhynout i z důvodů, které nejsou přímo způsobeny samotnými podmínkami přepravy. Animal Health and Animal Welfare Panel dospěl k závěru, že míra úhynů vyšší než 0,1 % může být důsledkem negativních dopadů na welfare zvířat během přepravy (EFSA AHAW Panel, 2022). Podle EFSA (2004) se úroveň úhynů u králíků pohybuje mezi 0,1 % a 0,4 %. V Itálii zjistili Petracci et al. (2010) průměrnou mortalitu související s přepravou králíků ve výši 0,09 % (0 % až 1,3 %) v roce 2006. Caucci et al. (2018) zjistili při retrospektivní analýze přepravy králíků do jednoho z hlavních jatečných provozů v severovýchodní Itálii během období tří let průměrnou mortalitu 0,08 %, s rozpětím od 0,0 % do 2,0 %. V České republice činila celková mortalita králíků během přepravy na jatky 0,238 % v období let 2009 až 2014 (Jozefová et al., 2016) a 0,19 % v letech 2009 až 2016 (Voslářová et al., 2018). Úhyny u králíků převyšovaly většinu ostatních druhů zvířat chovaných pro maso a přepravovaných na porážku v ČR. K podobným závěrům dospěli Válková et al. (2022), kteří uvádějí mortalitu králíků při přepravě na jatky v ČR na úrovni 0,199 % v období let 2010 až 2019. Zhoršené podmínky králíků při přepravě naznačuje i vyšší výskyt traumatických poranění u králíků (1,52 %) zjišťovaný při prohlídce na jatkách po přepravě, zatímco celkový výskyt traumat byl u většiny ostatních druhů a kategorií zvířat přepravovaných v kontejnerech nižší než 0,5 % (Válková et al., 2021).

Práce se zabývá trendem v počtech přepravovaných králíků na jatky a celkovou úrovní úhynů králíků při přepravě na jatky a trendem v počtech úhynů při přepravě na jatky s cílem určit změnu v počtech zvířat přepravovaných na jatky v sledovaném období a s cílem určit celkovou úroveň v počtech uhynulých zvířat při přepravě na jatky jako podkladu pro dovození trendu ve smyslu zlepšování nebo případně zhoršování dobrých životních podmínek při přepravě králíků na jatky ve sledovaném období.

Materiál a metodika

Práce se soustředí na problematiku úrovně zajišťování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek při přepravě králíků. Stanoví celkovou úroveň zajišťování ochrany zvířat a dobrých životních podmínek při přepravě na základě relativního počtu uhynulých zvířat při přepravě na jatky za sledované období. Opírá se o počty přepravených králíků na jatky a počty uhynulých králíků při jejich přepravě na jatky zjišťované v rámci úřední veterinární činnosti orgány veterinární správy při dozoru nad dodržováním ochrany zvířat proti týrání a veterinárních podmínek pro přepravu králíků na jatky v období let 2017 až 2023.

Za celé sledované období byla posuzována přeprava 1 806 815 králíků a zjišťovány počty úhynů králíků při této přepravě.

Vývojové změny v počtu přepravených králíků byly získány porovnáním počtů zvířat přepravených v období let 2017 až 2019 (I. období) s počty v období let 2021 až 2023 (II. období).

Vývojové změny v počtu uhynulých králíků byly získány porovnáním počtů uhynulých zvířat v období let 2017 až 2019 (I. období) a počtů uhynulých zvířat v období let 2021 až 2023 (II. období).

K statistickému hodnocení byl použit χ^2 test při hodnocení významnosti na hladině $p \leq 0,05$, v rámci programu Excel Microsoft Office Professional Plus 2019.

Výsledky a diskuse

V období let 2017 až 2023 bylo na jatky přepraveno 1 806 815 králíků, z toho uhynulo 3 549 zvířat, úroveň úhynů tak představovala 0,1914 %.

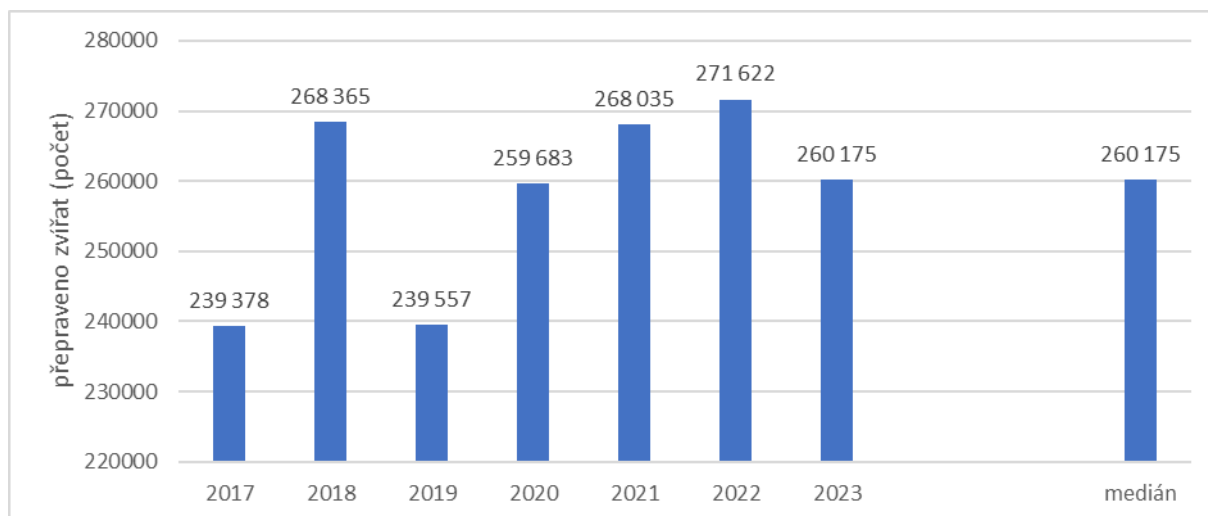
K získání trendu v počtech přepravovaných králíků a uhynulých králíků v průběhu přepravy na jatky jsme porovnali počty přepravených králíků v I. období (2017 až 2019) s počty v II. obdobím (2021 až 2023), a dále počty uhynulých králíků v I. období (2017 až 2019) s počty v II. období (2021 až 2023), výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1. Trendy v počtech přepravovaných a uhynulých králíků při přepravě na jatky

období 2017 až 2023			
přepraveno	poraženo	uhynulo	uhynulo
počet	počet	počet	%
1 806 815	1 803 356	3 459	0,1914
I. období			
přepraveno	poraženo	uhynulo	uhynulo
počet	počet	počet	%
747 300	745 751	1 549	0,2073
II. období			
přepraveno	poraženo	uhynulo	uhynulo
počet	počet	počet	%
799 832	798 398	1 434	0,1793
II. období / I. období			
přepraveno	přepraveno	uhynulo	uhynulo
poměr	χ^2 (p)	poměr	χ^2 (p)
1,07	0,000	0,86	0,000

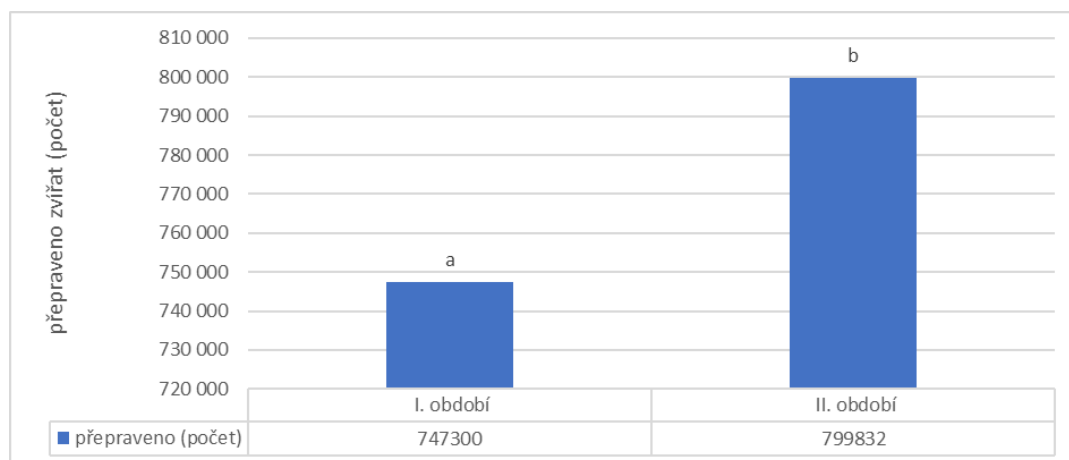
Vyjádření počtů přepravených králíků na jatky v jednotlivých letech sledovaného období je uvedeno v grafu č. 1.

Graf č. 1. Počty přepravených králíků na jatky v období let 2017 až 2023



Porovnání počtu přepravených králíků v I. období (2017 až 2019) a ve II. období (2021 až 2023) s vyjádřením statistické významnosti je uvedeno v grafu č. 2.

Graf č. 2. Trend v počtu králíků přepravovaných na jatky



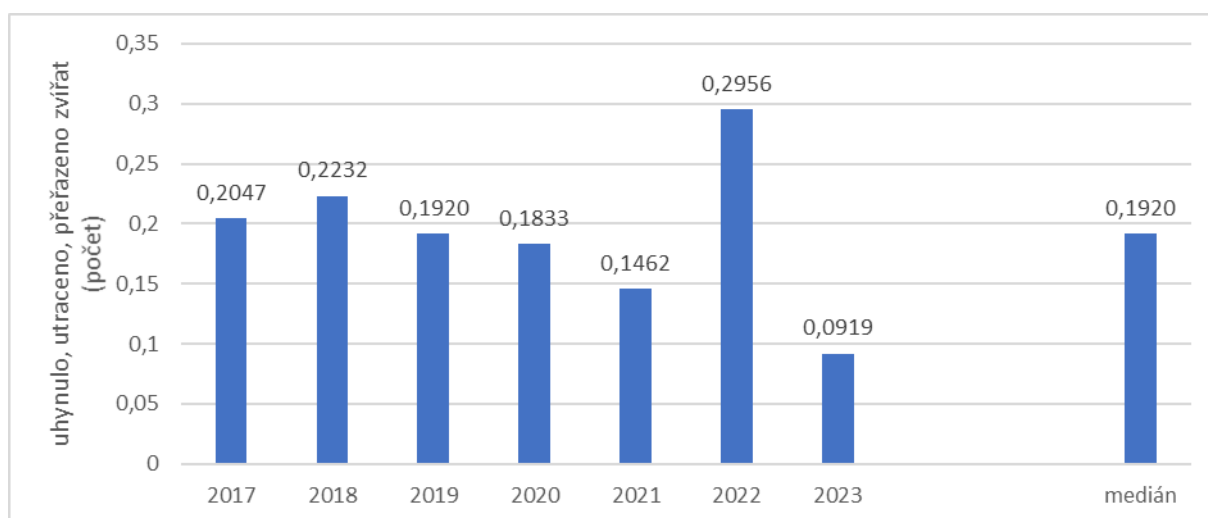
Vysvětlivky: písmena u sloupců vyjadřují statistickou významnost, rozdílná písmena vyjadřují statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$)

Je zřejmé, že v přepravě králíků ve sledovaném období došlo k statisticky významnému vzestupu počtu přepravovaných zvířat na jatky, a to o 7,0 %, jak dokládá tabulka č. 1 a graf č. 1.

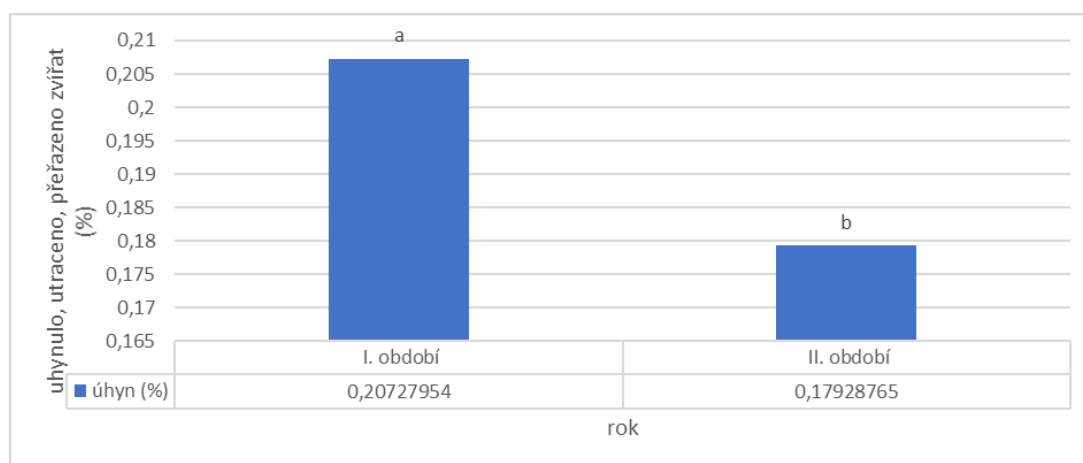
V jednotlivých letech sledovaného období se počet přepravených králíků pohyboval od 239 378 do 271 622 zvířat ročně (medián 260 175). Vzestup počtu přepravených králíků lze pozorovat i při srovnání s obdobím let 2009 až 2014, kdy medián činil 240 194 přepravených králíků ročně.

Vyjádření počtů uhynulých králíků při jejich přepravě na jatky v jednotlivých letech sledovaného období je uvedeno v grafu č. 3.

Graf č. 3. Počty uhynulých králíků v přepravě na jatky v jednotlivých letech sledovaného období



Porovnání počtů uhynulých zvířat v I. období (2017 až 2019) s počty uhynulých zvířat ve II. období (2021 až 2023) s vyjádřením statistické významnosti je uvedeno v grafu č. 3.

Graf č. 4. Trend v počtu uhynulých králíků při přepravě na jatky

Vysvětlivky: písmena u sloupců vyjadřují statistickou významnost, rozdílná písmena vyjadřují statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$)

Je zřejmé, že v úhynech králíků při přepravě na jatky ve sledovaném období došlo mezi jednotlivými roky ke změnám, v porovnání I. a II. období se tyto změny statisticky významně projevíly statisticky významným poklesem v úhynech králíků při přepravě na jatky, a to o 13,5 %, jak vyplývá z tabulky č. 1 a grafu č. 4.

Mírný pokles úhynů lze pozorovat i při srovnání s dřívějšími studiemi, kdy v období let 2009 až 2014 úroveň úhynů králíků činila 0,238 % (Jozefová et al., 2016), v letech 2009 až 2016 byly úhyny králíků při přepravě na jatky v ČR na úrovni 0,19 % (Voslářová et al., 2018) a v období let 2010 až 2019 na úrovni 0,199 % (Válková et al., 2022). Přesto počet uhynulých králíků stále překračuje hodnotu 0,1 %, kterou Animal Health and Animal Welfare Panel považuje za ukazatel negativních dopadů na welfare zvířat během přepravy (EFSA AHAW Panel, 2022). Naproti tomu průměrná mortalita králíků přepravovaných v Itálii se pohybuje pod touto hodnotou: 0,09 % (Petracci et al., 2010) a 0,08 % (Caucci et al., 2018).

Celkově lze konstatovat, že ve sledovaném období došlo k statisticky významnému vzestupu počtu přepravovaných králíků na jatky (o 7,0 %), celková úroveň úhynů králíků při přepravě na jatky je 0,1914 % se statisticky významným poklesem v počtu uhynulých králíků z 0,207 % na 0,179 % (o 13,5 %).

Závěr

Na základě počtu přepravovaných králíků na jatky a sledování jejich úhynů při přepravě na jatky lze určit úroveň ochrany a dobrých životních podmínek při přepravě na jatky vyjádřenou relativním počtem úhynů zvířat při jejich přepravě na jatky. Porovnáním dvou období ve sledovaném období lze vyjádřit trendy v počtech přepravovaných králíků na jatky a trendy v počtech úhynů králíků při jejich přepravě na jatky a tím určit směr vývoje v zajišťování ochrany a dobré pohody králíků při jejich přepravě na jatky.

Na základě dosažených výsledků lze celkově konstatovat, že došlo k statisticky významnému vzestupu počtu přepravovaných králíků na jatky (o 7,0 %), celková úroveň úhynů králíků při přepravě na jatky je 0,1914 % se statisticky významným poklesem v počtu uhynulých králíků z 0,207 % na 0,179 % (o 13,5 %) v průběhu sledovaného období.

V trendu počtů uhynulých je zřejmý pozitivní vývoj směřující k postupnému zlepšování úrovně podmínek přepravy králíků na jatky promítající se do počtů králíků uhynulých při jejich přepravě na jatky.

Tato práce byla finančně podpořena ITA VETUNI (projekt č. 2024ITA26), text článku vychází z atestační práce MVDr. Evy Justové: Trendy v úhyních zvířat při přepravě na jatky z pohledu ochrany zvířat proti týrání.

Literatura

- Caucci, C., Di Martino, G., Capello, K., Mazzucato, M., Trocino, A., Xiccato, G., Bonfanti, L. 2018. Risk factors for pre-slaughter mortality in fattening and breeding rabbits. *Livestock Science* 210: 55-58.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2004. Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission related to the welfare of animals during transport. *EFSA Journal* 2: 44.
- EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare), Nielsen, S.S., Alvarez, J., Bicout, D.J., Calistri, P., Canali, E., Drewe, J.A., Garin-Bastuji, B., Gonzales Rojas, J.L., Gortázar Schmidt, C., Herskin, M., Michel, V., Miranda Chueca, M.A., Padalino, B., Roberts, H.C., Spoolder, H., Stahl, K., Viltrop, A., Winckler, C., Mitchell, M., James Vinco, L., Voslářová, E., Candiani, D., Mosbach-Schulz, O., Van Der Stede, Y., Velarde, A. 2022. Scientific Opinion on the welfare of domestic birds and rabbits transported in containers. *EFSA Journal* 20: e07441.
- Jozefová, J., Voslářová, E., Večerek, V., Conte, F., Večerková, L., Bedáňová, I. 2016. Úhyny králíků při přepravě na jatky v ČR v období let 2009 – 2014. In: *Ochrana zvířat a welfare 2016*. Brno: VFU Brno, s. 238-241.
- Petracci, M., Bianchi, M., Biguzzi, G., Cavani, C. 2010. Preslaughter risk factors associated with mortality and bruising in rabbits. *World Rabbit Science* 18: 219-228.
- Válková, L., Večerek, V., Voslářová, E., Kaluža, M., Takáčová, D., Brscic, M. 2022. Animal welfare during transport: Comparison of mortality during transport from farm to slaughter of different animal species and categories in the Czech Republic. *Italian Journal of Animal Science* 21: 914-923.
- Válková, L., Voslářová, E., Večerek, V., Doleželová, P., Zavřelová, V., Weeks, C. 2021. Traumatic injuries detected during post-mortem slaughterhouse inspection as welfare indicators in poultry and rabbits. *Animals* 11: 2610.
- Voslářová, E., Večerek, V., Večerková, L., Bedáňová, I. 2018. Mortality in rabbits transported for slaughter. *Animal Science Journal* 89: 931-936.

PŘEPRAVA PŠTROSŮ NA JATKY A ÚHYNÝ PŘI PŘEPRAVĚ TRANSPORT OF OSTRICHES TO SLAUGHTERHOUSES AND DEATHS DURING TRANSPORT

Eva Justová, Eva Voslášková, Alena Bartošková, Vladimír Večerek*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The study focuses on identifying trends in the number of ostriches transported to slaughterhouses and on identifying any animal deaths during their transport to slaughterhouses in the period from 2017 to 2023. The study is based on data obtained from veterinary supervision of ostriches transported to slaughterhouses and on data on the number of animals that may have died during their transport. Over the entire monitored period, 4,226 ostriches were transported to slaughterhouses. During the monitored period, there was a statistically significant increase ($p = 0.000$) in the number of ostriches slaughtered at slaughterhouses by 8.9%, while no transported ostrich died during the monitored period.

Key words: ostrich, transport, mortality, welfare

Souhrn

Práce se soustředí na zjištění trendu v počtu přepravovaných pštrosů na jatky a na zjištění případných úhynů zvířat při jejich přepravě na jatky v období 2017 až 2023. Práce se opírá o údaje získané na základě veterinárního dozoru nad pštrosy přepravovanými na jatky a o údaje počtů případně uhynulých zvířat při jejich přepravě. Za celé sledované období bylo přepraveno na jatky 4 226 pštrosů. Ve sledovaném období došlo k statisticky významnému vzestupu ($p = 0,000$) počtu poražených pštrosů na jatkách o 8,9 %, přičemž ve sledovaném období neuhynul žádný přepravovaný pštros.

Klíčová slova: pštros, transport, mortalita, welfare

Úvod

Pštrosi představují poměrně ceněná hospodářská zvířata. Jejich přepravě na jatky ve smyslu zajišťování dobrých životních podmínek je proto přisuzován poměrně velký význam. Případný úhyn zvířete během přepravy by pro majitele znamenal významnou ztrátu, z pohledu ochrany zvířat proti týrání a dobrých životních podmínek při přepravě by úhyn zvířete signalizoval závažné nedostatky v naplňování legislativních požadavků na ochranu zvířat anebo v zajišťování pohody zvířat v průběhu přepravy.

Ochranu pštrosů proti týrání upravuje zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů (zákon č. 246/1992 Sb., 1992), dále k tomuto zákonu vydaná vyhláška č. 4/2009 Sb., o ochraně zvířat při přepravě, ve znění pozdějších předpisů (vyhláška č. 4/2009 Sb., 2009) a vyhláška č. 22/2013 Sb., o vzdělávání na úseku ochrany zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů (vyhláška č. 22/2013 Sb., 2013); dále nařízení Rady č. 1/2005 ES, o ochraně zvířat během přepravy a souvisejících činností a o změně směrnic 64/432/EHS a 93/119/ES a nařízení (ES) č. 1255/97, ve znění pozdějších předpisů (nařízení č. 1/2005 ES). K ochraně pštrosů při přepravě se vztahuje také zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů (zákon č. 166/1999 Sb.,

* vecerekv@vfu.cz

1999) a k němu vydaná vyhláška č. 176/2023 Sb., o zdraví zvířat a jeho ochraně a o oprávnění a odborné způsobilosti k výkonu některých odborných veterinárních činností (vyhláška č. 176/2023 Sb., 2023). Kontroly prováděné orgány veterinární správy pak upravuje nařízení Rady č. 625/2017 EU, o úředních kontrolách a jiných úředních činnostech prováděných s cílem zajistit uplatňování potravinového a krmivového práva a pravidel týkajících se zdraví zvířat a dobrých životních podmínek zvířat, zdraví rostlin a přípravků na ochranu rostlin (nařízení č. 625/2017 EU, 2017), a dále zákon č. 255/2012 Sb., o kontrole (kontrolní řád), ve znění pozdějších předpisů (zákon č. 255/2012 Sb., 2012), zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů (zákon č. 500/2004 Sb., 2004) a zákon č. 361/2000 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů (zákon č. 361/2000 Sb.).

Práce sleduje počty přepravovaných pštrosů na jatky, a to zejména z pohledu případného trendu v průběhu sledovaného období, a dále se zaměřuje na zjištění úrovně úhynů pštrosů při přepravě na jatky, s cílem posoudit úroveň přepravy pštrosů na jatky z pohledu dodržování právních požadavků na přepravu těchto zvířat a z pohledu zdravotních, welfarových a etologických potřeb přepravovaných zvířat.

Materiál a metodika

Práce se soustředí na zjištění trendu v počtu přepravovaných pštrosů na jatky a na zjištění případných úhynů zvířat při jejich přepravě na jatky v období 2017 až 2023. Práce se opírá o údaje získané na základě veterinárního dozoru nad pštrosy přepravovanými na jatky a o údaje počtů případně uhynulých zvířat při jejich přepravě.

Za celé sledované období bylo přepraveno na jatky 4 226 pštrosů.

K zjištění trendu v počtu poražených a uhynulých pštrosů jsme porovnali počty přepravených zvířat v období let 2017 až 2019 (I. období) s počty v období let 2021 až 2023 (II. období) a dále počty zvířat uhynulých v období let 2017 až 2019 (I. období) s počty uhynulých v období let 2021 až 2023 (II. období).

Pro zhodnocení významnosti trendů byl použit statistický χ^2 test s hodnocením významnosti na hladině $p \leq 0,05$, v rámci programu Excel Microsoft Office Professional Plus 2019.

Výsledky a diskuse

V období let 2017 až 2023 bylo na jatky přepraveno 4 226 pštrosů, z toho uhynulo 0 pštrosů, úroveň úhynů tak představovala 0,000 %.

Pro vyjádření trendu v počtu přepravovaných zvířat na jatky jsme porovnali počty přepravených zvířat v I. období (2017 až 2019) a II. období (2021 až 2023), výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 1. Počty poražených pštrosů na jatkách v jednotlivých letech sledovaného období jsou uvedeny v grafu č. 1.

Porovnání počtu poražených zvířat v I. období (2017 až 2019) a ve II. období (2021 až 2023) s vyjádřením statistické významnosti je uvedeno v grafu č. 2.

Při přepravě pštrosů na jatky došlo ve sledovaném období k statisticky významnému vzestupu počtu zvířat poražených na jatkách, jak dokládá tabulka č. 1 a graf č. 1. V jednotlivých letech sledovaného období bylo na jatky přepraveno 434 až 740 pštrosů, zatímco v období let 1997 až 2004 se počty pštrosů přepravovaných v jednotlivých letech pohybovaly v rozmezí 30 až 842 ks (Voslářová et al., 2006) a v období 2009 až 2014 to již bylo v rozmezí 714 až 2 235 ks (Malíková et al., 2016).

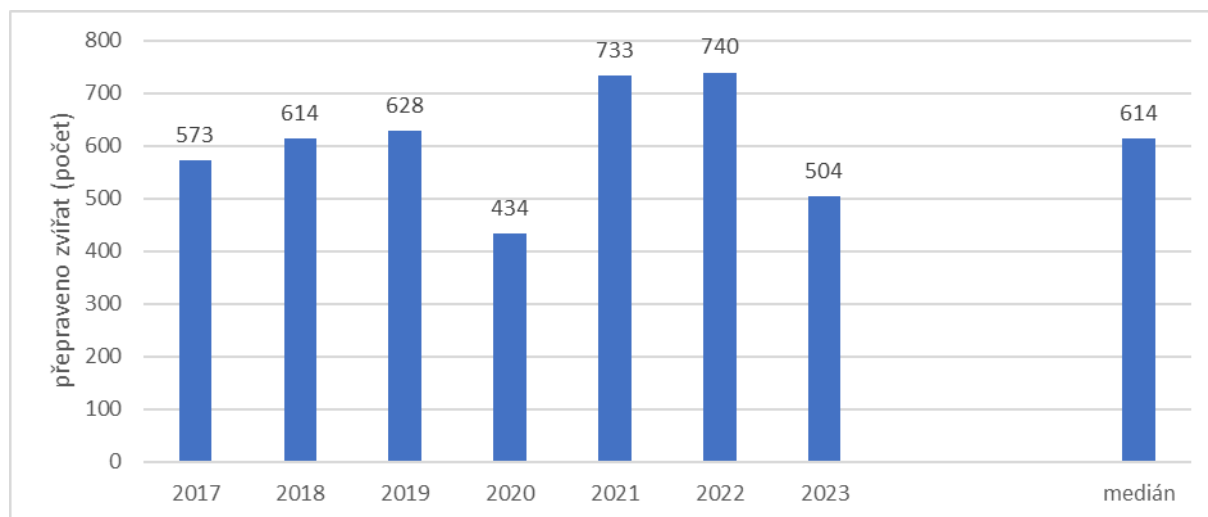
Za celé sledované období byl zjištěn nulový počet uhynulých pštrosů při přepravě na jatky. Také dřívější studie zabývající se přepravou pštrosů na jatky v ČR uvádějí, že k úhynům pštrosů v souvislosti s přepravou na jatky dochází jen ojediněle. Žádné úhyny nebyly zjištěny při přepravě pštrosů v období let 2010 to 2019 (Válková et al., 2022). V období let 1997 až 2004 byly úhyny zjištěny pouze v jednom roce (2001) sledovaného období, kdy došlo k úhynu 4 ptáků, mortalita pštrosů v souvislosti s přepravou na jatky za celé období let 1997 až 2004 byla na úrovni 0,157 % (Voslářová et al., 2006). Obdobně v období let 2009 až 2014 došlo k úhynům pštrosů při přepravě

pouze v jednom (posledním) roce sledovaného období, v tomto roce však také několikanásobně narostl počet přepravovaných pštrosů. Celkově byl u pštrosů zjištěn úhyn v souvislosti s přepravou na jatky v ČR v období let 2009 až 2014 na úrovni 0,051 % (z celkem 5 935 přepravených pštrosů) (Malíková et al., 2016).

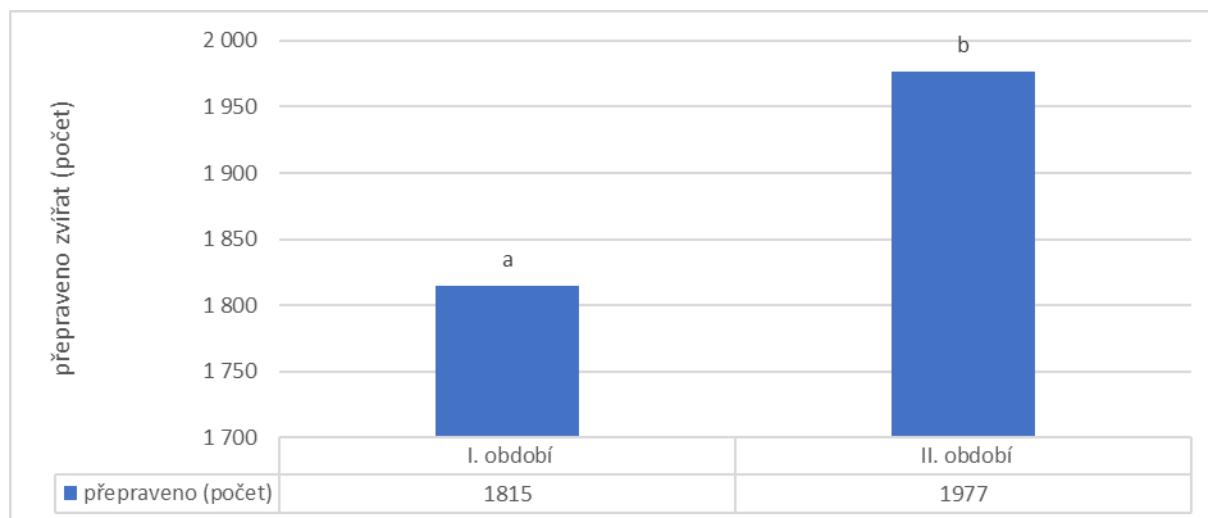
Tabulka č. 1. Trend v počtu přepravovaných a uhynulých pštrosů při přepravě na jatky

období 2017 až 2023			
přepraveno	poraženo	uhynulo	uhynulo
počet	počet	počet	%
4226	4226	0	0,0000
I. období			
přepraveno	poraženo	uhynulo	uhynulo
počet	počet	počet	%
1815	1815	0	0,0000
II. období			
přepraveno	poraženo	uhynulo	uhynulo
počet	počet	počet	%
1977	1977	0	0,0000
II. období / I. období			
přepraveno	přepraveno	uhynulo	uhynulo
poměr	χ^2 (p)	poměr	χ^2 (p)
1,09	0,000	0/0	1,0

Graf č. 1. Počty poražených pštrosů na jatkách v jednotlivých letech sledovaného období



Graf č. 2. Trend v počtu poražených pštrosů na jatkách na základě porovnání období 2017 až 2019 a období 2021 až 2023



Vysvětlivky: písmena u sloupců vyjadřují statistickou významnost, rozdílná písmena vyjadřují statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$)

Z výsledků vyplývá, že došlo k statisticky významnému zvýšení v počtu přepravovaných pštrosů na jatky, a to o 8,9 %. Požadavky vycházející z právních předpisů i požadavky na dobré životní podmínky pštrosů při přepravě byly dodržovány na potřebné úrovni, veterinární dozor nezjistil žádný úhyn pštrosů při jejich přepravě na jatky. Výsledkem našeho sledování je velmi pozitivní zjištění, které dokládá respektování podmínek pro přepravy pštrosů na jatky a to jak z pohledu právních předpisů, tak také z pohledu zajišťování pohody zvířat v průběhu přepravy.

Závěr

Za základě našeho sledování lze konstatovat, že ve sledovaném období došlo k statisticky významnému vzestupu ($p = 0,000$) počtu poražených pštrosů na jatkách o 8,9 %, přičemž ve sledovaném období neuhynul žádný přepravovaný pštros.

Tato práce byla finančně podpořena ITA VETUNI (projekt č. 2024ITA26), text článku vychází z atestační práce MVDr. Evy Justové: Trendy v úhynech zvířat při přepravě na jatky z pohledu ochrany zvířat proti týrání.

Literatura

- Malíková, M., Voslářová, E., Večerek, V., Bedáňová, I. 2016. Úhyny pštrosů při přepravě na jatky v ČR v období let 2009 – 2014. In: Ochrana zvířat a welfare 2016. Brno: VFU Brno, s. 257-260.
- Nařízení Rady č. 1/2005 ES, o ochraně zvířat během přepravy a souvisejících činnostech a o změně směrnic 64/432/EHS a 93/119/ES a nařízení (ES) č. 1255/97. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 17. 7. 2025]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- Nařízení Rady č. 625/2017 EU, o úředních kontrolách a jiných úředních činnostech prováděných s cílem zajistit uplatňování potravinového a krmivového práva a pravidel týkajících se zdraví zvířat a dobrých životních podmínek zvířat, zdraví rostlin a přípravků na ochranu rostlin (nařízení o úředních kontrolách). In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 17. 7. 2025]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- Válková, L., Večerek, V., Voslářová, E., Kaluža, M., Takáčová, D., Brscic, M. 2022. Animal welfare during transport: Comparison of mortality during transport from farm to slaughter of different animal species and categories in the Czech Republic. Italian Journal of Animal Science 21: 914-923.

- Voslářová, E., Bedáňová, I., Malena, M., Večerek, V. 2006. Úroveň ochrany pštrosů z pohledu jejich mortality při přepravě na jatky. In: *Ochrana zvířat a welfare 2006*. Brno: VFU Brno, s. 102-104.
- Vyhláška č. 176/2023 Sb., o zdraví zvířat a jeho ochraně a o oprávnění a odborné způsobilosti k výkonu některých odborných veterinárních činností, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Vyhláška č. 22/2013 Sb., o vzdělávání na úseku ochrany zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Vyhláška č. 4/2009 Sb., o ochraně zvířat při přepravě, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 255/2012 Sb., o kontrole (kontrolní řád), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 361/2000 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].
- Zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 17. 7. 2025].

HODNOCENÍ WELFARE PRO PŘEPRAVU A VÝLOV KAPRA OBECNÉHO ON-FARM SCORE FOR COMMON CARP TRANSPORT AND HARVEST

Ivona Mladineo^{1,2}, Tereza Křesalová^{1*}, Mikolaj Adamek³, Anna Holčáková¹, Angeliki Mitropoulou⁴, Leonidas Papaharisis⁴, Athanasios Samaras⁴, Michail Pavlidis⁴

¹ Biologické centrum Akademie věd České republiky, Česká republika, ² Tasmánská univerzita, Austrálie, ³ Veterinární univerzita Hannover, Německo, ⁴ Krétská univerzita, Řecko

¹ Biology Centre of the Czech Academy of Sciences, Czech Republic, ² University of Tasmania, Australia, ³ University of Veterinary Medicine Hannover, Germany, ⁴ University of Crete, Greece

Summary

The development of a scientifically validated scoring index derived from Operational Welfare indicators (OWIs) for farmed common carp (Cyprinus carpio) will assist the competent authorities in assessing carp welfare during key aquaculture processes. Grounded in the critical welfare concerns identified through a comprehensive literature review and a Delphi expert consultation under the Horizon Europea project Cure4Aqua, the index provides an applicable tool tailored to the welfare needs of farmed carp. The leading causes of welfare loss in carp during transport, harvest, and stunning, prioritised by a multidisciplinary panel of experts, include low oxygen levels, prolonged air exposure, insufficient water changes, physical impacts, elevated ammonia levels, and incorrect stunning.

Key words: common carp (*Cyprinus carpio*), harvest, transport, scoring index, welfare of aquatic animals, welfare risks

Souhrn

Index hodnocení welfare kapra obecného (Cyprinus carpio) je založený na vědecky ověřených ukazatelích welfare během výlovu, přepravy a porážky a může sloužit jako praktický nástroj pro kontroly welfare kaprů příslušnými orgány. Index vychází z hlavních problémů v oblasti welfare při chovu kapra a je založen na poznatcích z rozsáhlé literární rešerše a interaktivních konzultacích s odborníky pomocí metody Delphi v rámci projektu Horizon Europe Cure4Aqua. Mezi hlavní rizika, která ohrožují welfare kaprů během výlovu, přepravy a porážky na základě Delphi analýzy patří nízká hladina kyslíku, dlouhodobé vystavení vzduchu, nedostatečné výměny vody, manipulace, zvýšená koncentrace amoniaku a nesprávné omáčení.

Klíčová slova: kapr obecný (*Cyprinus carpio*), index hodnocení, přeprava, rizika welfare, výlov, welfare vodních živočichů,

Introduction

Welfare of aquatic animals has been gaining increased attention as aquaculture has experienced significant growth in recent decades. However, substantial gaps persist in the scientific and technical knowledge, as well as in the legal protection of animal welfare in this sector. Defining and assessing welfare indicators remains challenging due to the distinct needs and responses exhibited by each aquatic species. To address these challenges, the European Reference Centre for the Welfare of Aquatic Animals (EURCAW-Aqua), operating under the European Commission, focuses on species-specific research in aquaculture practices and supports National Competent Authorities (NCAs) in implementing high welfare standards.

This study aims to present a scientifically validated and on-farm applicable scoring index of operational welfare indicators (OWIs) for farmed common carp (*Cyprinus carpio*) during transport and harvest to serve as a basis for consistent welfare assessments by NCAs across different

* tereza.kresalova@paru.cas.cz

aquaculture facilities during critical farming processes. Adaptable to other species, scoring indexes provide a structured and objective approach to evaluating animal welfare, utilising indicators that consider the animal, environment, and management practices. For fish, such indicators may include fin, gill, or eye damage, as well as water quality parameters or stocking densities.

Materials and Methods

To design the on-farm scoring index for common carp (*Cyprinus carpio*) welfare during transport and harvest, data from a comprehensive literature review and a Delphi expert consultation were utilised. The initial literature review and data mining process, as well as the Delphi workshop, were conducted under the Horizon Europe-funded programme Cure4Aqua (<https://cure4aqua-project.eu/>).

Literature review and data mining

A literature review was conducted using academic databases (Scopus, PubMed, WoS, ScienceDirect, and BioMed Central) and other bibliographic resources such as Google Scholar, WorldCat, and Open Grey. Search keywords included combinations of the following: welfare AND/OR indicators AND/OR assessment AND/OR good husbandry practices AND/OR transport AND/OR slaughter AND/OR humane slaughter AND/OR common carp; *Cyprinus carpio*; aquaculture. The search focused on publications from 2010 onwards, and the primary inclusion criteria were the involvement of common carp and the provision of information regarding the rearing environment and measures related to welfare indicators.

Data from the Delphi expert consultation and workshop

The Delphi expert consultation assessment determined the suitability of welfare indicators for common carp during harvest and transport. A questionnaire was developed to rank various potential indicators based on their scientific validity, relevance to carp welfare, and practical application in aquaculture. Questions also assessed the relative importance of different welfare domains, such as water quality, social behaviour, and health metrics, allowing experts to highlight the indicators most essential to carp. The workshop was held on September 19, 2024, in Prague, Czech Republic, and brought together 19 experts representing scientists, producers, authorities, ministries, and NGOs from Austria, the Czech Republic, Poland, Serbia, Slovakia, and Italy. The modified Delphi method was divided into two phases:

Phase A: The challenges, causes, and solutions related to the welfare of common carp were addressed through roundtable discussions. Each participant identified two critical issues, which were grouped into farming and health, environment and climate, policy and funding, and capacity building/training and knowledge. The key challenges were evaluated and prioritised, and solutions were proposed.

Phase B: An updated version of the Delphi method was employed through a custom online platform to gather expert insights through multiple consultation rounds. The open-dialogue format helped pinpoint priority issues according to the experts.

Subsequently, a scoring index was developed based on the prioritised welfare indicators, available metrics, and an expert consultation (M. Adamek, University of Veterinary Medicine Hannover).

Workshop results

The identification of causes of welfare loss in common carp was divided into three sections: harvest, transport, and stunning. The most critical causes, each rated as ‘high’ or ‘very high’ by over 80% of participants of the Delphi expert consultation workshop, are listed below in order of significance.

Causes during harvest

- The water oxygen level in the fishing spot is too low (94.74%)
- Fish are out of the water for long periods of time during the catching process (94.74%)
- Last 24h of pond draining resulted in too low oxygen level in the pond (89.47%)

- Grading of fish is done for too long, exposing the fish to light and air (84.21%)
- Catching is done by inexperienced staff (lack of training) (84.21%)

Causes during transport

- No water change is done in transport that is longer than 24h (89.47%)
- The fish are poured from loading tanks to transport tanks from a large height (89.47%)
- Increased ammonia level during the transport (89.47%)
- Fish are shaken and bumped to tank walls during loading (84.21%)

Causes during stunning

- Incorrect placement of the head strike during the stunning process with the blow to the head (100%)

Possible solutions

The consequent step that included the individual evaluation of possible solutions for improving welfare in common carp farming rated the following as the most effective, with the highest number of 'high effectiveness' and 'very high effectiveness' responses:

Check that all mechanization is functional before the harvest (100%).

Train/ educate employees (94.74%).

Follow Good Husbandry Practices Manual (89.47%).

The workshop concluded with the identification of six key welfare issues deemed most critical during the transport and harvesting of common carp.

1. Water quality and low oxygen levels in ponds due to draining and during transportation at high stocking densities.
2. Fish being out of water for long periods during the catching process, causing stress, injuries, and mortalities. Mechanised systems were suggested to speed up the harvesting process and improve overall yield.
3. Ineffective stunning can leave fish conscious during slaughter, causing stress. Stunning methods vary, impacting efficiency.
4. Experience and training of staff were seen as very important by producers, but less so by scientists. Some emphasised the impact of staff inexperience on fish injury and mortality, while others highlighted the importance of experienced leadership, coordination, and management.
5. Changes or updates in legislation were rated from moderate (scientist, producer) to very high (authority representative, producer). The proposed solution included translating recommendations into regulations and updating EU legislation.
6. Transport economics was the most divisive issue, rated from very low (authority representative) to very high (producer). Some saw it as a critical, neglected factor, while others considered it of lesser importance.

Welfare metrics

Table 1. Welfare scoring index for farmed common carp (*Cyprinus carpio*) during transport

Transport welfare metrics for farmed common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)			
Indicator/score	0	1	2
Time of loading	< 15 min	15 min	> 15 min
Hits*	Minimal	Occasional	Frequent
Ammonia level**	< 500 µmol/ l	500-1200 µmol/ l	> 1200 µmol/ l
Water change within 24h	Yes		No

*Fish are shaken and bumped to tank walls during loading

**Ammonia concentrations in carp plasma

Table 2. Welfare scoring index for farmed common carp during harvest and stunning

Harvest and stunning welfare metrics for farmed common carp			
Indicator/score	0	1	2
Saturation of water with oxygen	> 40%	40-25%	< 25%
Too low oxygen in the last 24 h of pond draining	0 h	< 1 h	> 1h
Duration of fish out of the water	< 30 s	30 s - 3 min	> 3 min
Head strike	Correct placement	Near the brain but not precise	Incorrect/ multiple attempts
Duration of electric stunning	5 min	5 - 2 min	< 2 min

Conclusion

The presented scoring index is the first standardised on-farm assessment of common carp (*Cyprinus carpio*) welfare during transport and harvest. It provides an overview of relevant welfare metrics that can serve as a foundation for ongoing assessments. The leading causes of welfare loss in carp during harvest were identified as low oxygen levels, prolonged air exposure, inexperienced staff, incorrect striking techniques and stunning, and insufficient water changes. Additionally, physical impacts and high ammonia levels were noted as leading causes of welfare loss during transport.

The findings were derived from a literature review and data mining process, a report from the Horizon Europe-funded project Cure4Aqua, and an expert consultation. As further data and insights become available, the scoring index will be continuously updated and refined to maintain its accuracy and applicability.

Funded by European Union under the European Reference Centre for the Welfare of Aquatic Animals, Grant Agreement No. 101193803 (EURCAW-Aqua) and the Horizon Europe Programme, Grant Agreement No. 101084204 (Cure4Aqua). Views and opinions expressed are, however, those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union and the European Health and Digital Executive Agency (HaDEA), or the European Research Executive Agency (REA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

**OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE
PŘÍPADY Z PRAXE**

**ANIMAL PROTECTION AND WELFARE
CASE REPORTS**

OTRAVY PSŮ HOUBAMI: SKRYTÉ A MÁLO ZNÁMÉ NEBEZPEČÍ MUSHROOM-INDUCED POISONING IN DOGS: A HIDDEN AND UNDERREPORTED RISK

Helena Modrá^{1*}, Tereza Bodnárová², Jaroslav Klán³

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Veterinární klinika Poděbrady, Česká republika, ³ Ústav soudního lékařství a toxikologie, 1. Lékařská fakulta Karlovy univerzity a Všeobecné fakultní nemocnice, Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Veterinary clinic Poděbrady, Czech Republic, ³ Institute of Forensic Medicine and Toxicology, First Faculty of Medicine, Charles University and General University Hospital in Prag, Czech Republic

Summary

*The article draws attention to the risk of canine poisoning caused by toxic and inedible macroscopic fungi. The low detection rate of such poisonings may be attributed to the diagnostic challenges associated with identifying the specific toxin or fungal species involved. The aim of this work is to characterize groups of fungal toxins for which cases of intoxication in dogs have been documented. Emphasis is placed on their mechanisms of action, characteristic clinical manifestations, and available methods of laboratory diagnostics. The article concludes with a brief report of a canine poisoning case involving mushrooms of the genera *Inocybe* and *Hebeloma*, diagnosed in the Czech Republic in 2024.*

Key words: *Amanita, Psilocybe, hallucinogens, muscimol, muskarine, ibotenic acid, macromycetes*

Souhrn

*Příspěvek upozorňuje na riziko otrav jedovatými a nejedlými houbami u psů. Malý záchyt těchto otrav může být způsoben nesnadnou diagnostikou konkrétního toxinu nebo houby. Cílem práce je popsat skupiny toxinů jedovatých hub, u kterých byly zdokumentovány případy otrav u psů. Pozornost je věnována jejich mechanismům účinku, typickým projevům otravy a možnostem laboratorní diagnostiky. V závěru příspěvku je krátce popsán případ otravy psa houbami rodů *Inocybe* a *Hebeloma* diagnostikovaný v roce 2024.*

Klíčová slova: *Amanita, Psilocybe, hallucinogeny, muscimol, muskarin, kyselina ibotenová, makromycety*

Úvod

Případy otrav psů jedovatými houbami nejsou zaznamenávány často. Skutečný výskyt však může být pravděpodobně vyšší, protože identifikace konkrétní houby nebo toxinu, který otravu způsobil, se ve veterinární praxi běžně neprovádí.

Druhové spektrum jedovatých makroskopických hub je neobyčejně široké, a s tím souvisí i velmi různorodý klinický obraz otrav. Ty mohou mít lehký průběh, kdy po pozření houby dojde pouze k vyzvracení obsahu žaludku, ale také velmi závažný – až letální – efekt v případě toxinů s hepatotoxickým, nefrotoxickým či neurotoxickým působením. Riziko hrozí hlavně u několikátýdenních štěňat po odstavu, jejichž přirozenou vlastností je prozkoumávání a ochutnávání všeho, co je v jejich dosahu. Případy otrav houbami v této věkové skupině jsou

* modrah@vfu.cz

uváděny nejčastěji. Otravy jedovatými houbami se však nevyhýbají ani dospělým psům, protože některé houby mají specifický zápach, který pro ně může být atraktivním.

Cílem tohoto příspěvku je upozornit na riziko otrav houbami u psů, které bývá v praxi často podceňováno. Z velmi široké skupiny jedovatých a nejedlých hub byly vybrány ty, u kterých byly popsány případy otrav psů se závažným, případně letálním průběhem. Pozornost je věnována skupinám toxinů obsažených v těchto houbách, jejich mechanismům účinku, typickým projevům otravy a možnostem laboratorní diagnostiky. Dalším cílem je popsat případ otravy psa houbami rodů *Inocybe* a *Hebeloma* diagnostikovaný u nás v roce 2024.

Hepatotoxické houby

Naše nejznámější jedovatá houba **muchomůrka zelená** (*Amanita phalloides*) obsahuje hepatotoxické amanitiny. Stejně toxiny obsahují i další naše houby – **čepičatka jehličnanová** (*Galerina marginata*), **muchomůrka jízlivá** (*Amanita virosa*) a některé malé bedly (*Lepiota*). Muchomůrka zelená obsahuje kromě amanitinů i další toxiny, které se však na klinické otravě pravděpodobně nepodílejí (Li and Oberlies, 2005). Amanitiny se vstřebávají v GIT, kde se projeví první příznaky otravy, a to především profusním průjmem. Poté jsou distribuovány do tkání, kde způsobují inhibici RNA polymerázy II, blokaci syntézy mRNA a apoptózu. Nejcitlivější k toxickému účinku amanitinů jsou jaterní hepatocyty (Lindell et al., 1970). Exkrece amanitinů žlučí tvoří pouze malý podíl, většina se vylučuje močí, přičemž v ledvinných tubulech dochází k reabsorpci, což může vést k akutní tubulární nekróze (Puschner, 2018).

Letální dávka amanitinu pro psy je 0,5 mg/kg ž. hm, což může být množství obsažené v jedné muchomůrce zelené (Faulstich and Fauser, 1980). Klinické příznaky otravy se dostaví až za 6–12 hodin od příjmu houby. Důsledkem dlouhé doby latence je pozdní diagnostická a terapeutická intervence. Mezi první příznaky otravy patří abdominální bolestivost, zvracení, opakovaný, profusní průjem (cholera syndrom), letargie a anorexie. Poté příznaky vymizí a následuje perioda domnělého uzdravení. Avšak během následujících 12 až 24 hodin dojde k fulminantnímu selhání jater (Puschner et al., 2007). Klinicky a biochemicky se tak selhání jater projeví až za 24–48 hodin po příjmu jedovaté houby. Hepatocelulární poškození vede ke koagulopatiím a encefalopatii. Narušení jaterního glykogenu může způsobit závažnou hypoglykémii spojenou s mortalitou (Puschner and Wegenast, 2018). Mortalita při otravě psů je asi 50% (Faulstich and Fauser, 1980). Štěňata a psi, kteří pozřeli větší množství muchomůrky zelené nebo jiných hub s obsahem amanitinů hynou během 24 hodin po příjmu, avšak u většiny dochází k úhynu až během několika následujících dní.

V odborné literatuře je popsána řada případů otravy psů muchomůrkou zelenou (Puschner et al., 2007; Tegzes et Puschner, 2002; Hunt and Funk, 1997; Kallet et al., 1988; Liggett et al., 1989; Cole, 1993). Amanitiny jsou přítomny v plazmě nebo séru otrávených psů ještě před projevem prvních klinických příznaků. Protože mají krátký poločas, jsou v plazmě detekovatelné maximálně do 24 hodin po příjmu. Později je výhodný průkaz amanitinů v moči, kde jsou přítomné až 72 hodin (Thiel et al., 2011). Postmortálně je vhodné stanovení amanitinů v ledvinách a játrech, přičemž z případů z humánní praxe se ukazuje, že vyšší koncentrace je v ledvinách (Puschner, 2018).

Další jedovatou houbou, která má převážně účinek na jaterní buňky je **ucháč obecný** (*Gyromitra esculenta*). Ucháč je jedovatá, občas na jaře sbíraná houba, která obsahuje toxický gyromitrin ze skupiny hydrazinů. Gyromitrin se degraduje vařením a sušením, proto může být po tepelné úpravě konzumován. Případy otrav u zvířat jsou po konzumaci čerstvých plodnic. Hydraziny jsou v malém množství obsaženy i v dalších houbách rodu *Gyromitra* a v žampionech.

Gyromitrin je přímým iritantem GIT a jeho hydrolýzou v žaludku vzniká *N*-metyl-*N*-formylhydrazin (MFH), který je následně pomalu metabolizován na monomethylhydrazin a reaktivní metabolity. MFH inhibuje několik jaterních systémů, včetně cytochromu P-450 a glutationu, a způsobuje jaterní nekrózu. Monomethylhydrazin inhibuje pyridoxin fosfokinázu, která katalyzuje fosforylaci pyridoxinu (vitaminu B6) na pyridoxal-5'-fosfát (P5P). P5P je aktivní koenzymová forma vitamínu B6, která je nezbytná pro mnoho enzymových reakcí v těle, zejména pro

metabolismus aminokyselin a syntézu neurotransmiterů. Snížení syntézy inhibičního neurotransmiteru GABA a zvýšení excitační glutamátové neurotransmise vede k záchvatům křečí a kómatu. Další toxické působení má gyromytrin na červené krvinky a ledviny (Lheureux et al., 2005; Horowitz et al., 2024).

Klinické příznaky otravy gyromytrinem se projeví typicky za 6–8 hodin nebo i později po konzumaci těchto syrových hub nejprve zvracením a vodnatým průjmem. Následně se může projevit tremor, slabost a ataxie. Při těžkých otravách u lidí byly popsány žloutenka, methemoglobinémie, hemolýza, křeče a koma několik dní po začátku projevů otravy (Michelot and Toth, 1991).

V literatuře je popsán případ otravy 10-ti týdenního štěněte kokršpaněla, který rozžvýkal a pozřel část ucháče obecného. Dvě až tři hodiny po ingesci štěně zvracelo a mělo změněné chování. Pes začal být letargický a komatózní 6 hodin po konzumaci, byla zjištěna hematurie a snížení teploty. Pes uhynul o půl hodiny později na následky otravy (Bernard, 1979).

Neurotoxické (psychotropní) houby

V **muchomůrce červené** (*Amanita muscaria*), **muchomůrce tygrované** (*A. pantherina*) a několika dalších muchomůrkách rodu *Amanita* jsou obsaženy neurotoxiny muscimol a kyselina ibotenová patřící do skupiny isoxazolů. Podle latinského názvu je zřejmé, že muchomůrka červená obsahuje také muskarin, který byl poprvé izolován právě z této houby. Muskarin ale není nejsilnějším toxinem této muchomůrky, což bývá někdy mylně bráno v úvahu při léčbě otravy.

Ibotenová kyselina a muscimol, které mají podobnou strukturu jako kyselina glutamová a GABA, přechází přes hematoencefalickou bariéru a v důsledku toho působí jako neurotransmitery zapojené do řízení CNS savců (Michelot and Melendez-Howell, 2003). V experimentu na kočkách bylo zjištěno, že kyselina ibotenová má excitační účinek, zatímco muscimol má depresivní účinek (Johnston et al. 1968). Intraperitoneální injekce muscimolu a kyseliny ibotenové způsobují zvýšení hladiny serotoninu a dopaminu v mozku myši a potkanů (König-Bersin et al., 1970; Gundlach a Beart, 1980). Tyto změny mohou být důsledkem narušení cyklu neurotransmiterů, proto by elevace neurotransmiterů mohly přispívat k psychotonickým účinkům, a dokonce zvýšit účinek některých z nich (Michelot and Melendez-Howell, 2003).

Obsah halucinogenních toxinů se významně liší nejen v jednotlivých plodnicích muchomůrek, ale také v jejich různých částech. Nejvyšších koncentrací dosahují u muchomůrky červené v pokožce klobouku a těsně pod ní (Gore and Jordan, 1982). Díky variabilitě v obsahu toxinů a individuální citlivosti je těžké odhadnout letální dávky těchto jedovatých hub. U psů jsou popsány smrtelné případy otravy muchomůrkou tygrovanou i červenou i otravy, které vyvolaly komatózní stavy, ale skončily uzdravením zvířete bez léčebného zásahu (Hunt and Funk, 1977; Shaw, 1994a,b; Lindberg and Holgrem, 2012; Rossmeisl et al., 2006; Romano et al., 2019).

Otrava je pravděpodobnější u štěňat při odstavu a žravých psů. Jednou z příčin je i specifický pach hub, který může psy lákat. Další příčinou je pozření sušených muchomůrek, které majitelé využívají k „rekreačním“ účelům. Při sušení muchomůrek vzniká dekarboxylací muscimol, který je až 10× účinnější než kyselina ibotenová,

První klinické příznaky se dostaví za 30–90 minut po konzumaci hub. Mezi typické příznaky otravy u psů patří zvracení, letargie nebo naopak hyperaktivita, kňučení, lapání po dechu, agitace a zmatenost (Puschner, 2018). Těžká otrava muchomůrkou tygrovanou byla popsána u 4- a 5-týdenních štěňat německých ovčáků a labradorských retrívrů (Hunt et Funk, 1977; Naude and Berry, 1997). Otrava vyvolala semikomatózní stav s opistotonem, strabismus, plovací pohyby, kvadruparézou, útlum a úhyn části štěňat. Komplikací při otravě může být i aspirace zvratků v komatózním stádiu.

Problém při otravě muchomůrkou červenou nebo tygrovanou je, že psi často upadají do komatózního stavu a majitel se po dohodě s veterinárním lékařem rozhodne pro eutanázii. Prognóza při této otravě však nemusí být nepříznivá. Důležité je však poznamenat, že při léčbě není žádoucí

aplikace atropinu. Přestože muchomůrka červená i tygrováná obsahují určité množství muskarinu, ten má ale minoritní toxikologický význam a atropin způsobuje exacerbaci účinku kyseliny ibotenové a muscimolu (Puschner, 2018).

Nejznámějšími houbami obsahujícími další neurotoxické jedy **psilocin a psilocybin** jsou **lysohlávky - houby rodu *Psilocybe***. Mezi další rody hub obsahující tyto toxiny patří kropenatce rodu *Panaeolus*, plaménky a šupinovky rodu *Gymnopilus*, čepičatky a sametovky rodů *Galerina* a *Conocybe* a límcovky rodu *Stropharia*. Z hub rodu *Psilocybe* se v České republice vyskytuje běžná travní lysohlávka kopinatá (*Psilocybe semilanceata*), lysohlávka tajemná (*Psilocybe serbica* var. *arcana*), poměrně často lysohlávka česká (*Psilocybe serbica* var. *bohemica*), lysohlávka moravská (*Psilocybe serbica* var. *moravica*), lysohlávka modrající (*Psilocybe cyanescens*) a velmi vzácně lysohlávka zářivá (*Psilocybe laetissima*; Antonín and Dvořák, 2010, Simón Pérez, 2018).

Psilocin a psilocybin patří mezi klasické halucinogeny. Psilocybin je v organismu esterázami rychle defosforylován, konvertován na psilocin, který je považován za hlavní farmakologicky účinnou látku. Přestože je psilocybin podobný jiným klasickým psychedelikům, jako je LSD a ayahuasca, je ve srovnání s nimi relativně bezpečný a podle dostupných informací nezpůsobuje žádné neurofyziologické deficity, poškození orgánů ani závislost (Johnson et al., 2018; Kopra et al., 2022; Oster et al., 2023). Mechanismus účinku psilocinu spočívá v interakci se serotoninovými a dopaminovými receptory (Halberstadt et al., 2011; Petersen et al., 2020). V závislosti na koncentraci psilocinu a psilocybinu se u člověka projeví psychické a psychedelické efekty po konzumaci 1–20 hub (Studerus et al., 2011). Ačkoli se klinické příznaky obvykle objevují během 30 minut až hodiny, vzácně se mohou objevit až 3 hodiny po požití (Puschner and Wegenast, 2018). U psa a kočky nejsou údaje o toxických dávkách známy a v literatuře je popsán pouze jeden případ otravy u dospělé feny labradorského retrieveru. Klinicky se tato otrava projevila ataxií, vokalizací, agresivitou, zvýšením tělesné teploty a nystagmem. Třetí den po otravě byl pes bez příznaků (Kirwan, 1990).

Psilocin a psilocybin může být u otrávených zvířat detekován v moči, séru a obsahu GIT.

Neurotoxické působení má také muskarin, který je v nejvyšších koncentracích obsažen ve **vláknících (*Inocybe*) a strmělkách (*Clitocybe*)**. Většina vlákníc (asi 50 druhů) obsahujících muskarin, má vůni a chuť spermatickou, což zřejmě láká psy. Muskarin je termostabilní a není degradován trávicími enzymy. Špatně se vstřebává z GIT a nepřechází encefalickou bariérou. Muskarin dráždí cholinergní receptory nervového systému a jeho vliv je patrný především v periférii. Citlivá na jeho účinek je hladká svalovina, žlázy a kardiovaskulární systém (Puschner and Wegenast, 2018).

Houby rodu *Inocybe* a *Clitocybe* mohou obsahovat v sušině 0,1–0,33 % muskarinu, klinické příznaky otravy jsou vyvolány koncentrací muskarinu minimálně 0,01 %. To znamená, že jediná houba může mít letální účinky. Je důležité poznamenat, že muchomůrka červená (*Amanita muscaria*) obsahuje pouze 0,0003 % muskarinu (homeopatické množství). Při otravě touto houbou se proto neprojeví cholinergní účinek muskarinu, ale účinek isoxazolů (ibotenové kyseliny a muscimolu).

V závislosti na koncentraci muskarinu ve vláknících se klinické příznaky dráždění cholinergních receptorů dostaví za 15 minut až dvě hodiny po ingesci (Lurie et al., 2009). Dráždění muskarinových receptorů u psů se projevují salivací, lakrimací, močením, průjmem, dyspnoí a zvracením. Mezi další typické příznaky patří mióza a bradykardie (Yam et al., 1993). Otrava vlákníci je jedinou otravou houbami, při které existuje antidotum. Tímto antidotem je atropin, který se kompetitivně váže na muskarinové receptory.

Muskarin může být detekován v moči a obsahu trávicího traktu (Puschner and Wegenast, 2018).

V literatuře byly popsány dva případy otravy psů jedovatými houbami obsahujícími muskarin. U 14-ti letého špringršpaněla bylo po požití těchto hub zjištěno prodloužení času CRT a snížení tělesné teploty. Klinicky se otrava projevila ospalostí, zvracením, zvýšením motility střev a krvavým průjmem. Po symptomatické léčbě během 24 hodin příznaky ustoupily bez trvalých

následků otravy (Yam et al., 1993). Konzumace 5–10 vlákníc *Inocybe fastigiata* způsobila u dospělého maltézského psíka během jedné hodiny salivaci, opakované zvracení, lakrimaci, průjem, dýchací obtíže, neklid a slabost. Zvíře se uzdravilo za 48 hodin po výplachu žaludku a podání atropinu (Lee et al., 2009).

Identifikace hub a možnosti diagnostiky

Pro identifikaci druhu hub, které byly příčinou otravy, je nezbytné získat vzorek zvratků, obsahu žaludku nebo přímo rozkousané plodnice. Tyto vzorky je možné před odesláním do mykologické laboratoře zmrazit. Pracovištěm, které se zabývá identifikací hub je Ústav soudního lékařství a toxikologie 1. LF UK, odd. přírodních toxinů. Identifikace náleží mezi placené úkony a provádí se makroskopicky (je-li k dispozici materiál) nebo mikroskopicky. Pro rychlou informaci je možné zaslat fotografii pravděpodobného druhu, který způsobil otravu (postup však není *lege artis*). Další možností je identifikace druhu hub na základě molekulárně biologických metod, která se však v rutinní praxi neprovádí.

Další možností je průkaz toxinů, který se provádí v séru nebo moči otrávených zvířat pomocí chromatografických metod, většinou vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií s hmotnostní detekcí. Po úhynu lze toxiny prokázat také v játrech, ledvinách, případně sliznicích GIT.

Popis případu

Roční fena plemene sibiřský husky byla přivezena na pohotovostní službu z důvodu kolapsu. Fena nebyla schopná chůze, slintala a byla potřísněná močí. Potíže dle majitelů začaly přibližně 60 minut po večerním krmení.

Při příjmu klinické vyšetření identifikovalo alteraci vědomí pacientky, výraznou tetraparézu, hypersalivaci a trismus. Sliznice byly hyperemické a CRT zkrácené pod jednu sekundu. Fena byla tachykardická a bradypnoická. Respirační vzor byl velice mělký. Dále byl zjevný diskomfort dutiny břišní. Rektální teplota těla byla 38,2°C.

Bližší diagnostika odhalila hypertenzi a hypoventilaci. Pomocí zobrazovacích metod byl detekován distendovaný žaludek naplněný zažitinou.

Při příjmu pacienta byla promptně zahájena kyslíková terapie spolu se symptomatickou léčbou. Později, vzhledem k neúspěšné medikamentózní indukci emeze, bylo přistoupeno k výplachu žaludku v hluboké analgosedaci. Ve výplachu žaludku bylo přítomno velké množství částečně natrávených hub. Fenka byla udržována na JIP prvních 12 hodin hospitalizace. Kompletní rekonvalescence se dostavila po 48 hodinách již v domácím prostředí.

Výplach žaludku byl zmrazen a později mikroskopicky vyšetřen. V obsahu byly určeny houby *Inocybe* sp. a *Hebeloma crustuliniforme*.

Závěr

Vzhledem k tomu, že houby mohou být pro psy atraktivní svou vůní a chutí, je třeba apelovat na zvýšenou opatrnost při venčení v období růstu hub a na včasné vyhledání veterinární péče při podezření na intoxikaci. Léčba otrav je většinou symptomatická. Pouze při otravě vlákniciemi a strmělkami obsahujícími muskarin je možno podat atropin. To ovšem neplatí v případě otravy muchomůrkou červenou. Identifikace konkrétního druhu hub nebo toxinu napomáhá rozšíření znalostí o jejich účincích u zvířat a může zlepšit další přístup k léčbě.

Literatura

- Antonín, V., Dvořák, D. 2010. New, rare and lesser-known macromycetes in Moravia (Czech Republic). *Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae* (Brno) 95: 143–162.
- Bernard, M.A. 1979. Mushroom poisoning in a dog. *Canadian Veterinary Journal* 20: 82–83.
- Cole, F.M. 1993. Puppy death and *Amanita-phaloides*. *Australian Veterinary Journal* 70: 271–272.

- Faulstich, H., Fauser, U. 1980. The course of *Amanita* intoxication in beagle dogs. In: Faulstich, H., Kommerell, B., Wieland, T. (Eds.): *Amanita* toxins and poisoning, Verlag Gerhard Witzstroch, Baden-Baden, pp. 115–123.
- Gore, M.G., Jordan, P.M. 1982. Microbore single-column analysis of pharmacologically active alkaloids from the fly agaric mushroom *Amanita muscaria*. *Journal of Chromatography* 243: 323–328.
- Gundlach, A.L., Beart, P.M. 1980. Effect of muscimol on dopamine metabolism of the rat hypothalamus. *Experientia* 36: 1312–1313.
- Halberstadt, A.L., Koedood, L., Powel, S.B., Geyer, M.A. 2011. Differential contributions of serotonin receptors to the behavioural effects of indoleamine hallucinogens in mice. *Journal of Psychopharmacology* 25: 1548–1561.
- Horowitz, K.M., Kong, E.L., Regina, A.C., Horowitz, B.Z. 2024. Gyromitra Mushroom Toxicity. 2024 Feb 9. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 29262102.
- Hunt, R.S., Funk, A. 1977. Mushrooms fatal to dogs. *Mycologica* 69: 432–433.
- Johnson, M.W., Griffiths, R.R., Hendricks, P.S., Henningfield, J.E. 2018. The abuse potential of medical psilocybin according to the 8 factors of the controlled substances act. *Neuropharmacology* 142, 143–166.
- Johnston, G.A.R., Curtis, D.R., de Groat, W.C., Duggan, A.W. 1968. Central actions of ibotenic acid and muscimol. *Biochemical Pharmacology* 17: 2488–2489.
- Kallet, A., Sousa, C., Spangler, W. 1988. Mushroom (*Amanita phaloudes*) toxicity in dogs. *California Veterinarian* 42: 47.
- Kirwan, A.P. 1990. Magic mushroom” poisoning in a dog. *The Veterinary Record* 126: 149.
- König-Bersin, P., Waser, P.G., Langemann, H., Lichtensteiger, W. 1970. Monoamines in the brain under the influence of muscimol and ibotenic acid, two psychoactive principles of *Amanita muscaria*. *Psychopharmacologia* 18: 1–10.
- Kopra, E.I., Ferris, J.A., Winstock, A.R., Young, A.H., Rucker, J.J. 2022. Adverse experiences resulting in emergency medical treatment seeking following the use of magic mushrooms. *Journal of Psychopharmacology* 36: 965–973.
- Lee, S., Nam, S.J., Choi, R., Hyun, Ch. 2009. Mushroom poisoning by *Inocybe fastigiata* in a Maltese dog. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8: 708–710.
- Lheureux, P., Penaloza, A., Gris, M. 2005. Pyridoxine in clinical toxicology: a review. *European Journal of Emergency Medicine* 12: 78–85.
- Li, Ch., Oberlies, N.H. 2005. The most widely recogized mushroom: chemistry of the genus *Amanita*. *Life Sciences* 78: 532–538.
- Liggett, A.D., Weiss, R. 1989. Liver necrosis caused by mushroom poisoning in dogs. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 1: 267–269.
- Lindberg, H., Holmgren, A. 2012. Two lethal cases of *Amanita muscaria* ingestion in dogs. In: Abstracts of the 2012 International Congress of the European Association of Poisons Centres and Clinical Toxicologists, London, UK. (2012) 50: 289.
- Lindell, T.J., Weingerg, F., Morris, P.W., Roeder, R.G., Rutter, W.J. 1970. Specific inhibition of nuclear RNA polymerase II by α -amanitin. *Science* 170: 447–449.
- Lurie, Y., Wasser, S.P., Taha, M., Shehade, H., Nijim, J., Hoffmann, Y., Basis, F., Vardi, M., Lavon, O., Suaed, S., Bisharat, B., Bentur, Y. 2009. Mushroom poisoning from species of genus *Inocybe* (fiber head mushroom): a case series with exact species identifications. *Clinical Toxicology (Phila)* 47: 562–565.
- Michelot, D., Melendez-Howell, L.M. 2003. *Amanita muscaria*: chemistry, biology, toxicology, and ethnomycology. *Mycological Research* 107: 131–147.
- Michelot, D., Toth, B. 1991. Poisoning by *Gyromitra esculenta* – a review. *Journal of Applied Toxicology* 11:235–243.
- Naude, T.W., Berry, W.L. 1997. Suspected poisoning of puppies by the mushroom *Amanita pantherina*. *Journal of the South African Veterinary Association* 68: 154–158.
- Oster, E., Čudina, N., Pavasović, H., Prevendar Crnić, A., Božić, F., Fadel, C., Giorgi, M. 2023. Intoxication of dogs and cats with common stimulating, hallucinogenic and dissociative recreational drugs. *Veterinary and Animal Science* 19: 100288.
- Petersen, M., Garg, U., Ketha, H. 2020. Hallucinogens—psychedelics and dissociative drugs. In: Ketha, H., Garg, U. (Eds.): *Toxicology Cases for the Clinical and Forensic Laboratory*, Academic Press, pp. 295–303.

- Puschner, B. 2018. Mushrooms. In: Peterson, M.E., Talcott, P.A. (Eds.): *Small Animal Toxicology*, 3rd Edition, Elsevier, St. Louis, Missouri, pp. 659–676.
- Puschner, B., Rose, H.H., Filigenzi, M.S. 2007. Diagnosis of *Amanita* toxicosis in a dog with acute hepatic necrosis. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 19: 312–317.
- Puschner, B., Wegenest, C. 2018. Mushroom poisoning cases in dogs and cats. Diagnosis and treatment of hepatotoxic, neurotoxic, gastroenterotoxic, nephrotoxic, and muscarinic mushrooms. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 48: 1053–1067.
- Romano, M.C., Doan, H.K., Poppenga, R.H., Filigenzi, M.S., Bryant, U.K., Gaskill, C.L. 2019. Fatal *Amanita muscaria* poisoning in a dog confirmed by PCR identification of mushrooms. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 31: 485–487.
- Rossmesl, J.H., Higgins, M.A. 2006. *Amanita muscaria* toxicosis in two dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* 16: 208–214.
- Shaw, M. 1994a. Reported case of an *Amanita pantherina* ingestion in a dog. In Trestrail, J.H.I. (Ed.): *North American Mycological Association report*, Grand Rapids, MI, Grand Rapids Poison Center.
- Shaw, M. 1994b. Reported case of an *Amanita pantherina* or *muscaria* ingestion in a dog. In Trestrail, J.H.I. (Ed.): *North American Mycological Association report*, Grand Rapids, MI, Grand Rapids Poison Center.
- Simón Pérez, J.J. 2018. Recent discoveries of *psilocybe* species in Czech Republic and their presence around Brno. *Universitat Politècnica de València*.
- Studerus, E., Kometer, M., Hasler, F., Vollenweider, F.X. 2011. Acute, subacute and long-term subjective effects of *psilocybin* in healthy humans: a pooled analysis of experimental studies. *Journal of Psychopharmacology* 25: 1534–1552.
- Tegzes, J.H., Puschner, B. 2002. *Amanita* mushroom poisoning: efficacy of aggressive treatment of two dogs. *Veterinary and Human Toxicology* 44: 96–99.
- Thiel, C., Thiel, K., Klingert, Diawold, A., Scheuermann, K., Hawerkamp, E., Lauber, J., Scheppach, J., Morgalla, M.H., Königsrainer, A., Schenk, M. 2011. The enterohepatic circulation of *amanitin*: kinetics and therapeutical implications. *Toxicology Letters* 203: 142–146.
- Yam, P., Helfer, S., Watling, R. 1993. Mushroom poisoning in a dog. *Veterinary Record* 133: 24.

**BUJNÉ ROSTLINY, MRTVÉ RYBY. KAZUISTIKA HROMADNÉ OTRAVY
AKVARIJNÍCH RYB OXIDEM UHLÍČITÝM**
**LUSH PLANTS, DEAD FISH: A CASE REPORT OF MASS CARBON DIOXIDE
POISONING IN ORNAMENTAL FISH**

Dagmar Vršková*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

This paper presents a case report of mass mortality of ornamental fish and snails due to carbon dioxide (CO₂) overdose in a high-tech freshwater aquarium. The theoretical section explains the physicochemical behavior of CO₂ in water, its effect on pH, and physiological consequences for fish. The toxic mechanism is described—both the direct effect of CO₂ leading to respiratory acidosis and the indirect effect of pH decline resulting in osmoregulatory disturbances. The case report includes a detailed description of the aquarium setup, the dosing error, and subsequent safety measures implemented by the aquarist. Legal and ethical considerations of CO₂ use in ornamental fish husbandry are also discussed.

Key words: carbon dioxide, CO₂ overdose, ornamental fish, water pH, acidosis

Souhrn

Príspevek popisuje prípad hromadného úhynu akvarijných ryb a plžů v dôsledku predávkování oxidem uhličitým (CO₂) v moderním high-tech akváriu. V teoretické časti jsou vysvětleny fyzikálně-chemické vlastnosti a chování CO₂ ve vodním prostředí, jeho vliv na pH a patofyziologické důsledky pro ryby. Popsán je mechanismus otravy — jak přímý účinek CO₂ vedoucí k respirační acidóze, tak nepřímý účinek přes pokles pH způsobující poruchy osmoregulace. V kazuistice je popsán konkrétní případ otravy včetně následných opatření ke zvýšení bezpečnosti. Závěrem jsou diskutovány právní a etické aspekty manipulace s CO₂ v chovu zájmových živočichů.

Klíčová slova: oxid uhličitý, předávkování CO₂, akvarijní ryby, pH vody, acidóza

Úvod

Akvaristika má na území dnešní České republiky dlouhou a bohatou tradici. V roce 1927 vznikla první organizace sdružující chovatele okrasných ryb „Spolek pro akvaristiku a teraristiku v Praze“ a českoslovenští akvaristé se později stali známými i v mezinárodním měřítku svou odborností, znalostmi i šlechtitelskými úspěchy. Akvaristika se postupně stala rozšířeným a oblíbeným koníčkem, který měl význam nejen estetický, ale i výchovný a vědecký (Koutek, 1954.)

Generalizovaný boom československé akvaristiky přišel v šedesátých a sedmdesátých letech 20. století: akvaristika se stala celospolečenským fenoménem, kdy v kotelnách a sklepech vznikaly tisíce malých rozmnožoven rybek, využívaných pro produkci akvarijních ryb nejen pro domácí odběratele, ale také pro export do západní Evropy a Japonska. Dnes se Česká republika řadí mezi tři největší vývozce akvarijních ryb na světě s odhadovaným ročním exportem v objemu až 4 mld Kč (cca 240 tun živých ryb), společně ve stejné kategorii například s Malajsíí a Singapurem (Finanční noviny, 2008).

Zatímco dřívější tzv. low-tech akvária se spoléhala na přirozené procesy, jednoduché vnitřní filtry a běžné osvětlení, moderní akvaristika se v posledních dekádách posunula směrem k vysoce

* vrskovad@vfu.cz

technologickému přístupu. Dnešní sladkovodní nádrže, tzv. high-tech akvária, mohou být vybaveny sofistikovaným LED osvětlením simulujícím přirozený denní cyklus, vysoce výkonnými externími filtry s integrovaným ohřevem, systémy reverzní osmózy, automatickým dávkováním minerálů, hnojiv a pufrů, reaktory pro přidávání CO₂ (oxidu uhličitého) pro podporu růstu akvariálních rostlin, elektronickými pH metry s možností automatické regulace dávkování CO₂ či kombinovanými sondami pro kontinuální monitoring a záznam parametrů kvality vody. Na jednu stranu tyto technologie umožňují vytvořit stabilní, téměř bezúdržbové a vizuálně velmi působivé biotopy, avšak při chybné manipulaci nebo selhání techniky mohou představovat riziko pro zdraví a život ryb nebo vodních bezobratlých.

Tento příspěvek se zaměřuje na případ otravy akvariálních ryb a plžů v důsledku nesprávného dávkování CO₂ v high-tech akváriu a diskutuje jak toxické působení takového zásahu pro ryby, tak i etické a legislativní aspekty manipulace s CO₂ ve vodním prostředí.

Proč se do akvariální vody přidává CO₂?

Oxid uhličitý je pro akvariální rostliny základním zdrojem uhlíku nezbytným pro fotosyntézu. Reakcí oxidu uhličitého s vodou se v rostlinných chloroplastech za přítomnosti světla přeměňuje světelná energie na chemickou a vzniká tak glukóza a kyslík. V akváriu se tento proces projeví okysličováním vody a růstem rostlin.

Ve většině akvárií, zejména těch s intenzivním LED osvětlením a rychle rostoucími nebo náročnými druhy rostlin, bývá koncentrace CO₂ ve vodě přirozeně nízká a růst rostlin je tak limitován. Přidáváním plynného CO₂ z tlakových lahví a reaktorů lze optimalizovat podmínky pro rostliny, podpořit jejich vitalitu, fotosyntetickou aktivitu a zároveň potlačit růst řas. Rostliny po přidání CO₂ tvoří více vegetační hmoty a bujně rostou, u rostlin s červeným zbarvením listů dochází ke dramatickému zvýraznění barev. Správně vyvážené dávkování CO₂ je zcela zásadní - nadměrné množství může být pro ryby a další živočichy toxické.

Chování oxidu uhličitého ve vodním prostředí a jeho vliv na pH

Při rozpouštění ve vodě se oxid uhličitý (CO₂) chová jako slabá kyselina. Nejprve reaguje s vodou za vzniku kyseliny uhličitě (H₂CO₃), která se dále částečně disociuje na hydrogenuhličitanové (HCO₃⁻) a vodíkové ionty (H⁺). Tyto reakce lze shrnout následovně:



Tento proces vede ke zvýšení koncentrace vodíkových iontů ve vodě, což způsobuje pokles pH – tedy čím více CO₂ je ve vodě rozpuštěno, tím kyselejší prostředí vzniká (Pitter, 2009). V dobře vyváženém akváriu s rostlinami se běžně udržuje pH kolem 6,5–7, což zajišťuje jak účinnou fotosyntézu, tak bezpečné podmínky pro ryby (North et al., 2022). Nadměrné množství CO₂ sníží pH pod kritickou mez (pH < 5), což může vést k acidóze, respiračním potížím a úhynu ryb (Svobodová et al., 2018; Velíšek et al., 2018).

Pro orientační sledování koncentrace CO₂ ve vodě se používá tzv. drop checker. Jedná se o malou nádobku naplněnou indikátorem (bromthymolová modř), která se ponoří do vody v akváriu. Princip spočívá v tom, že CO₂ z akvariální vody difunduje do kapaliny v drop checkeru a změní její pH. Tato změna se vizuálně rychle projeví změnou barvy indikátoru, která pak odpovídá určité koncentraci CO₂ ve vodě.

Popis případu

K případu otravy CO₂ došlo ve 150litrovém akváriu, které bylo osazeno následujícími druhy a počty ryb: neonka červená (*Paracheirodon axelrodi*) 20 kusů, tetra žhavá (*Hemigrammus erythrozonus*) 10 kusů, tetra císařská (*Nematobrycon palmeri*) 6 kusů, skalára amazonská (*Pterophyllum scalare*) 2 kusy, živorodka duhová (*Poecilia reticulata*) 10 kusů, krunýřovec (*Ancistrus* spp.) 2 kusy dospělých ryb a asi 50 kusů mláďat ve velikosti 0,5 cm. Dále byli v akváriu přítomni plži druhu okružák ploský (*Planorbarius corneus*) a neritina zebra (*Neritina natalensis*) v blíže neurčeném

množství. Akvárium bylo vybaveno externím filtrem s integrovaným topítkem, LED osvětlením, přístrojem na reverzní osmózu, drop checkerem, pH metrem (Pen Type PH-009(I)A). Pro podporu růstu akvariálních rostlin byl přidáván plynný CO₂. Zdrojem CO₂ byla 2,1litrová láhev (Invital CO₂) s manometrem.

Teplota vody byla nastavena na 24 °C, průtok vody filtrem dosahoval 1000 l/hodinu, hladina pH byla udržována na hodnotě 6,7. Dávkování CO₂ prováděl chovatel manuálně nastavením přesného počtu vypuštěných bublinek CO₂ za časový úsek pomocí počítače bublin s redukčním ventilem. Uvolňování CO₂ bylo spouštěno automaticky časovým spínačem na 9 hodin denně během světelné části dne. Chovatel kontroloval správné dávkování CO₂ denně a to sledováním barvy drop checkeru a bodovým měřením pH.

Ráno v den otravy si chovatel povšiml, že láhev s CO₂ je téměř prázdná a v časové tísni před odchodem do zaměstnání ji rychle vyměnil za novou láhev. Vlivem nepozornosti ale nastavil špatný počet uvolňovaných bublinek. Po 9 hodinách po návratu ze zaměstnání zjistil, že došlo k hromadnému úhynu všech živočichů v akváriu, a to jak ryb, tak plžů. Indikátorová kapalina v drop checker měla ostře žlutou barvu a dle pH metru byla hodnota pH pod měřicím rozsahem přístroje, tedy nižší než 5. Chovatel všechny ryby i plže rychle přemístil do zdravotně nezávadné vody, ale žádného z postižených živočichů se už nepodařilo zachránit. Nebylo provedeno žádné další toxikologické vyšetření vody, ale vzhledem k chybnému nastavení dávkování CO₂ a nízkému pH se s největší pravděpodobností jednalo o akutní hromadnou otravu CO₂ a spojenou s toxickým působením nízkého pH.

Tabulka č. 1. Přibližná závislost koncentrace rozpuštěného CO₂ (mg/l) na pH vody při běžné hladině hydrogenuhličitanů (KH ≈ 4–5 °dKH), jak se používá ve sladkovodní akvaristice. Vzhledem k rozdílné vnímavosti ryb vůči CO₂ je hodnocení významu pro akvariální život velmi orientační (McDonnell et al., 2022)

pH vody	Koncentrace CO ₂ (mg/l)	Barva drop checkeru	Význam pro akvariální život
8,0	2	Tmavě modrá	Nedostatek CO ₂ pro rostliny
7,5	6	Středně modrá	Nízká koncentrace CO ₂ , rostliny stagnují
7,0	20	Světle modrá	Rovnováha
6,8	30	Modro-zelená	Optimální pro rostliny, bezpečné pro ryby
6,5	47	Zelená	Horní bezpečná hranice CO ₂ pro citlivější druhy ryb
6,3	60	Žluto-zelená	Riziková koncentrace CO ₂ pro všechny druhy ryb
6,0	85	Žlutá	Vysoké riziko otravy ryb CO ₂
5,5	> 150	Žlutá	Letální koncentrace CO ₂ pro ryby

Mechanismus otravy ryb oxidem uhličitým

Toxický účinek CO₂ na ryby je přímý a nepřímý.

Přímý účinek je založen na snadném rozpouštění CO₂ v krvi ryb a dochází k jeho akumulaci v organismu. Tím se narušuje acidobazická rovnováha – zvyšuje se parciální tlak CO₂ v krvi, což vede ke vzniku respirační acidózy. Vysoká koncentrace CO₂ zároveň snižuje rozdíl v parciálním tlaku CO₂ mezi vodou a krví, čímž omezuje efektivní výměnu dýchacích plynů přes žábry. To vede k dušnosti, zrychlenému dýchání, ztrátě rovnováhy a celkovému neklidu ryb. Při koncentraci CO₂ nad 20 mg/l již může docházet k dušení ryb v důsledku snížené efektivnosti žaberní výměny plynů

(Svobodová et al., 1987, Velíšek et al., 2018). Podle experimentální studie u dánia pruhovaného (*Danio rerio*) docházelo při koncentracích CO₂ nad 40–50 mg/l ke změnám ve složení krevních plynů a výrazné acidóze (He et al., 2013; Wang et al., 2025).

Nepřímý účinek CO₂ je založen na výrazném snížení pH vody. Zvýšená koncentrace CO₂ způsobuje vznik kyseliny uhličitě (H₂CO₃), která se disociuje a uvolňuje H⁺ ionty, což snižuje pH vody. Optimální hodnota pH pro ryby se pohybuje v rozmezí 6,5 až 8,5 (Svobodová et al., 1987). Při hodnotách pH < 5 dochází k poruše osmoregulace. Vysoké koncentrace H⁺ iontů zvyšují propustnost epitelu žaber, což vede ke ztrátám iontů Na⁺, Cl⁻ a K⁺ z těla ryb do okolní vody. Současně dochází k pronikání H⁺ iontů do plazmy, což dále zhoršuje acidózu, narušuje osmotickou rovnováhu a vede k poškození funkce enzymatických systémů (Wright and Welbourn, 2002; McDonald, 1983).

Studie Araújo et al. (2008) sledující vliv nízkého pH na mladá vývojová stádia živorodky duhové (*Poecilia reticulata*) prokázaly, že 50 % testovaných ryb uhynie při pH 3,5 do 1,5 hodiny, při pH 5 do 75 hodin. Opakovaně bylo prokázáno, že variabilita v odolnosti ryb vůči nízkému pH je velmi vysoká, a je závislá na druhu, stáří a velikosti ryb. (Svobodová et al., 1987; Dunson et al., 1977, Mischke et Chatakondi, 2012). Ryby vystavené extrémně nízkým hodnotám pH vykazují počáteční neklid, následovaný útlumem a sníženou frekvencí dýchacích pohybů. Patologicko-anatomický nálezn po působení nízkých hodnot pH zahrnuje zahlenění kůže a žaber, tvorbu krváčenin na žábrách a spodní části těla, zákal rohovky a roztržení okrajů ploutví (Svobodová et al., 2008).

Právní a etické aspekty případu otravy ryb oxidem uhličitým

Oxid uhličitý se dříve v omezené míře využíval k usnadnění manipulace s rybami (Gause et al., 2012; Trushenski et al., 2012), nebo pro eutanázii malých druhů ryb (živorodky duhové, dánia pruhovaného) v závěru testů toxicity, kdy bylo potřeba tyto ryby rychle a šetrně utratit (Beklová and Svoboda, 1999).

Dnes má využití CO₂ ve vodním prostředí zcela novou roli v ochraně přírody: v USA je CO₂ registrován jako neletální chemický prostředek proti invazivním asijským kaprům (*Hypophthalmichthys molitrix* a *H. nobilis*). Do úzkých vodních struktur (např. plavební komory či říční kanály) je vpravována voda s nadměrnou koncentrací CO₂, která kapry nezabíjí, ale odrazuje je a vyvolává únikové chování. Studie prokázaly, že koncentrace CO₂ okolo 30 - 100 mg/l výrazně snižuje průnik kaprů přes úzké vodní struktury a brání tak nežádoucímu rozšiřování invazivních ryb v říčních tocích (Donaldson et al., 2016, Suski, 2020).

Oxid uhličitý se používá k eutanázii u některých druhů laboratorních zvířat. Podle přílohy č. 10 vyhlášky č. 419/2012 Sb., o ochraně pokusných zvířat, je CO₂ povolen pro eutanázii ptáků a dále u hlodavců a králíků, pokud je aplikován postupně zvyšovanou koncentrací, aby nedošlo k panice při náhlém nástupu dušení. U ryb však aktuální evropská legislativa a odborná doporučení považují CO₂ za nevhodný způsob usmrcení, a to z důvodů silného podráždění žaber a sliznic, pomalé ztráty vědomí, výrazných známek stresu, jako je intenzivní pohyb, nadměrná produkce hlenu, nebo ztráta rovnováhy (EFSA, 2009). K usmrcení pokusných ryb je nutné používat schválené anestetické látky (např. komerční přípravek MS-222, benzokain) nebo mechanické metody (tupý úder do hlavy).

Vysoké koncentrace CO₂ v akvariijní vodě představují nejen technologické riziko, ale mají také zásadní důsledky pro welfare ryb. Akvariijní ryby, byť chované pro zájmové účely, jsou chráněné zákonem č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání. Podle § 4 písm. f) a i) je za týrání považováno vystavení zvířete nepřiměřenému stresu, bolesti nebo úhynu v důsledku nevhodných podmínek, a to i v případě neúmyslného selhání technologií, jako je nesprávné dávkování CO₂.

Z etického hlediska je nutné klást důraz na předběžnou opatrnost – tedy na předcházení neúmyslnému utrpení zvířat technickými opatřeními, např. použitím pH kontroléru a alarmu pro hlášení hodnot mimo stanovená bezpečná rozmezí.

Závěr

Na základě popsané otravy a totálního úhynu osádky akvária přijal chovatel zásadní opatření ke snížení rizika opakování podobné situace. Klíčovou změnou bylo doplnění systému pro přívod CO₂ o automatický pH kontrolér (SAGA pH controller), který umožňuje zapínání a vypínání přísunu CO₂ na základě aktuální hodnoty pH v akváriu. Tento kontrolér je nastaven tak, aby se přísun CO₂ do akvarijní vody automaticky přerušil při poklesu pH pod bezpečnou mez (chovatelem nastavenou na pH 6,7), čímž se předchází jak akutnímu přebytku CO₂, tak s ním souvisejícímu poklesu pH na toxickou úroveň. Chovateli bylo doporučeno doplnit systém ještě o alarmový modul, který by ho akusticky, vizuálně nebo pomocí SMS upozornil na pokles pH pod bezpečnou mez, a tím se předešlo opakování podobné události i v případě selhání pH kontroléru.

Tato zkušenost potvrzuje význam preventivních technických opatření a zdůrazňuje, že i zájmový chov zvířat s sebou nese morální i právní odpovědnost vůči jejich zdraví a životním podmínkám.

Literatura

- Araújo, C.V., Cohin-de-Pinho, S.J., Chastinet, C.B., Santos, J.S., da Silva, E.M. 2008. Discriminating the pH toxicity to *Poecilia reticulata* Peters, 1859 in the Dunas Lake (Camari, BA, Brazil). *Chemosphere* 73: 365-370.
- Beklová, M., Svoboda, M. 1999. Využití oxidu uhličitého k euthanasii ryb po testech toxicity. In: Sborník referátů z 9. konference s mezinárodní účastí „Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí“. Soláň: Aquachemie Ostrava, s. 41-45.
- Donaldson, M.R., Amberg, J., Adhikari, S., Cupp, A., Jensen, N., Romine, J., Wright, A., Gaikowski, M., Suski, C.D. 2016. Carbon Dioxide as a Tool to Deter the Movement of Invasive Bigheaded Carps. *Transactions of the American Fisheries Society* 145: 657-670.
- Dunson, W.A., Swarts, F., Silvestri, M. 1977. Exceptional tolerance to low pH of some tropical blackwater fish. *Journal of Experimental Zoology* 21: 157-162.
- Finanční noviny. 2008. ČR patří mezi největší vývozce akvarijních ryb na světě [online]. [vid. 21. 7. 2025] Dostupné z: <https://www.finance.cz/zpravy/finance/161353-cr-patri-mezi-nejvetsi-vyvozce-akvarijnich-ryb-na-svete>
- Gause, B.R., Trushenski, J.T., Bowzer, J.C., Bowker, J.D. 2012. Efficacy and physiological responses of grass carp to different sedation techniques: I. Effects of various chemicals on sedation and blood chemistry. *North American Journal of Aquaculture* 74: 560-566.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2009. General approach to fish welfare and to the concept of sentience in fish. *EFSA Journal* 954: 1-48.
- North, G.B., Brinton, E.K., Kho, T.L., Fukui, K., Maharaj, F.D.R., Fung, A., Ranganath, M., Shiina, J.H. 2022. Acid waters in tank bromeliads: Causes and potential consequences. *American Journal of Botany* 109: e16104.
- Koutek, F. 1954. *Akvaristika*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.
- McDonald, D.G. 1983. The interaction of environmental Calcium and Low pH on the physiology of the rainbow trout, *Salmo Gairdneri*: I. Branchial and renal net ion and H⁺ fluxes. *Journal of Experimental Biology* 102: 123-140.
- Mischke, Ch.C., Chatakondi, N. 2012. Effects of abrupt pH increases on survival of different ages of young channel catfish and hybrid catfish. *North American Journal of Aquaculture* 74: 1603-1163.
- McDonnell, L., Yusufu, D., O'Rourke, C., Mills, A. 2022. Enhancing the Performance of Two Different Commercial CO₂ Indicators Using Digital Colourimetric Analysis, DCA. *Chemosensors* 10: 544.
- Pitter, P. 2009. *Hydrochemie*. 4. aktualizované vydání. VŠCHT. Praha.
- Suski, C.D. 2020. Development of Carbon Dioxide Barriers to Deter Invasive Fishes: Insights and Lessons Learned from Bigheaded Carp. *Fishes* 5: 25.
- Svobodová, Z., Gelnarová, J., Justýn, J., Krupauer, V., Máchová, J., Simanov, L., Valentová, V., Vykusová, B., Wohlgemuth, E. 1987. *Toxikologie vodních živočichů*. SZN Praha.
- Svobodová, Z., Máchová, J., Kocour Kroupová, H. 2008. Otravy ryb. In: Svobodová, Z., Modrá H. (Eds.): *Veterinární toxikologie v klinické praxi*, ProfiPress, Praha, pp. 219-221.
- Trushenski, J.T., Bowker, J.D., Mulligan, B.L., Gause, B.R. 2012. Induction recovery and hematological responses of largemouth bass to chemo- and electro-sedation. *North American Journal of Aquaculture* 74: 214-223.

- Velíšek, J., Svobodová, Z., Blahová, J., Máchová, A., Stará, A., Dobšíková, R., Šíroková, Z., Modrá, H., Valentová, O., Randák, T., Štěpánová, S., Maršálek, P., Kocour Kroupová, H., Grabic, R., Zusková, E., Bartošková, M., Stancová, V. 2018. Vodní toxikologie pro rybáře. 2. aktualizované vydání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vodňany.
- Vyhláška č. 419/2012 Sb., o ochraně pokusných zvířat, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 21. 7. 2025].
- Wang, X., Tang, Y., Yang, H., He, Y., Ou-Yang, K., Wang, L., Zhang, Q., Li, D., Li, L. 2025. Increased CO₂ concentration mitigates the impact of nitrite on zebrafish (*Danio rerio*) Liver and Gills. *Fishes* 10: 205.
- Wright, D.A., Welbourn, P. 2002. *Environmental Toxicology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 21. 7. 2025].

POUŽITÍ FORENZNÍ VETERINÁRNÍ ODONTOLOGIE V PŘÍPADĚ SPRÁVNÍHO ŘÍZENÍ TÝKAJÍCÍHO SE NAPADENÍ PSEM

THE USE OF FORENSIC VETERINARY ODONTOLOGY IN ADMINISTRATIVE PROCEEDINGS CONCERNING DOG ATTACKS

Jana Jozefová*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Cases of dog bites on humans are not uncommon in the Czech Republic or elsewhere in the world. In addition to traditional forensic methods, forensic veterinary odontology can also be used to identify the biter. This article describes the procedures that can be used when investigating a case of a human (or animal) being bitten by a dog and the facts that need to be thoroughly documented. These procedures are also described using a real-life example.

Key words: teeth impression, jaw, photograph with scale

Souhrn

Případy pokousání člověka psem nejsou ve světě ani v České republice výjimečnou událostí. Pro prokázání pachatele lze mimo klasické kriminalistické metody využít také metody forenzní veterinární odontologie. V příspěvku je popsáno, jaké postupy lze použít při řešení případu pokousání člověka (popřípadě zvířete) psem a jaké skutečnosti je třeba důkladně zdokumentovat. Tyto postupy jsou také popsány na řešeném příkladu z praxe.

Klíčová slova: otisk zubů, čelist, fotografie s měřítkem

Úvod

Případy pokousání člověka psem nejsou výjimečnou událostí. Ve Spojených státech amerických je ročně pokousáno psem přibližně 4,5 milionu osob, z čehož 10 až 20 případů končí fatálně (WHO, 2013). Po nějakém typu napadení psem, ať už se jedná o kousnutí nebo úder, bylo v České republice v letech 2010-2018 hospitalizováno ročně mezi 3194 a 4367 pacienti, ambulantně pak bylo za celé období ošetřeno téměř 1,1 milionu osob (Tšponová a Doleželová, 2019). Obdobné údaje, tedy 30-40 útoků s pokousáním způsobených psem na 100 000 obyvatel ročně, pravděpodobně závažnějšího charakteru, uvádí i další zdroje (Město Náchod, 2017). I v letošním roce jsou zaznamenány některé medializované případy napadení člověka psem, jako například případ z dubna, kdy fena aljašského malamuta napadla čtyřleté dítě a pokousala jej v obličeji (Biskup, 2025), nebo případ napadeného mladého muže, kterého kousl do nohy pes, jenž vyběhl z pootevřených dveří domu. Tyto případy byly řešeny vcelku jednoznačně - u napadení bylo přítomno více svědků, majitel zvířete útok nerozporoval. Zmínky jsou i o splnění dalších povinností vyplývajících z veterinárního zákona, jako vyšetření zvířete na příznaky vztekliny v rozsahu nezbytně nutném, případně kontrola vakcinace zvířete proti vzteklině (Heloňa, 2025; Zákon č. 166/1999 Sb.). V některých případech však situace vyžaduje podrobnější zkoumání, aby byl identifikován viník útoku. V této chvíli je potřeba uplatnit v praxi některé z metod forenzní odontologie, což je věda, která se zabývá aplikací stomatologie v případech správních nebo trestních řízení, mající za cíl potvrdit nebo vyvrátit spojení mezi podezřelým a otiskem zubů (Giannelli, 2007), popřípadě také slouží k postmortální identifikaci osob (Pramod et al., 2012).

* jozefovaj@vfu.cz

V příspěvku jsou dále obecně uvedeny postupy používané při řešení případů pokousání, některé prakticky využívané metody forenzní veterinární odontologie a také je rozebráno jejich použití na konkrétním případě.

Vybrané metody forenzní veterinární odontologie a komplexní zhodnocení v případech pokousání

Přístup k řešení případů pokousání člověka nebo zvířete může být různý, Rogers and Stern (2017) uvádí, že je vhodné vyšetřování rozdělit do pěti částí a to: získávání informací od svědků (výpovědi, informace o zapojených zvířatech, okolnosti), prohledání místa činu (podmínky prostředí, krevní stopy, otisky), vyšetření zvířete včetně ohledání chrupu a jeho otisku, sběru důkazů a fotografické dokumentace, následně má být přistoupeno k hodnocení důkazů a jejich porovnání, popřípadě má být použita DNA analýza.

Výslech svědků může nastínit, kde se událost stala, tedy specifikovat místo činu, specifikovat druhy zvířat, popřípadě plemena, která se v daný čas na místě nacházela, identifikovat podezřelého útoku, ve vztahu k tématu příspěvku tedy dotčeného psa, a svědci také mohou popsat další okolnosti případu.

V rámci ohledání místa činu se uplatňují dvě složky zkoumání. Jednou z nich je kriminalistická taktika, ta určí, jak je ohledání místa činu prováděno z hlediska podmínek, zásad, postupů a dokumentace. Na místě činu je však nejdůležitější vyhledat a zajistit stopy, které po celkovém zhodnocení vedou k odpovědi, co se na místě opravdu stalo. Stopu lze využít jako důkaz po dalším zkoumání, což umožňují kriminalisticko-technické metody (Chlustinová, 2020; Straus, 2008), které budou rozebírány dále. Ohledání místa činu je často spojeno s ohledáním předmětů, stop, dokumentů, zvířat a těl živých osob (Straus, 2008). Zjišťování informací probíhá pomocí smyslového vnímání, kterým je přímé a bezprostřední pozorování (Musil aj., 2004). Pachatelova jednání se na místě činu projevují ve formě stop, které se nachází na různých objektech, dále se mohou projevit i nelogické změny, které místo činu vykazovat nemá, nebo naopak má, ale nejsou přítomny. Postupovat se má dle zásady od většího k menšímu. Nejprve je třeba věnovat pozornost terénu jako celku, vytyčit jeho hranice a tvar (Straus, 2008). Ohledání místa činu je základní informací pro určení dalších postupů vyšetřování. Obsahuje také informace důležité pro identifikaci osob a věcí, které s vyšetřovanou událostí nějak souvisí (Chlustinová, 2020), čímž se vracíme k již dříve popsané části výsledku svědků. Před prováděním úkonů musí být zaznamenáno prostředí, které je předmětem ohledání v nezměněném stavu (fotodokumentace, videozáznam, zakreslení). Poté lze určit hranice ohledávaného prostoru a vytyčit objekty, na které se bude třeba blíže koncentrovat. Detailní ohledání místa činu zahrnuje podrobné ohledání dříve vytyčených objektů, jejich označení a fotografické zachycení. (Chlustinová, 2020). Klasickými formami kriminalistické dokumentace ohledání místa činu jsou protokol o ohledání místa činu, topografická dokumentace, fotografická dokumentace a videodokumentace (Pješčák aj., 1976).

Pes má difyodontní chrup, permanentní chrup se jím objevuje typicky ve věku 4-7 měsíců. Zubní vzorec vypadá následovně. Mléčný chrup tvoří 28 zubů, a to v horním kvadrantu Id1, Id2, Id3, Cd, Pd2, Pd3, Pd4 a v dolní čelisti Id1, Id2, Id3, Cd, Pd2, Pd3, Pd4. Trvalý chrup tvoří 42 zubů a to v horním kvadrantu I1, I2, I3, C, P1, P2, P3, P4, M1, M2 a v dolní čelisti I1, I2, I3, C, P1, P2, P3, P4, M1, M2, M3 (Wiggs and Lobprise, 1997). Jsou popsány teorie, že i ve veterinárním odvětví nejsou dva zubní vzory stejné, vzhledem k podobnosti šlechtěných jedinců na určitý standard je však možné, že tyto odlišnosti jsou minimální nebo se neprojeví v otisku (Rogers and Stern, 2017). V rámci analýzy je proto třeba zdokumentovat chrup potenciálních útočníků pro srovnávací účely, často se pracuje tak, že se vylučují všechna ostatní zvířata, která mohla kousnutí způsobit (Fonseca et al., 2015). Nejprve je třeba zvíře klinicky co nejdříve vyšetřit, aby mohly být odebrány případně vzorky tkáně oběti z dutiny ústní a zpoza drápů, ale také z důvodu podezření na infekční onemocnění, např. vzteklinou. Dále je třeba provést vyšetření zubů s fotografiemi a měřítkem, a to změřit minimálně vzdálenost mezi špičáky u obou čelistí na úrovni konce špičáků (Rogers and

Stern, 2017), ale ideálně se doporučuje nejméně ve třech místech, protože může dojít k variaci dle hloubky kousnutí (Murmman et al., 2006), dále tvar oblouku čelisti a jeho šířku, také vzdálenost mezi meziálními body prvních řezáků a maximální možné otevření tlamy (Rogers and Stern, 2017). Je třeba zdokumentovat veškeré anomálie jako chybějící zuby, zuby vystupující z oblouku nějakým směrem, rotované zuby, anomálie okluze, přítomnost nebo absence onemocnění zubů apod. Ideální je udělat dvě sady zubních otisků pro horní a dolní čelist a vytvořit patřičné odlitky. Vhodné je také získat vzorek otisku skusu. Při vyšetření pokousané osoby nebo zvířete je třeba vzít v úvahu, že zranění mohou mít více podob jako například abraze, hemoragie, kontuze, lacerace, avulze, mohou být ve formě řezu nebo může chybět kus oddělené tkáně, ne vždy je tedy otisk zubů ve zranění zřetelný (Rogers and Stern, 2017). Je třeba vyfotit zranění v původním stavu, po očištění/oholení a po ošetření, a to s měřítkem ve vztahu k nejvýznamnějším strukturám zranění.

Důkazy zajištěné, jak je výše uvedeno, lze pak srovnat, tedy například otisky zubů s fotografií rány, odlitek se zraněním přímo na poraněném subjektu apod. Typ poranění má vliv na to, jak signifikantní je toto porovnání. Četné lacerace se zhmožděním, některé části rány typicky řezné, obloukovitý tvar mají při porovnání vysokou významnost, naopak mírné zhmoždění bez individuálních otisků zubů či kompletní oddělení tkáně mohou být v rámci srovnání méně signifikantní (Pretty, 2007).

Alternativní, byť dražší, metodou je analýza DNA. Vzorky DNA se odebírají od potenciálně útočících zvířat, či konkrétně identifikovaného útočnicka i z oběti střem sterilním tamponem, z pokousaného zvířete lze také odebrat vzorek odstřižené srsti z okolí rány. Je třeba se vyhnout oblastem viditelně pokrytých krví (Rogers and Stern, 2017; UC Davis, 2025). Stěry z oběti je třeba brát spíše z okolí rány než přímo z ní. U útočnicka se provádí stěry z bukalní sliznice. Z tohoto materiálu se pak vyextrahuje DNA a vzorky se porovnají (Rogers and Stern, 2017).

Praktické řešení v případě správního řízení v České republice

V rámci odvolání ve správním řízení vrátil krajský úřad správnímu orgánu nižší instance k dalšímu dokazování tento případ. Pes menšího plemene (pes A) se na vycházce dostal přes plot do kontaktu se psem velkého plemene (pes B). Osoba doprovázející psa A na vycházce (osoba A) jej od plotu odnesla, ale plot byl pravděpodobně v rámci konfliktu poškozen a pes B unikl z prostoru, který mu byl vyhrazen, mimo něj, kde zaútočil na osobu A nesoucí v náruči u boku psa A. Ve snaze dostat se k psu A, pes B vyskočil na osobu A nesoucí druhého psa a způsobil jí kousné zranění v oblasti ucha a temene hlavy. Osoba A držící psa ho následně pustila a oba psi utekli. Ve spise není zmíněno, že by tento incident viděl někdo jiný než přítomná osoba a jedno svědectví (svědek A), učiněné před správním orgánem po několika měsících bylo zpochybňováno. Příčinu zpochybnění zavedl také fakt, že pokousaná osoba A, se snažila dohnat oba psy a zachránit psa A, a jeden ze svědků (svědek B), který ji potkal, avšak nezadržel, vypověděl, že mu osoba A sdělila, že ji pokousal její vlastní pes (tvrzení bylo špatně pochopeno z důvodu nesrozumitelného sdělení osoby A, která byla v šoku). Osoba vlastníci psa B (osoba B) pak následně v rámci odvolání uplatnila tuto námitku, že tedy její pes nikoho nepokousal a sama postižená osoba A sdělila, že zranění ji způsobil její pes. Z dalších svědeckých výpovědí vyplynulo, že na místě se pohybovali pouze dva psi, pes A a pes B, určených ras.

Vzhledem k tomu, že policie zajišťující stopy v tomto případě pravděpodobně neočekávala takový vývoj událostí, byly pořízeny fotografie zranění, ale bez měřítka. Nebyly udělány otisky čelistí ani jednoho zvířete a nebyla provedena měření v dutinách ústních, ani nebyly odebrány vzorky DNA. Toto bylo krajským úřadem shledáno jako nedostačující pro jednoznačné prokázání útočícího psa. V rámci znaleckého zkoumání bylo vyžádáno doplnění informací, tedy byla znovu vyfotografována zranění pokousané osoby, a to s měřítkem. Z těchto fotografií šla určit vzdálenost mezi čelistmi a šířka oblouku čelisti útočícího zvířete. Pes A byl podroben měření a tyto rozměry a také jiné byly určeny a zdokumentovány. Pes B zdokumentován nebyl, pro obavy správního orgánu z problematiky spolupráce. Zvíře menšího plemene šlo tedy jako pachatele útoku vyloučit na

základě toho, že maximální rozpětí jeho čelistí bylo menší než vzdálenost otisků čelistí na hlavě pokousané osoby, také šířka oblouku čelisti byla výrazně menší a čelist psa A užší než tomu potenciálně odpovídající rána. Šlo tedy o vcelku jednoduché a levné řešení dané situace, protože komplexním zhodnocením dalších okolností byla vytipována pouze dvě zvířata přítomná na místě útoku a v jejich velikosti byl značný rozdíl.

Závěr

Uvedený příklad demonstruje, že i zdánlivě zcela jasné vyjádření pokousané osoby, jaké zvíře zranění způsobilo, musí být bez pochyb prokázáno. To vyžaduje schopnost osob přítomných na místě adekvátně reagovat a zajistit adekvátně důkazní materiál spojený se zvířaty. Uvedené doporučení lze samozřejmě aplikovat i na pokousání zvířat, kde prvotní zajištění stop, které mohou výrazně přispět k jednoznačnému průkazu pachatele, může učinit veterinární lékař. Pokud jde o vyšetření a zajištění stop z pokousaného člověka nebo zvířete, je třeba zranění vyfotit s přiloženým měřítkem. Ideálně změřit, zaznamenat, popřípadě s měřítkem vyfotit vzdálenosti mezi špičáky na otisku, šířku oblouku čelisti, vzdálenost ran od sebe a udělat detaily anomálií. Ránu vyfotit v původním stavu, po očištění (u zvířat po vyholení a omytí) a následně také po ošetření. Byť metody stanovení a komparace DNA jsou finančně náročné, odběr vzorku tak finančně náročný není. Lze tedy ihned odebrat, pro došetření v případě potřeby – např. stěr z okolí rány před očištěním, chlupy z okolí rány potenciálně potřísněné slinami útočnicka apod. U útočícího či potenciálně útočícího zvířete je třeba ihned odebrat materiál pro případnou analýzu DNA zraněného subjektu z dutiny ústní a zpoza drápů. Dále je třeba změřit a vyfotit vzdálenosti mezi špičáky a velikost čelistí a maximální rozevření čelistí, jak je uvedeno podrobněji v příspěvku. Vhodné je udělat také otisk nebo odlitek čelisti, zde je na místě doporučení pro praktické veterinární lékaře, kteří by se zapojili do řešení těchto situací, aby měli materiál k zajištění otisku, tedy nějaký typ plastové otiskové lžice a hmotu pro otisky, např. polyvinylsiloxan. Všechny získané informace je třeba komplexně zhodnotit.

Literatura

- Biskup, P. 2025. Čtyřletou dívku na Plzeňsku pes těžce zranil v obličeji před zraky rodičů. Nešťastná náhoda, uzavřela policie [online]. [vid. 29. 07. 2025]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/clanek/krimi-ctyřletou-divku-na-plzensku-pes-tezce-zranil-v-obliceji-pred-zraky-rodicu-nestastna-nahoda-uzavrela-policie-40530633>
- Fonseca, G.M., Mora, E., Lucena, J., Cantin, M. 2015. Forensic studies of dog attacks on humans: a focus on bite mark analysis. Research and Reports in Forensic Medical Science 5: 39–51.
- Gianelli, P.C. 2007. Bitemark analysis. Criminal Law Bulletin 153: 930-954.
- Heloňa, S. 2025. Jednaosmdesátileté seniorce utekl v Prostějově pes, muže pokousal na noze [online]. [vid. 29. 07. 2025]. Dostupné z: https://hanacka.drba.cz/zpravy/34418-jednaosmdesatilete-seniorce-utekl-v-prostejove-pes-muze-pokousal-na-noze.html?utm_source=copy
- Chlustinová, E. 2020. Ohledání místa činu. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova, Právnická fakulta. 90s. Vedoucí práce JUDr. Jiří Krupička, Ph.D.
- Město Náchod. 2017. Pokousání psem [online]. [vid. 29. 07. 2025]. Dostupné z: https://www.mestonachod.cz/mestska-policie/pejskari/pokousani.asp?utm_source=chatgpt.com
- Murmann, D.C., Brumit, P.C., Schrader, B.A., Senn, D.R. 2006. A comparison of animal jaws and bite mark patterns. Journal of Forensic Sciences 51: 846-60.
- Musil, J., Konrád, Z., Suchánek J. 2004. Kriminalistika. 2. přepracované vydání. C.H. Beck. Praha.
- Pješčak, J. aj. 1976. Základy kriminalistiky. Naše vojsko. Praha.
- Pramod, J.B., Marya, A., Sharma, V. 2012. Role of forensic odontologist in post mortem person identification. Dental Research Journal (Isfahan) 9: 522-530.
- Pretty, I.A. 2007. Development and validation of a human bitemark severity and significance scale. Journal of Forensic Sciences 52: 687-691.
- Rogers, E., Stern, A.W. (Eds.). 2017. Veterinary Forensics: Investigation, Evidence Collection, and Expert Testimony (1st ed.). CRC Press.

- Straus, J. 2008. Kriminalistická taktika. 2., rozš. vyd. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. Plzeň.
- Tšponová, Z., Doleželová, P. 2019. Kousnutí nebo úder psem v České republice ve vybraném období (2010-2018). In: Problémy súvisiace s chovom zvierat vo svetle všeobecne záväzných právnych predpisov. Košice, s. 150-153.
- UCDavis, Veterinary Genetics Laboratory. 2025. Evidence Collection by Case Type [online]. [vid. 29. 07. 2025]. Dostupné z: <https://vgl.ucdavis.edu/forensics/evidence-collection-case-type>
- WHO (World Health Organization). 2013. Animal bites [online]. [vid. 29. 07. 2025]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/animal-bites>
- Wiggs, R.B., Lobprise, H.B. 1997. Veterinary Dentistry Principles and Practice. Wiley-Blackwell. Ames, IA.
- Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 27. 7. 2025].

NÁHODNÝ NÁLEZ MIKROFILÁRIE *DIROFILARIA IMMITIS* V KRVÍ PSA – DÁRCE KRVĚ

ACCIDENTAL FINDING OF THE MICROFILARIA *DIROFILARIA IMMITIS* IN THE BLOOD DONOR DOG

Petra Borská^{1*}, Zlata Hošková², Helena Místecká², Andrea Oklešťková², Zuzana Svobodová³, David Modrý⁴

¹ Ústav chovu zvířat, výživy zvířat a biochemie, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Veterinární klinika Hošek Vet, s.r.o., Česká republika, ³ IDEXX Laboratories, s.r.o., Česká republika, ⁴ Ústav parazitologie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Česká republika

¹ Department of Animal Breeding, Animal Nutrition and Biochemistry, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Veterinary Clinic Hošek Vet, s.r.o., Czech Republic, ³ IDEXX Laboratories, s.r.o., Czech Republic, ⁴ Department of Parasitology, Faculty of Science, Masaryk University, Czech Republic

Summary

*Dirofilariosis is a parasitic disease primarily affecting dogs and cats, but it can also occur in humans. The causative agents are the parasitic worms *Dirofilaria repens* and *Dirofilaria immitis*, whose development depends on vectors—mosquitoes. *D. repens* causes subcutaneous and ocular forms of the disease, while *D. immitis* is responsible for heartworm disease. Diagnosis is based on the detection of microfilariae in the blood, for example using the Knott's test, as well as serological and PCR methods. In the Czech Republic, *D. repens* is common, especially in South Moravia, whereas the occurrence of *D. immitis* is rare and almost exclusively imported. Although the climate conditions in the Czech Republic are less favorable, climate change and migration increase the risk of endemicity. Prevention involves the use of antiparasitic treatment and regular monitoring of this parasite. This case demonstrates that even a healthy dog with no travel history can carry microfilariae, highlighting the importance of preventive measures and routine screening.*

Key words: vector-borne disease, parasitic disease, mosquito, heartworm disease

Souhrn

*Dirofilarióza je parazitární onemocnění, které postihuje především psy a kočky, ale může se vyskytnout i u lidí. Původci jsou nematoda *Dirofilaria repens* a *Dirofilaria immitis*, jejichž vývoj závisí na vektorech – komárech. *D. repens* způsobuje podkožní a oční formu onemocnění, zatímco *D. immitis* je původce srdeční červivosti. Diagnostika se opírá o detekci mikrofilárií v krvi, například pomocí modifikovaného Knottova testu, dále se využívají sérologické a PCR metody. V ČR se *D. repens* vyskytuje běžně, především na Jižní Moravě, zatímco výskyt *D. immitis* je vzácný a jedná se téměř výlučně o importovanou infekci. Přestože klimatické podmínky jsou v ČR méně příznivé, změny klimatu a migrace zvyšují riziko vzniku endemicity. Prevence spočívá v použití antiparazitárních přípravků a pravidelném sledování výskytu tohoto parazita na našem území. Prezentovaný případ ukazuje, že i zdravý pes bez cestovatelské anamnézy může být nositelem mikrofilárií, což podtrhuje důležitost preventivních opatření a pravidelného vyšetření.*

Klíčová slova: vektory přenášená onemocnění, parazitární onemocnění, komár, srdeční červivost

* borskap@vfu.cz

Úvod

Dirofilarióza je parazitární onemocnění, které postihuje především psovitě a kočkovitě šelmy, ale může se příležitostně vyskytnout i u jiného hostitele včetně člověka. Původcem onemocnění jsou dirofilárie. Jedná se o nematoda, která během vývojového cyklu potřebují přítomnost meziphostitele. Jako meziphostitelé fungují komáři různých druhů (*Aedes* spp., *Anopheles* spp., *Culex* spp.). V nich se larva parazita přemění na vývojové stadium L3. Komáři potom představují zdroj infekce pro ostatní vnímavé jedince. Pokud toto stadium při dalším sání meziphostitele nakazí definitivního hostitele, dokončí dirofilárie svůj vývojový cyklus (Atkins, 2017).

Dirofilaria (D.) repens je původcem podkožní dirofilariózy a v České republice se typicky vyskytuje především v oblasti Jižní Moravy, kde byla tato infekce potvrzena u psů i lidí (Miterpáková et al., 2021; Gebauer et al., 2021). Přítomnost parazita byla rovněž detekována v komárech (Rudolf et al., 2014). Dospělý parazit se vyskytuje především v podkožní tkáni. Infekce může probíhat jak asymptomaticky, tak může být zjištěna přítomnost podkožních nodulů (Fuehrer et al., 2016). U psů byly popsány případy oční formy dirofilariózy ve formě konjunktivitidy s dorsonazální bulbární konjunktivální masou (Agapi et al., 2018). U člověka byl v souvislosti s touto infekcí popsán vznik periorbitálního edému (Szostakowska et al., 2022). U lidí se může vyskytnout také syndrom *larva migrans* (Antolová et al., 2015).

D. immitis (původce srdeční červivosti) se v ČR vyskytuje sporadicky. Ve většině případů se jedná o importované případy nebo má pes v anamnéze cestování do endemických oblastí (Miterpáková et al., 2021). Dospělí parazité se typicky vyskytují v plicních arteriích a pravé srdeční komoře a mohou být příčinou srdečního selhání u psů (Miterpáková et al., 2023). U některých postižených jedinců se objevuje syndrom horní duté žíly (prekavální syndrom).

Echokardiografické vyšetření může být diagnosticky nápomocné, nicméně nález může být zcela normální. V některých případech lze na rentgenogramu hrudníku objevit rozšířené plicní arterie a na plicích intersticiální plicní vzor (Möttus et al., 2024).

Smíšené infekce mohou představovat diagnostický problém (Miterpáková et al. 2023). Mohou se manifestovat např. jako pneumonie, dermatitida, hydrotorax, ascites nebo hydroperikard, auskultačně u některých jedinců zjišťujeme srdeční šelest. Psi infikovaní dirofiláriemi mohou být ale také zcela asymptomatictí, nicméně v přítomnosti vhodných vektorů představují rezervoár infekce pro jiné vnímavé jedince.

Diagnostika se opírá o nález mikrofilárií v krvi. Využíván je modifikovaný Knottův test, který patří mezi koncentrační metody. Při podezření na infekci *D. repens* může být nápomocné histopatologické vyšetření excidovaných podkožních nodulů (Albanese et al., 2013; Szostakowska et al., 2022). Sérologické testy jsou dostupné pouze pro detekci *D. immitis*. Tyto testy detekují cirkulující antigen samic v periferní krvi definitivního hostitele. V případě positivity předchozích testů je vhodné rozlišení jednotlivých dirofilárií a také odlišení od jiných nematod pomocí PCR technik (Soares et al., 2022).

Prevence onemocnění spočívá v aplikaci makrocyclických laktonů, kam patří ivermektin, milbemycin oxim, moxidectin a selamektin (AHS 2024). Důležité je i použití repelentů.

Popis případu

Na veterinární kliniku byl v roce 2020 jako dárce krve přiveden zdravý pes plemene labradorský retrívr ve věku 5 let. Pes byl klinicky vyšetřen, byl klinicky zcela zdravý a nejevil žádné příznaky onemocnění. Majitelé psa-dárce i psa-příjemce jsou sourozenci, oba psi tedy byli dříve v kontaktu.

Pro účely laboratorního vyšetření byla odebrána krev z *vena cephalica antebrachii*. Byl proveden orientační sklíčkový aglutinační test s dubiózním výsledkem. Sklíčko bylo následně nativně prohlédnuto pod mikroskopem. Mikroskopickým vyšetřením připravených vzorků byla identifikována přítomnost suspektních mikrofilárií. Vzhledem k nulové cestovatelské anamnéze byla předpokládána přítomnost *Dirofilaria repens*, neboť tento parazit se na území ČR vyskytuje. Bylo znovu provedeno klinické vyšetření se zaměřením na kůži a podkoží s normálním výsledkem.

Následně byl proveden modifikovaný Knottův test (Magnis et al., 2013). K 1 ml krve bylo přidáno 10 ml 2 % formaldehydu. Vzorek byl centrifugován po dobu 5 minut při 1500 ot. Supernatan byl odstraněn, k sedimentu byla přidána kapka 0,1 % methylenové modři a vzorek byl homogenizován. Poté byla kapka vzorku umístěna na podložní sklo, přikryta krycím sklem a vzorek byl prohlížen za účelem nálezu modře zbarvených mikrofilárií. Výsledek byl pozitivní.

Následně byl odebrán vzorek krve dárce i příjemce na EDTA a odeslán do IDEXX referenční laboratoře (Německo) pro potvrzení a určení podtypu mikrofilárií. Přítomnost mikrofilárií byla potvrzena pouze u dárce PCR testem (IDEXX Real PCR) a následně určen podtyp jako *D. immitis* (IDEXX Real PCR). Naopak PCR vyšetření na *D. repens*, *Acanthocheilonema (A.) reconditum* a *A. dracunculoides* bylo negativní.

Byla doplněna kompletní anamnéza zaměřená na možný import jedince a jeho cestovatelskou minulost. Nebylo jasné, jaký byl původ psa úplně od narození, současná majitelka vlastnila psa od 6 měsíců věku a dle informací původního majitele žil od štěněte v ČR, nikdy necestoval do zahraničí.

Pacient byl následně vyšetřen rentgenologicky a echokardiograficky. Dospělci nematod nebyli žádnou z vybraných diagnostických metod detekováni, uvedenými metodami nebyly detekovány ani žádné abnormality na kardiovaskulárním a respiračním aparátu.

Z důvodu mikrofilariózy bez jednoznačného výskytu makrofilárií byla doporučena aplikace selamektinu nebo milbemaxu v měsíčních intervalech. Pes byl na veterinárním pracovišti sledován 2 měsíce, poté se majitelé již neozvali.

Diskuze

Dirofilaria immitis je parazit, který obvykle napadá psy v teplejších oblastech světa, přičemž přenos probíhá prostřednictvím komárů. V posledních letech se však v Evropě začínají objevovat případy dirofilariózy i v zemích, kde dříve nebyly běžné. Běžně se infekce *D. immitis* vyskytuje na Slovensku. Miterpáková et al. (2021) zjistili výskyt mikrofilárií u 10,56 % psů. *D. immitis* byla zjištěna u 3,26 % psů, výskyt obou dirofilárií současně u 1,4 % psů. Pozitivně testovaní psi pocházeli z východního a západního Slovenska, *D. immitis* byla zjištěna u 15 psů ze západního Slovenska a 6 psů z východního Slovenska.

V ČR byla infekce *D. immitis* doposud diagnostikována pouze jako importovaná (Svobodova a Mišoňová, 2005, Miterpáková et al., 2021). Miterpáková et al. (2021) zjistili výskyt *D. immitis* pouze u jediného psa z 429 vyšetřených, jednalo se o psa dovezeného z Maďarska, které je považováno za endemickou oblast. Juránková et al. (2022) taktéž poukazuje na absenci tohoto parazita u psů na území ČR.

Pro dokončení vývojového cyklu je třeba nejen přítomnost vektora (komára) a definitivního hostitele, ale také vhodné klimatické podmínky. Dle Svobodové a Mišoňové (2005) je optimálních podmínek dosaženo v letním období i v České republice a přenos parazita je tedy potencionálně možný. Importované případy tedy představují riziko a v přítomnosti vhodného vektora může dojít k infikování zdravých vnímavých jedinců (Svobodova a Mišoňová, 2005).

Diagnostika se opírá o nález mikrofilárií v krvi. Ten je možný za použití modifikovaného Knottova testu (Magnis et al., 2013). Tato metoda je považována za velmi efektivní a vysoce senzitivní, obzvláště v případě výrazné mikrofilariémie (Soares et al., 2022). K rozlišení obou druhů dirofilárií a také k odlišení od jiných parazitů je vhodné využití PCR technik. V případě *D. immitis* lze využít např. detekci části genu pro cytochrom c oxidázu (*cytochrome c oxidase subunit I* - CO1) (Oh et al., 2017).

Tento případ představuje jeden z prvních náhodných záchytů mikrofilarie *D. immitis* v krvi psa v České republice. Pes neměl v anamnéze import ani cestování do oblastí s vyšším výskytem tohoto parazita, nicméně jeho původ nebyl zcela dohledatelný. Doposud byla infekce *D. immitis* v ČR diagnostikována pouze jako importovaná infekce (Svobodova a Mišoňová, 2005).

Velmi důležitá je prevence této parazitární infekce při cestách do zahraničí. Spočívá v použití vhodných antiparazitárních přípravků na bázi makrocyclických laktonů (AHS, 2024). Velmi důležité je v endemických oblastech i použití preparátů s repelentním účinkem.

Léčba infikovaných jedinců je velmi komplikovaná, protokoly zaměřené na adulticidní terapii zahrnují striktní klidový režim, použití glukokortikoidů, preventivních přípravků, léků proti bolesti a aplikaci melarsominu. Dále se používá doxycyklin, k přeléčení bakterie *Wolbachia*, která je považována za endosymbiotickou (Chu et al., 2025). Nezbytné je řešení případných přidružených komplikací. Scheer et al. (2024) úspěšně provedli extrakci dospělých jedinců z pravé komory psů pod skiaskopickou kontrolou.

Pravidelný monitoring této parazitózy se ukazuje jako klíčový. Pozitivně testovaný může být i jedinec, který nepatří do rizikové skupiny, nicméně jeho původ není zcela dohledatelný. Riziko představují jedinci importovaní, k rozšíření infekce může přispět i velká migrace lidí a psů a fakt, že vhodné podmínky pro vývoj dirofilárií se vyskytují po krátkou dobu i na území České republiky (Svobodova a Mišoňova, 2005).

Závěr

Jedná se o jeden z prvních náhodných záchytů mikrofilárie *Dirofilaria immitis* v krvi psa na území České republiky, u kterého nebylo zaznamenáno žádné cestování do endemických oblastí nebo import. Tento nález podtrhuje význam pravidelných preventivních vyšetření a monitorování přítomnosti parazitů u domácích zvířat; a to i v populaci, která je považována za nízkorizikovou. Onemocnění představuje riziko nejen pro psy, případně kočky, ale má také zoonotický potenciál. Včasná diagnostika je klíčem k prevenci závažných zdravotních komplikací spojených s touto parazitózou. Zároveň je třeba zdůraznit nutnost pravidelného vyšetřování zdravých psů-dárců krve, včetně mikroskopického vyšetření, protože ti jedinci mohou být bezpříznakovými nositeli mikrofilárií. Vzhledem k faktu, že okolní země jsou již endemickými oblastmi dirofilárií, lze předpokládat, že obdobná situace nastane i na území ČR. Pravidelný monitoring je tedy klíčový.

Literatura

- Agapito, D., Aziz, N-A. A., Wang, T., Morgan, E.R., Wright, I. 2018. Subconjunctival *Dirofilaria repens*. Journal of Small Animal Practice 1: 50-52.
- Albanese, F., Abramo, F., Braglia, C., Caporali, C., Venco, L., Vercelli, A., Ghibaud, G., Leone, F., Carrani, F., Giannelli, A., Otranto, D. 2013. Nodular lesions due to infestation by *Dirofilaria repens* in dogs from Italy. Veterinary Dermatology 24: 255-256.
- American Heartworm Society Canine Guidelines for the Prevention, Diagnosis, and Management of Heartworm Infection (*Dirofilaria immitis*) in Dogs. Revised 2024 [online]. [vid. 28.7.2025]. Dostupné z: <https://www.esccap.org/slovakia>
- Antolová, D., Míterpáková, M., Paraličová, Z. 2015. Case of human *Dirofilaria repens* infection manifested by cutaneous larva migrans syndrome. Parasitology Research 114: 2969-2973.
- Atkins, C. 2017. Canine and Feline Heartworm Disease. In: Ettinger, S.J. et al. (Eds.): Textbook of Veterinary Internal Medicine, 8th ed., Elsevier, St. Louis, pp. 1316-1344.
- Chu, Y., Sakamoto, K., Evans, C.C., Dzimianski, M.T., Fricks, C., Mansour, A., DiCosty, U., McCall, S., McCall, J.W., Nelson, C.T., Moorhead, A.R. 2025. Real-time PCR and immunohistochemistry detection of *Wolbachia* in adult *Dirofilaria immitis* from dogs treated with doxycycline and ivermectin. Parasites and Vectors 18: 78.
- Fuehrer, H.P., Auer, H., Leschnik, M., Silbermayr, K., Duscher, G., Joachim, A. 2016. *Dirofilaria* in Humans, Dogs, and Vectors in Austria (1978-2014)-From Imported Pathogens to the Endemicity of *Dirofilaria repens*. PLoS Neglected Tropical Diseases 10: e0004547.
- Gebauer, J., Ondruš, J., Kulich, P., Novotný, L., Sařamatin, R., Husa, P., Novobilský, A. 2021. The first case of periorbital human dirofilariasis in the Czech Republic. Parasitology Research 120: 739-742.
- Jurankova, J., Senkyrikova Mitkova, B., Novotna, M., Hofmannova, L., Cervena, B., Bowman, D.D., Modry, D. 2022. Further data on the distribution of *Dirofilaria* spp. in the Czech Republic in dogs. Folia Parasitologica 69: 2022.007.

- Magnis, J., Lorentz, S., Guardone, L., Grimm, F., Magi, M., Naucke, T.J., Deplazes, P. 2013. Morphometric analyses of canine blood microfilariae isolated by the Knott's test enables *Dirofilaria immitis* and *D. repens* species-specific and *Acanthocheilonema* (syn. *Dipetalonema*) genus-specific diagnosis. *Parasites and Vectors* 6: 48.
- Miterpáková, M., Hurníková, Z., Valentová, D., Borková, L. 2021. Different epidemiological pattern of canine dirofilariosis in two neighboring countries in Central Europe-the Czech Republic and Slovakia. *Parasitology Research* 120: 547-552.
- Miterpáková, M., Valentová, D., Hurníková, Z. 2023. *Dirofilaria immitis* conquering the regions in Slovakia previously endemic for *D. repens*. *Parasitology Research* 122: 2945-2950.
- Mõttus, M., Mõtsküla, P.F., Jokelainen, P. 2024. Heartworm disease in domestic dogs in Estonia: indication of local circulation of the zoonotic parasite *Dirofilaria immitis* farther north than previously reported. *Parasites and Vectors* 17: 124.
- Oh, I.Y., Kim, K.T., Sung, H.J. 2017. Molecular Detection of *Dirofilaria immitis* Specific Gene from Infected Dog Blood Sample Using Polymerase Chain Reaction. *Iranian Journal of Parasitology* 12: 433-440.
- Rudolf, I., Šebesta, O., Mendel, J., Betášová, L., Bocková, E., Jedličková, P., Venclíková, K., Blažejová, H., Šikutová, S., Hubálek, Z. 2014. Zoonotic *Dirofilaria repens* (Nematoda: Filarioidea) in *Aedes vexans* mosquitoes, Czech Republic. *Parasitology Research* 113: 4663-4667.
- Scheer, P., Hložková, J., Košťál, J., Soldátová, S., Sepši, M. 2024. Perkutánní transluminární extrakce dirofilárií z pravé komory a síně u psa – popis dvou případů. Percutaneous transluminal extraction of heartworms from the right ventricle and atrium in a dog - description of two cases. *Veterinární klinika* 21: 147-152.
- Soares, L.A., Matias, I.C., Silva, S.S., Ramos, M.E.O., Silva, A.P., Barretto, M.L.M., Brasil, A.W.L., Silva, M.L.C.R., Galiza, G.J.N., Maia, L.A. 2022. Parasitological, serological and molecular diagnosis of *Dirofilaria immitis* in dogs in Northeastern Brazil. *Experimental Parasitology* 236-237: 108233.
- Svobodova, V., Mišoňova, P. 2005. The potential risk of *Dirofilaria immitis* becoming established in the Czech Republic by imported dogs. *Veterinary Parasitology* 10: 128: 137-140.
- Szostakowska, B., Ćwikłowska, A., Marek-Józefowicz, L., Czaplewski, A., Grzanka, D., Kulawiak-Wasielak, N., Sulima, M. 2022. Concurrent subcutaneous and ocular infections with *Dirofilaria repens* in a Polish patient: a case report in the light of epidemiological data. *Parasitology International* 86:102481.

**OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE
LEGISLATIVA**

**ANIMAL PROTECTION AND WELFARE
LEGISLATION**

ZMĚNY V PRÁVNÍCH PŘEDPISECH NA ÚSEKU OCHRANY ZVÍŘAT PROTI TÝRÁNÍ CHANGES IN LEGISLATION ON THE PROTECTION OF ANIMALS AGAINST CRUELTY

Jana Traplová*

Ministerstvo zemědělství ČR, Odbor živočišných komodit a ochrany zvířat, Česká republika
Ministry of Agriculture of the Czech Republic, Department of Animal Commodities and Animal
Welfare, Czech Republic

Summary

The aim of this article is to provide information about changes in the legal protection of animals against cruelty and to give a basic overview of developments in this area. This article deals with changes that have already taken place in this area in the recent past, as well as changes that are currently being prepared. It also mentions proposals for changes in the field of animal protection that have been discussed but not implemented.

Key words: animal, animal welfare, cruelty, act, legislation

Souhrn

Cílem příspěvku je informovat o změnách na úseku právní ochrany zvířat proti týrání a poskytnout základní přehled o dění v této oblasti. Tento příspěvek se zabývá jednak změnami, které v této oblasti již v nedávné době proběhly, tak změnami, které jsou v současné době připravovány. Zmíněny jsou rovněž návrhy na změny na úseku ochrany zvířat, které byly projednávány, ale nebyly realizovány.

Klíčová slova: zvíře, pohoda zvířat, týrání, zákon, legislativa

Úvod

Základním právním předpisem na úseku ochrany zvířat proti týrání je zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání (dále jen „zákon na ochranu zvířat“), který je v gesci Ministerstva zemědělství. Oblasti ochrany zvířat je v posledních letech věnována velká pozornost, jak ze strany sdělovacích prostředků, tak ze strany běžných občanů. Této oblasti věnuje značnou pozornost také zákonodárce, což se projevuje zvýšenou legislativní aktivitou na tomto úseku. Tato legislativní aktivita se v posledních letech týkala nejen zákona na ochranu zvířat, ale i dalších předpisů, jejichž ustanovení mohou mít dopad do oblasti ochrany zvířat.

K četnosti změn zákona na ochranu zvířat

V posledních 5 letech (mezi rokem 2021 až 2025) byl zákon na ochranu zvířat novelizován hned 5x. Pro srovnání lze uvést, že v letech 2010 až 2020 byl zákon na ochranu zvířat novelizován rovněž 5x. Mezi lety 2000 a 2009 byl zákon na ochranu zvířat novelizován rovněž 5x. V posledních 5 letech tedy proběhlo stejné množství novelizací tohoto předpisu jako dříve za období 10 let.

V roce 2021 a 2022 nabyly účinnosti 4 novelizace tohoto právního předpisu. Ministerstvo zemědělství, oddělení ochrany zvířat, které je gestorem zákona na ochranu zvířat, bylo autorem pouze jedné z těchto novelizací.

Lze konstatovat, že tak časté změny právního předpisu nejsou žádoucí. Časté novelizace právního předpisu snižují přehlednost právní úpravy a mohou být komplikací pro adresáty právní úpravy. Nelze zjednodušeně říct, že čím více novelizací, tím lepší úroveň ochrany zvířat.

Roky 2023 a 2024 již další změny v této oblasti nepřinesly. Ovšem v roce 2025 došlo opět k další novele zákona na ochranu zvířat, která nabyla účinnosti dne 1. 4. 2025.

* Jana.Traplova@mze.gov.cz

Nerealizované novelizace zákona na ochranu zvířat

Přestože je počet novelizací zákona na ochranu zvířat v posledních letech značný, je třeba poznamenat, že novelizací zákona na ochranu zvířat bylo připravováno ještě více. V posledních letech byly připravovány další 3 novelizace zákona na ochranu zvířat, u kterých nebyl dokončen legislativní proces.

Na podzim roku 2025 se konají volby do Poslanecké sněmovny Parlamentu ČR. Končí tedy 9. volební období současné Poslanecké sněmovny. Z důvodu konce volebního období nebudou dále projednávány sněmovní tisky 732 a 811, které rovněž obsahovaly novelu zákona na ochranu zvířat.

Sněmovní tisk 732 obsahuje návrh zákona, kterým se mění zákon č. 449/2001 Sb., o myslivosti, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. Mezi další související zákony patřil také zákon na ochranu zvířat. Touto novelou měl být doplněn do zákona na ochranu zvířat nový § 14 odst. 3, který měl umožnit lov zvěře lukem určeným k loveckým účelům.

Sněmovní tisk 811 obsahuje návrh zákona, kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím zákona o vstupu a pobytu cizinců. Byly navrženy změny v § 24b odst. 1 písm. c) a v § 24b odst. 5 zákona na ochranu zvířat, slova „informačního systému cizinců“ měla být nahrazena slovy „Integrovaného cizineckého agendového systému“.

Připravován byl také návrh zákona, kterým se mění zákon č. 162/2003 Sb., o podmínkách provozování zoologických zahrad a o změně některých zákonů (zákon o zoologických zahradách), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. Především kvůli zásadnímu nesouhlasu ze strany zoologických zahrad byla příprava této novelizace ukončena.

Ochrana zvířat a nerealizovaná novela Ústavy

V 9. volebním období projednávala Poslanecká sněmovna Parlamentu ČR také sněmovní tisk 497 - vládní návrh zákona, kterým se mění ústavní zákon č. 1/1993 Sb., Ústava České republiky, ve znění pozdějších předpisů. K tomuto sněmovnímu tisku byl předložen pozměňovací návrh poslanců Michaela Kohajdy, Markéty Pekarové Adamové, Kláry Kocmanové a Josefa Bernarda. Cílem pozměňovacího návrhu bylo zakotvit ochranu zvířat v Ústavě České republiky. Rovněž u sněmovního tisku 497 nebyl dokončen legislativní proces.

K novele zákona na ochranu zvířat provedené zákonem č. 70/2025 Sb.

Aktuální změnu zákona na ochranu zvířat představuje zákon č. 70/2025 Sb., kterým se mění zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. Tato novela nabyla účinnosti dnem 1. 4. 2025.

Součástí zákona č. 70/2025 Sb. je také novela zákona na ochranu zvířat, jedná se o část třetí. Novela zákona na ochranu zvířat obsahuje 12 novelizačních bodů, přechodná ustanovení a ustanovení o technickém předpisu.

Bližší informace k této novele jsou k dispozici na internetových stránkách Poslanecké sněmovny Parlamentu ČR www.psp.cz - sněmovní tisk 710 (9. volební období). Senát Parlamentu ČR tento materiál projednával jako senátní tisk 53. Na internetových stránkách Ministerstva zemědělství, oddělení ochrany zvířat, je k dispozici materiál „Informace k novele zákona na ochranu zvířat provedené zákonem č. 70/2025 Sb. – novela související s novelou veterinárního zákona“.

Zákon č. 70/2025 Sb. přinesl tyto změny v zákoně na ochranu zvířat:

- zákaz uvazování psů - ustanovení § 4 odst. 1 písm. o) zákona na ochranu zvířat a bod 1 přechodných ustanovení,
- kamerový monitorovací systém pro sledování řádného zacházení se zvířaty na jatkách - ustanovení § 5e, § 27a odst. 11 písm. d) a f) a § 27a odst. 19 písm. c) zákona na ochranu zvířat a bod 2 přechodných ustanovení,

- porážení zvířat zvláštními metodami stanovenými náboženskými obřady - ustanovení § 5f, § 20 odst. 1 písm. f), § 27 odst. 1 písm. g), § 27a odst. 1 písm. e), § 27a odst. 10, § 29 odst. 1 zákona na ochranu zvířat a bod 3 a 4 přechodných ustanovení,
- způsob oznámení veřejného vystoupení – informační systém Státní veterinární správy – ustanovení § 8 odst. 3 písm. a) a e) zákona na ochranu zvířat.

Zákaz uvazování psů

Z hlediska běžného chovatele je jistě největší změnou zákaz uvazování psů, který byl do novely zákona na ochranu zvířat doplněn poslaneckým pozměňovacím návrhem.

Zákon na ochranu zvířat uvádí v § 4 odst. 1 písm. o): „*Za týrání se považuje*

o) používat k vázání nebo k jinému omezení pohybu zvířete prostředky, které zvířeti způsobují nebo lze předpokládat, že budou způsobovat, poranění, bolest nebo jiné poškození zdraví; u psa se za týrání považuje chov nebo držení psa v prostorách k tomu určených, včetně domácnosti, uvázaného jakýmkoliv prostředkem na uvázání, s výjimkou

1. krátkodobého úvazu psa pod dohledem chovatele nebo jiné k tomu pověřené osoby, zejména během čištění chovného prostoru, krmení psa a jeho ošetřování nebo za účelem obdobného úkonu krátkodobého charakteru, kdy omezení pohybu psa nelze docílit jiným vhodným způsobem,

2. úvazu nebo jiného omezení pohybu psa k výcviku a plnění úkolů stanovených ozbrojeným silám, bezpečnostním sborům nebo obecní policii zvláštními právními předpisy,“.

Zákaz uvazování psů je obsažen v § 4 zákona na ochranu zvířat, porušení tohoto zákazu bude proto postihováno jako týrání zvířat podle § 27 odst. 1 písm. b) u fyzických osob nebo podle § 27a odst. 1 písm. b) u podnikajících fyzických osob nebo u právnických osob.

V případě porušení tohoto zákazu bude vyžadováno odborné vyjádření krajské veterinární správy.

Zákaz se týká uvazování při chovu nebo držení psa v prostorách k tomu určených, včetně domácnosti. Zákaz se netýká uvazování psů např. před obchodem nebo na jiných veřejně přístupných místech.

Psů narozených před 1. lednem 2025 se zákaz uvazování týká od 1. ledna 2026. Psů narozených po 1. lednu 2025 se zákaz uvazování týká od nabytí účinnosti novely, tedy od 1. 4. 2025.

Kamerový monitorovací systém pro sledování řádného zacházení se zvířaty na jatkách

Nově se upravuje povinnost, aby na jatkách byl instalován kamerový monitorovací systém pro sledování řádného zacházení se zvířaty na jatkách. Tato povinnost se vztahuje na všechny jatky bez ohledu na jejich velikost a na všechny druhy porážených zvířat, s výjimkou drůbeže, králíků a zajíců. Povinnost vybavit jatky kamerovým systémem se vztahuje na prostory pro vykládku a pro přehánění zvířat.

Zákon na ochranu zvířat upravuje povinnosti provozovatele podniku ve vztahu k provozování kamerového systému na jatkách, např. dobu uchovávání záznamu a možnost jeho kontroly krajskou veterinární správou.

Provozovatelé jatek, která fungovala před nabytím účinnosti novely zákona na ochranu zvířat, musí kamerové systémy zavést do 1 roku ode dne nabytí účinnosti novely zákona, tedy do dne 1. 4. 2026. Viz přechodná ustanovení bod 2.

Porážení zvířat zvláštními metodami stanovenými náboženskými obřady

Ustanovení § 5f bylo již v zákoně na ochranu zvířat obsaženo. Nejedná se o zcela novou právní úpravu, ale o změnu dosavadní právní úpravy.

Nově mohou provádět porážku za použití zvláštních metod stanovených náboženskými obřady nejen církve a náboženské společnosti registrované v České republice, ale také provozovatelé podniků (jatek). Provozovatelé jatek budou při konkrétních porážkách spolupracovat se zástupci církví a náboženských společností, aby mohli splnit podmínky požadované jejich náboženskými obřady. Nově tedy je umožněno provádění rituálních porážek za účelem vývozu produktů zvířat do zahraničí nebo za účelem ekonomického zisku provozovatele jatek nebo zemědělce, který zvířata chová.

V novém ustanovení § 5f odst. 3 se zavádí povinnost provozovatele podniku provést při rituální porážce prosté omráčení zvířete elektrickým proudem, které nezpůsobí bezprostřední smrt zvířete, a to postupem v souladu se zvláštními požadavky stanovenými přímo použitelným předpisem Evropské unie upravujícím ochranu zvířat při usmrcování.

Cílem změny je snížit počet zvířat, která jsou za účelem porážky bez omráčení převážena do třetích zemí. Místo toho budou tato zvířata odporožena s omráčením v ČR a následně budou vyvezeny pouze jejich produkty. Podmínka omráčení zvířat zaručuje, že v době vykrvení budou zvířata v bezvědomí, a tím budou dodrženy všechny podmínky welfare při porážení zvířat. Ustanovení je v souladu s ambicemi Evropské unie směřujícími k omezení přepravy zvířat na větší vzdálenosti a preferujícími zpracování masa na území Evropské unie. Návrh je založen na preferenci zpracování masa zvířat, která mají být porážena zvláštními metodami stanovenými náboženskými obřady, na území České republiky.

Způsob oznámení veřejného vystoupení – informační systém Státní veterinární správy

Jedná se o rozšíření možnosti, jak oznámit krajské veterinární správě konání veřejného vystoupení se zvířaty. Novou možností je oznámení prostřednictvím informačního systému Státní veterinární správy.

Další změny s cílem ochrany zvířat – regulace pyrotechniky

Ochranou zvířat bylo argumentováno také při projednávání zákona, kterým se mění zákon č. 206/2015 Sb., o pyrotechnických výrobcích a zacházení s nimi a o změně některých zákonů (zákon o pyrotechnice), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. Tento zákon projednávala Poslanecká sněmovna Parlamentu ČR jako sněmovní tisk 768 a Senát Parlamentu ČR jako senátní tisk 166. Prezident zákon podepsal dne 21. 8. 2025. Ke dni zpracování tohoto příspěvku nebyla novela zákona o pyrotechnice vyhlášena ve Sbírce zákonů.

Budoucí ustanovení § 35b zákona o pyrotechnice upravuje zákaz zacházení s pyrotechnickými výrobky. Konkrétně toto ustanovení uvádí: „*Zacházet s pyrotechnickými výrobky s výjimkou kategorie F1, pokud jde o jejich odpalování, a dále jejich užívání k provádění ohňostrojných prací nebo ohňostrojů, je zakázáno ve vzdálenosti do 250 m nebo, stanoví-li návod k použití větší bezpečnou vzdálenost, do této vzdálenosti od*

- a) stavby zařízení poskytujícího zdravotní lůžkovou péči²²⁾, domova pro seniory, domova pro osoby se zdravotním postižením, domova se zvláštním režimem, denního stacionáře, týdenního stacionáře nebo centra denních služeb²³⁾,*
- b) pozemku, na němž je provozován útulek²⁴⁾, záchranná stanice²⁵⁾, záchranné centrum²⁶⁾ nebo zoologická zahrada²⁷⁾, nebo*
- c) objektu evidovaného v evidenci hospodářství podle objektů určených k chovu evidovaných zvířat vedené podle zákona o zemědělství²⁸⁾.“*

Budoucí již schválené změny zákona na ochranu zvířat - zákaz klecového chovu nosnic

Nejrozsáhlejší novelizací v posledních 5 letech byla novela zákona na ochranu zvířat provedená zákonem č. 501/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. Většina ustanovení tohoto právního předpisu nabyla účinnosti dne 1. 2. 2021. Část ustanovení této novely nabyla na základě přechodných ustanovení účinnosti později, a to od 1. 4. 2021, 1. 7. 2021 anebo od 1. 1. 2022.

Stále ještě ovšem zbývají některá ustanovení této novely, která dosud nenabyla účinnosti. Dne 1. 1. 2027 nabývají účinnosti ustanovení, která se týkají zákazu klecového chovu nosnic, včetně chovu v obohacených klecových systémech. K tomu je třeba poznamenat, že uvedený zákaz, včetně nabytí data účinnosti, do novely zákona na ochranu zvířat doplnila Poslanecká sněmovna Parlamentu ČR. Nejednalo se o návrh Ministerstva zemědělství. Uvedený zákaz je spojen s předpokládaným zvýšením ceny vajec a v současné době je opakovaně kritizován v médiích.

Budoucí očekávané změny na úseku ochrany zvířat – změny v souvislosti s projednávanými nařízeními EU

V prosinci 2023 představila Evropská komise návrh nařízení Evropského Parlamentu a Rady o dobrých životních podmínkách psů a koček a jejich sledovatelnosti. Představen byl rovněž návrh nařízení Evropského parlamentu a Rady o ochraně zvířat během přepravy a souvisejících činností, kterým se mění nařízení Rady (ES) č. 1255/97 a zrušuje nařízení Rady (ES) č. 1/2005. Ačkoliv se jedná o nařízení, tedy přímo použitelné předpisy, lze očekávat, že v důsledku přijetí těchto předpisů bude nutné novelizovat zákon na ochranu zvířat, vyhlášku o ochraně psů a koček při chovu za účelem rozmnožování a veterinární zákon.

Budoucí změny na úseku ochrany zvířat – novela vyhlášky o ochraně pokusných zvířat

V současné době probíhá novelizace vyhlášky č. 419/2012 Sb., o ochraně pokusných zvířat, ve znění pozdějších předpisů. Cílem novelizace je transpozice směrnice Komise v přenesené pravomoci (EU) 2024/1262 ze dne 13. března 2024, kterou se mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/63/EU, pokud jde o požadavky na zařízení, péči o zvířata a jejich umístění a pokud jde o metody usmrcování zvířat.

V souladu s požadavky směrnice se navrhuje nabytí účinnosti vyhlášky dnem 4. prosince 2026. Zároveň ale tato směrnice stanoví povinnost přijmout a zveřejnit právní a správní předpisy nezbytné pro dosažení souladu s touto směrnicí již rok před nabytím účinnosti, tedy do dne 4. prosince 2025. Vědecká a odborná veřejnost tedy bude mít dostatek času se na novou právní úpravu připravit.

Novela vyhlášky přináší změny, které se týkají požadavků na zařízení k chovu pokusných zvířat, k dodávce pokusných zvířat a k využití pokusných zvířat, péči o pokusná zvířata a jejich umístění a metod usmrcování pokusných zvířat. Nové požadavky se týkají péče a umístění hlavonožců, ryb (především dánía pruhovaného) a pěvců chovaných v zajetí a usmrcování hlavonožců. Doplnuje se právní úprava týkající se hluku a vibrací a havarijních plánů. U dánía pruhovaného se nově povoluje usmrcení hypotermickým šokem. U hlodavců se naopak nově zakazuje používání inertních plynů (argonu a dusíku) k jejich usmrcování.

Jedinou navrženou změnou vyhlášky, jejíž nutnost neplyne z transpozice výše uvedené směrnice, je to, že žadatel o udělení oprávnění k chovu pokusných zvířat, oprávnění k dodávce pokusných zvířat nebo oprávnění k používání pokusných zvířat bude posuzovatelům v rámci správního řízení předkládat strategii pro udržování zdravotního stavu pokusných zvířat podle přílohy č. 8 k této vyhlášce písmene a) bodu 1 již při prvním podání žádosti, nikoliv až při podání další žádosti na další období. Změna je prováděna na základě praktických zkušeností posuzovatelů s posuzováním chovných, dodavatelských a uživatelských zařízení.

Závěr

V současné době Ministerstvo zemědělství nepřipravuje další novelu zákona na ochranu zvířat. V souvislosti se změnami předpisů EU lze ale očekávat, že v nejbližších letech bude nutná další novelizace na tomto úseku. Oblasti ochrany zvířat je věnována značná pozornost, lze tedy předpokládat, že při případné novelizaci zákona na ochranu zvířat bude požadována řada změn, které se nebudou přímo týkat oblasti upravené předpisy EU.

Literatura

Důvodová zpráva k návrhu vyhlášky, kterou se mění vyhláška č. 419/2012 Sb., o ochraně pokusných zvířat, ve znění pozdějších předpisů.

Informace k novele zákona na ochranu zvířat provedené zákonem č. 70/2025 Sb. – novela související s novelou veterinárního zákona, Ministerstvo zemědělství [online]. [vid. 7. 9. 2025]. Dostupné z: www.mze.gov.cz

Sněmovní tisk 768 – návrh zákona, kterým se mění zákon č. 206/2015 Sb., o pyrotechnických výrobcích a zacházení s nimi a o změně některých zákonů (zákon o pyrotechnice), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony [online]. [vid. 7. 9. 2025]. Dostupné z: www.psp.cz

Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 7. 9. 2025].

Zákon č. 70/2025 Sb., kterým se mění zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 7. 9. 2025].

OCHRANA VLKA OBECNÉHO V EVROPSKÉ A NÁRODNÍ LEGISLATIVĚ PROTECTION OF THE COMMON WOLF IN EUROPEAN AND NATIONAL LEGISLATION

Petra Mačáková*, Filip Kounek

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty
of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

The gray wolf (*Canis lupus*), a key apex predator, is naturally returning to the Czech countryside after decades of absence, a trend that can be observed throughout Europe. This return, associated with ecological benefits such as the regulation of ungulates and increased biodiversity in forest ecosystems, also brings challenges in the form of conflicts with human interests, particularly attacks on livestock. The article deals with the complex legal framework for wolf protection, ranging from international conventions to European Union legislation and national regulations in the Czech Republic. It describes in detail the role of the Bern Convention and the Habitats Directive, including recent changes in the conservation status of wolves, which reflect population growth and allow for more flexible management. It further analyzes the significance of the CITES Convention and the related Council Regulation (EC) No. 338/97 for the regulation of trade in wolves. In national legislation, the article focuses on Act No. 114/1992 Coll. on the protection of nature and the landscape (including its forthcoming amendment and contingency plan), Act No. 449/2001 Coll. on hunting, Act No. 115/2000 Coll. on compensation for damage (and its upcoming amendment), Act No. 100/2004 Coll. on Trade in Endangered Species, and criminal law protection under Act No. 40/2009 Coll., the Criminal Code. The aim is to provide a comprehensive overview of the legislative tools and challenges that accompany the coexistence of humans and wolves in the modern landscape.

Key words: law, regulation, threat

Souhrn

Vlk obecný (*Canis lupus*), klíčový vrcholový predátor, se po desetiletích absence přirozeně navrácí do české krajiny, což je trend pozorovatelný po celé Evropě. Tento návrat, spojený s ekologickými přínosy, jako je regulace kopytníků a zvyšování biodiverzity lesních ekosystémů, zároveň přináší výzvy v podobě konfliktů s lidskými zájmy, zejména útoky na hospodářská zvířata. Článek se zabývá komplexním právním rámcem ochrany vlka, který sahá od mezinárodních úmluv přes legislativu Evropské unie až po národní předpisy České republiky. Detailně popisuje roli Bernské úmluvy a Směrnice o stanovištích, včetně nedávných změn statusu ochrany vlka, které reflektují nárůst populací a umožňují flexibilnější management. Dále analyzuje význam Úmluvy CITES a souvisejícího Nařízení Rady (ES) č. 338/97 pro regulaci obchodu s vlkem. V národní legislativě se článek zaměřuje na Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny (včetně jeho připravované novely a pohotovostního plánu), Zákon č. 449/2001 Sb. o myslivosti, Zákon č. 115/2000 Sb. o náhradách škod (a jeho blízké novelu), Zákon č. 100/2004 Sb. o obchodování s ohroženými druhy a trestněprávní ochranu dle Zákona č. 40/2009 Sb., trestního zákoníku. Cílem je poskytnout ucelený přehled o legislativních nástrojích a výzvách, které doprovázejí soužití člověka s vlkem v moderní krajině.

* macakovap@vfu.cz

Klíčová slova: zákon, nařízení, ohrožení

Úvod

Vlk obecný (*Canis lupus*) je původní druh naší přírody, který se podobně jako bobr evropský (*Castor fiber*), nebo medvěd hnědý (*Ursus actor*), postupně vrací na naše území (Anděra a Horáček, 2005). Vlci byli v 18. a 19. století vyhubeni na většině území Evropy, v 70 letech 20. století se začali znovu objevovat a v současné době se vyskytují ve většině členských států Evropské unie (kromě Irska, Kypru a Malty) (Blanco and Sundseth, 2023), v Čechách byl vlk vyhuben koncem 19. století (Anděra a Horáček, 2005). V oblasti Beskyd byl poslední zastřelen 1914 (Bartošová a Kutal, 2014). I přes to se ve Slezku vlci s různými pauzami vyskytovali v závislosti na vazbách s populacemi ze Slovenska a Polska (Anděra a Gaisler, 2012). Dřívější areál vlka se rozprostíral od severských oblastí tundry až po evropské středomoří a jižní polopouště Asie a Severní Ameriky. Cíleným pronásledováním byl vlk na řadě míst vyhuben a jeho areál se výrazně zmenšil (AOPK, 2025a). S legislativní ochranou a různými praktickými opatřeními došlo v posledních deseti letech k nárůstu vlčí populace a vlci se opět přirozeně navrací do míst, kde se původně vyskytovali. Podle Evropské komise (2023) žije v EU přes 20 000 vlků a jejich populace i plocha rozšíření se zvětšují. Na naše území se vlci navrátili především šířením středomořské nížinné populace z Polska a Německa. Poprvé byli pozorováni v roce 2012 na Šluknovsku. V Německu bylo v roce 2015 zaznamenáno 31 vlčích smeček a z toho deset v oblasti Saska u českých hranic (AOPK, 2025b), v roce 2024 bylo v celém Německu potvrzeno již 209 smeček, což svědčí o nárůstu středomořské populace (DBBW, 2025). V roce 2017 byl na Šumavě zaznamenán samec vlka obecného z tzv. alpské populace, který zde vytvořil pár a od roku 2018 se tam vlci již pravidelně rozmnožují (AOPK, 2025b).

Vlk je největší psovitá šelma (Anděra a Gaisler, 2012) a vrcholový predátor, jehož funkce v přírodě je nezanedbatelná, přirozeně reguluje počty spárkaté zvěře (Ripple and Beschta, 2012) a významně přispívá k zachování a ochraně lesních ekosystémů (Cote et al., 2004). Úbytkem počtu kopytníků se snižuje tlak na vegetaci a dochází ke zvyšování diverzity a stability ekosystémů (Hernandez, 2010). S návratem tohoto druhu do české krajiny však dochází i k útokům na nedostatečně zabezpečená stáda hospodářských zvířat, a tím ke konfliktům s člověkem a nelegálnímu zabíjení vlků (MŽP, 2020). Je tedy nutné hledat vhodná řešení pro obě strany.

Příčiny ohrožení

Velké šelmy patří mezi nejcitlivější druhy v souvislosti s lidskou činností v přírodních ekosystémech (Mancinelli et al., 2018). Úmyslné i náhodné zabíjení člověkem je hlavní příčinou úmrtnosti vlků v Evropě (Blanco and Sundseth, 2023). Vlčí populace je ohrožena několika faktory. Asi nejvýznamnějším je nelegální odstřel a otravy. V České republice je nejvíce neprokázaných záznamů o pytlacení z příhraničních oblastí, především ze Šumavy, Beskyd a severních Čech, kde se vlků vyskytuje nejvíce. V letošním roce byli nalezeni 4 mrtví vlci v Rychlebských horách, přičemž pitva prokázala otravu (AOPK, 2025b).

Značnou hrozbou pro velké šelmy, včetně vlků, může být používání antikoagulačních rodenticidů k hubení hlodavců. Touto otázkou se dosud zabývalo jen minimum studií, přestože tyto látky jsou vysoce toxické a pro predátory stojící na vrcholu potravní pyramidy mohou mít negativní vliv na jejich chování, fyziologii, reprodukci či imunitní systém. Studie Musto et al. (2024) provedená v Itálii mezi roky 2018 až 2022, uvádí, že 115 ze 186 vlků bylo pozitivně testováno na antikoagulační rodenticidy, přičemž 19 vlků uhynulo přímo v důsledku intoxikace těmito látkami. Pozitivní nálezy byly častější u zvířat v antropizovaném prostředí.

Se vzrůstající populací vlka i stále se zvyšující fragmentací krajiny vlivem dopravní infrastruktury se zvyšuje i riziko střetu s dopravními prostředky, což pro vlky představuje reálné smrtelné nebezpečí. Zároveň tyto stavby zamezují migraci a šíření vlků do dalších oblastí, čímž může docházet k vytváření menších izolovaných populací a snižování genetické variability (MŽP, 2020).

Ve střední Evropě jsou dopravou nejvíce ohroženi juvenilní a subadultní jedinci (Kramer-Schadt et al., 2004).

Legislativní ochrana

Právní ochrana vlka obecného je upravena množstvím právních předpisů na několika úrovních, od mezinárodních úmluv, přes právo Evropské unie až po národní legislativu. Tyto právní předpisy se vztahují nejen na přímou ochranu vlka, ale zahrnují také širší souvislosti, jako je ochrana jejich stanovišť, regulace zásahů do volně žijících populací, nakládání s nimi v zajetí nebo stanovení pravidel pro poskytování náhrad škod způsobených vlkem.

Mezinárodní úroveň

- Bernská úmluva

Podle Bernské úmluvy o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť byl vlk dlouhodobě zařazen v příloze II jako přísně chráněný druh živočicha, u kterých je zakázáno úmyslné zabíjení, odchyt, rušení, ničení stanovišť a jiné zásahy. Dne 6. prosince 2024 přijal stálý výbor Úmluvy návrh Evropské unie změnit status ochrany vlka (*Canis lupus*) přesunem tohoto druhu do přílohy III (chráněné druhy živočichů). Chráněné druhy živočichů mají stále určitou ochranu, ale umožňuje se větší flexibilita v řízení populace, například povolování odstřelu za určitých podmínek, aby bylo možné řešit konflikty s lidskými zájmy. Toto rozhodnutí vstoupilo v platnost dne 7. března 2025 v souladu s postupem stanoveným v článku 17 Bernské úmluvy. V souvislosti se změnou Bernské úmluvy byla novelizována i směrnice Rady 92/43/EHS (směrnice o stanovištích).

Z pohledu ochrany vlka obecného v České republice nebude mít snížení ochrany druhu v rámci Bernské úmluvy žádný vliv, protože si Česká republika již v době přistoupení k úmluvě uplatnila výhradu k ochraně vlka, a není tak v případě tohoto druhu úmluvou vázána (Jelínková, 2024).

- CITES

Vlk je chráněn i podle úmluvy CITES (Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin), jež doplňuje ochranu vlka na mezinárodní úrovni regulací nelegálního obchodu a chovu. Vlk je zařazen do přílohy II CITES, která zahrnuje druhy, jejichž obchod je regulován, aby se zabránilo ohrožení jejich přežití. To znamená, že obchod s vlky a výrobky z nich je přísně kontrolován a vyžaduje povolení, přičemž volně žijící populace vlků jsou chráněny před komerčním využíváním. V rámci Evropské unie je ochrana vlka z pohledu mezinárodního obchodu upravena nařízením (ES) č. 338/97, kde je vlk zařazen do přílohy A, což znamená přísnější ochranu než v případě zařazení do přílohy II CITES (viz dále).

Právní předpisy Evropské unie

- Směrnice 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin

Ochrana vlka na úrovni Evropské unie je upravena především směrnicí Rady 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. Vlk je uveden v příloze II jako druh, jehož ochrana vyžaduje vyhlášení zvláštních oblastí ochrany a byl v příloze IV jako druh vyžadující přísnou ochranu. Povinností členských států je chránit jedince i jejich biotopy a zakazuje se jejich úmyslné zabíjení, vyrušování, chytání nebo ničení jejich stanovišť. Článek 16 směrnice umožňuje výjimky, tedy odstřel či jiné zásahy, pokud jsou splněny přísné podmínky, například pokud je to nezbytné pro ochranu veřejného zdraví nebo bezpečnosti, pro prevenci vážných škod na zemědělství, lesnictví, rybolovu nebo jiných důležitých zájmech, a pokud neexistují žádná jiná uspokojivá řešení. Tyto výjimky však musely být schváleny příslušnými orgány a prováděny tak, aby nebyl ohrožen příznivý stav populace vlků.

Závazky ochrany druhů v rámci Bernské úmluvy byly přeneseny do směrnice 92/43 EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. V návaznosti na přijetí

změny přesunu vlka z přílohy II do přílohy III této mezinárodní smlouvy, bylo nezbytné provést odpovídající úpravu i této směrnice, konkrétně přesun vlka z přílohy IV do přílohy V. Novela směrnice 2025/1237, kterou se mění směrnice Rady 92/43/EHS, pokud jde o status ochrany vlka (*Canis lupus*), nabyla účinností 14. července 2025 a členské státy mají povinnost uvést v účinnost právní a správní předpisy nezbytné pro dosažení souladu s touto směrnicí do 15. ledna 2027.

Změna statusu na „chráněný“ druh (příloha V) nyní umožňuje větší flexibilitu a jednodušší řízení populací, včetně cílených zásahů proti problematickým jedincům, aniž by to automaticky znamenalo porušení ochranných pravidel. Členské státy tak budou mít více možností k lokálnímu managementu vlků, včetně případného odstřelu problematických jedinců, pokud to bude nezbytné pro minimalizaci škod a zlepšení soužití lidí s vlky. Přitom však musí stále zajistit příznivý stav populace vlka z hlediska ochrany.

Členské státy musí i nadále zajišťovat příznivý stav vlka z hlediska ochrany. Mohou také nadále uvádět vlka jako přísně chráněný druh ve vnitrostátních právních předpisech a zavádět přísnější opatření na jeho ochranu.

- Nařízení Rady (ES) č. 338/97, o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi

Nařízení Rady (ES) č. 338/97 představuje právní rámec pro ochranu druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulací obchodu s nimi v rámci EU. Pro území EU je vlk zařazen do přílohy A. Příloha A tohoto nařízení zahrnuje druhy, které jsou ohrožené vyhynutím nebo jsou natolik vzácné, že jakýkoli obchod by mohl ohrozit jejich přežití. Jde o nejprísnejší možnou ochranu v oblasti obchodu s volně žijícími exempláři a cílem je zabránit dalšímu ohrožení druhu v přírodě. Zařazení vlka do přílohy A znamená, že veškerý komerční obchod s tímto druhem je v EU zakázán a jakýkoli dovoz exemplářů do EU je možný pouze za velmi přísných podmínek, zejména pro vědecké nebo výzkumné účely a pouze na základě speciálního povolení.

Národní právní předpisy

- Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny a vyhláška č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

Vlk obecný je v České republice chráněn zákonem o ochraně přírody a krajiny, kde je zařazen mezi zvláště chráněné živočichy. Tento zákon dělí zvláště chráněné živočichy do tří kategorií, a to kriticky ohrožené, silně ohrožené a ohrožené druhy. Konkrétní zařazení jednotlivých druhů stanovuje prováděcí vyhláška č. 395/1992 Sb., která vlka řadí mezi kriticky ohrožený druh, což představuje nejprísnejší kategorii ochrany v rámci zákona. Tato nejvyšší kategorie ochrany znamená, že každý jedinec je chráněn ve všech svých vývojových stádiích a vztahuje se na něj řada přísných zákazů. Je zakázáno vlka chytat, chovat v zajetí, rušit, zraňovat, usmrcovat, sbírat, ničit, poškozovat či přemísťovat jeho vývojová stadia nebo jím užívaná sídla. Stejně tak je zakázáno držet, dopravovat, prodávat, vyměňovat či nabízet vlka nebo jeho části za účelem prodeje či výměny. Ochrana se vztahuje i na mrtvé jedince, jejich části nebo výrobky z nich, pokud je patrné, že pocházejí z vlka obecného. Z uvedených zákazů lze povolit podle § 56 zákona a v souladu s čl. 16 směrnice o stanovištích výjimku. V případě vlků je povolení výjimky možné v případě převahy jiného veřejného zájmu nad zájmem ochrany přírody nebo v zájmu ochrany přírody, je-li zároveň naplněn některý z důvodů či účelů uvedených v § 56 odst. 2 (např. důvod prevence závažných škod, účely výzkumu a vzdělávání aj.). Ve všech případech musí být při povolování výjimky také zvažováno splnění podmínky neexistence jiného uspokojivého řešení a povolovaná činnost nesmí ovlivnit dosažení či udržení příznivého stavu druhu (Zákon č. 114/1992 Sb.).

S ohledem na narůstající početnost vlka obecného na území ČR přijalo v roce 2020 Ministerstvo životního prostředí po projednání s Ministerstvem zemědělství Program péče o vlka obecného, který cílí na mírnění konfliktu druhu s hospodářskými a jinými zájmy člověka včetně řešení finančních a metodických podpor prevence vzniku škod i vlastních náhrad škod (MŽP, 2020).

V návaznosti na opatření předpokládané Programem péče v roce 2023 vznikl také Pohotovostní plán pro řešení situací při výskytu problematických jedinců vlka obecného, který byl zveřejněn ve Věstníku Ministerstva životního prostředí. Pohotovostní plán je podkladem pro další postup příslušných orgánů ochrany přírody a orgánů státní správy myslivosti i praktický postup řešení jednotlivých popsanych situací. Plán stanovuje pravidla pro flexibilní a transparentní řešení situací výskytu jedinců vlka obecného s doloženým problematickým (nebezpečným) chováním, specifikuje právní podmínky, zahrnuje věcnou kategorizaci chování vlka od přirozeného až po problematické, a především stanovuje postup pro řešení situací, kdy vlk vykazuje chování smělé, nebojácné až kritické s cílem tyto situace řešit, a to včetně případného odstranění problematického jedince (MŽP, 2023).

- Přípravovaná novela zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

Je připravována novela zákona č. 114/1992 Sb., tento vládní návrh byl poslancům rozeslán dne 10.12.2024 jako sněmovní tisk 878/0. Návrh zákona prošel prvním a druhým čtením v Poslanecké sněmovně a dne 15.5.2025 vydal garanční výbor usnesení, ve kterém jsou doporučení pro Poslaneckou sněmovnu týkající se hlasování ve třetím čtení. Další projednávání tisku je zařazeno na pořad 142. schůze Poslanecké sněmovny.

Předkládaná novela nově zahrnuje jak úpravu kategorizace zvláště chráněných druhů a podmínek jejich ochrany, tak následně i nezbytnou aktualizaci seznamů zvláště chráněných druhů. Podle důvodové zprávy je cílem navrhované úpravy u všech kategorií zvláště chráněných druhů posílení ochrany jejich biotopů. Navrženo tak je přímo zakotvení ochranné podmínky biotopu a místní populace druhu pro všechny tři kategorie ochrany ve formě zákazu poškození a ničení biotopu a místní populace zvláště chráněného druhu rostliny nebo živočicha, včetně jejího genofondu. Nově budou chráněné rostliny a živočichové členěny do tří kategorií ochrany (I, II a III), namísto původních tří stupňů ochrany (kriticky ohrožené, silně ohrožené a ohrožené). Ke kategoriím budou nastaveny potřebné zákonné zákazy, které mohou ovlivnit efektivitu ochrany konkrétních druhů (tj. ochranné podmínky napříč kategoriemi nebudou již shodné, jako tomu bylo dosud). Podle nově projednávané novely bude vlk obecný zařazen do II. kategorie ochrany, kde bude veden jako vzácná šelma velmi ohrožená nelegálním lovem. U těchto druhů budou platit ochranné podmínky shodně jako u kategorie I. (Stanovené zákazy se budou vztahovat jak na poškození a ničení jejich biotopu a místní populace zvláště chráněného druhu, tak i na ochranu jednotlivých jedinců. Tyto druhy tedy budou, jako v současné podobě zákona, chráněny před škodlivými zásahy do jejich přirozeného vývoje, např. před sběrem, chytáním, rušením, poškozováním, zraňováním, ničením či usmrcováním a zachován je zákaz jedince těchto druhů držet, pěstovat/chovat, dopravovat, prodávat, vyměňovat nebo nabízet za účelem prodeje nebo výměny). Nicméně bude zavedena rozsáhlá „výjimka“ v rámci běžného lesnického a zemědělského hospodaření, kde není možné zcela vyloučit poškození nebo usmrcení jednotlivých jedinců spojené s pohybem techniky apod. Záměrem novely je umožnit (ve větším rozsahu, než je tomu dnes) hospodaření na pozemcích v případě, že nepůsobí ohrožení nebo zničení místní populace druhu či poškození nebo zničení jeho biotopu (MŽP, 2025).

- Zákon č. 449/2001 Sb., o myslivosti

Podle zákona č. 449/2001 Sb. o myslivosti patří vlk mezi druhy zvěře, které nelze lovit, pokud k jejich lovu nebyla povolena výjimka podle § 56 zákona na ochranu přírody a krajiny. Odstřel i odchyt za účelem odstranění jedince z volně žijící populace jsou způsobem lovu, který musí splňovat podmínky stanovené zákonem o myslivosti.

- Zákon č. 115/2000 Sb., o poskytování náhrad škod způsobených vybranými zvláště chráněnými živočichy

Vedle přímé druhové ochrany dle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, hraje v právní ochraně vlka obecného (*Canis lupus*) v České republice důležitou roli také zákon č. 115/2000 Sb., o poskytování náhrad škod způsobených vybranými zvláště chráněnými živočichy. Zákon umožňuje za splnění stanovených podmínek poskytnout náhradu škody, kterou způsobil

vybraný zvláště chráněný živočich, mezi něž patří i vlk obecný (*Canis lupus*). Podle důvodové zprávy lze kompenzaci škod způsobených vybranými živočichy považovat za specifický způsob ochrany těchto druhů, u nichž je třeba zachovat je v naší přírodě, do níž odedávna patří. Je to součástí snah o zachování ekosystémů a druhové rozmanitosti, což je celospolečenský zájem související i s dodržováním některých mezinárodních úmluv v oblasti ochrany přírody.

Dnem 1. ledna 2026 nabývá účinnosti část zákona č. 70/2025 Sb., která novelizuje také zákon č. 115/2000 Sb. a přináší několik významných změn, jež se přímo dotýkají oblasti ochrany vlka a poskytování náhrad škod. Novela zákona reaguje na rostoucí počet škod způsobených vlkem a zajišťuje spravedlivější, rychlejší a přehlednější systém náhrad.

Přehled změn, které přináší novela č. 70/2025 Sb. do zákona č. 115/2000 Sb.:

- Rozšíření výčtu druhů hospodářských zvířat, na které lze uplatnit náhradu škody. Nově budou zahrnuty všechny druhy hospodářských zvířat podle plemenářského zákona, tedy i méně běžné druhy, a to běžci, velbloudovití a zvěř ve farmovém chovu. Dosavadní výčet byl příliš úzký a neumožňoval kompenzovat škody na méně běžných druzích chovaných zvířat, což neodpovídalo aktuální praxi a potřebám chovatelů. Obdobně se bude nově náhrada škody na psech vztahovat na všechny psy, nejen na zraněné či usmrčené psy sloužící k hlídání vybraných domestikovaných zvířat, protože v případě vlka může dojít ke škodě na psech i v jiných případech.
- Zpřísnění podmínek pro náhradu škody způsobené vlkem. Náhrada bude možná jen tehdy, pokud byla zvířata zabezpečena proti útoku vlka podle technických a organizačních požadavků stanovených vyhláškou Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství.
- Povinná evidence přežvýkavců. U turů, ovcí a koz bude náhrada možná jen tehdy, pokud byly v době vzniku škody evidovány v souladu s plemenářským zákonem na hospodářství evidovaném v informačním systému ústřední evidence podle plemenářského zákona.
- Úprava náhrady újmy na zdraví a životě osob. Nově se bude výše náhrady stanovovat podle občanského zákoníku a znaleckým posudkem. Náklady na posudky budou nově součástí náhrady.
- Změny v procesu uplatnění nároku na škodu. Zavádí se rozlišení lhůt pro ohlášení škody, nově je třeba škodu způsobenou vlkem, medvědem nebo rysem hlásit bezodkladně po zjištění, u ostatních škod do 30 dnů (nyní do 48 hodin). Žádost o náhradu bude muset být podána do 30 dnů od zjištění výše škody, nejpozději do 31. března následujícího roku. Nově je stanoveno, že místní šetření u škod způsobených vlkem, medvědem a rysem proběhne neprodleně. Poškozený je povinen se šetření účastnit a poskytnout potřebnou součinnost, včetně dokumentace škody.
- Změny ve výpočtu a rozsahu náhrady. Výše náhrady se stanoví jako součet obvyklé ceny a dalších nákladů v přímé souvislosti se škodou (např. veterinární péče, likvidace uhynulých zvířat). U psů bude povinný odborný znalecký posudek pro posouzení výše škody.
- Zrušení přílohy a přesun náležitostí žádosti do vyhlášky. Nově budou náležitosti žádosti a potřebné doklady stanoveny prováděcí vyhláškou, nikoliv přílohou zákona.
- Zákon č. 100/2004 Sb. o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi a dalších opatřeních k ochraně těchto druhů a o změně některých zákonů (zákon o obchodování s ohroženými druhy)

Zákon č. 100/2004 Sb. implementuje v České republice mezinárodní úmluvu CITES a doplňuje zákon o ochraně přírody a krajiny v tom, že chrání vlka i v oblasti mezinárodního obchodu s živými zvířaty a jejich částmi. Podle tohoto zákona je zakázáno komerční nakládání s volně žijícími vlky a jejich částmi či produkty bez příslušných povolení. To znamená zákaz odchytu, prodeje, výměny či držení vlka, pokud k tomu nebyla vydána výjimka. Výjimky lze udělit zejména pro účely vědeckého výzkumu.

- Zákon č. 40/2009 Sb., trestní zákoník

Porušení zákazů a dalších podmínek stanovených výše uvedenými předpisy představuje přestupek podle těchto předpisů, přičemž procesní postup řešení přestupků je upraven zákonem č. 250/2016 Sb. o odpovědnosti za přestupky a řízení o nich, v platném znění (zákon o přestupcích). Některé jednání pak může naplňovat znaky trestného činu podle zákona č. 40/2009 Sb., trestní zákoník, v platném znění. Na vlka jako zvláště chráněný druh v kategorii kriticky ohrožený a zároveň exemplář CITES se vztahuje ustanovení § 299 odst. 2 trestního zákoníku, tedy trestný čin neoprávněné nakládání s chráněnými volně žijícími živočichy a planě rostoucími rostlinami a obdobně ustanovení § 300 trestního zákoníku v případě hrubé nedbalosti, tedy trestný čin neoprávněné nakládání s chráněnými volně žijícími živočichy a planě rostoucími rostlinami z nedbalosti.

Trestného činu neoprávněné nakládání s chráněnými volně žijícími živočichy a planě rostoucími rostlinami se dopustí ten, kdo v rozporu s jiným právním předpisem usmrtí, zničí, poškodí, odejme z přírody, zpracovává, doveze, vyveze, proveze, přechovává, nabízí, zprostředkuje, sobě nebo jinému opatří jedince silně nebo kriticky ohroženého druhu živočicha nebo rostliny nebo exemplář druhu přímo ohroženého vyhubením nebo vyhynutím.

Trestného činu neoprávněné nakládání s chráněnými volně žijícími živočichy a planě rostoucími rostlinami z nedbalosti se dopustí ten, kdo z hrubé nedbalosti poruší jiný právní předpis tím, že usmrtí, zničí, poškodí, odejme z přírody, zpracovává, opakovaně doveze, vyveze nebo proveze, přechovává, nabízí, zprostředkuje nebo sobě nebo jinému opatří jedince zvláště chráněného druhu živočicha nebo rostliny nebo exemplář chráněného druhu ve větším rozsahu než dvacet pět kusů nebo jedince kriticky ohroženého druhu živočicha nebo rostliny nebo exemplář druhu přímo ohroženého vyhubením nebo vyhynutím.

S ohledem na to, že vlk je zároveň zvěř ve smyslu zákona o myslivosti, představuje nelegální lov rovněž trestný čin pytláctví dle § 304 a trestné je dle § 302 také surové nebo trýznivé týrání zvířete v rozporu. Nedbalostní usmrcení nebo jiné nakládání se zvláště chráněným druhem, tedy i vlkem, které je považováno za týrání, se pak považuje za přestupek dle zákona č. 246/1992 Sb. na ochranu zvířat proti týrání.

Závěr

Návrat vlka obecného do české krajiny je výsledkem úspěšné ochranné politiky na mezinárodní, evropské i národní úrovni. Zatímco evropská legislativa, jako je směrnice o stanovištích a Bernská úmluva, postupně reflektuje posilování vlčích populací a směřuje k flexibilnějšímu managementu, Česká republika nadále udržuje vlka pod přísnou ochranou nejen podle zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny. Klíčové národní nástroje pro soužití s vlkem zahrnují Program péče a Pohotovostní plán pro řešení konfliktních situací. Zároveň novela zákona o poskytování náhrad škod způsobených vybranými zvláště chráněnými živočichy (účinná od 1. ledna 2026) zásadně zlepší systém kompenzací za škody způsobené vlkem. Trestněprávní ochrana a regulace mezinárodního obchodu pak doplňují komplexní právní rámec.

Literatura

- AOPK ČR. 2025a. Rozšíření [online]. [vid. 27. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.zachranneprogramy.cz/vlk-obecny/rozsireni/>
- AOPK ČR. 2025b. Výskyt vlka [online]. [vid. 20. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.navratvlku.cz/o-vlkovi-historicke-a-soucasne-rozsireni>
- Anděra, M., Gaisler, J. 2012. Savci České republiky: popis, rozšíření, ekologie, ochrana. Academia Praha.
- Anděra, M., Horáček, I. 2005. Poznáváme naše savce. Sobotáles Praha, Praha.
- Bartošová, D., Kutal, M. 2014. Obtížný návrat vlků do České republiky. Ochrana přírody 3: 35-37.
- Blanco, J.C., Sundseth, K., 2023. The situation of the wolf (*Canis lupus*) in the European Union – An In-depth Analysis. A report of the N2K Group for DG Environment, European Commission [online]. [vid. 2.

7. 2025]. Dostupné z: <https://op.europa.eu/cs/publication-detail/-/publication/5d017e4e-9efc-11ee-b164-01aa75ed71a1/language-en>
- CITES. 2025. Appendices [online]. [vid. 11. 6. 2025]. Dostupné z: <https://cites.org/eng/app/appendices.php>
- Cote, S.D., Rooney, T.P., Tremblay, J., Dussaut, C., Waller, D.M. 2004. Ecological Impacts of Deer Overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 113-147.
- Die DBBW. 2025. Wolfsvorkommen [online]. [vid. 27. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.dbb-wolf.de/Wolfsvorkommen/territorien/status-und-reproduktion?Bundesland=&Jahr=2023>
- Důvodová zpráva Ministerstva životního prostředí k návrhu zákona, kterým se mění zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony. 2025. [online]. [vid 2. 7. 2025]. Dostupné z: <https://odok.gov.cz/portal/veklep/material/ALBSD4C94UKA/>
- Hernandez, W.R. 2010. The Landscape of Fear: Ecological Implications of Being Afraid. *The Open Ecology Journal* 3: 1-7.
- Jelínková, J. 2024. Diskuse o ochraně vlků v Evropě pokračují [online]. [vid. 18. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/kuler-zpravy-aktuality-zajimavosti/diskuse-o-ochrane-vlku-v-evrope-pokracuji/>
- Kramer-Schadt, S., Revilla, E., Wiegand, T., Breitenmoser, U. 2004. Fragmented landscapes, road mortality and patch connectivity: modelling influences on the dispersal of Eurasian lynx. *Journal of Applied Ecology* 41: 711–723.
- Mancinelli, S., Boitani, L., Ciucci, P. 2018. Determinants of home range size and space use patterns in a protected wolf (*Canis lupus*) population in the central Apennines, Italy. *Canadian Journal of Zoology* 96: 828-838.
- Ministerstvo životního prostředí. 2020. Program péče o vlka obecného [online]. [vid. 27. 6. 2025]. Dostupné z: <https://www.zachranneprogramy.cz/vlk-obecny/program-pece-pp/>
- Ministerstvo životního prostředí. 2023. Věstník Ministerstva životního prostředí 33: č.j. MZP/2023/080/402.
- Ministerstvo životního prostředí. 2025. Návrh zákona, kterým se mění zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony [online]. [vid. 2. 7. 2025]. Dostupné z: <https://odok.gov.cz/portal/veklep/material/ALBSD4C94UKA/>
- Musto, C., Cerri, J., Capizzi, D., Fontana, M.C., Rubini, S., Merialdi, G., Berzi, D., Ciuti, F., Santi, A., Rossi, A., Barsi, F., Gelmini, L., Fiorentini, L., Pupillo, G., Torreggiani, C., Bianchi, A., Gazzola, A., Prati, P., Sala, G., Apollonio, M., Delogu, M., Biancardi, A., Uboldi, L., Moretti, A., Garbarino, Ch. 2024. First evidence of widespread positivity to anticoagulant rodenticides in grey wolves (*Canis lupus*). *Science of the Total Environment* 915: 169990.
- Nařízení Rady (ES) č. 338/97 ze dne 9. prosince 1996 o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské Unie [vid 2. 7. 2025]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>
- Ripple, W.J., Beschta, R.L. 2012. Large predators limit herbivore densities in northern forest ecosystems. *European Journal of Wildlife Research* 58: 733–742.
- Sdělení federálního ministerstva zahraničních věcí č. 572/1992 Sb., Úmluva o mezinárodním obchodu ohroženými druhy volně žijících živočichů a rostlin. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid. 2. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Směrnice Rady 92/43/EHS ze dne 21. května 1992 o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské Unie [vid 7. 7. 2025]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/>
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2025/1237 ze dne 17. června 2025, kterou se mění směrnice Rady 92/43/EHS, pokud jde o status ochrany vlka (*Canis lupus*). In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské Unie [vid 7. 7. 2025]. Dostupné z <https://eur-lex.europa.eu/>
- Vyhláška č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid 14. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Zákon České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid 14. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Zákon č. 115/2000 Sb., o poskytování náhrad škod způsobených vybranými zvláště chráněnými živočichy. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid 16. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>

- Zákon č. 449/2001 Sb., o myslivosti. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid 14. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Zákon č. 100/2004 Sb., o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi a dalších opatřeních k ochraně těchto druhů a o změně některých zákonů (zákon o obchodování s ohroženými druhy). In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid 16. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Zákon č. 40/2009 Sb., trestní zákoník. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid 16. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>
- Zákon č. 70/2025 Sb., kterým se mění zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. In: e-Sbírka [online]. Ministerstvo vnitra České republiky [vid 16. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz>

**RITUÁLNÍ PORÁŽKY ZVÍŘAT A WELFARE PORÁŽENÝCH ZVÍŘAT PO NOVELE
ZÁKONA Č. 246/1992 SB., NA OCHRANU ZVÍŘAT PROTI TÝRÁNÍ**

**RITUAL SLAUGHTER OF ANIMALS AND WELFARE OF SLAUGHTERED ANIMALS
AFTER THE AMENDMENT TO ACT NO. 246/1992 COLL., ON THE PROTECTION
OF ANIMALS AGAINST CRUELTY**

Tereza Blatáková¹, Ondřej Cvejn^{2*}

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Ústav ochrany zvířat a welfare, z. ú., Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic,

² Institute of Animal Protection and Welfare, Czech Republic

Summary

The article deals with changes in the conditions for slaughtering animals using special methods prescribed by religious rituals and their impact on the welfare of slaughtered animals, which were brought about by the amendment to Act No. 246/1992 Coll. on the protection of animals against cruelty. Although, in accordance with the European Convention on Human Rights and the Charter of Fundamental Rights of the European Union, six European countries have already banned ritual slaughter without stunning, the amendment leaves the possibility of slaughter without stunning to churches and religious organizations, but also allows ritual slaughter by business operators. The amendment requires business operators to use reversible stunning using electric current, but it is not accompanied by any other legal regulation governing the conditions for reversible stunning.

Key words: Animal Protection Act, ritual slaughter

Souhrn

Příspěvek se zabývá změnami podmínek porážek zvířat zvláštními metodami stanovenými náboženskými obřady a jejich dopadem na welfare porážených zvířat, které přinesla novelizace zákona č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání. Přestože v souladu s Evropskou úmluvou o lidských právech a Listinou základních práv Evropské unie již šest evropských zemí přistoupilo k zákazu rituálních porážek bez omráčení, novela možnost porážení bez omráčení církvím a náboženským organizacím ponechává, navíc však rituální porážky umožňuje provozovatelům podniků. Provozovatelům podniků je novelou uloženo užití reverzibilního omráčení za použití elektrického proudu, ale není provázáno žádným dalším právním předpisem, který by podmínky provedení reverzibilního omráčení upravoval.

Klíčová slova: zákon na ochranu zvířat proti týrání, rituální porážky

Úvod

Dne 19. března 2025 byl ve Sbírce zákonů publikován zákon č. 70/2025 Sb., kterým se mění zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. Touto novelou byly provedeny změny veterinárního zákona a dalších 14 zákonů, včetně zákona č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, kde se úpravy mimo jiné dotkly ochrany zvířat při usmrcování, včetně ustanoveních k porážení zvířat zvláštními metodami stanovenými náboženskými obřady.

* ondrej.cvejn@uozw.cz

Novelizace

Od 1. dubna 2025 zákon č. 70/2025 Sb., kterým se mění mimo jiné zákon č. 246/1992 Sb., zavádí zásadní změnu: rituální porážky zvířat stanovené náboženskými obřady již nemusí být prováděny pouze pro potřeby církví a náboženských společností, ale jejich provádění je nově umožněno na základě rozhodnutí ministerstva i provozovatelům podniku (§ 5f odst. 1). Provozovatel podniku, dle čl. 2 odst. 1 písm. c) nařízení Rady (ES) č. 1099/2009, o ochraně zvířat při usmrcování, nařízení Rady (ES) č. 1099/2009, o ochraně zvířat při usmrcování. Rozhodnutí ministerstva je vázanou pravomocí, podmíněnou splněním obecných náležitostí stanovených správním řádem a náležitostmi udaných § 5f odst. 4.

Pokud porážku zvířat zvláštními metodami stanovenými náboženskými obřady provádí provozovatel podniku, zajistí, aby při této porážce bylo provedeno prosté omráčení zvířete elektrickým proudem, které nezpůsobí bezprostřední smrt zvířete, a to postupem v souladu se zvláštními požadavky stanovenými přímo použitelným předpisem Evropské unie upravujícím ochranu zvířat při usmrcování, nově ustanovuje § 5f odst. 3. Po potřeby církví a náboženských společností je i nadále možné, při splnění ostatních náležitostí stanovených tímto zákonem, provádět porážky bez omráčení zvířete.

Novelizace zákona na ochranu zvířat proti týrání v oblasti rituálních porážek byla iniciována poslaneckým návrhem Karla Smetany, Tomáše Dubského, Petra Bendla a Margity Balaščíkové. V odůvodnění bylo uvedeno, že cílem navrhované změny je snížit počet zvířat, která jsou za účelem porážky bez omráčení převážena do třetích zemí. S tím, že místo živých zvířat budou na místo určení převáženy produkty z těchto zvířat, tedy maso zvířat poražených způsobem, který jsou vyžadovány náboženskými obřady (PSPČR, 2024).

Rituální porážky

Rituální porážky, jako je halal v islámu a shechita v judaismu, představují nábožensky stanovené metody zabití zvířat, jejichž cílem je zajistit spirituální čistotu masa a morální přijatelnost jeho konzumace pro vyznavače daného náboženství nebo jeho směru. Zvíře musí být zdravé, způsobilé k porážce a poraženo osobou s příslušnou náboženskou kvalifikací (Dimuccio et al., 2024; Regenstein et al., 2003). Samotná porážka spočívá v rychlém a přesném přeříznutí krčních cév ostrým nožem bez předchozího omráčení, což vede k rychlému vykrvácení (Anil et al., 2006). Tento úkon je zpravidla doprovázen modlitbou, která posvěcuje akt jako projev vděčnosti a úcty k životu, přičemž je zakázáno zvíře trápit nebo způsobit zbytečnou bolest (Napolitano et al., 2020). Pro věřící má rituální porážka etický, hygienický a teologický význam, ačkoliv z hlediska welfare zvířat vyvolává debaty a odpor, zejména kvůli absenci omráčení (Dimuccio et al., 2024; Napolitano et al., 2020).

Porážky bez omráčení

Porážka zvířat bez omráčení, jež je za splnění zákonem stanovených podmínek povolena pro potřeby církví a náboženských organizací, považována za významně více stresující a bolestivou oproti porážce, které omráčení předchází (Grandin, 2010; Gregory, 2005; Kameník et al., 2015). V případě porážek pro potřeby církví a náboženských společností, kdy k omráčení nedochází a vykrvení je započato za plného vědomí zvířete, dojde ke ztrátě vědomí zvířete zpravidla do 90 sekund, v některých případech však může tento proces trvat až 2–4 minuty (Terlouw et al., 2025; Gregory, 2005). Tato doba, po kterou zvíře vnímá bolest a stres je ovlivněna řadou faktorů, zejména pak druhem, velikostí a zdravotním stavem zvířete, způsobem řezu a způsobem fixace, neboť mají vliv na rychlost procesu vykrvení (Gregory, 2005). Navíc ztráta schopnosti stát přirozeně, která je obecně považována za indikátor nástupu bezvědomí, není zcela průkazná, neboť ztráta citlivosti a vědomí nemusí nastat ve stejný okamžik (von Wenzlawowicz et al., 2012; Grandin, 2010). Jako důvod je udáváno nepřerušování cévního zásobení mozku *arteria vertebralis*, která je chráněna krčními obratli a není tudíž protnuta při provádění rituální porážky (Kameník et al., 2015).

Omráčení elektrickým proudem

Pokud je rituální porážka prováděna provozovatelem podniku, jak bylo umožněno novelou (§ 5f odst. 1 zák. č. 246/1992 Sb.), musí být při této porážce provedeno prosté omráčení zvířete elektrickým proudem, které nezpůsobí bezprostřední smrt zvířete, a to postupem v souladu se zvláštními požadavky stanovenými přímo použitelným předpisem Evropské unie upravujícím ochranu zvířat při usmrcování (Rada EU, 2009). Zejména u skotu se však z pohledu welfare nejedná o nejvhodnější metodu, neboť nemusí vést k úplnému omráčení (Gregory, 2005; Grandin, 2010). V praxi jsou proto preferovány mechanické metody, zejména použití penetračního přístroje s upoutaným projektilem (Terlouw et al., 2025). Nařízení Rady (ES) č. 1099/2009 však elektrické omráčení u skotu udává jako přístupnou omračovací metodu při dodržení specifických technických podmínek. Specifikace pro prosté omráčení zvířete elektrickým proudem, které nezpůsobí bezprostřední smrt zvířete, tedy reverzibilní metodu omráčení, není tímto nařízením ustanovena, stejně jako není řešena vyhláškou č. 418/2012 Sb., o ochraně zvířat při usmrcování.

Rituální porážky v Evropě

V několika evropských státech platí úplný zákaz porážky zvířat bez předchozího omráčení, a to i bez výjimky pro náboženské rituály. Švédsko, Norsko, Švýcarsko, Slovinsko, Dánsko, Belgie – Valonsko a Vlámko (Library of Congress, 2018, Eurogroup for Animals, 2022). Ohledně zákazů rituálních porážek proběhlo na evropské úrovni i několik soudních řízení.

Jak je ustanoveno nařízením Rady (ES) č. 1099/2009 o ochraně zvířat při usmrcování, zvířata musí být během usmrcování a souvisejících úkonů ušetřena veškeré zbytečné bolesti, úzkosti nebo utrpení. Zvířata se usmrcují pouze po omráčení, a to předepsanými metodami. Dále tento předpis sice udává, že výjimku tvoří pouze porážky metodami stanovenými náboženskými obřady, a to pouze pokud k porážce dochází na jatkách. Členské státy však mohou přijmout vnitrostátní pravidla zajišťující rozsáhlejší ochranu zvířat při usmrcování než ta, která jsou obsažena v tomto nařízení.

Dne 17. prosince 2020 rozhodl Soudní dvůr Evropské unie (CJEU) ve věci C-336/19, že členské státy EU mají právo uložit povinnost reverzibilního omráčení zvířat před rituální porážkou, aniž by tím porušily právo na svobodu náboženského vyznání zaručené článkem 10 odst. 1 Listiny základních práv EU (Court of Justice of the European Union [CJEU], 2020).

Soud posuzoval nařízení (ES) č. 1099/2009 o ochraně zvířat při usmrcování a dospěl k závěru, že výjimka pro náboženské porážky musí být vykládána restriktivně. Podle CJEU je cílem legislativy snížení utrpení zvířat na minimum, a to i v případě rituální porážky. Zavedení reverzibilního omráčení (např. elektrického) před řezem nepředstavuje nepřiměřený zásah do náboženské svobody, protože nezabraňuje samotnému rituálnímu aktu – pouze upravuje jeho průběh tak, aby vyhovoval veřejnému zájmu na ochraně zvířat (CJEU, 2020).

Toto rozhodnutí vytvořilo právní rámec, který umožňuje členským státům zakázat rituální porážku bez omráčení, pokud je dostupná metoda slučitelná s náboženskými požadavky a snižující utrpení zvířat.

Další významné rozhodnutí v otázce omezení rituálních porážek učinil Evropský soud pro lidská práva (ECHR), který dne 13. února 2024 rozhodl ve věci *Executief van de Moslims van België and Others v. Belgium*, že zákaz porážky zvířat bez omráčení, přijatý ve Vlámském a Valonském regionu Belgie, neporušuje čl. 9 (svoboda náboženství) ani čl. 14 (zákaz diskriminace) Evropské úmluvy o lidských právech (European Court of Human Rights, 2024). Ačkoli soud uznal, že jde o zásah do náboženské svobody, považoval jej za legitimní a přiměřený v demokratické společnosti, neboť sleduje cíle ochrany welfare zvířat.

Soud označil reverzibilní omráčení (např. elektrické) za akceptovatelný kompromis, který neznemožňuje náboženskou porážku, a zároveň snižuje utrpení zvířat (Brussels Signal, 2024). Dále zdůraznil, že zákaz byl přijat po konzultaci s náboženskými komunitami i odborníky, a že alternativní dovoz halal a kosher masa z jiných států zůstává povolen. Rozhodnutí tak vytváří silný

precedens: v určitých případech mohou zájmy ochrany zvířat převážet nad tradičním pojetím svobody náboženského projevu (Strasbourg Observers, 2024).

Novelizace zákona č. 246/1992 Sb. v praxi

Novela zákona na ochranu zvířat proti týrání vstoupila v platnost 1. 4. 2025. V období od 1. 4. 2025 do 30. 6. 2025 vydalo Ministerstvo zemědělství dle poskytnuté odpovědi (č.j. MZE-54358/2025-13143) pouze jedno rozhodnutí k porážce zvířat zvláštními metodami stanovenými náboženskými obřady, stejně tak jako ve stejném období roku 2024. Obě rozhodnutí byl vydána církvím a náboženským organizacím. Ministerstvo neobdrželo v uvedeném období žádnou žádost od provozovatelů podniků.

Rozhodnutí vydané v uvedeném období v roce 2024 umožňovalo porážku maximálně 100000 kusů zvířat druhu kur domácí, 30000 kachna domácí, 10000 krůta domácí. Povolení vydané v dotazovaném období tohoto roku umožňuje rituální porážku max. 60000 zvířat druhu kur domácí, 20000 kachna domácí a 7000 husa domácí.

Závěr

Porážky bez omráčení již zakázalo, bez výjimek pro náboženské rituály, v rámci Evropy Švédsko, Norsko, Švýcarsko, Slovinsko, Dánsko, Belgie – Valonsko a Vlámko (Library of Congress, 2018, Eurogroup for Animals, 2022). Právní rámec těchto zákazů byl přijat i v následných sporech Soudním dvorem Evropské unie (Court of Justice of the European Union [CJEU], 2020) a Evropským soudem pro lidská práva (European Court of Human Rights, 2024). Jak vyplývá z rozhodnutí těchto soudů, členské státy EU mohou zakázat rituální porážky bez omráčení, neboť zájmy ochrany zvířat mohou převážet nad tradičním pojetím svobody náboženského projevu (Strasbourg Observers, 2024).

Ne v každé společnosti je k tomu však vůle. Česká republika se novelizací zákona na ochranu zvířat proti týrání vydala opačným směrem, když ponechala možnost rituálních porážek bez omráčení pro církev a náboženské organizace, k čemuž přidala možnost provádění porážek provozovateli podniku, byť za provedení prostého omráčení zvířete elektrickým proudem (§ 5f odst. 1-3 zákona č. 246/1992 Sb.).

S ohledem na problematičnost omračování elektrickým proudem, zejména u skotu, by bylo žádoucí novelu ve stávající podobě doplnit závazným právním předpisem, kterým by byly stanoveny podmínky provádění reverzibilního omračování elektrickým proudem na základě soudobých odborných a vědeckých poznatků.

Jak vyplývá z odpovědi poskytnuté Ministerstvem zemědělství (č.j. MZE-54358/2025-13143), počet udělených povolení k porážce zvířat zvláštními metodami stanovenými náboženskými obřady nedoznal oproti stejnému období roku 2024 změn. V obou sledovaných obdobích v délce dvou kalendářních měsíců bylo uděleno po jednom povolení. Počet kusů zvířat uvedených ve vydaných povoleních je letos ve sledovaném období nižší. Na posouzení vlivu přijaté novely, umožňující provádění porážek provozovateli podniků, na počet porážených zvířat je však brzy, neboť od počátku platnosti novelizovaného zákona na ochranu zvířat proti týrání k podání dotazu ministerstvu uplynuly pouhé 2 měsíce.

Samotné odůvodnění pozměňovacího návrhu (PSPČR, 2024), kterým byla iniciována novela zákona na ochranu zvířat proti týrání v rozsahu porážení zvířat zvláštními metodami stanovenými náboženskými obřady, by mělo vést k diskuzi na evropské úrovni o výrazném omezení doby přepravy hospodářských zvířat, pokud jejím účelem je porážka těchto zvířat, zákazu rituálních porážek zvířat bez omráčení, případně zákazu exportu takto porážených zvířat a produktů z nich do třetích zemí. V širším kontextu ochrany zvířat, by pak bylo vhodné zvážit zákaz vývozu živých zvířat do třetích zemí, kde je ochrana zvířat proti týrání na nižší úrovni než v EU.

Literatura

- Anil, M.H., Yesildere, T., Aksu, H., Matur, E., McKinstry, J.L., Weaver, H.R., Erdogan, O., Hughes, S., Mason, C. 2006. Comparison of religious slaughter of sheep with methods that include pre-slaughter stunning, and the lack of differences in exsanguination, packed cell volume and meat quality parameters. *Animal Welfare* 15: 325–330.
- Brussels Signal. 2024. European Court of Human Rights upholds ban on ritual animal slaughter [online]. [vid. 7. 8. 2025]. Dostupné z: <https://brusselssignal.eu/2024/02/european-court-of-human-rights-upholds-ban-on-ritual-animal-slaughter/>
- Court of Justice of the European Union. 2020. Centraal Israëlitisch Consistorie van België and Others v. Vlaamse Regering (Case C-336/19, ECLI:EU:C:2020:1031). In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 7. 8. 2025]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A62019CJ0336>
- Dimuccio, M.M., Conforti, V., Celano, G.V., Celentano, F.E., Ceci, F., Bozzo, G. 2024. Religious slaughter and supranational jurisprudence in the context of animal welfare science. *Laws* 13: 65. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/laws13060065>
- Eurogroup for Animals. 2022. Slaughter without stunning [online]. [vid. 7. 8. 2025]. Dostupné z: https://www.eurogroupforanimals.org/files/eurogroupforanimals/2022-03/2021_05_17_efa_pb_Slaughter%20without%20stunning.pdf
- European Court of Human Rights. 2024. Executief van de Moslims van België and Others v. Belgium (Applications nos. 16760/22 et al.). In: HUDOC [právní informační systém]. Rada Evropy [vid. 7. 8. 2025]. Dostupné z: <https://hudoc.echr.coe.int/eng/?i=002-14290>
- Grandin, T. 2010. Welfare during stunning and slaughter of livestock. *Applied Animal Behaviour Science* 135: 203–213.
- Gregory, N.G. 2005. Recent concerns about stunning and slaughter. *Meat Science* 70: 481–491.
- Kameník, J., Páral, V., Pyszko, M. 2015. Rituální porážka přežvýkavců: vliv anatomie krevních cév na rychlost ztráty vědomí. *Maso* 26: 37–39.
- Kehl, W. 2018. Ritual slaughter in Europe: Balancing religious freedom and animal welfare. *European Law Journal* 24: 85–101.
- Law Library of Congress. 2018. Legal restrictions on religious slaughter of animals in Europe. In: Law Library of Congress Reports [online]. [vid. 7. 8. 2025]. Dostupné z: <https://tile.loc.gov/storage-services/service/ll/lglrd/2019691428/2019691428.pdf>
- Ministerstvo zemědělství. 2025. Odpověď na dotazy, č. j. MZE-54358/2025-13143.
- Napolitano, F., Knaggs, G., Grasso, F., De Rosa, G. 2020. Evaluation of the animal welfare during religious slaughtering. *Italian Journal of Animal Science* 19: 360–370.
- Poslanecká sněmovna Parlamentu ČR (PSPČR). 2024. Pozměňovací návrh poslanců Karla Smetany, Tomáše Dubského, Petra Bendla a Margity Balaščíkové k vládnímu návrhu zákona, kterým se mění zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony (sněmovní tisk č. 710) [online]. [vid. 7. 8. 2025]. Dostupné z: <https://www.psp.cz/sqw/text/orig2.sqw?idd=249829>
- Rada Evropské unie. 2009. Nařízení Rady (ES) č. 1099/2009 ze dne 24. září 2009 o ochraně zvířat při usmrcování. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 7. 8. 2025].
- Regenstein, J.M., Chaudry, M.M., Regenstein, C.E. 2003. The kosher and halal food laws. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2: 111–127.
- Strasbourg Observers. 2024. Executief van de Moslims van België and Others v. Belgium: The ECtHR's perspective on balancing animal welfare with religious freedom [online]. [vid. 7. 8. 2025]. Dostupné z: <https://strasbourgobservers.com/2024/05/08/executief-van-de-moslims-van-belgie-and-others-v-belgium-the-ecthrs-perspective-on-balancing-animal-welfare-with-religious-freedom/>
- Terlouw, E.M.C., Bourguet, C., Deiss, V. 2025. Slaughter of cattle without stunning: Questions related to pain, stress and endorphins. *Meat Science* 219: 109686.
- von Wenzlawowicz, M., von Holleben, K., Eser, E. 2012. Identifying reasons for stun failures in slaughterhouses for cattle and pigs: A field study. *Animal Welfare* 21: 51–60.
- Vyhláška č. 418/2012 Sb., o ochraně zvířat při usmrcování. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 7. 8. 2025].
- Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 7. 8. 2025].

Zákon č. 70/2025 Sb., kterým se mění zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 7. 8. 2025].

**OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE
RŮZNÉ**

**ANIMAL PROTECTION AND WELFARE
MISCELLANEOUS**

JAK WELLBEING VETERINÁRNÍCH LÉKAŘŮ OVLIVŇUJE WELFARE ZVÍŘAT VE VETERINÁRNÍCH ORDINACÍCH

HOW VETERINARIANS' WELLBEING AFFECTS ANIMAL WELFARE IN VETERINARY PRACTICES

Martina Načeradská*

Katedra veterinárních disciplín, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika

Department of Veterinary Sciences, Faculty of Agrobiological, Food and Natural Resources, Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic

Summary

The mental wellbeing of veterinarians has a direct impact on the quality of care and the welfare of their patients. Our survey of veterinarians in the Czech Republic confirmed that long-term stress and burnout negatively affect communication with owners, empathy, and accuracy in clinical work. These factors pose a risk not only to the veterinarians themselves but also to the animals in their care. Supporting veterinarians' mental health is essential to ensure the longevity and sustainability of veterinary health, and subsequently the impact to animal welfare.

Key words: welfare, veterinary surgeon, burn out

Souhrn

Psychická pohoda veterinárních lékařů má přímý dopad na kvalitu péče a welfare jejich pacientů. Náš průzkum mezi veterináři v ČR potvrdil, že dlouhodobý stres a vyhoření se negativně promítají do komunikace s majiteli, schopnosti empatie i přesnosti práce. Tyto faktory představují riziko nejen pro samotné lékaře, ale i pro zvířata, o která pečují. Podpora duševního zdraví veterinářů je nezbytná pro zajištění dlouhodobé udržitelnosti veterinární péče a následně i pro blaho zvířat.

Klíčová slova: welfare, veterinární lékař, syndrom vyhoření

Úvod

Studie uvádějí, že jedním ze zásadních faktorů, který ovlivňuje welfare zvířat ve veterinárních ordinacích je veterinární lékař (Odendal, 1998, Dawson et al., 2016). Veterinář by měl mít nezbytné sociální dovednosti, aby mohl úspěšně provozovat svou praxi, a to nejen z finančního hlediska, ale také jako službu, která zahrnuje kvalitní péči o své pacienty a jejich welfare (Odendal, 1998). Pokud veterinář trpí syndromem vyhoření, což je dle studií cca 50 % (Ouedraogo, 2021, Steffey, 2023a), nemůže s majitelem komunikovat správně a pracovat tak jak to jeho profese vyžaduje (Steffey, 2023b).

Ve veterinární praxi dochází velmi často ke konfliktu mezi zájmy zvířete nebo pacienta a zájmy klienta, který obvykle hradí léčbu. Z právního hlediska je zvíře majetkem majitele. Majitel proto může požádat např. o humánní usmrcení zvířete s léčitelným onemocněním (Hernandez, 2018). Dle studií je tento fakt jedním z důvodů častějšího výskytu sebevražd u veterinářů ve srovnání s běžnou populací (Stark and Dougall, 2012). Situace se postupně zhoršuje, zatímco v letech 1949–1975 byl počet sebevražd v Británii u veterinárních lékařů 2x vyšší než v běžné populaci (Kinlen, 1983), pozdější studie z USA už uvádí, že počet sebevražd je mezi veterinárními lékaři dokonce až 5x vyšší než u běžné populace (Tomasi, 2019). Byla prokázána přímá souvislost mezi příčinami syndromu vyhoření a myšlenkami na sebevraždu u veterinárních lékařů (Andela, 2021)

Údaje o problematice syndromu vyhoření mezi veterinárními lékaři v ČR dosud chyběla.

* mvdr.naceradska@centrum.cz

Průzkum mezi veterinárními lékaři v ČR

Důvody, proč někteří veterináři nemohou zajistit kvalitní péči, proč v některých krajích chybí pohotovosti, shrnuje tato dotazníková studie. Upozorňuje na alarmující stav wellbeing veterinárních lékařů v České republice.

Výsledky dotazníkového průzkumu společnosti PetExpert s.r.o. ukazují, že podle 301 veterinářů je tato profese psychicky i fyzicky náročná. Většinu respondentů tvořily ženy, často v mladším věku. 54 % dotázaných bylo mladší než 35 let.

Více než čtvrtina popisuje svou pracovní zátěž jako „velmi zatěžující“, přičemž silný tlak pocítují hlavně od klientů. Polovina zároveň necítí dostatečnou podporu od svých nadřízených.

Příznaky syndromu vyhoření se vyskytují poměrně často. Až 66 % respondentů uvádí emoční vyčerpání, 43 % zvažovalo změnu profese a část z nich připouští dokonce podrážděné či cynické chování vůči klientům a pacientům. Téměř polovina respondentů trpí poruchami spánku a více než třetina má problémy se soustředěním.

Více než polovina veterinářů nevyužívá žádnou formu psychické podpory. A to i přesto, že jen 7 % věří, že veřejnost bere psychickou náročnost jejich profese opravdu vážně.

Alarmující je i zjištění každý šestý veterinář nebo veterinářka někdy uvažovali o sebevraždě nebo se o ni dokonce pokusili. Tento výsledek se shoduje se zjištěními z amerických studií (Steffey 2023a).

Závěr

Psychické vyčerpání a stres výrazně ovlivňují práci veterinárních lékařů. Unavení nebo vyhořelí odborníci častěji chybují, což může ohrozit kvalitu péče poskytované zvířecím pacientům. Důsledky se projevují nejen v nepřesné nebo opožděné diagnostice, ale i ve zhoršené komunikaci s majiteli zvířat a zhoršené empatii. Psychická nepohoda má zdravotní dopady i na samotné veterináře a měla by být vnímána jako vážné téma nejen v rámci profesní komunity, ale i ze strany klientů a celé společnosti.

Řešení problému psychického vyčerpání u veterinárních lékařů spočívá v kombinaci individuálních, organizačních i systémových opatření. Veterináři by měli dbát na prevenci vyhoření, věnovat se péči o duševní zdraví, efektivně plánovat práci a nezanedbávat odpočinek. Na úrovni pracoviště je důležité vytvářet podporující pracovní prostředí s dostatečným personálním zajištěním, vymezenou pracovní dobou a otevřenou komunikací. Klienti by měli být informováni o náročnosti veterinární profese, což by mohlo vést k větší empatii a realistickým očekáváním. Na systémové úrovni je vhodné podpořit profesní organizace v rozvoji programů duševní podpory a nabídnout specializované služby pro veterináře v krizi.

Literatura

- Andela, M. 2021. Work-related stressors and suicidal ideation: the mediating role of burnout. *Journal of Workplace Behavioral Health* 36: 125-145.
- Dawson, L.C., Dewey, C., Stone, E., Guerin, M., Niel, L. 2016. A survey of animal welfare experts and practicing veterinarians to identify and explore key factors thought to influence canine and feline welfare in relation to veterinary care. *Animal Welfare* 25: 125-134.
- Hernandez, E., Fawcett, A., Brouwer, E., Rau, J., Turner, P.V. 2018. Speaking up: Veterinary ethical responsibilities and animal welfare issues in everyday practice. *Animals* 8: 15.
- Kinlen, L. 1983. Mortality among British veterinary surgeons. *British Medical Journal (Clinical Research Edition)* 287: 1017-1019.
- Odendaal, J.S.J. 1998. The practicing veterinarian and animal welfare as a human endeavour. *Applied Animal Behaviour Science* 59: 85-91.
- Ouedraogo, F.B., Lefebvre, S.L., Hansen, C.R., Brorsen, B.W. 2021. Compassion satisfaction, burnout, and secondary traumatic stress among full-time veterinarians in the United States (2016–2018). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 258: 1259-1270.
- PetExpert Europe s.r.o. 2025. Průzkum mezi veterinárními lékaři.
- Stark, C., Dougall, N. 2012. Effect of attitudes to euthanasia on vets' suicide risk. *The Veterinary Record* 171: 172.

- Steffey, M.A., Griffon, D.J., Risselada, M., Buote, N.J., Scharf, V.F., Zamprogno, H., Winter, A.L. 2023a. A narrative review of the physiology and health effects of burnout associated with veterinarian-pertinent occupational stressors. *Frontiers in Veterinary Science* 10: 1184525.
- Steffey, M.A., Griffon, D.J., Risselada, M., Scharf, V.F., Buote, N.J., Zamprogno, H., Winter, A.L. 2023b. Veterinarian burnout demographics and organizational impacts: a narrative review. *Frontiers in Veterinary Science* 10: 1184526.
- Tomasi, S.E., Fechter-Leggett, E.D., Edwards, N.T., Reddish, A.D., Crosby, A.E., Nett, R.J. 2019. Suicide among veterinarians in the United States from 1979 through 2015. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 254: 104-112.

VLIV COVIDOVÉHO OBDOBÍ NA POČET KONTROL PROVEDENÝCH NA ZÁKLADĚ PODNĚTŮ V JIHOMORAVSKÉM KRAJI V LETECH 2018-2023

IMPACT OF THE COVID PERIOD ON THE NUMBER OF INSPECTIONS CARRIED OUT BASED ON INITIATIVES IN THE SOUTH MORAVIAN REGION IN 2018-2023

Olga Tůmová, Vladimíra Pištěková*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

This article presents the results of supervisory activities, focusing on the monitoring and statistical evaluation of the impact of the COVID-19 period on the number of animal welfare inspections conducted based on complaints in the South Moravian Region between 2018 and 2023. Complaints with suspected cases of animal cruelty are received by veterinary authorities from individuals, organizations, or other administrative bodies. The aim of this article was to determine the impact of the COVID-19 period on the number of inspections carried out based on complaints received in the South Moravian Region between 2018 and 2023. All data were primarily collected and processed for each year and animal category within the observed period. For further processing, the entire six-year period was divided into three phases: the pre-COVID period (2018–2019), the COVID period (2020–2021), and the post-COVID period (2022–2023). The data obtained were aggregated and statistically evaluated within each phase. To provide a more comprehensive analysis, data on the total number of inspections and the number of unplanned inspections were also included in the statistical processing. It was found that the total number of inspections decreased during the COVID period; however, this difference was not evaluated as statistically significant. The COVID period itself did not show statistical significance. When evaluating the number of inspections with legislative violations among individual animal groups, no statistically significant differences were identified. It can therefore be concluded that the COVID period had no statistically significant impact on the number of inspections without identified violations or those with legislative violations among the individual animal groups. No statistically significant differences were observed for any animal group.

Key words: inspections, welfare, Covid-19 period

Souhrn

Tento článek zpracovává výsledky dozorové činnosti se zaměřením na sledování a statistické vyhodnocení vlivu covidového období na počet kontrol pohody zvířat provedených na základě podnětů v Jihomoravském kraji v letech 2018–2023. Podněty s podezřením na možné týrání zvířat přijímají orgány veterinární správy od jednotlivců, organizací nebo jiných správních orgánů. Cílem práce bylo zjistit vliv covidového období na počet kontrol provedených na základě podnětů přijatých v Jihomoravském kraji v letech 2018–2023. Veškerá data byla primárně získávána a zpracovávána pro jednotlivé roky a kategorie zvířat ve sledovaném období. Pro další zpracování byl proto celý šestiletý časový úsek rozdělen do tří etap: období předcovidové v letech 2018–2019, období covidu v letech 2020–2021 a období postcovidové v letech 2022–2023. Získaná data byla vždy v rámci jednoho období sečtena a statisticky zpracována. Pro větší komplexnost byla do statistického zpracování zahrnuta i data o celkovém počtu provedených kontrol a o počtu kontrol neplánovaných. Bylo zjištěno, že v covidovém období došlo k poklesu celkového počtu kontrol,

* pistekovav@vfu.cz

avšak tento rozdíl nebyl vyhodnocen jako statisticky významný. Při vyhodnocování počtu kontrol s porušením legislativy u jednotlivých skupin zvířat nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly. Lze tedy shrnout, že období covidu nemělo žádný statistický význam na počet kontrol bez zjištěného porušení nebo s porušením legislativy u jednotlivých skupin zvířat. U žádné skupiny zvířat nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

Klíčová slova: dozorová činnost, welfare, období Covid-19

Úvod

Vztah lidí ke zvířatům započal již při samotném vzniku lidské existence a od té doby se neustále vyvíjí. Zpočátku zvířata sloužila jako zdroj potravy, ale také např. k získávání kožešin a materiálů k výrobě pracovních a loveckých pomůcek. Postupná domestikace vedla k rozvoji chovu zvířat a k vytvoření bližšího vztahu mezi lidmi a domácími zvířaty. Člověk začal využívat i další živočišné produkty jako mléko a vejce a zvířata mu pomáhala při práci. V závislosti na místní kultuře a náboženství se na některá zvířata pohlíželo jako na chráněná nebo dokonce posvátná. A to zejména v zemích Středního východu a v Asii a rovněž v některých domorodých kulturách v Americe. Těmto vyvoleným druhům se přisuzovaly i mimořádné nebo zázračné schopnosti a špatné zacházení s nimi bylo trestáno. Oproti tomu v křesťanské Evropě byla zvířata obecně vnímána jako nižší forma existence, která byla stvořena pro užitek lidí. S rozvojem vědy a filozofie vznikaly i nové myšlenky o etickém zacházení se zvířaty a v průběhu 19. století se objevují první organizace na ochranu zvířat. Jejich cílem byl boj proti týrání zvířat, snažily se prosazovat zákony na ochranu zvířat a vzdělávat veřejnost o etickém zacházení se zvířaty. Vztah lidí ke zvířatům se vyvíjí i v průběhu 21. století. Domácí zvířata jsou svými majiteli stále častěji vnímána jako členové rodiny, což vede k větší péči o jejich zdraví a celkovou pohodu. A rovněž se potřebám zvířat přizpůsobuje i životní styl jejich majitelů. V chovech hospodářských zvířat se zase rozvíjí nové technologie, které mají přispívat k efektivní ochraně zdraví a pohody zvířat a optimalizaci jejich produkce. Rostoucí povědomí a angažovanost veřejnosti, ať už v podobě nejrůznějších organizací nebo jednotlivců, jsou důležitými faktory při prosazování změn, které mohou vést k lepší péči a ochraně zvířat. Hlavní dozorovou činnost nad dodržováním zákonů na ochranu zvířat v ČR zajišťuje Státní veterinární správa. Základními legislativními pilíři při veterinárním dozoru jsou tři zákony: zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů a zákon č. 154/2000 Sb., o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Dozor nad dodržováním úrovně welfare vykonávají orgány Státní veterinární správy formou úředních kontrol. Kontroly se provádí nejen v samotných chovech zvířat, ale také v rámci různých činností, které člověk se zvířaty vykonává. Veterinární dozor zahrnuje kontroly plánované, neplánované a mimořádné, které jsou prováděné v rámci vyhlášení mimořádných kontrolních akcí. Plánované kontroly představují základ dozorové činnosti. Jejich počet a typ vychází z víceletého plánu kontrol, který na základě analýzy rizika stanoví minimální roční frekvenci plánovaných kontrol nebo minimální procento kontrolovaných subjektů z jejich celkového počtu. Víceletý plán kontrol se aktualizuje a stanovuje na každý kalendářní rok a vychází z nařízení EP a Rady (ES) č. 2017/625 a nařízení EP a Rady (ES) č. 178/2002. (SVS, 2023: Program ochrany zvířat). Mezi každoroční plánované kontroly se také řadí dotační kontroly prováděné u chovatelů hospodářských zvířat pobírajících dotace. Neplánované kontroly v oblasti welfare tvoří podstatnou a v posledních letech stále rostoucí část veterinárního dozoru. Nejčastějšími důvody k provedení neplánovaných kontrol jsou např. podněty a stížnosti jednotlivců nebo organizací s podezřením na týrání zvířat, postoupené podněty jiných správních orgánů, kontroly na základě mimořádných událostí atd.

Dozorová činnost je směřována do těchto hlavních oblastí: kontrola welfare hospodářských zvířat v chovech (stáje a prostory pro chov), kontrola přepravy hospodářských zvířat a kontrola dopravců, kontrola welfare podmínek při porážení na jatkách nebo při domácích porážkách skotu mladšího 72

měsíců, kontrola prodeje ryb na samostatném prodejním místě, kontrola svodů hospodářských zvířat.

Dalším cílem kontrol jsou také chovy zvířat vyžadujících zvláštní péči. Kontroly v těchto chovech jsou prováděny plánovaně 1x ročně. Důvodem neplánované kontroly může být povolení nového subjektu, přijatý podnět s podezřením na týrání nebo nepovolený chov, následná kontrola při zjištění nedostatků. Nejčastější nedostatky zjišťované během kontrol jsou chovy bez povolení, nevhodné podmínky chovu a nedostatky ve vedení evidence.

Kontroly se provádí také u ostatních zájmových zvířat a zde se mohou rozlišit kontroly v zájmových chovech, v chovu a prodeji zájmových zvířat na základě živnostenského oprávnění, na veřejných vystoupeních, v útulcích pro opuštěná a toulavá zvířata a u obchodníků se zájmovými zvířaty.

Dále jsou prováděny kontroly v cirkusech, zoologických zahradách, u ostatních volně žijících zvířat a pokusných zvířat.

Materiál a metodika

Pro účely příspěvku bylo pracováno s daty uloženými v datovém skladu Informačního systému Státní veterinární správy. V rámci sledovaných let 2018–2023 byly získány informace za každý jednotlivý rok samostatně. Pro větší komplexnost a ucelenost bylo rozhodnuto nejprve v datovém skladu zjistit celkový počet welfare kontrol provedených v Jihomoravském kraji za daný rok. Následně byl zjišťován počet kontrol provedených u jednotlivých kategorií zvířat. Jednalo se o tyto kategorie: hospodářská zvířata, zvířata vyžadujících zvláštní péči, ostatní zájmová zvířata, cirkusová zvířata, zvířata ZOO, ostatní volně žijící zvířata a laboratorní zvířata.

Statistická analýza výsledků byla provedena s pomocí statistického softwaru UNISTAT pro Excel verze 6.5. V rámci analýzy byla porovnávána četnost kontrol provedených u jednotlivých kategorií zvířat v období předcovidovém, covidovém a postcovidovém. Analýza byla provedena s pomocí chí-kvadrát testu, s kontingenční tabulkou 2x2 s Yatesovou korekcí. Pro kontingenční tabulku s četností menší nebo rovnou 5 byl použit Fisherův přesný test. Výsledky byly uvedeny ve formě hodnoty pravostranné pravděpodobnosti p . Rozdíly byly označeny za statisticky významné, pokud hodnota p byla nižší než 0,05 (tj. $p < 0,05$), pokud hodnota p byla vyšší než 0,05 (tj. $p > 0,05$), výsledek byl statisticky nevýznamný.

Výsledky a diskuze

Údaje z datového skladu Informačního systému Státní veterinární správy jsou výsledně zpracovány v tabulce č. 1, ve které jsou uvedena vždy souhrnná data za dva roky pro určité sledované období. Tato data jsou zde vyjádřena i procentuálně. Získané údaje jsou následně vyobrazené i v podobě sloupcového grafu č. 1 s označením statistické významnosti či nevýznamnosti písmeny „a“ a „b“.

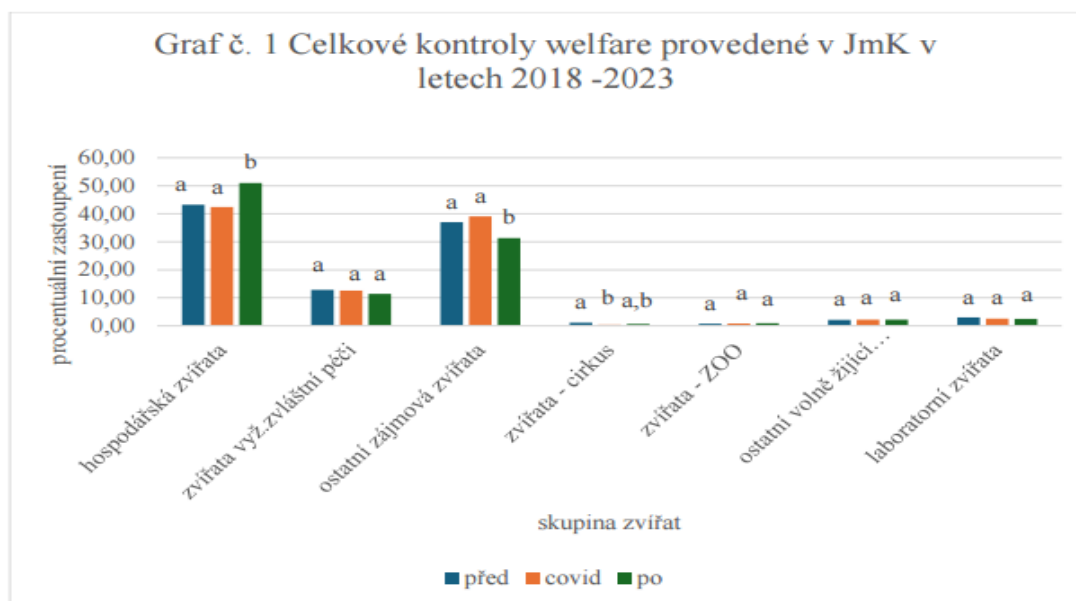
Při hodnocení statistické významnosti byly zjištěny rozdíly ve skupině hospodářských zvířat, ostatních zájmových zvířat a cirkusových zvířat. U hospodářských zvířat se statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) objevil mezi počtem kontrol provedených před covidem a po covidu a také v době covidu a po covidu. V době před covidem bylo u hospodářských zvířat provedeno 686 kontrol z celkového počtu 1587 kontrol, což činilo 43,23 % z celkového počtu. V době covidové bylo provedeno 559 kontrol z celkového počtu 1318 kontrol, což činilo 42,41 %. V době po covidu bylo v chovech hospodářských zvířat provedeno 825 kontrol z celkového počtu 1617, což je 51,02 %. Z uvedeného vyplývá, že se statisticky významně zvýšil počet kontrol v chovech hospodářských zvířat provedených v postcovidové době oproti době předcovidové a covidové. Mezi obdobími předcovidovým a covidovým statisticky významný rozdíl zjištěn nebyl ($p > 0,05$). Tato skutečnost je nejspíše daná tím, že dle údajů v datovém skladu se v roce 2023 výrazně navýšil počet kontrol během přepravy, a to zejména na sběrném středisku, odkud jsou zvířata dále přepravována v rámci EU nebo i mimo ni do třetích zemí. Jednalo se o kontroly plánované a navýšení jejich počtu se pak promítlo i do statistické významnosti ve vztahu k předchozím obdobím, kdy byl počet kontrol

přepravy výrazně nižší. Pro srovnání je možno uvést, že v době předcovidové bylo provedeno 124 kontrol přepravy, v období covidu to bylo 176 kontrol a v době postcovidové celkem 409 kontrol, přičemž v samotném roce 2023 se jednalo o 323 kontrol přepravy. Ve skupině ostatních zájmových zvířat byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) v počtu kontrol před covidem a v době covidu oproti postcovidovému období, kdy naopak došlo ke statisticky významnému snížení počtu kontrol. V době předcovidové bylo u skupiny ostatních zájmových zvířat provedeno 587 kontrol z celkového počtu 1587, což činilo téměř 37 %, v době covidu to bylo 515 kontrol z celkového počtu 1318, což činilo 39,07 % a v době postcovidové došlo ke snížení na 506 kontrol z celkového počtu 1617, což znamenalo 31,29 %.

Tabulka č. 1. Celkové kontroly welfare provedené v Jihomoravském kraji v letech 2018–2023

Celkové kontroly welfare provedené v JmK v letech 2018–2023						
	předcovidová doba 2018–2019		covidová doba 2020–2021		postcovidová doba 2022–2023	
	počty	%	počty	%	počty	%
welfare kontroly celkem	1587	100	1318	100	1617	100
hospodářská zvířata	686	43,23	559	42,41	825	51,02
zvířata vyž.zvláštní péči	204	12,85	165	12,52	184	11,38
ostatní zájmová zvířata	587	36,99	515	39,07	506	31,29
zvířata – cirkus	18	1,13	5	0,38	11	0,68
zvířata – ZOO	12	0,76	11	0,83	15	0,93
ostatní volně žijící zvířata	33	2,08	29	2,20	36	2,23
laboratorní zvířata	47	2,96	34	2,58	40	2,47

Graf č. 1. Celkové kontroly welfare provedené v JmK v letech 2018–2023



Písmena „a“ a „b“ nad sloupci značí, zda v rámci určité kategorie zvířat byl zjištěn statisticky významný rozdíl v počtu kontrol mezi jednotlivými sledovanými obdobími.

Podle údajů z datového skladu bylo zjištěno, že v letech 2022–2023 došlo ke snížení počtu plánovaných kontrol dle víceletého plánu kontrol, což se promítlo jako statisticky významné. Víceletý plán kontrol podléhá úpravám a aktualizacím každý kalendářní rok a v posledních letech došlo v některých případech k prodloužení frekvence provádění kontrol, což vedlo k celkovému snížení počtu plánovaných kontrol u skupiny ostatních zájmových zvířat. Poslední statisticky významný rozdíl byl zjištěn u skupiny cirkusových zvířat v období předcovidovém a covidovém, kdy bylo před covidem zkontrolováno 18 cirkusů, což činilo 1,13 % z celkového počtu kontrol, a v době covidové to bylo 5 cirkusů, což bylo 0,38 % z celkového počtu. Toto logické snížení počtu kontrol bylo dáno restrikcemi v době covidu, kdy se veřejná vystoupení nesměla konat a nedocházelo tak ani k jejich kontrolám.

Graf č. 1 zobrazuje, že u hospodářských zvířat došlo ke statisticky významnému nárůstu počtu kontrol v době postcovidové oproti období před covidem a v covidu. Naopak u ostatních zájmových zvířat se počet kontrol v období postcovidovém statisticky významně snížil oproti předchozím dvěma obdobím. U cirkusových zvířat značení sloupců znamená, že byl zjištěn rozdíl mezi prvním a druhým sloupcem, ale naopak statisticky významný rozdíl nebyl mezi prvním a třetím a druhým a třetím sloupcem.

Závěr

V rámci článku jsou zpracována data o welfare kontrolách provedených na základě podnětů v Jihomoravském kraji v letech 2018–2023. Tento časový úsek je rozdělen na tři dvouletá období, označená jako období předcovidové (2018–2019), covidové (2020–2021) a postcovidové (2022–2023). U každého období byly hodnoceny skupiny zvířat, u nichž byly kontroly provedeny. Jednalo se o skupinu hospodářských zvířat, zvířat vyžadujících zvláštní péči, skupinu ostatních zájmových zvířat, cirkusových zvířat, ZOO zvířat, volně žijících zvířat a laboratorních zvířat. Cílem práce bylo vyhodnotit, zda covidové období mělo vliv na celkový počet welfare kontrol provedených na základě podnětů. Bylo zjištěno, že v covidovém období došlo k poklesu celkového počtu kontrol, avšak tento rozdíl nebyl vyhodnocen jako statisticky významný.

Literatura

- Nařízení EP a Rady č. 178/2002 ze dne 28 ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin, In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 10. 11. 2023]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- Státní veterinární správa. 2023. Program ochrany zvířat – situace v roce 2022 [online]. [vid. 10.11. 2023]. Dostupné z: <https://www.svscr.cz/category/dokumenty-a-publikace/prehled-odletemat/program-ochrany-zvirat>
- Zákon č. 154/2000 Sb., o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat a o změně některých souvisejících zákonů (plemenářský zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 10. 11. 2023].
- Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon). In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 10. 11. 2023].
- Zákon č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrán, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 10. 11. 2023].

HISTORIE CHOVU KOČEK

HISTORY OF CATS

Simona Kovaříková*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

According to current knowledge, cats have been living alongside humans for approximately 12,000 years. The history of cat breeding consists of both bright and dark episodes, and it is no coincidence that cats have historically been considered both revered and damned animals. This work presents an overview of information on the development of the relationship between humans and cats, beginning with the golden age of cats in Egypt, through the dark period of the Middle Ages and the association of cats with witchcraft, to the recent past and present, in which cats are often the most popular domestic pets.

Key words: domestication, Egypt, witchcraft, Queen Victoria

Souhrn

Kočka se podle současných poznatků pohybuje v blízkosti člověka přibližně 12 tisíc let. Historie chovu koček se skládá ze světlých a temných epizod a ne nadarmo jsou kočky historicky považované za zvířata uctívaná a současně i zatracovaná. Tato práce předkládá přehled informací o vývoji vztahu člověka ke kočkám počínaje zlatým věkem koček v Egyptě, přes temné období středověku a spojování koček s čarodějnictvím až po nedávnou minulost a současnost, ve které je kočka často nejpobulárnější domácí mazlíček.

Klíčová slova: domestikace, Egypt, čarodějnictví, královna Viktorie

Úvod

Kočka domácí (*Felis catus*) je nejpočetnějším druhem čeledi *Felidae*. Původ domácích koček se odvíjí od koček divokých: africké (*Felis lybica*), evropské (*Felis silvestris*), asijské (*Felis ornata*) a čínské pouštní kočky (*Felis bieti*) (Hemmer, 1978; Johnson et al. 2006). Domácí kočky se s divokými druhy mohou křížit a produkovat plodné potomstvo (Gray, 1972).

Domestikace koček

Kočky se velmi pravděpodobně podílely na vlastní domestikaci a společně s člověkem si vytvořili symbiotický vztah. Počátek tohoto vztahu spadá do období, kdy lidé postupně přestávali být lovci a sběrači, usazovali se a začali zakládat trvalá sídla. S rozvojem zemědělství byli nuceni skladovat zásoby obilí a to přilákalo hlodavce - myši a potkany, kteří jsou primární kořistí koček. Větší množství hlodavců přitáhlo pozornost koček, které se tak dostaly do blízkosti člověka. Tím začal pro obě strany prospěšný vztah: kočky měly bez velké námahy k dispozici dostatečné množství potravy, lidem tak snižovaly počty těchto škůdců a tak člověk toleroval blízkou přítomnost koček, protože byly pro něj užitečné. Prvotní doklady o blízkosti lidí a koček pochází z období 8000-3000 let př. n.l. z čínské oblasti kolem řeky Chuang Che, údolí řeky Indus v Pákistánu a oblasti úrodného půlměsíce, která se rozprostírala na území Iráku, Turecka, Levanty a pobřeží Středoziemního moře a údolí řeky Nil v Egyptě (Vigne et al. 2004; Hu et al. 2014, Malek, 2009).

* kovarikovas@vf.u.cz

Zlatý věk koček

Právě historie egyptských koček je velmi dobře popsána. První kosterní pozůstatky koček pocházely z hrobek datovaných do období 4000-3000 př. n.l. Je to období, kdy se začaly objevovat první sila a sýpky a tím se kočka přiblížila člověku. Není ale možné určit, zda se jednalo o kočky domestikované, ochočené nebo divoké. Dá se předpokládat, že v tomto období se rozvinula symbióza a následně započala domestikace. Kolem roku 2000 př. n.l. se začaly objevovat první sošky koček, které byly vkládány do hrobek, aby chránily zemřelé před nebezpečími na onom světě. Stále se nejedná o důkaz domestikace, nicméně znamená to, že přítomnost koček byla člověku příjemná a žádoucí.

Egypt je s největší pravděpodobností jedním z míst, kde k domestikaci koček došlo. Neexistují důkazy, že by domestikovaná kočka byla do Egypta importovaná ze zahraničí, navíc oblast splňovala podmínky pro domestikaci koček. V Egyptě se vyskytovali hlodavci a jedovatí hadi jako hrozby pro člověka a s oběma si kočka (původně divoká) dokázala poradit. Tak mohla vzniknout symbióza, která pro kočku znamenala dostatek krmiva a pro člověka benefit v podobě oblasti bez škůdců. Kočka se této situaci dokázala přizpůsobit a sama se podílela na vlastní domestikaci, přičemž si ale stále zachovávala svobodu a nezávislost (Malek, 2009).

V období 2000-1000 př.n.l. už je kočka plně domestikovaná a je členem egyptské domácnosti. V prvním tisíciletí byly kočky považovány za projevy některých božstev (zejména bohyně Bastety) a byly chovány v chrámových kočičincích (Malek, 2009). Bohyně Bastet byla na raných obrazech zobrazována jako žena s hlavou lvice, s kočkou byla spojována zejména v období 22. dynastie (945-715 př. n. l.), možná na základě podobnosti mezi lvicí a kočkou. Bohyně Bastet je ztělesněním ženskosti, je hodná, laskavá, klidná a ochranná. Hlavní středisko jejího kultu bylo město Bubastis (dnešní Tell Basta) (Malek, 2009). Z tohoto období pochází sošky Bastety s kočičí hlavou. Byly z různých druhů kamene (vápenec, lazurit, achát, křemen), skla, keramiky, dřeva nebo bronzu. Právě bronzových sošek se dochovalo velké množství ve velikosti od několika centimetrů až po životní velikost. Anatomicky byly velmi věrné, často měly propíchnuté uši s kroužkovými náušnicemi, někdy s kroužkem v nose a často se skarabem na hrudi. Typický je ocas obtočený z pravé strany (to je důsledkem dvojrozměrného zobrazení zvířat, kde vždy hledí doprava, takže ocas z levé strany by nebyl vidět). V případě bronzových koček se jednalo prakticky o velkovýrobu. Prostí lidé je tak mohli zanechávat v chrámech a byly i vkládány do hrobů (Malek, 2009).

O významu koček svědčí i způsob, jakým s nimi bylo zacházeno po smrti. V 5. století př. n. l. napsal historik Hérodotos, že po smrti kočky si obyvatelé domu, ve kterém žila, oholili obočí na znamení smutku. Na různých pohřebištích se z 1. tisíciletí našeho letopočtu nacházely mumifikované kočky. K mumifikaci docházelo tak, že se vyjmuly vnitřní orgány a nahradily se výplní (nejčastěji směsí písku a bahna) smíchanou s natronem (směs uhličitanu vápenatého a jedlé sody) a tím došlo za přispění místního horkého vzduchu k vysušení těla. Nohy byly přitaženy k nataženému tělu, to bylo potřeno pryskyřicí a následně zabaleno do obinadel napuštěných natronem. Další zpracování se lišilo podle oblasti, někdy byly přidány ozdoby, někdy byla mumie uložena do dřevěné rakve. Podle pozdějších analýz byla většina koček mumifikována v mladém věku (2-4 měsíce nebo 9-12 měsíců). Podle vychýlení krčních obratlů se usuzuje, že jim byl zlomen vaz, některé mohly být uskraceny. To se vysvětluje buď možnou a prostou regulací populace, ke které se přistupovalo v okamžiku, kdy se kočky v chrámových kočičincích přemnožily a tak bylo nutné snížit počet kocourů, kteří dosáhli pohlavní zralosti. Druhým vysvětlením může být snaha poskytnout poutníkům možnost zaplatit kočce pohřeb na důkaz své zbožnosti. Pokud se „šikovně zařídila“ smrt kočky, volba malého kotěte dává smysl, neboť malé tělo potřebuje malou (a tak levnější) schránu (Malek, 2009). Po ztrátě nezávislosti Egypta náboženské obřady ztrácely svůj význam a s nástupem křesťanství se tento proces ještě urychlil. Kočka se tak vrátila do role domácího zvířete.

V 7. století se Egypt stal součástí islámského světa. Islám byl ke kočkám poměrně příznivý. Podle pověsti si prorok Muhammad odřízl rukáv svého pláště, aby nevyrušil kočku, která na něm usnula.

Ze středověku jsou k dispozici záznamy o darech určených na krmení volně žijících káhirských koček, např. sultán Bajbars (1260-1277) věnoval opuštěným kočkám svoji zahradu (Malek, 2009). Tento přístup je v kontrastu s tím, jak se s kočkami zacházelo v Evropě.

V prvních staletích našeho letopočtu se kočka rozšířila do Itálie a pak do celé Evropy. V rámci jejího rozšiřování se předpokládá určitá míra křížení s divokou kočkou. Ve starověkém Řecku a Římě kočka neměla tak výsadní postavení, ale stále se jednalo o ceněné zvíře. V Řecku zejména jako regulátora výskytu hlodavců, ale i jako domácího zvířete. V Římě na snížení populace hlodavců používali spíše lasičky, kočka tak byla spíš domácím mazlíčkem (Mark, 2019).

Temný středověk

Ve středověku se evropská historie koček dostává do své temnější fáze. Z původně ceněného člena společnosti se stává v lepším případě tolerované zvíře, které se podílí na snižování počtu škůdců, v horším případě zvířetem zatracovaným, který je spojován se zlem a Satanem. Svou roli sehrála církev, která se snažila vymýtit rituály předchozích náboženství a kultur a neváhala tak spojit kočky s čarodějnictvím, d'áblem a temnotou.

Prostřednictvím římských správců a obchodníků se po Evropě rozšiřovalo náboženství spojené s kočkami a římské legie se podílely na rozšiřování samotných koček. Pro armádu byly kočky důležité, protože ochraňovaly jejich zásoby potravin a současně byly považovány za symbol štěstí. V jižní Evropě se rozšířil kult bohyně Diany, bohyně lovu a přírody. V severské mytologii to byla Freya, bohyně plodnosti a úrody, lásky, války a čarodějnictví, která bývá zobrazována v kočáře, který je tažený kočkami (Torrey, 2022).

Pro patriarchální společnost byla kočka tím nejodpornějším stvořením na světě. Historicky byla kočka spojována s ženským pohlavím a bohužel ženy nebyly ve středověku viděny v dobrém světle. Byly spojovány s biblickou Evou, která zavinila vyhnání z ráje a ženy byly od narození považovány za hříšné a chlípné. Kromě toho byly kočky spojovány i s Židy. Ani ti se ve středověku netěšili velké oblibě, protože byli považováni za vrahy Krista. Říkalo se o nich, že uctívají kočky, dokážou se v kočky proměnit a tak se vplížit do křesťanských domů, aby se tam škodili (Mark, 2019).

Katolická církev se ve snaze přesvědčit pohany ke konverzi ke křesťanství snažila o diskreditaci tradičních náboženství. Jednou z možností bylo spojit je s čarodějnictvím případně se sexuálními výstřelky a hříšným chováním. Po spojení ženských bohyní se Satanem už bylo jenom otázkou času, kdy bude stejně spojována i kočka (Torrey, 2022). Spojování kočky se Satanem vedlo k mučení a zabíjení koček na znamení oddanosti Kristu, aby se odvrátila smůla nebo jako součást rituálů k předvídání budoucnosti. Postavení koček bylo tématem i v těch nejvyšších církevních kruzích. Ke zlepšení situace došlo až v době osvícenství, k plné rehabilitaci postavení koček ve společnosti došlo až ve viktoriánském období (Mark, 2019).

Spisovatele Walter Map (1140-1210) popsal hnutí Patarinů, které usilovalo o reformu katolické církve. Podle něj toto kacířské hnutí uctívalo kočky a využívalo je do svých temných obřadů. Jeho příběh nebyl ničím potvrzen, ale hodně se rozšířil a opakoval. Kvůli tomu papež Řehoř IX. (1227-1241) založil inkviziční soudy pro potírání kacířství a vydal v roce 1233 bulu *Vox in Rama* namířený proti kacířům. Do Německa poslal inkvizitora Konráda z Marburgu, který na základě výslechů spojených s mučením získal informace o satanistickém kultu, který uctíval d'ábla ve formě démona a dábelké černé kočky. Papežská bula odsuzovala kočky a zejména ty černé a vinila je ze spolčení se satanem. Bula byla původně neveřejná a stanovisko církve ke kočkám se lidé dozvídali prostřednictvím nedělních kázání. Tak se ještě víc zakořenila představa kočky jako démona. Samotný text papežské buly sice nepřikazuje, že by všechny kočky měly zabíjeny, nicméně během 13. a 14. století docházelo k usmrcování koček společně s obviněnými osobami. Problém to byl zejména pro starší osamělé ženy bez dětí, které měly kočku často jako jediného společníka a bylo velmi jednoduché obvinít je z čarodějnictví (Mark, 2019; Torrey, 2022). Ze všech obviněných z čarodějnictví ve středověké Evropě bylo 80 % žen a obvinění téměř vždy končilo smrtí ženy. Obvykle došlo ke svázání obviněné ženy a její kočky do pytle a následně hození do řeky.

V roce 1348 vypukla epidemie dýmějového moru a některé teorie to dávají do souvislosti se snížením populace koček v důsledku honů na čarodějnice po vydání buly *Vox in Rama*. Tahle teorie ale není moc udržitelná, protože epidemie moru byly i před rokem 1233. Morové rány byly spojeny s vyšším počtem hlodavců a tak snadnějším přenosem původce moru, nicméně tato informace je k dispozici až od konce 19. století. Pro středověkého člověka byla morová rána božím trestem za hříchy. Kočky byly nadále očerňovány a zabíjeny, protože podle církve byly zlé a bezcenné (Mark, 2019).

V souvislosti s kočkami je někdy zmiňován i papež Inocenc VIII. a jeho bula *Summis desiderantes affectibus* (1484). V samotném textu sice není nikde uvedeno slovo kočka, nicméně tato bula odstartovala další vlnu honů na čarodějnice v novověku (Deyrmenjian, 2020).

Informace z tohoto období můžeme získávat ze zobrazování koček v umění. Ve středověku byla kočka zobrazována buď jako spojenec nebo dokonce ztělesnění d'ábla. K dispozici máme obraz od Domenica Ghirlandia *Poslední večeře* (1481) na němž je patrný Jidáš sedící mimo skupinu ostatních u sebe má kočku, která reprezentuje Satana. Novější obraz Lorenza Lotta *Zvěstování* (1534) pak ukazuje výjev, kdy archanděl Gabriel sděluje Panně Marii, že porodí syna. I na tomto obraze je kočka, která reprezentuje Satana a po této informaci v hrůze utíká. Nebyl to ale jednotný pohled na kočky. Ve stejné době žil Leonardo da Vinci, který byl fascinován každou součástí přírody, obzvláště kočkami a koňmi. Jako jeden z prvních podporoval držení koček jako pet zvířat. Z jeho raného období se dochovala skica Madony s Ježíškem, který držel kočku, z pozdějšího období se dochovaly skici koček (Bugler, 2011). V té době působili i další umělci, kteří zobrazovali kočky se svatou rodinou, nicméně většinově byla kočka stále zobrazována ve spojení s d'ablem. Jedná se totiž o období, kdy bylo vydáno v Německu *Malleus Maleficarum* (Kladivo na čarodějnice), praktický návod, jak identifikovat čarodějnic a jak s ní potom zacházet (Torrey, 2022a).

V době renesance se kočka začíná stávat mazlíčkem učenců, později měli různá zvířata včetně koček i duchovní (ti nicméně tuto praxi veřejně kritizovali a zakazovali). Obecně můžeme říct, že renesance nebyla kočkám příliš nakloněná. Kočky byly sice ceněné pro svou schopnost hubit škůdce, nicméně spojování se Satanem vedlo k jejich častému zabíjení.

Blýskání na lepší časy?

V 17. a 18. století se postupně zvyšoval počet koček chovaných jako pet zvířata, i když nejčastějším mazlíčkem ve vyšších kruzích byl pes. Změny ve vnímání koček přinesla protestantská reformace (1517-1648), které omezila moc katolické církve a přinesla větší svobodu v myšlení. Kočka se tak postupně dostávala do pozice domácích mazlíčků. Větší popularity kočky dosáhly v 19. století za vlády královny Viktorie (1819-1901). Zobrazení koček se stále častěji objevuje v umění, i když o cíleném chovu koček ještě nemůžeme mluvit (Torrey, 2022b).

Mezi vzdělanci se postupně snižovala víra v čarodějnice, nad prostým lidem ale stále visela hrozba čarodějnických procesů. V Anglii bylo během 16. až 18. století odsouzeno cca 500 „čarodějnic“, v českých zemích (zejména na Jesenicku a Šumpersku) bylo během 17. století upáleno cca 200 lidí, přičemž na smrti většiny z nich se podílel nechvalně proslulý hlavní inkvizitor Jindřich František Boblig z Edelstadtu (1611-1698). Stále existovalo spojení mezi čarodějnictvím a kočkami. Možná k tomu přispěl i Edward Topsell, který v seriózním přírodovědném díle uvedl, že známí čarodějnic se nejčastěji objevují v podobě koček, takže kočka je nebezpečná duši i tělu (Topsell et al. 1658). Takto byla kočka vnímaná až do 18. století. Není bez zajímavosti, že ve stejném díle už jsou představovaná různá plemena psů.

Rehabilitace koček

V roce 1822 byla Jean-Francoisem Champollionem rozluštěna Rosettská deska a tím byla novodobým lidem zpřístupněna egyptská kultura. To podnítilo zájem o vše egyptské, včetně bohyně Bastet a uctívání koček. K popularitě koček přispěla i anglická královna Viktorie, která byla velkou

milovníci různých zvířat a vlastnila i dvě perské kočky. Jako královna měla velký vliv a tak víc lidí chtělo chovat kočky. Tato informace se rozšířila až do Ameriky. Spisovatelé Sarah Josepha Hale a Mark Twain začali psát o kočkách a jejich chovu. Tím se středověký koncept kočky jako nástroje Satana změnil na to, že kočka je přítel a cenný člen rodiny.

Rehabilitaci koček dokazuje první uspořádaná výstava koček, která se konala 16. 7. 1871 v Londýně, kde bylo celkem 160 klecí s kočkami. V roce 1887 byl založen první klub chovatelů koček. V roce 1900 bylo v plemenné knize zapsáno již 2000 koček, přičemž jedna z nich měla cenu jako prvotřídní závodní kůň (Torrey, 2022c).

Počet koček od té doby neustále roste, vznikají nová plemena a v některých zemích je kočka nejpopulárnějším domácím zvířetem. Přes temný středověk se tak kočka vrátila opět na výsluní.

Vliv pohnuté minulosti na dnešní kočku

Navzdory dlouhotrvajícímu společenství koček a lidí si kočka stále zachovává určitou nezávislost a může mít status jak domácího, tak divokého zvířete. Dnešní kočky si stále zachovávají fyzické i behaviorální charakteristiky svého divokého předka. Kočky ferální a kočky s přístupem ven, se mohou pohybovat a rozmnožovat nezávisle na člověku a samy si i mohou obstarávat potravu. A právě lov drobných hlodavců a tak regulace jejich počtu jako škůdců byla důvodem, proč byla kočka ceněna a v některých obdobích alespoň tolerována. Predátorské chování je kočce vlastní, člověk to kočku nemusí učit a ani pro to kočky nemusí být speciálně šlechtěny. Je otázkou, nakolik středověk ovlivnil vlastnosti koček, ale musíme si uvědomit, že systematický chov koček trvá pouhých 150 let, takže se výraznější změny vlastností koček (kromě vzhledu) nedají očekávat.

Závěr

Historie chovu koček je velmi zajímavá a má z hlediska koček svoje světlé a temné úseky. Vzhledem k tomu, že je chov koček v současnosti velmi populární a v některých zemích je kočka nejoblíbenějším domácím mazlíčkem, je pravděpodobné, že budoucnost je pro kočky příznivá.

Literatura

- Bugler, C. 2011. The cat: 3,500 years of the cat in art. Merrell. New York.
- Deyrmenjian, M. 2020. "Pope Innocent VIII (1484-1492) and the Summis desiderantes affectibus". Malleus Maleficarum. [online]. [vid. 27.6.2025]. Dostupné z: https://pdxscholar.library.pdx.edu/mmft_malleus/1
- Gray, A.P. 1972. Mammalian Hybrids: A Check-List with Bibliography. Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux. England.
- Hemmer, H. 1978. The evolutionary systematics of living Felidae: present status and current problems. Carnivore 1: 71.
- Hu, Y., Hu, S., Wang, W., Wu, X., Marshall, F.B., Chen, X., Hou, L., Wang, C. 2014. Earliest evidence for commensal processes of cat domestication. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America 111: 116-120.
- Johnson, W.E., Eizirik, E., Pecon-Slattery, J., Murphy, W.J., Antunes, A., Teeling, E., O'Brien, S.J. 2006. The late Miocene radiation of modern Felidae: a genetic assessment. Science 311: 73.
- Malek, J. 2009. Kočka ve starém Egyptě. Mladá Fronta.
- Mark, J.J. 2019. Cats in the Middle Ages. [online]. [vid. 27.6.2025]. Dostupné z: <https://www.worldhistory.org/article/1387/cats-in-the-middle-ages/>
- Topsell, E., Gessner, C., Moffett, T., Rowland, J. 1658. The history of four-footed beasts and serpents. [online]. [vid. 27.6.2025]. Dostupné z: <https://archive.org/details/historyoffourfoo00tops/mode/2up>
- Torrey, E.F. 2022a. The Rise of Cats and Madness: I. The Renaissance. In: Parasites, Pussycats and Psychosis. Springer, Cham, pp. 29-42.
- Torrey, E.F. 2022b. The Rise of Cats and Madness: II. The Seventeenth and Eighteenth Centuries. In: Parasites, Pussycats and Psychosis. Springer, Cham, pp. 43-69.
- Torrey, E.F. 2022c. The Rise of Cats and Madness: III. The Nineteenth Century. In: Parasites, Pussycats and Psychosis. Springer, Cham, pp. 71-109.

Vigne, J.D., Guilaine, J., Debue, K., Haye, L., Gerard, P. 2004. Early taming of the cat in Cyprus. *Science*. 304: 259.

VYUŽITÍ *IN VITRO* MODELU V PRAXI: FYZIOLOGICKÉ ZMĚNY V METABOLISMU HEPATOCYTŮ NETOPÝRA REZAVÉHO (*NYCTALUS NOCTULA*) PŘI PROMĚNLIVÉ TĚLESNÉ TEPLITĚ

IN VITRO MODEL IN PRACTICE: PHYSIOLOGICAL CHANGES IN THE HEPATOCYTE METABOLISM OF THE COMMON NOCTULE BAT (*NYCTALUS NOCTULA*) AT VARIABLE BODY TEMPERATURE

Lucie Kováčová^{1*}, Eliška Nováková², Markéta Žáčková², Kateřina Vávrová², Jiří Pikula², Monika Němcová²

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Ústav ekologie a chorob zoozvířat, zvěře, ryb a včel, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Department of Ecology and Diseases of Zoo Animals, Game, Fish and Bees, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Hibernation allows heterothermic bats in temperate regions to survive periods of seasonal climatic extremes and food scarcity by regulating their metabolic rate. These changes are characterised by complex behavioural and physiological adaptations at the organismal, organ, cellular, and molecular levels, including the ability of cells to function across a wide range of temperatures. In this study, we simulated five physiological temperature states of the insectivorous bats: hibernation (12 °C), cold arousal (20 °C), daily torpor (28 °C), euthermia (36 °C), and active flight (42 °C) under *in vitro* conditions. Hepatocyte cell line derived from common noctule bat (*Nyctalus noctula*) were exposed to these temperatures for 24 to 72 hours. We determined cell culture proliferation, glucose consumption and lactate production. Our results show that glucose consumption were low at temperatures of 12 °C, 20 °C, and 28 °C compared to the euthermic state (36 °C). The highest concentrations of both glucose consumption and lactate production were observed at 42 °C. Our results indicate that lower temperatures (12 °C, 20 °C) reduced the rate of cell replication. The fastest cell growth was observed under euthermic conditions; however, at the temperature simulating active flight (42 °C), the cell number gradually decreased. Although *in vitro* models cannot replace experiments on live animals, our findings are consistent with the results of studies aimed at the whole-organism level. Our results also provide a foundation for further investigation into energy metabolism at the cellular level.

Key words: Chiroptera, cell culture, proliferation, glucose, lactate

Souhrn

Hibernace umožňuje heterotermním netopýřům mírného podnebného pásma přežít nedostatek potravy během sezónních klimatických extrémů. Regulované snížení metabolismu díky komplexním behaviorálním a fyziologickým adaptacím na úrovni organismu, orgánů, buněk a molekul zahrnuje také schopnost buněk přizpůsobit se změnám teploty. V podmínkách *in vitro* jsme simulovali tělesnou teplotu netopýřů při hibernaci (12 °C), chladném probuzení (20 °C), denním torporu (28 °C), eutermii (36 °C) a aktivním letu (42 °C). Těmito teplotám byly hepatocyty netopýra rezavého (*Nyctalus noctula*) vystaveny po dobu 24 až 72 hodin. Byla sledována proliferace kultury, spotřeba glukózy a produkce laktátu. Bylo zjištěno, že při teplotách odpovídajících tělesné teplotě

* kovacoval@vfu.cz

hibernujícího netopýra (12 °C), při torporu (28 °C) i při chladném probuzení (20 °C) je spotřeba glukózy hepatocyty nízká (po 24 i 48 hodinách) v porovnání s teplotou při eutermii (36 °C). Při teplotě 42 °C byla koncentrace glukózy a laktátu nejvyšší. Z našich výsledků vyplývá, že u nižších teplot (12 °C, 20 °C) je snížena i rychlost replikace buněk. Nejrychlejší je růst buněk při eutermii. U teploty simulující aktivní let dochází naopak k postupné ztrátě buněk. Ačkoliv in vitro modely nedokážou plně nahradit experimenty na pokusných zvířatech, naše výsledky jsou specificky zacíleny na buněčnou úroveň a odpovídají tomu, co bylo zjištěno na úrovni celého organismu. Tyto závěry mohou také sloužit jako podklad pro další studium energetického metabolismu na úrovni buněk.

Klíčová slova: letouni, buněčná kultura, proliferace, glukóza, laktát

Úvod

Klíčem k evolučnímu úspěchu heterotermních druhů je schopnost regulovat tělesnou teplotu v reakci na změny teploty prostředí (Henshaw, 1970; Yuan et al., 2012). Některé druhy mírného pásma proto nemigrují do teplejších oblastí, ale hibernují. Hibernace je spojena s řadou fyziologických změn: výrazným snížením tělesné teploty, útlumem metabolických pochodů, zpomalením dýchání, snížením srdeční činnosti, regulací krevního tlaku (Andrews et al., 1998) a umožňuje druhům přežít v nepříznivých teplotních podmínkách a během období nedostatku potravních zdrojů (Geiser and Ruf, 1995). Druhy z řádu letouni *Chiroptera*, kam řadíme čeled' netopýrovití *Vespertilionidae* se zástupcem *Nyctalus noctula*, mohou mimo hibernaci vstupovat do stavu denní strnulosti - torporu (Zubaid et al., 2006). Rozdíl mezi torporem a hibernací je především v délce trvání strnulosti a tělesné teplotě zvířat při využívání těchto strategií. Po vstupu do denního torporu se tělesná teplota pohybuje přibližně mezi 10 °C a 25 °C a do tohoto stavu vstupují druhy na dobu kratší než 24 hodin. Zvířata hibernují několik dní nebo týdnů s tělesnou teplotou nižší než 10 °C (Ruf and Geiser, 2015).

K probouzení z hibernace nedochází jen jednou za rok. Netopýři se zbavují odpadních látek metabolismu včetně nashromážděné moči několikrát za zimní období. Zvířata se mohou probudit i vlivem vnějšího podnětu, ať už v reakci na vyrušení jinými netopýry, predátory či lidmi (Speakman et al., 1991; Lima and O'Keefe, 2013; Zukal et al., 2020). Rozlišujeme 2 typy probuzení. Probuzení, při němž netopýři zvyšují tělesnou teplotu na 36 °C, nebo tzv. chladné probuzení (cold arousal), které se vyznačuje částečným zvýšením tělesné teploty (přibližně o 10 °C). Zahřátí organismu o několik stupňů vyžaduje méně energie než úplné probuzení do eutermie (normotermie). Jedná se o fyziologickou a behaviorální adaptaci, jejímž cílem je minimalizace energetických nákladů při vyrušení, které by jinak mohlo vést k vyčerpání tukových zásob během hibernace (Mayberry et al., 2018; Bachorec et al., 2021).

Na jednu stranu jsou netopýři adaptováni na úsporu energie v rámci dlouhého časového období během hibernace. Na stranu druhou jsou tito zástupci spolu s ptáky jedinými dnes žijícími skupinami obratlovců, kteří jsou schopni aktivního letu (Maina, 2000; Anderson and Ruxton, 2020). Přestože je aktivní let efektivním způsobem přesunu, je spjat s extrémně vysokou spotřebou energie a jedná se tedy o energeticky nejnáročnější formu pohybu (Schmidt-Nielsen, 1997). Aktivně létající zvířata by měla minimalizovat hmotnost přijímané potravy, ale zároveň maximalizovat energetický příjem (Laska, 1990), aby vybalancovala intenzitu energetického metabolismu a pokryla energetické nároky aktivního letu, aby nedošlo k vyčerpání energetických zásob, poškození organismu či dokonce k úhynu zvířete (Shen et al., 2010; Stawski et al., 2014). Denní spotřeba potravy odpovídá 18-30 % tělesné hmotnosti netopýrů (Speakman and Racey, 1989). Obecně platí, že energetický výdej během letu překračuje bazální metabolismus 8-15násobně (Voigt et al., 2010). Rozmezí, v jakém se může pohybovat tělesná teplota netopýrů, je velké. Během hibernace může tělesná teplota klesnout pod 10 °C, při letu dosahuje 42 °C. Tyto extrémní změny tělesné teploty při přechodu ze stavu hibernace (0-12 °C) nebo torporu (28 °C) do tzv. cold arousal (20 °C), eutermie (36 °C) či aktivního letu (42 °C) jsou spjaté s rychlými změnami metabolické aktivity (Andrews et

al., 1998; Neuweiler, 2000; Anděra, 2014; Ruf and Geiser, 2015). Jedná se o energeticky velmi náročný proces. Například při probuzení z hibernace dochází ke zvýšení srdeční a dechové činnosti, krev je ohřívána v oblasti hnědé tukové tkáně, proudí rychleji a je rozváděna po celém těle. Díky metabolické termogenezi tělesná teplota vzroste o téměř 30 °C během asi 30 minut i za přispění svalového třesu, který proces zahřívání urychlí (Henshaw, 1970; Arévalo et al., 1990; Zukal et al., 2020). Proměnlivá tělesná teplota vede ke změnám na buněčné úrovni, a to zejména k rozdílům v energetickém metabolismu, což lze sledovat díky metabolitům pomocí buněčných *in vitro* modelů (Nemcova et al., 2022; Nemcova et al., 2024). Sledovaným analytem může být glukóza, jež představuje primární zdroj energie pro metabolickou aktivitu a je nejdůležitějším energetickým substrátem pro většinu tkání. Hlavní drahou glukózového metabolismu je glykolýza, která se odehrává v cytosolu všech buněk. Může probíhat aerobně i anaerobně. Za anaerobních podmínek je pyruvát redukován pomocí enzymu laktátdehydrogenázy na laktát, jež je konečným produktem (Murray et al., 2012; Kodíček et al., 2015).

Počty pokusných zvířat využívaných k experimentům *in vivo* se díky koncepci 3R (replacement, reduction and refinement) snižují. Tím vznikl prostor pro rozvoj nových alternativních metod. Jednou z nich jsou buněčné *in vitro* modely (Törnqvist et al., 2014; Aske and Waugh, 2017; Arck, 2019). Jelikož jsou játra klíčovým orgánem energetického i detoxikačního metabolismu (Rui, 2014; Davidson et al., 2015), došlo k pokroku ve vývoji metod pro přípravu a kultivaci diferencovaných hepatocytů, jak zvířecího, tak lidského původu (Vinken and Hengstler, 2018). Kultury primárních hepatocytů jsou univerzální nástroje, které mohou sloužit pro různé účely testování (Vinken et al., 2012). *In vitro* modely jsou užitečné nejen pro hodnocení cytotoxicity, ale pomocí nich je sledována široká škála morfologických a biochemických markerů pro získání informací na buněčné a molekulární úrovni (Guillouzo, 1998; Ekins et al., 2000).

Právě moderní *in vitro* modely je vhodné využít k experimentům přijatelným z hlediska etického i legislativního, protože netopýři jsou chráněni zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů a prováděcí vyhláškou č. 395/1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. Navíc je Česká republika smluvní stranou Bonnské úmluvy, v rámci níž je platná Dohoda o ochraně populací evropských netopýrů (EUROBATS).

Cílem této studie je prohloubit znalosti o fungování jaterních buněk prostřednictvím simulace proměnlivých fyziologických stavů, během kterých bude sledován jejich metabolický výkon.

Materiál a metodika

V této studii byly použity buněčné linie derivované z jater netopýra rezavého (*Nyctalus noctula*). Buňky byly získány a immortalizovány podle protokolu popsaného v publikaci (He et al., 2014) a geneticky identifikovány jako hepatocyty (Nemcova et al., 2023). Buňky byly kultivovány za použití kultivačního média Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) s 10 % fetálního bovinního séra v inkubátoru se stabilní hladinou 5 % CO₂ při teplotě 36 °C. Buňky byly poté pasážovány do testovacích kultivačních desek a preinkubovány po dobu 24 hodin, aby došlo k adhezi buněk k povrchu desky. Buňky byly během experimentů počítány pomocí počítačích komůrky Fast-Read® (Biosigma), kdy byly počítány zvlášť buňky v suspenzi (počítané přímo po promíchání supernatantu proudem pipety) a buňky adherentní (které byly nejprve promyty fosfátovým pufrům a následně převedeny do suspenze pomocí inkubace s roztokem trypsinu při 36 °C po dobu 5 minut). Počítání bylo provedeno vždy v triplicátu pro každé ze 3 opakování experimentu.

Experiment 1: Hladina glukózy a laktátu. Buňky byly pasážovány v počtu 8 000 buněk/jamka do 96-jamkových desek a preinkubovány 24 hodin při teplotě 36 °C. Poté byly buňky promyty fosfátovým pufrům a k buňkám bylo přidáno kultivační médium DMEM bez pyruvátu s obsahem glukózy 10 Mm. Desky byly jednotlivě inkubovány při různých teplotách za simulace teplotních podmínek hibernace (12 °C), cold arousal (20 °C), denního torporu (28 °C), eutermie (36 °C)

a aktivního letu (42 °C). Glukóza a laktát byly následně vyhodnoceny po 24 a 48 hodinách. Pro stanovení daných analytů v buněčném supernatantu byly použity komerčně dostupné soupravy 1) Glucose-Glo™ Assay 2) Lactate-Glo™ Assay (Promega, Wisconsin, USA), kdy sledovaným parametrem bylo množství spotřebované glukózy a produkovaného laktátu. Při skladování chemikálií, přípravě vzorků, reagensů, a samotné analýze bylo postupováno dle manuálu, který byl dodán výrobcem. Hodnoty luminiscence byly získány pomocí přístroje Cytation 1 Multi-Mode Reader (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT, USA). Buňky byly na závěr testu spočítány pro relativizaci spotřeby/produkce analytů k počtu buněk v kultuře.

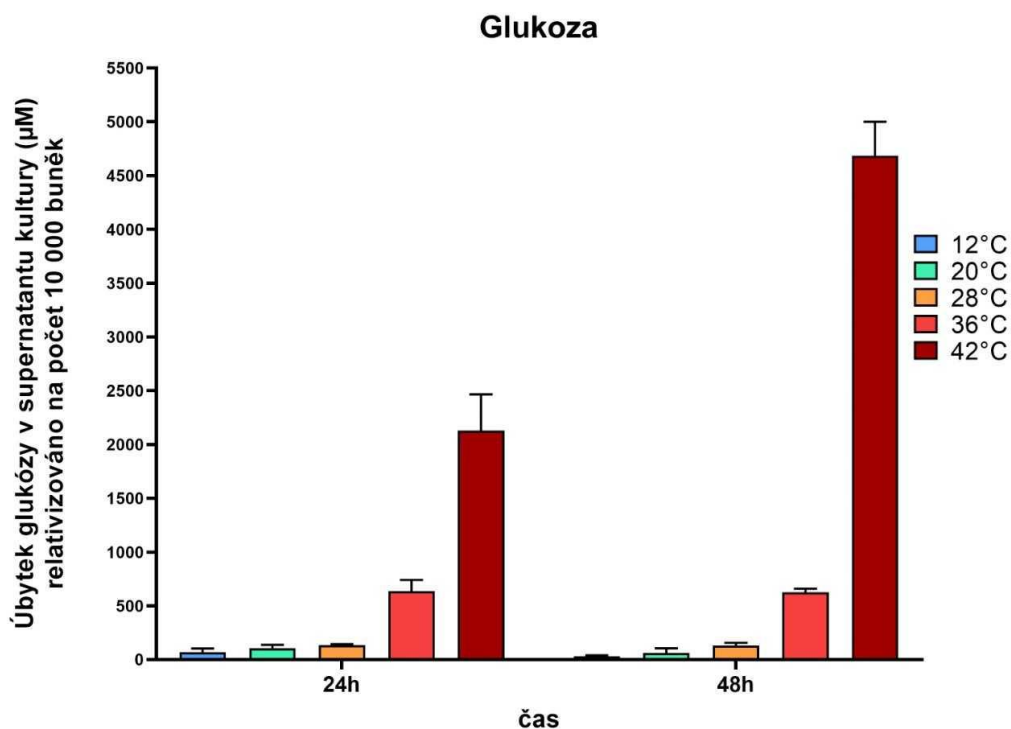
Experiment 2: Proliferace kultury. Buňky byly pasážovány v počtu 50 000 buněk/jamka do 6-jamkových desek a preinkubovány 24 hodin při teplotě 36 °C. Následně byl odstraněn supernatant a nahrazen čerstvým médiem DMEM s vysokým obsahem glukózy, pyruvátu, glutaminem a přidavkem 10 % fetálního bovinního séra. Buňky jedné z desek byly po 24hodinové preinkubaci spočítány, toto číslo sloužilo ve vyhodnocení experimentu jako den 0. Buňky byly následně kultivovány po dobu 1 až 3 dní při experimentálních teplotách simulujících teplotní podmínky hibernace (12 °C), cold arousal (20 °C), denního torporu (28 °C), eutermie (36 °C) a aktivního letu (42 °C). Rychlost proliferace kultury (Gr) byla vypočítána podle rovnice:

$$Gr = \log \left(\frac{\text{počet buněk předchozí den}}{\text{počet buněk v den experimentu}} \right)$$

Statistické vyhodnocování bylo provedeno za pomoci softwaru GraphPad Prism 8.4.3 (GraphPad Software, Inc., San Diego, Kalifornie, USA). Před provedením statistických testů byla data transformována pomocí přirozeného logaritmu $\ln(Y)$. Normalita dat byla ověřena pomocí Shapiro–Wilkova testu, přičemž hodnoty vykazovaly normální rozdělení. Pro porovnání hodnot spotřebované glukózy nebo produkovaného laktátu v závislosti na teplotě byla použita analýza rozptylu (ANOVA) následovaná Sidakovým testem pro vícenásobná porovnání. Pro porovnání rychlosti proliferace kultury při různých teplotách byl použit Tukeyův test vícenásobného porovnání. Statistická významnost byla stanovena na hladině $\alpha = 0,05$. Za statisticky významný rozdíl byl považován výsledek $p < 0,05$, jako statisticky vysoce významný rozdíl byl interpretován výsledek $p < 0,01$, za statisticky nevýznamný rozdíl $p > 0,05$.

Výsledky a diskuze

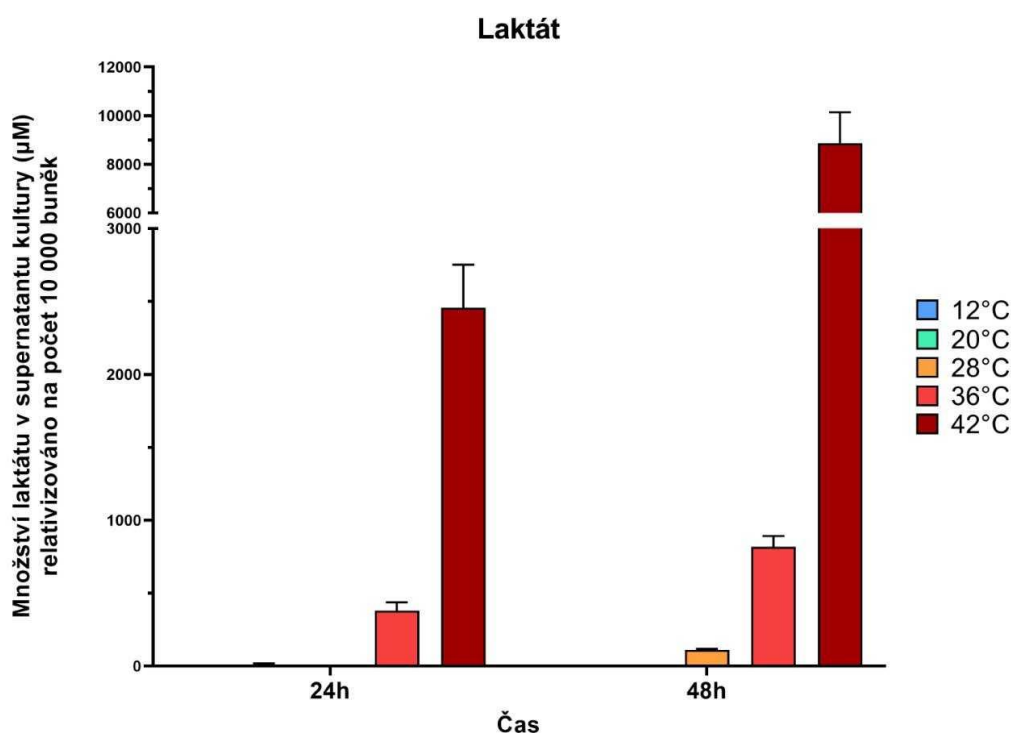
Heterotermie savců je jedinečná adaptace, která umožňuje regulovat metabolismus i tělesnou teplotu (van Breukelen and Martin, 2015). Přejít živočichů do hypometabolismu a zpět je charakterizován fyziologickými změnami na úrovni organismu, orgánů, buněk i molekul (Carey et al., 2003). Informací o fungování metabolismu během proměnlivých fyziologických stavů netopýrů na buněčné úrovni není mnoho. Centrálním orgánem, ve kterém probíhá velká část anabolických i katabolických procesů v rámci metabolismu sacharidů, jsou játra (Rui, 2014). Naše studie je proto zaměřena na hepatocyty netopýra rezavého (*Nyctalus noctula*). Hepatocyty byly po dobu 24 hodin a 48 hodin vystaveny teplotám odpovídající tělesné teplotě netopýra při hibernaci (12 °C), cold arousal (20 °C), denním torporu (28 °C), eutermii (36 °C) a aktivním letu (42 °C). Byla sledována koncentrace spotřebované glukózy a produkovaného laktátu. Výsledné hodnoty jsou znázorněny v grafech č. 1 a 2. Z nich je patrné, že koncentrace spotřebované glukózy a produkovaného laktátu je nejvyšší při simulované teplotě aktivního letu, tedy při 42 °C. Naopak nejnižší koncentrace vybraných analytů byly stanoveny při teplotě simulující hibernaci, tedy 12 °C.

Graf č. 1. Koncentrace glukózy spotřebovaná hepatocyty při proměnlivých teplotách**Tabulka č. 1.** Hodnoty pravděpodobností při porovnání koncentrací glukózy mezi jednotlivými teplotami po 24 hodinách

24 hodin	12 °C	20 °C	28 °C	36 °C	42 °C
12 °C	x	0,8315	0,0621	<0,0001	<0,0001
20 °C	x	x	0,9360	<0,0001	<0,0001
28 °C	x	x	x	<0,0001	<0,0001
36 °C	x	x	x	x	0,0280

Tabulka č. 2. Hodnoty pravděpodobností při porovnání koncentrací glukózy mezi jednotlivými teplotami po 48 hodinách

48 hodin	12 °C	20 °C	28 °C	36 °C	42 °C
12 °C	x	0,0292	0,0007	<0,0001	<0,0001
20 °C	x	x	0,9893	<0,0001	<0,0001
28 °C	x	x	x	<0,0001	<0,0001
36 °C	x	x	x	x	<0,0001

Graf č. 2. Koncentrace laktátu produkovaná hepatocyty při proměnlivých teplotách**Tabulka č. 3.** Hodnoty pravděpodobností při porovnání koncentrací laktátu mezi jednotlivými teplotami po 24 hodinách

24 hodin	12 °C	20 °C	28 °C	36 °C	42 °C
12 °C	x	0,2425	<0,0001	<0,0001	0,0001
20 °C	x	x	<0,0001	<0,0001	0,0001
28 °C	x	x	x	<0,0001	<0,0001
36 °C	x	x	x	x	0,0002

Tabulka č. 4. Hodnoty pravděpodobností při porovnání koncentrací laktátu mezi jednotlivými teplotami po 48 hodinách

48 hodin	12 °C	20 °C	28 °C	36 °C	42 °C
12 °C	x	>0,9999	<0,0001	<0,0001	<0,0001
20 °C	x	x	<0,0001	<0,0001	<0,0001
28 °C	x	x	x	0,3367	0,0012
36 °C	x	x	x	x	<0,0001

Veškeré biologicky důležité aktivity vyžadují energii (McNab, 1982). Glukóza je základním energetickým substrátem, který využívá téměř každý živý organismus. Energetické požadavky živočichů kolísají během 24hodinového cyklu v souvislosti se spánkem/bdělostí, aktivitou/odpočinkem a cykly hladovění/příjmu potravy (Jha et al., 2015). U netopýřů se energetické požadavky mění i v souvislosti s jejich výjimečnou fyziologií, která jim umožňuje přežít zimní období s nízkými teplotami vnějšího prostředí v kombinaci s nedostatkem potravních zdrojů. Netopýři žijící v mírném podnebném pásmu vstupují během nepříznivých podmínek prostředí do stavu denního torporu nebo hibernace. Tyto fyziologické adaptace vedou k útlumu metabolismu (hypometabolismu), čímž netopýři výrazně šetří energii (Davydov, 2004). Například

ve srovnání s eutermií se celková metabolická aktivita během hibernace snižuje až na 1 % (Geiser and Ruf, 1995).

Buňky hibernujících savců jsou adaptovány na výrazné změny tělesné teploty. Tyto adaptace lze pozorovat i pomocí *in vitro* modelů (Nemcova et al., 2022). Buněčné kultury získané z hibernujících savců, např. buněčné linie z plic křečika čínského (Mazur et al., 1969) a makrofágy netopýrů, odolávají nízkým teplotám, zároveň si zachovávají funkčnost (Nemcova et al., 2022) a schopnost obnovit plnou aktivitu po opětovném zahřátí organismu (Carey et al., 2003). Nemcova et al. (2023) navíc zjistili, že buňky netopýrů dokáží přežít teploty pod bodem mrazu a potvrdili důležitost glukózy při extrémně nízkých teplotách během hibernace, kdy bylo prokázáno, že vyšší hladiny glukózy významně zlepšují jejich životnost.

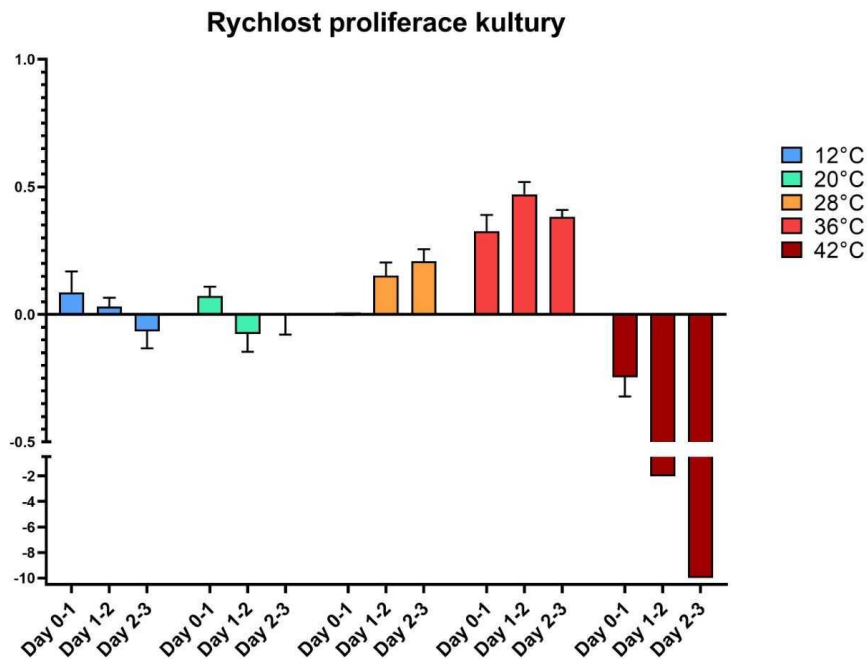
Jak je vidno z grafu č. 1, při teplotách odpovídajících tělesné teplotě hibernujícího netopýra (12 °C) a tělesné teplotě při torporu (28 °C), je spotřeba glukózy hepatocyty nízká po 24hodinové i 48hodinové expozici. To platí také pro tělesnou teplotu netopýra simulující krátké probuzení z hibernace (cold arousal). Tělesná teplota heterotermních netopýrů se mění v závislosti na jejich aktivitě, během hibernace klesá tělesná teplota na úroveň vnějšího okolí (Ruf and Geiser, 2015) a využívání sacharidů jako energetického zdroje je významně sníženo, zatímco metabolismus lipidů se zvyšuje (Smalley and Dryer, 1963). Hlavním zdrojem energie během hibernace jsou produkty lipolýzy uvolňované z tukové tkáně (Carey et al., 2003). Nízké výsledné hodnoty koncentrace spotřebované glukózy tedy odpovídají snížené metabolické aktivitě při tělesných teplotách nižších než 36 °C. A i přesto, že jsou játra hlavním centrem metabolismu glukózy (Rui, 2014), bylo zjištěno, že při nízkých teplotách je inhibován (Brooks et al., 1999). Snížený přísun živin a kyslíku do buněk je tedy účinně vyvážen sníženými energetickými nároky metabolicky utlumených tkání (Carey et al., 2003).

Buněčné a molekulární procesy u hibernujícího netopýra jsou zpomalené, po probuzení se však v celém těle spolu s dalšími fyziologickými procesy vrací do normálního stavu (van Breukelen and Martin, 2015). Metabolická termogeneze dokáže ohřát tělo hibernujícího živočicha ze snížené tělesné teploty 5 °C na 36 °C během asi 30 minut (Zukal et al., 2020). Vyšší teplota zvyšuje metabolickou aktivitu (Davydov, 2004), s čímž naše výsledky korelují. Navýšení koncentrací glukózy i laktátu při eutermii v porovnání s teplotami simulujícími stav organismu v útlumu (12 °C, 20 °C, 28 °C) je patrné z grafu č. 1 a 2. Statisticky vysoce významné navýšení koncentrace spotřebované glukózy bylo prokázáno při 36 °C v porovnání s teplotami 12 °C, 20 °C i 28 °C ($p < 0,0001$, pro jednodenní i dvoudenní dobu expozice), jak je uvedeno v tabulce č. 1 a 2. Zároveň byl nalezen statisticky vysoce významný rozdíl v koncentraci laktátu mezi teplotami 36 °C a 12 °C i mezi teplotami 36 °C a 20 °C ($p < 0,0001$, pro 24 hod. i 48 hod.), jak je uvedeno v tabulce č. 3 a 4. Významná část energetického výdeje je věnována na udržení bazálního metabolismu, který přímo ovlivňuje tělesnou teplotu. Zvýšený energetický výdej během fáze bdělosti, tedy ve spojitosti se zvýšenou pohyblivostí, musí netopýři kompenzovat příjmem potravy (Jha et al., 2015; Azeredo et al., 2019) a to tak, aby udrželi rovnováhu mezi krátkodobými a dlouhodobými energetickými potřebami a výdejem energie během letu za potravními zdroji (Laska, 1990). Let je energeticky velmi nákladný způsob pohybu, který musí být poháněn snadno dostupnými energetickými substráty (Norberg and Rayner, 1987). Obecně platí, že obratlovci schopni aktivního letu mohou spalovat substráty z vnitřních zdrojů, jako jsou tuky, nebo zásoby sacharidů z vnějších zdrojů, nebo z kombinace obojího (Voigt et al., 2010). Glukóza je primárním zdrojem energie, netopýři mohou tento zdroj efektivně využívat (Azeredo et al., 2019). Koncentrace spotřebované glukózy hepatocyty byla nejvyšší při simulované tělesné teplotě aktivního letu (graf č. 1). Bylo zjištěno statisticky vysoce významné navýšení koncentrace glukózy při 42 °C v porovnání s 36 °C po 48hodinové expozici ($p < 0,0001$) a statisticky významné navýšení po 24hodinové expozici ($p = 0,028$). Při teplotě 42 °C bylo analyzováno také značné množství laktátu (graf č. 2), přičemž byl rozdíl vyhodnocen jako statisticky vysoce významný s hodnotou $p = 0,0002$ v případě 24hodinové expozice a s $p < 0,0001$ pro 48hodinovou expozici při srovnání koncentrací laktátu produkovaného

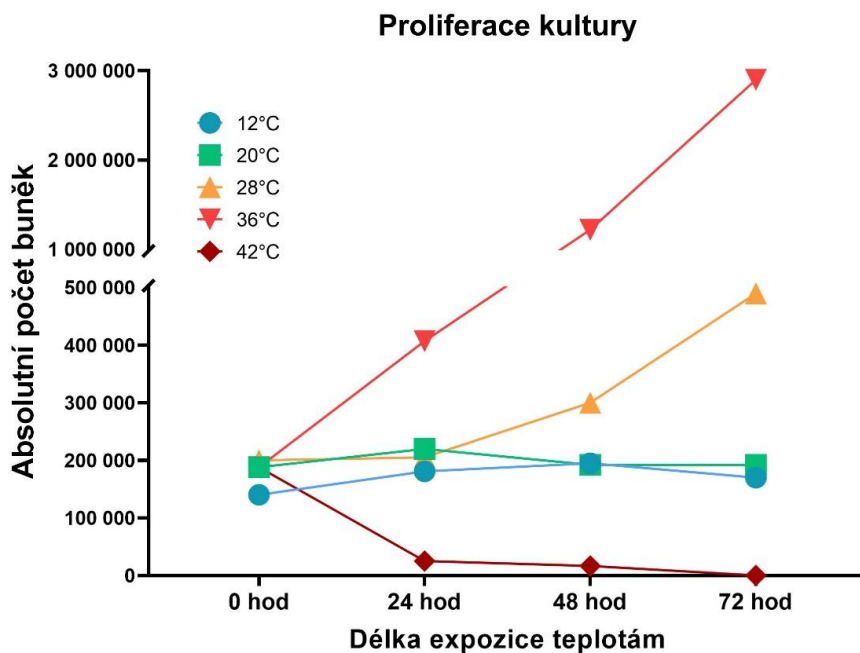
při teplotě simulující eutermii a aktivní let (tabulka č. 3 a 4). Játra, ledviny a srdce většinou laktát spotřebovávají a oxidují, ale za hypoxických podmínek jej mohou i produkovat. Množství vytvořeného ATP na mol oxidované glukózy je však během anaerobní glykolýzy omezené. Pokud je laktát tvořen v nadbytku, je využíván játry pro glukoneogenezi. To vede ke zvýšenému metabolickému obratu poskytujícímu ATP (Murray et al., 2012; Kodíček et al., 2015).

Spolu s metabolity bylo naším cílem porovnat rychlost proliferace buněčné kultury mezi 5 vybranými teplotami. Graf č. 3 shrnuje rychlost proliferace při simulovaných teplotách (12 °C, 20 °C, 28 °C, 36 °C, 42 °C) v průběhu 3 dnů. Hodnoty nad 0 indikují proliferaci kultury. Hodnoty menší než 0 signalizují to, že v kultuře docházelo ke ztrátě buněk, které inhibovaná replikace buněk nedokázala vyrovnat.

Graf č. 3. Rychlost proliferace buněčné kultury



Graf č. 4. Proliferace buněčné kultury



Ve 36 °C, což je teplota odpovídající eutermii, tedy optimálním podmínkám, byl růst buněčné linie hepatocytů prokazatelně nejrychlejší. Jak je patrné z grafu č. 4, při teplotě 28 °C byla pozorována proliferace obdobně jako u teploty 36 °C, avšak s menším počtem buněk. Ve 12 °C a 20 °C byl počet buněk po třech dnech kultivace přibližně stejný jako v 0. den. Změny v proliferaci kultury jsou markantní již po 24 hodinách. Byly nalezeny statisticky významné a vysoce významné rozdíly ve srovnání rychlosti proliferace při teplotě 36 °C s teplotami 12 °C, 20 °C a 28 °C (tabulka č. 5-7). Celková proliferace závisí na počtu buněk schopných dělení (Withers and Street, 1977). Nízké teploty snižují syntetickou aktivitu, proliferaci a diferenciaci buněk a tím buňky mohou ztrácet schopnost replikace (Burdon, 1987; Harding et al., 2016).

Teplota 42 °C, simulující aktivní let, je pro buňky z dlouhodobého hlediska devastující. Jak je patrné z grafu č. 4, po 24 hodinách expozice při teplotě 42 °C došlo k buněčné smrti u většiny hepatocytů (až 86 %). Statisticky vysoce významný rozdíl v rychlosti proliferace byl potvrzen mezi teplotou 36 °C a 42 °C s $p < 0,0001$ po 24 hodinách, 48 hodinách i 72 hodinách (tabulka č. 5-7). Tělesná teplota při aktivním letu je extrémně vysoká, trval-li by takový stav déle než několik hodin, mohlo by docházet k poškození vlastních tkání. Adaptace, kterými netopýři šetří energii (denní torpor), tedy rovněž poskytují čas k opravě poškozených buněk a náhradě novými buňkami. Hypermetabolismus během letu a s tím spojené energetické nároky, netopýři musí kompenzovat rychle dostupnými živinami (Voigt et al., 2010). Se stravou bohatou na sacharidy např. nektarivorní či frugivorní netopýři pohánějí let výhradně exogenními sacharidy poté, co začnou konzumovat nektar/ovoce. Sacharidy jsou snadno vstřebatelné a rychle se zapojují do metabolismu, takže netopýři krmící se nektarem mohou během několika minut přejít od spalování vnitřních zásob na spalování externích sacharidů (Korine et al., 1999; Voigt and Speakman, 2007; Voigt et al., 2008c; Amitai et al., 2010). Naproti tomu insektivorní druhy netopýřů potřebují více než dvojnásobek času na přechod k exogenním zdrojům energie (Voigt et al., 2008a, b).

Tabulka č. 5. Hodnoty pravděpodobností rychlosti proliferace kultury v závislosti na teplotě po 24 hodinách

Den 1	12 °C	20 °C	28 °C	36 °C	42 °C
12 °C	x	0,9997	0,8261	0,0254	0,0012
20 °C	x	x	0,9002	0,0163	0,0020
28 °C	x	x	x	0,0047	0,0470
36 °C	x	x	x	x	<0,0001

Tabulka č. 6. Hodnoty pravděpodobností rychlosti proliferace kultury v závislosti na teplotě po 48 hodinách

Den 2	12 °C	20 °C	28 °C	36 °C	42 °C
12 °C	x	0,6938	0,5880	0,0002	<0,0001
20 °C	x	x	0,0356	<0,0001	<0,0001
28 °C	x	x	x	0,0020	<0,0001
36 °C	x	x	x	x	<0,0001

Tabulka č. 7. Hodnoty pravděpodobností rychlosti proliferace kultury v závislosti na teplotě po 72 hodinách

Den 3	12 °C	20 °C	28 °C	36 °C	42 °C
12 °C	x	0,9592	0,0406	0,0001	<0,0001
20 °C	x	x	0,1600	0,0008	<0,0001
28 °C	x	x	x	0,0255	<0,0001
36 °C	x	x	x	x	<0,0001

Závěr

Studie zabývající se energetickým metabolismem u netopýrů na orgánové úrovni povětšinou chybí zejména proto, že jsou netopýři ohrožená, legislativně chráněná zvířata a není možné je běžně využít v experimentech. Z tohoto důvodu je vhodné využít alternativní *in vitro* modely, buněčné kultury, které jsou eticky přijatelné, v souladu s koncepcí 3R, a zároveň jsou zacíleny na konkrétní orgán, který není možné sledovat na buněčné úrovni bez invazivního zásahu do organismu.

Nevýhodou studií založených na *in vitro* modelech je skutečnost, že nemohou plně popsat děje na úrovni celého organismu v prostředí, kde působí mnoho dalších faktorů. Naše poznatky však mohou pomoci získat hlubší informace o fyziologických procesech v rámci života netopýrů a určit další směr výzkumu, jež by se měl zaměřit na metabolismus energetických zásob, konkrétně na lipidy a glykogen.

Studie byla provedena za finanční podpory projektu IGA VETUNI 226/2025/FVHE.

Literatura

- Amitai, O., Holtze, S., Barkan, S., Amichai, E., Korine, C., Pinshow, B., Voigt, C.C. 2010. Fruit bats (*Pteropodidae*) fuel their metabolism rapidly and directly with exogenous sugars. *Journal of Experimental Biology* 213: 2693-2699.
- Anděra, M. 2014. Naši netopýři. Průhonice: Správa jeskyní České republiky.
- Anderson, S.C., Ruxton, G.D. 2020. The evolution of flight in bats: a novel hypothesis. *Mammal Review* 50: 426-439.
- Andrews, M.T., Squire, T.L., Bowen, C.M., Rollins, M.B. 1998. Low-temperature carbon utilization is regulated by novel gene activity in the heart of a hibernating mammal. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95: 8392-8397.
- Arck, P.C. 2019. When 3 Rs meet a forth R: Replacement, reduction and refinement of animals in research on reproduction. *Journal of Reproductive Immunology* 132: 54-59.
- Arévalo, F., Burgos, M.J., del Hoyo, N., and López- Luna, P. 1990. Seasonal Variations in the Lipid Composition of the White and Brown Tissues in the Bat *Pipistrellus pipistrellus*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 95B: 535-539.
- Aske, K.C., Waugh, C.A. 2017. Expanding the 3R principles: More rigour and transparency in research using animals. *EMBO Reports* 18: 1490-1492.
- Azeredo, L.M.M., Ximenes, M.S., Alves-Pereira, K., Aguiar Fracasso, M.P., Serramo Lopez L.C. 2019. Body mass index and glucose variations during the night in free-ranging *Artibeus planirostris* (*Chiroptera: Phyllostomidae*). *Zoologia* 36: 1-8.
- Bachorec, E., Bartonička, T., Heger, T., Pikula, J., Zukal, J. 2021. Cold arousal - A mechanism used by hibernating bats to reduce the energetic costs of disturbance. *Journal of Thermal Biology* 101: 103107.
- Brooks, S.P.J., Dawson, B.A., Black, D.B., Storey, K.B. 1999. Temperature regulation of glucose metabolism in red blood cells of the freeze-tolerant wood frog. *Cryobiology* 39: 150-157.
- Burdon, R.H. 1987. Temperature and animal cell protein synthesis. *Symposia of the Society for Experimental Biology* 41: 113-133.
- Carey, H.V., Andrews, M.T., Martin, S.L. 2003. Mammalian Hibernation: Cellular and Molecular Responses to Depressed Metabolism and Low Temperature. *Physiological Reviews* 83: 1153-1181.
- Davidson, M.D., Ware, B.R., Khetani, S.R. 2015. Stem Cell-Derived Liver Cells for Drug Testing and Disease Modeling. *Discovery Medicine* 19: 349-358.
- Davydov, A.F. 2004. Energetics and Thermoregulation in Chiroptera. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology* 40: 241-249.
- Ekins, S., Ring, B.J., Grace, J., McRobie-Belle, D.J., Wrighton, S.A. 2000. Present and future *in vitro* approaches for drug metabolism. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods* 44: 313-24.
- Geiser, F., Ruf, T. 1995. Hibernation versus daily torpor in mammals and birds: physiological variables and classification of torpor patterns. *Physiological Zoology* 68: 935-966.
- Guillouzo, A. 1998. Liver Cell Models in *in Vitro* Toxicology. *Environmental Health Perspectives* 106: 511-532.

- Harding, R.L., Halevy, O., Yahav, S., Velleman, S.G. 2016. The effect of temperature on proliferation and differentiation of chicken skeletal muscle satellite cells isolated from different muscle types. *Physiological Reports* 4: e12770.
- He, X., Korytář, T., Zhu, Y., Pikula, J., Bandouchova, H., Zukal, J., Köllner, B. 2014. Establishment of Myotis myotis cell lines-model for investigation of host-pathogen interaction in a natural host for emerging viruses. *PLoS One* 9: e109795.
- Henshaw, R.E. 1970. Thermoregulation in Bats. *Fondren Science Series* 1: 11.
- Jha, P.K., Challet, E., Kalsbeek, A. 2015. Circadian rhythms in glucose and lipid metabolism in nocturnal and diurnal mammals. *Molecular and Cellular Endocrinology* 418: 74-88.
- Kodíček, M., Valentová, O., Hynek, R. 2015. *Biochemie: chemický pohled na biologický svět*. Vysoká škola chemicko-technologická. Praha.
- Korine, C., Zinder, O., Arad, Z. 1999. Diurnal and seasonal changes in blood composition of the free-living Egyptian fruit bat (*Rousettus aegyptiacus*). *Journal of Comparative Physiology B* 169: 280-286.
- Laska, M. 1990. Food transit times and carbohydrate use in three Phyllostomid bat species. *Mammalian Biology (früher Zeitschrift für Säugetierkunde)* 55: 49-54.
- Lima, S.L., O'Keefe, J.M. 2013. Do predators influence the behaviour of bats? *Biological Reviews* 88: 626-644.
- Maina, J.N. 2000. What it Takes to Fly: The Structural and Functional Respiratory Refinements in Birds and Bats. *Journal of Experimental Biology* 203: 3045-3064.
- Mayberry, H.W., McGuire, L.P., Willis, C.K.R. 2018. Body temperatures of hibernating little brown bats reveal pronounced behavioural activity during deep torpor and suggest a fever response during white-nose syndrome. *Journal of Comparative Physiology B* 188: 333-343.
- Mazur, P., Farrant, J., Leibo, S.P., Chu, E.H.Y. 1969. Survival of hamster tissue culture cells after freezing and thawing: Interactions between protective solutes and cooling and warming rates. *Cryobiology* 6: 1-9.
- McNab, B.K. 1982. Evolutionary Alternatives in the Physiological Ecology of Bats In: Thomas, H., Kunz, T.H. (Eds.): *Ecology of Bats*, Plenum Press, New York, pp. 151-200.
- Murray, R.K., Bender, D.A., Botham, K.M., Kennelly P.J., Rodwell, V.W., Weil, P.A. 2012. Harperova ilustrovaná biochemie. Překlad: Matouš, B., Galén. Praha.
- Nemcova, M., Seidlova, V., Zukal, J., Dundarova, H., Zukalova, K., Pikula, J. 2022. Performance of bat-derived macrophages at different temperatures. *Frontiers in Veterinary Science* 9: 978756.
- Nemcova, M., Seidlova, V., Zukal, J., Dundarova, H., Bednarikova, S., Pikula, J. 2023. Bat-derived cells use glucose as a cryoprotectant. *Journal of Thermal Biology* 115: 103652.
- Nemcova, M., Zukal, J., Seidlova, V., Bednarikova, S., Havelkova, B., Dundarova, H., Pikula, J. 2024. Temperature-dependent *in vitro* hepatocytotoxicity of insecticides in bats. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 111: 104544.
- Neuweiler, G. 2000. *The biology of bats*. Oxford University Press.
- Norberg, U.M., Rayner, J.M.V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (*Mammalia: Chiroptera*): wingadaptations, flight performance, foraging strategy andecholocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 316: 335-427.
- Ruf, T., Geiser, F. 2015. Daily torpor and hibernation in birds and mammals. *Biological Reviews* 90: 891-926.
- Rui, L. 2014. Energy metabolism in the liver. *Comprehensive Physiology* 4: 177-197.
- Schmidt-Nielsen, K. 1997. *Animal Physiology – Adaptation and Environment*. 5th edition. Cambridge University Press. Cambridge.
- Shen, Y.Y., Liang, L., Zhu, Z.H., Zhou, W.P., Irwin, D.M., Zhang, Y.P. 2010. Adaptive evolution of energy metabolism genes andthe origin of flight in bats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 8666-8671.
- Smalley, R.L., Dryer, R.L. 1963. Brown fat: Thermogenic effect during arousal from hibernation in the bat. *Science* 140: 1333-1334.
- Speakman, J.R., Racey, P.A. 1989. Hibernation ecology of the pipistrelle bat: energy expenditure, water requirements and mass loss, implications to survival and the function of winter emergence flights. *Journal of Animal Ecology* 58:797-813.
- Speakman, J.R., Webb, P.I., Racey, P.A. 1991. Effects of disturbance on the energy expenditure of hibernating bats. *Journal of Applied Ecology* 28: 1087-1104.

- Stawski, C., Willis, C.K.R., Geiser, F. 2014. The importance of temporal heterothermy in bats. *Journal of Zoology* 292: 86-100.
- Törnqvist, E., Annas, A., Granath, B., Jalkestén E., Cotgreave, I., Öberg M. 2014. Strategic focus on 3R principles reveals major reductions in the use of animals in pharmaceutical toxicity testing. *PLoS One* 9: e101638.
- Úmluva o ochraně stěhovavých druhů volně žijících živočichů – Bonnská úmluva [online]. [vid. 31. 7. 2025]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/CS/legal-content/summary/convention-on-the-conservation-of-migratory-species-of-wild-animals-bonn-convention.html>
- van Breukelen, F., Martin, S.L. 2015. The hibernation continuum: Physiological and molecular aspects of metabolic plasticity in mammals. *Physiology* 30: 273-281.
- Vinken, M., Hengstler, J.G. 2018. Characterization of hepatocyte-based *in vitro* systems for reliable toxicity testing. *Archives of Toxicology* 92: 2981-2986.
- Vinken, M., Vanhaecke, T., Rogiers, V. 2012. Primary hepatocyte cultures as *in vitro* tools for toxicity testing: quo vadis? *Toxicology in Vitro* 26: 541-544.
- Voigt, C.C., Speakman, J.R. 2007. Nectar-feeding bats fuel their high metabolism directly with exogenous carbohydrates. *Functional Ecology* 21: 913-921.
- Voigt, C.C., Baier, L., Speakman, J.R., Siemers, B.M. 2008a. Stable carbon isotopes in exhaled breath as tracers for dietary information in birds and mammals. *Journal of Experimental Biology* 211: 2233-2238.
- Voigt, C.C., Grasse, P., Rex, K., Hetz, S.K., Speakman, J.R. 2008b. Bat breath reveals metabolic substrate use in free-ranging vampires. *Journal of Comparative Physiology B* 178: 9-16.
- Voigt, C.C., Rex, K., Michener, R.H., Speakman, J.R. 2008c. Nutrient routing in omnivorous animals tracked by stable carbon isotopes in tissue and exhaled breath. *Oecologia* 157: 31-40.
- Voigt, C.C., Sörgel, K., Dechmann, D.K.N. 2010. Refueling while flying: Foraging bats combust food rapidly and directly to power flight. *Ecology* 91: 2908-2917.
- Vyhláška č. 395/1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 15. 7. 2025].
- Withers, L.A., Street, H.E. 1977. Freeze preservation of cultured plant cells. III. The pregrowth phase. *Physiologia Plantarum* 39: 171-178.
- Yuan, L., Zhao, X., Lin, B., Rossiter, S. J., He, L., Zuo, X., He, G., Jones, G., Geiser, F., Zhang, S. 2012. Correction: Adaptive Evolution of Leptin in Heterothermic Bats. *PLoS One* 7: 10.1371.
- Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. In: ASPI [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [vid. 15. 7. 2025].
- Zubaid, A., McCracken, G.F., Kunz, T. 2006. *Functional and Evolutionary Ecology of Bats*. Oxford University Press. 360 s.
- Zukal, J., Harazim, M., Martíková, N. 2020. Život ve dvou extrémech – fyziologie netopýrů. *Živa* 3: 133-136.

CYTOTOXICKÝ ÚČINEK VYBRANÝCH TĚŽKÝCH KOVŮ NA JATERNÍ BUŇKY NETOPÝRA REZAVÉHO (NYCTALUS NOCTULA)

CYTOTOXIC EFFECTS OF SELECTED HEAVY METALS ON LIVER CELLS OF THE COMMON NOCTULE BAT (NYCTALUS NOCTULA)

Miroslava Kaňová^{1*}, Hana Band'ouchová²

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Klinika chorob ptáků, plazů a drobných savců, Fakulta veterinárního lékařství, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Avian and Exotic Animal Clinic, Faculty of Veterinary Medicine, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Exposure to environmental pollutants, such as toxic heavy metals, represents one of the possible factors contributing to the decline of bat populations. As protected species, bats require non-invasive testing approaches. Cell lines offer an effective model for testing exposure to such contaminants through their diet. In this study, liver cell lines derived from the Common Noctule Bat (*Nyctalus noctula*) were exposed to various concentrations of lead (Pb) and mercury (Hg) at temperatures of 37 °C and 8 °C for 24 hours. Cytotoxicity was determined using a commercial LDH assay. The results showed higher cell sensitivity to mercury, even at lower concentrations, with statistically significant differences compared to controls ($p < 0.05$). In contrast, lead induced lower cytotoxicity even at higher doses. These findings are consistent with general knowledge about the higher acute toxicity of mercury compared to lead.

Key words: cytotoxicity, cell lines, lead, mercury, LDH

Souhrn

Expozice environmentálním polutantům, jako jsou toxické těžké kovy, představuje jednu z možných příčin poklesu populací netopýrů. Tito živočichové jsou ohroženou skupinou a jsou chráněni zákonem, což zdůrazňuje potřebu studovat vlivy těchto škodlivin neinvazivními metodami. V tomto ohledu poskytují buněčné linie jedinečnou možnost pro hodnocení účinků látek, kterým mohou být hmyzožraví netopýři vystaveni zejména prostřednictvím potravy. V této studii byly použity jaterní buněčné linie netopýra rezavého (*Nyctalus noctula*), které byly po 24 hodin vystaveny různým koncentracím olova (Pb) a rtuti (Hg) při teplotách 37 °C a 8 °C. Cytotoxická byla vyhodnocena pomocí komerčního kitu na stanovení LDH. Výsledky ukázaly vyšší citlivost buněk na rtuť, a to již při nižších koncentracích, přičemž rozdíly oproti kontrole byly statisticky významné ($p < 0,05$). Naproti tomu olovo vyvolalo nižší míru cytotoxicity i při vyšších dávkách. Tato data odpovídají obecným poznatkům o vyšší akutní toxicitě rtuti ve srovnání s olovem.

Klíčová slova: cytotoxicita, buněčné linie, olovo, rtuť, LDH

Úvod

Biologická rozmanitost je celosvětově ohrožována řadou faktorů, včetně ztráty stanovišť, znečištění, změn klimatu, nadměrného a nelegálního lovu, invazí nepůvodních druhů či šíření nemocí. Se zvyšující se lidskou populací se tyto hrozby dále prohlubují. Významnou roli hraje i kontaminace vody, ovzduší a potravního řetězce toxickými látkami (Landrigan et al., 2018).

* kanovam@vfu.cz

V posledních letech došlo k nárůstu monitorovacích studií zabývajících se ochranou vzácných a ohrožených druhů. Monitorování a opakované sčítání jedinců umožňuje hodnotit populační trendy a stupeň ohrožení jednotlivých druhů (Vyhláška č. 114/2010 Sb., Lindenmayer a Likens, 2010). Mezi bioindikátory chemického znečištění patří například hmyzožravci, hlodavci a volně žijící ptáci, kteří jsou kontaminantům vystaveni potravou, vodou nebo absorpcí přes kůži (Burger, 2006). Netopýři představují specifickou skupinu savců s důležitou ekologickou rolí v ekosystémech, například v regulaci hmyzích populací nebo opylování. Zástupci řádu Letouni jsou významnými bioindikátory a tvoří přibližně 20 % všech savců (Kunz et al., 2011).

Netopýři jsou obzvláště citliví na environmentální stresory, a to kvůli své potravní specializaci, dlouhověkosti a postavení v potravním řetězci, které zvyšuje riziko bioakumulace toxických látek (Zukal et al., 2015). V tělech netopýřů byly prokázány variabilní koncentrace těžkých kovů – např. Pb v játrech *Eptesicus serotinus* 2,51 µg/g (Pikula et al., 2010), v ledvinách až 69,7 µg/g u *Pipistrellus pipistrellus* (Walker et al., 2007). U Hg byly nejvyšší koncentrace také v ledvinách netopýřů – 8,14 µg/g u *Plecotus auritus* a 8,01 µg/g u *Myotis mystacinus* (Walker et al., 2007). Wada et al. (2010) popsali výrazné zvýšení koncentrací Hg v krvi a srsti *Eptesicus fuscus* v kontaminované oblasti, přičemž srst vykazovala 260krát vyšší koncentraci než krev. Olovo má neurotoxické, nefrotoxické a hematotoxické účinky. Může narušovat metabolismus vápníku a vitamínu D, způsobovat anémii a oxidativní stres (Svobodová et al., 2017), a vyvolávat neurologické projevy jako deprese, třes nebo zhoršené vidění (Neumann et al., 1989). Rtuť se váže na thiolové skupiny bílkovin, čímž narušuje enzymatickou aktivitu, transportní funkce a propustnost buněčných membrán, vyvolává oxidativní stres, poruchy mitochondriální aktivity a metabolismu hemu (Modrá et al., 2014).

Cílem studie bylo s využitím buněčné kultury ověřit citlivost netopýřích hepatocytů k expozici olovu a rtuti.

Materiál a metodika

Veškerá manipulace s jaterními buňkami netopýra rezavého (*Nyctalus noctula*) i s experimentálními roztoky probíhala za přísných sterilních podmínek ve sterilním laminárním boxu. Před samotnou manipulací bylo nutné připravit všechny potřebné roztoky a následně namnožit potřebné množství buněk.

Buňky byly kultivovány ve sterilních plastových kultivačních lahvích obsahujících DMEM médium (Sigma Aldrich), suplementované 10 % fetálního bovinního séra (FBS, Sigma Aldrich) a 1 % antibiotického roztoku Penicilin/Streptomycin (LONZA). Kultivace probíhala při teplotě 37 °C v CO₂ inkubátoru (5 % CO₂, 95 % vlhkost). Médium bylo pravidelně vyměňováno každé tři dny sterilní skleněnou pipetou.

Množení buněk probíhalo nejprve z kryokonzervovaných vzorků uchovávaných při teplotě -80 °C a následně s využitím buněk z pomnožených kultur. Přebytkové buňky určené pro pozdější použití byly uchovány v kryogenních zkumavkách při -80 °C.

Pro potřeby experimentu byly připraveny různé koncentrace roztoků olova a rtuti, včetně negativní kontroly a slepých vzorků. Jako experimentální látky byly použity PbCl₂ a HgCl₂ (analytické standardy, Sigma Aldrich) v koncentracích: 60, 80, 120, 200 a 300 µg/ml (Pb) a 5, 15, 30, 45 a 60 µg/ml (Hg). Testované koncentrace byly aplikovány do 96 jamkových kultivačních destiček, do nichž byly předem nasazeny buňky. Následovala 24hodinová expozice při teplotě 8 °C nebo 37 °C. Výsledky expozice byly hodnoceny na základě porovnání absorbancí jednotlivých expozic s absorbancí kontrol a následným přepočtem na procentuální cytotoxicitu u jednotlivých koncentrací testovaných těžkých kovů. Test probíhal v sedmi opakováních. Cytotoxicita byla stanovena pomocí kolorimetrického testu LDH Cytotoxicity Detection Kit Plus (Roche), který kvantifikuje množství laktátdehydrogenázy (LDH) uvolněné do média z poškozených buněk. Stanovení bylo provedeno spektrofotometricky pomocí ELISA readeru při vlnové délce 490–520 nm.

Normální rozložení hodnot absorbance bylo testováno pomocí testů Kolmogorov-Smirnov a Shapiro-Wilk. K posouzení normálně rozložených dat byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA), Levenův test homogenity rozptylů a post-hoc test nejmenších významných rozdílů (LSD). Data u souborů s nenormálním rozložením byla testována pomocí Kruskal-Wallis testu (Kruskal-Wallis ANOVA) a následného mnohonásobného porovnávání.

Výsledky a diskuse

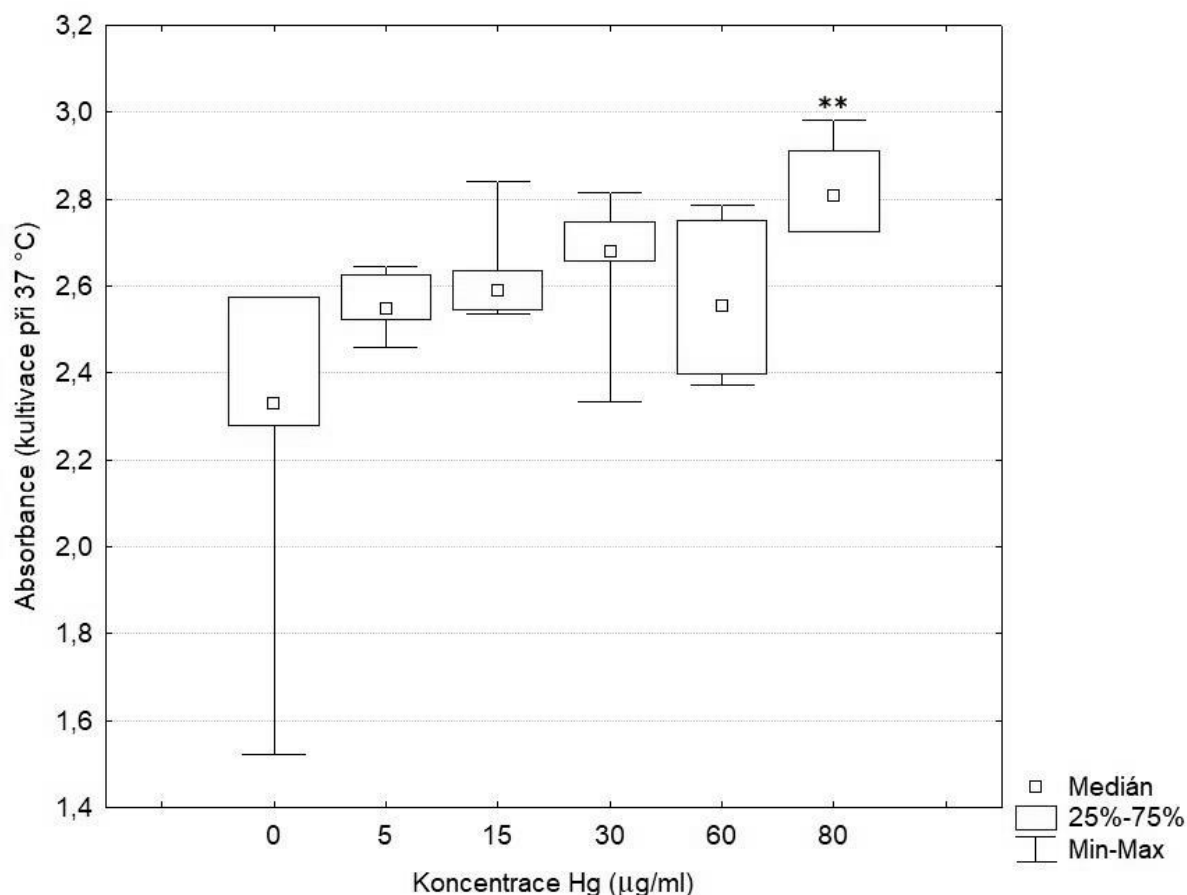
Mezi kontrolními buňkami v čistém kultivačním médiu a kontrolními buňkami s 1 % ethanolem nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Bylo tedy prokázáno, že etanol, který sloužil pro rozpustění testovaných látek, nemá průkazný negativní vliv na samotné jaterní buňky.

Temperátní druhy netopýrů patří mezi heterotermní živočichy. Období s nedostatkem potravy přecházejí ve stavu, kdy dochází ke snížení tělesné teploty a ke zpomalení metabolismu. Pro zvýšení tělesné teploty a opětovný návrat do aktivního stavu využívají netopýři hnědou tukovou tkáň. V obdobích snížené aktivity, jako je hibernace či torpor, nedochází jen ke snížení metabolismu, ale snižují se i funkce imunitního systému a detoxikačních mechanismů (Bouma et al., 2010; Xiao et al., 2015). To je důležité při hodnocení expozice toxickým látkám, protože jejich eliminace může být za těchto podmínek omezená. Při experimentu s jaterními buňkami netopýra rezavého (*Nyctalus noctula*) bylo použito olovo v koncentracích 60, 80, 120, 200, 300 $\mu\text{g/ml}$ a rtuť s koncentracemi 5, 15, 30, 60, 80 $\mu\text{g/ml}$, obojí v expozici trvající 24 h při teplotě 8 °C nebo 37 °C. Jako environmentálně relevantní jsou dle prací autorů Walker et al. (2007) a Wada et al. (2010) brány koncentrace 5 a 15 $\mu\text{g/ml}$ u rtuti a 60 $\mu\text{g/ml}$ u olova. Výsledná cytotoxicita Pb se pohybovala od 0 % do 11 % při 8 °C a od 1 % do 9 % při 37 °C. Cytotoxicita Hg se pohybovala od 3 % do 57 % při 8 °C a od 18 % do 38 % při 37 °C. Po 24 h expozici při 37 °C byla nejvyšší cytotoxicita prokázána v koncentracích 300 $\mu\text{g/ml}$ (9 %) pro olovo a v 80 $\mu\text{g/ml}$ (38 %) pro rtuť. V 8 °C byla naměřena nejvyšší cytotoxicita Pb 11 % v koncentraci 300 $\mu\text{g/ml}$, nulová v jamkách exponovaných nejnižší koncentraci 60 $\mu\text{g/ml}$. Pro Hg byla zjištěna nejvyšší cytotoxicita v koncentraci 60 $\mu\text{g/ml}$ (druhá nejvyšší koncentrace), která byla 57 %. Nejnižší cytotoxicita potom byla zjištěna v koncentraci 15 $\mu\text{g/ml}$ (druhá nejnižší koncentrace, 3 %).

Při statistické analýze výsledků naměřené absorbance byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl pouze u expozice rtutí při 37 °C (Graf č. 1, $p < 0,05$). Následné vícečetné porovnání ukázalo statisticky průkazně rozdílné hodnoty pouze mezi kontrolou a nejvyšší koncentrací (80 $\mu\text{g/ml}$, $p < 0,01$). Z výsledků se tedy zdá, že netopýří hepatocyty jsou schopny se lépe vyrovnat s expozicí těžkým kovům než expozici pesticidům (Kanova et al., 2022), u kterých byl výsledný efekt výrazně větší. Je možné, že vzhledem ke svému postavení v potravním řetězci jsou netopýři na vyšší koncentrace těžkých kovů a na vypořádání se s negativními účinky, které těžké kovy v organismu způsobují, adaptovaní. Vzhledem k tomu, že jsou těžké kovy běžnou součástí půdy a kumulují se v bezobratlých, kterými se netopýři živí, je pravděpodobné že se s nimi netopýři v průběhu svého života přirozeně setkávají.

Jedním z hlavních mechanismů toxického působení těžkých kovů je nárůst oxidativního stresu (Modrá et al., 2014). Chronická expozice nízkým dávkám může být toxičtější než akutní expozice vyšším dávkám právě kvůli kumulaci a vyčerpání detoxikačních mechanismů (Klement et al., 2020; Xiao et al., 2015). Netopýři však mohou být do určité míry adaptovaní na přítomnost těžkých kovů v prostředí, protože jejich potrava (bezobratlí) často obsahuje tyto látky. Navíc jsou přirozeně adaptovaní na zvýšenou míru oxidativního stresu během hibernace (Bouma et al., 2010). Limitem studie tak je krátká doba expozice. Je rovněž nutno podotknout, že *in vitro* modely neposkytují komplexní obraz v rámci celého organismu. Chybí zde interakce s jinými buněčnými typy, orgány a regulačními mechanismy, které se podílejí na udržování homeostázy a mohou významně ovlivnit reakci na toxické látky (LeCluyse et al., 2012; Astashkina et al., 2012).

Graf č. 1 Srovnání absorpance po 24 h expozici rtuti koncentracemi 5, 15, 30, 60, 80 µg/ml při teplotě 37 °C (Kruskal-Wallis ANOVA, ** p<0,01)



Závěr

Netopýři patří k chráněným volně žijícím živočichům. Použití buněčných linií tak představuje jedinečnou možnost pro posouzení vlivu toxických látek, jimž mohou být vystaveni. Z výsledků vyplývá, že netopýří hepatocyty se poměrně dobře vyrovnávají s krátkodobou expozicí těžkým kovům. Může to být v důsledku adaptace na přítomnost těžkých kovů v prostředí a díky efektivnímu systému vypořádání se s oxidativním stresem. Výraznější cytotoxicita se dá předpokládat při delším trvání expozice těchto látek. Rovněž i chronická expozice nízkým dávkám může být toxičtější než akutní expozice vyšším dávkám právě kvůli kumulaci a vyčerpání detoxikačních mechanismů. Také je nutno podotknout, že *in vitro* modely neposkytují komplexní obraz v rámci celého organismu. Chybí zde interakce s jinými buněčnými typy, orgány a regulačními mechanismy, které se podílejí na udržování homeostázy a mohou významně ovlivnit reakci na toxické látky.

Literatura

- Astashkina, A, Mann, B, Grainger, D.W. 2012. A critical evaluation of in vitro cell culture models for high-throughput drug screening and toxicity. *Pharmacology & Therapeutics* 134: 82-106.
- Bouma, H.R., Carey, H.V., Kroese, F.G. 2010. Hibernation: the immune system at rest? *Journal of Leukocyte Biology* 88: 619-624.
- Burger, J. 2006. Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research. *Environmental Bioindicators* 1: 22-39.

- Kanova, M., Bandouchova, H., Abdelsalam, E., Linhart, P., Sedlackova, J., Seidlova, V., Zukal, J., Pikula, V.K. 2022. Torpor/hibernation cycle may enhance the risk of insecticides for bats: an in vitro study. *Acta Veterinaria Brno* 91: 59-68.
- Klement, W., Oliviero, F., Gangarossa, G., Zub, E., De Bock, F., Forner-Piquer, I., Blaquiere, M., Lasserre, F., Pascussi, J.M., Maurice, T., Audinat, E., Ellero-Simatos, S., Gamet-Payrastre, L., Mselli-Lakhal, L., Marchi, N. 2020. Life-long Dietary Pesticide Cocktail Induces Astrogliosis Along with Behavioral Adaptations and Activates p450 Metabolic Pathways. *Neuroscience* 446: 225-237.
- Kunz, T.H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobo, T., Fleming, T.H. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223: 1-38.
- Landrigan, P.J., Fuller, R., Acosta, N.J.R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N.N., Baldé, A.B., Bertollini, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J.I., Breysse, P.N., Chiles, T., Mahidol, C., Coll-Seck, A.M., Cropper, M.L., Fobil, J., Fuster, V., Greenstone, M., Haines, A., Hanrahan, D., Hunter, D., Khare, M., Krupnick, A., Lanphear, B., Lohani, B., Martin, K., Mathiasen, K.V., McTeer, M.A., Murray, C.J.L., Ndahimananjara, J.D., Perera, F., Potočník, J., Preker, A.S., Ramesh, J., Rockström, J., Salinas, C., Samson, L.D., Sandilya, K., Sly, P.D., Smith, K.R., Steiner, A., Stewart, R.B., Suk, W.A., van Schayck, O.C.P., Yadama, G.N., Yumkella, K., Zhong, M. 2018. The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet* 391: 462-512.
- LeCluyse, E.L., Witek, R.P., Andersen, M.E., Powers, M.J. 2012. Organotypic liver culture models: meeting current challenges in toxicity testing. *Critical Reviews in Toxicology* 42: 501-548.
- Lindenmayer, D.B., Likens, G.E. 2010. Effective ecological monitoring. 1st ed. CSIRO Publishing. Collingwood, AU.
- Modrá, H., Svobodová, Z., Šíroková, Z., Blahová, J. 2014. Toxikologie potravin – vybrané kapitoly. 1st ed. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Brno, CZ.
- Neumann, J., Lopuchovský, J., Zapletal, O. 1989. Chemizace zemědělství, farmakologie a toxikologie. 1st ed. Státní zemědělské nakladatelství. Praha, CZ 304 s.
- Pikula, J., Zukal, J., Adam, V., Bandouchova, H., Beklova, M., Hajkova, P., Horakova, J., Kizek, R., Valentikova, L. 2010. Heavy metals and metallothionein in vespertilionid bats foraging over aquatic habitats in the Czech Republic. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29: 501-506.
- Svobodová, Z., Modrá, H. 2017. Veterinární toxikologie v klinické praxi. 2nd ed. Profi Press. Praha, CZ.
- Vyhláška č. 114/2010 Sb., o ochraně handicapovaných zvířat při chovu. In: Sběrka zákonů České republiky.
- Wada, H., Yates, D.E., Evers, D.C., Taylor, R.J., Hopkins, W.A. 2010. Tissue mercury concentrations and adrenocortical responses of female big brown bats (*Eptesicus fuscus*) near a contaminated river. *Ecotoxicology* 19: 1277-1284.
- Walker, L.A., Simpson, V.R., Rockett, L., Wienburg, C.L., Shore, R.F. 2007. Heavy metal contamination in bats in Britain. *Environmental Pollution* 148: 483-90.
- Xiao, Y., Wu, Y., Sun, K., Wang, H., Zhang, B., Song, S., Du, Z., Jiang, T., Shi, L., Wang, L., Lin, A., Yue, X., Li, C., Chen, T., Feng, J. 2015. Differential Expression of Hepatic Genes of the Greater Horseshoe Bat (*Rhinolophus ferrumequinum*) between the Summer Active and Winter Torpid States. *PLoS One* 10: e0145702.
- Zukal, J., Pikula, J., Bandouchova, H. 2015. Bats as bioindicators of heavy metal pollution: history and prospect. *Mammalian Biology* 80: 220-227.

ENVIRONMENTÁLNÍ POLUTANTY NARUŠUJÍCÍ PROCESY THYROIDNÍ HORMONÁLNÍ REGULACE U RYB - HLAVNÍ ZÁSTUPCI, MECHANISMY PŮSOBNÍ A TOXICKÉ ÚČINKY

ENVIRONMENTAL POLLUTANTS DISRUPTING THYROID HORMONAL REGULATION PROCESSES IN FISH - MAIN REPRESENTATIVES, MODES OF ACTION, AND TOXIC EFFECTS

Přemysl Mikula*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Water pollution by various types of compounds (e.g., industrial chemicals, pesticides, microplastics, or pharmaceutical residues) is a significant issue today that can hardly be effectively addressed without difficulties. Even in relatively low concentrations, these pollutants can negatively affect the physiological functions of aquatic vertebrates, which poses a potential risk to the entire ecosystem. The spectrum of effects of various water pollutants is very diverse. So-called environmental endocrine disruptors, i.e., substances that can affect hormonal regulation processes, are attracting great attention today. By far the most studied group of these substances in fish are (xeno)estrogens, but in this article I will rather focus on substances with (anti)thyroid activity. I will briefly describe how thyroid regulation in fish works and which environmental pollutants can most often disrupt it. I will also explain which negative impacts exposure of fish to thyroid hormone disruptors can have.

Key words: endocrine disruptors, perchlorate, swim bladder, early development, thyroid follicles

Souhrn

Znečištění vod nejrůznějšími druhy polutantů (např. průmyslové chemikálie, pesticidy, mikroplasty či rezidua farmak) představuje v dnešní době závažný problém, kterému lze jen obtížně účinně čelit. Tyto polutanty mohou i v relativně nízkých koncentracích negativně ovlivňovat fyziologické funkce vodních obratlovců, což je také potenciálním rizikem pro celý ekosystém. Spektrum účinků nejrůznějších vodních polutantů je velmi pestré. Velkou pozornost v dnešní době přitahují tzv. environmentální endokrinní disruptory, tedy látky, které mohou ovlivňovat procesy hormonální regulace. Zdaleka nejvíce studovanou skupinou těchto látek u ryb jsou sice (xeno)estrogeny, já se však v tomto příspěvku budu raději věnovat látkám s (anti)thyroidní aktivitou. V příspěvku stručně popíši, jak thyroidní regulace u ryb funguje, a které environmentální polutanty ji mohou nejčastěji narušovat. Dále uvedu, které negativní dopady může mít expozice ryb thyroidními hormonálními disruptory za následek.

Klíčová slova: endokrinní disruptory, perchlorát, plynový měchýř, raný vývoj, thyroidní folikuly

Úvod

Velkým tématem dnešní doby je kontaminace vod cizorodými látkami, které pocházejí ze splachů z polí, průmyslových činností nebo i z nedostatečně přečištěných odpadních vod. Přestože koncentrace kontaminantů ve vodách nemusejí být nikterak vysoké, často se jedná o látky s významnou biologickou aktivitou, které jsou spolu navíc schopny různým způsobem interagovat. To může být příčinou nežádoucích účinků těchto látek na vodní organismy. Velmi citlivý v případě expozice je zejména endokrinní systém ryb a polutanty, které jej poškozují, označujeme jako tzv.

* mikulap@vfu.cz

environmentální endokrinní disruptory. V tomto příspěvku se zaměřím na látky, které působí jako disruptory thyroidní hormonální regulace u ryb. Nejdříve proto popíši principy této regulace jako takové a poté uvedu konkrétní zástupce látek včetně přesných mechanismů jejich působení. V neposlední řadě se také pokusím shrnout, které nežádoucí účinky lze v souvislosti s expozicí ryb očekávat.

Mechanismy thyroidní hormonální regulace u ryb

Na rozdíl od kompaktní, opouzdržené štítné žlázy, tak jak ji známe u savců, zajišťují u ryb endokrinní funkci především thyroidní folikuly difúzně rozptýlené v oblasti hltnu podél ventrální aorty. U některých druhů ryb byla navíc zaznamenána také heterotopie s výskytem izolovaných thyroidních folikulů v různých tkáních, např. v přední a zadní ledvině, srdci, slezině, jícnu či játrech (Blanton a Specker, 2007; Dang et al., 2021). Histologicky jsou thyroidní folikuly tvořeny jednou vrstvou epitelálních buněk, tzv. thyrocytů uzavírající prostor vyplněný tzv. koloidem (Deal a Volkoff, 2020). Syntéza thyroidních hormonů ve folikulech je velmi složitým a komplexním procesem řízeným prostřednictvím tzv. hypothalamo-hypofyzárně thyroidní osy, která využívá principu zpětné vazby. Hypothalamus v rámci této kaskády produkuje v závislosti na aktuální potřebě thyroidních hormonů v organismu jednoduchý tripeptid označovaný jako hormon uvolňující thyreotropin (TRH), který dále reguluje uvolňování thyreotropinu (TSH) v hypofýze. TSH je pak nezbytný ke stimulaci činnosti thyroidních folikulů. Buňky folikulů produkují thyreoglobulin (TG) a také aktivně vychytávají jód z extracelulárního prostoru pomocí specifického transmembránového přenašeče (glykoprotein sodium-iodide symporter - NIS). V procesu syntézy thyroidních hormonů hraje důležitou roli také enzym thyroperoxidáza (TPO), která napomáhá inkorporaci jódu do jejich chemické struktury (Deal a Volkoff, 2020; Dang et al., 2021).

Hlavním hormonem produkovaným thyroidními folikuly je thyroxin (T4), v daleko menší míře se v nich pak tvoří také 3,5,3'-trijódthyronin (T3). Transport thyroidních hormonů do cílových orgánů ryb zajišťují zejména transthyretin (TTR) a albumin (ALB), oproti savcům se však u ryb doposud nepodařilo identifikovat jiný plasmatický transportní protein, tzv. thyroxin vázající globulin (TBG) (Deal a Volkoff, 2020; Yamauchi, 2021; van Dingenen et al., 2024). V cílových orgánech (játra, ledviny, žábry či mozek) dochází k další přeměně thyroidních hormonů, jejich aktivaci a následné deaktivaci. Zatímco T4 představuje tzv. prohormon, tedy prekurzor s omezenou afinitou k thyroidním receptorům v cílových buňkách, za vlastní biologicky aktivní formu hormonu je považován T3. Aktivaci T4 na T3 a jeho další následnou metabolizaci/deaktivaci zajišťují enzymy jódthyronin-dejodázy (DIOs). U ryb existují celkem 3 typy těchto enzymů (DIO1, DIO2, resp. DIO3). DIO1 a DIO2 hrají zásadní roli v procesech přeměny T4 na T3, DIO3 se naopak více uplatňuje v rámci deaktivace T3 na 3,3'-dijódthyronin (T2). Biologickou aktivitu thyroidních hormonů ovlivňuje vedle celkového počtu atomů jódu v molekule také jejich umístění. Záleží přitom na tom, zda k dejodaci dochází na vnitřním nebo na vnějším thyroninovém kruhu. Molekula označovaná jako reverzní 3,3',5'-trijódthyronin (rT3) na rozdíl od T3 významnou biologickou aktivitu nevykazuje. Asi nejdůležitějším zástupcem dejodáz z pohledu míry aktivace T4 v organismu je jaterní DIO2 (Frith a Eales, 1996; Jarque a Piña, 2014). Metabolismus thyroidních hormonů v játrech ovšem nezahrnuje pouze dejodaci, ve větší míře dochází také ke konjugaci hormonů a jejich metabolitů s glukuronátem a sulfátem. To následně usnadňuje jejich vylučování z organismu žlučí (Jarque a Piña, 2014; Dang et al., 2021). Enterohepatální cirkulace konjugátů thyroidních hormonů (T3, T4) či volného T4 je u ryb zanedbatelná, ke zpětné resorpci volného T3 však může ve střevě v omezené míře přesto docházet. Kromě žluči mohou být thyroidní hormony i jejich konjugáty částečně vylučovány také močí či žábry (Brown et al., 2004; Blanton a Specker, 2007).

Působení thyroidních hormonů ve tkáních (např. mozku, játrech či žábách) je podmíněno jejich přestupem z krevního řečiště (extracelulárního prostoru) do buněk. Tento proces je i u ryb zajišťován prostřednictvím specifického ATP-dependentního transmembránového přenašeče

označovaného jako MCT8 (monocarboxylate transporter 8). *In vitro* bylo zjištěno, že MCT8 je vysoce specifický pro T3, zatímco T4 tímto mechanismem do buněk prakticky nevstupuje (Arjona et al., 2011). Thyroidní hormony (především pak T3 se svou vysokou biologickou aktivitou) ovlivňují fyziologické procesy ryb prostřednictvím regulace genové exprese ve tkáních. K ní dochází na základě jejich vazby na specifické thyroidní hormonální receptory (ThRs) lokalizované v okrscích/sekvencích DNA označovaných jako thyroidní responzivní elementy (ThREs). Zatímco vazba T3 (jako přirozeného ligandu) na ThRs transkripci cílových genů do mRNA indukuje, není-li ligand na receptor navázán, je naopak transkripce genů tlumena. ThRs představují produkty dvou různých genů (*thra* či *thrβ*). ThRs mohou interagovat s ThREs jako monomery (ThRα, resp. ThRβ) homodimery (ThRα/α, ThRα/β, ThRβ/β) nebo dokonce jako heterodimery ThRα či ThRβ s retinoid X receptorem (RXR) (Deal a Volkoff, 2020). Schéma thyroidní hormonální regulace u ryb uvádím v rámci Obrázku č. 1.

Thyroidní hormony ryb ovlivňují celou řadu fyziologických funkcí. Klíčové je zejména jejich působení v rámci raného vývoje ryb, ať už se jedná o embryogenezi či metamorfózu ryb (tj. postupnou přeměnu larválních stádií na juvenilní, potažmo adultní jedince). Dále zásadním způsobem ovlivňují také růst ryb, jejich osmoregulaci, lokomoci či reprodukci i nejrůznější metabolické procesy (Blanton a Specker, 2007; Campinho, 2019; Deal a Volkoff, 2020; Dang et al., 2021). Více informací uvedu v následujících kapitolách.

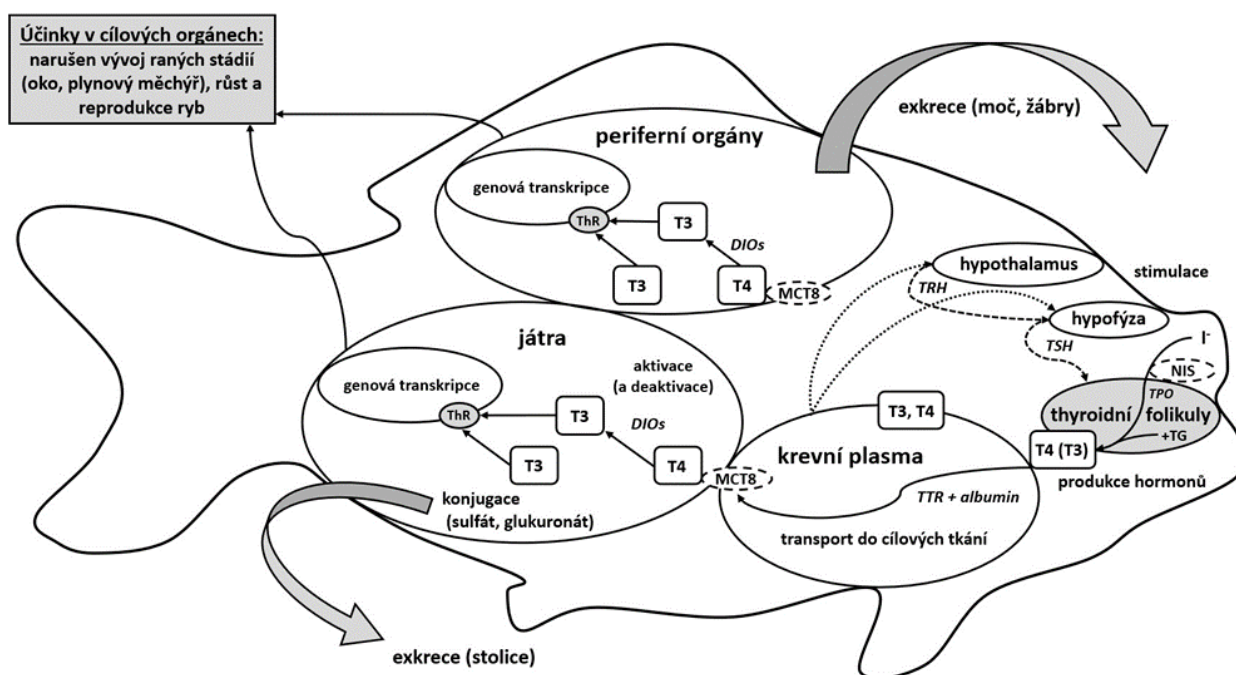
Narušení procesů thyroidní hormonální regulace - hlavní zástupci thyroidních disruptorů

V dnešní době je významným problémem s mnoha negativními dopady na životní prostředí i zdraví lidí a živočichů rozsáhlá kontaminace vod. K té dochází především intenzivní antropogenní činností. Ve vodách po celém světě jsou detekovány stovky nejrůznějších látek představujících potenciální rizika pro vodní ekosystémy. Může se jednat například o rezidua pesticidů či farmaceutik, průmyslové chemikálie, nebo těžké kovy, v posledních deseti letech se velmi často mluví také o různých druzích nanočástic nebo o mikroplastech. Všechny tyto látky mohou potenciálně vyvolávat celou řadu toxických účinků. Minimálně od počátku devadesátých let minulého století je pozornost vědců upřena na environmentální polutanty, které jsou schopny ovlivňovat endokrinní systém obratlovců, což může vést k poškození jejich zdraví, případně také zdraví jejich potomstva. Takové látky označujeme jako (environmentální) endokrinní disruptory (Colborn et al., 1993; Soto et al., 1995; Kavlock et al., 1996; Kloas et al., 2024). Původně byly studovány především (xeno)estrogeny, dnes však již víme, že různé environmentální polutanty mohou interagovat také s androgenními, thyroidními či kortikoidními hormonálními regulačními dráhami. Nejnověji je zkoumána již i aktivita environmentálních polutantů na jaderných receptorech aktivovaných peroxizómovými proliferátory (PPAR) a na retinoidních X receptorech (RXR), která může indukovat poruchy metabolismu lipidů v organismu (obezogenní působení) (Grün a Blumberg, 2006; Tabb a Blumberg, 2006; Diamanti-Kandarakis, 2009; Zhang et al., 2018). V dalším textu v krátkosti popíši mechanismy, kterými může docházet k ovlivnění thyroidní hormonální regulace u ryb.

Thyroidní hormonální regulace u obratlovců, potažmo ryb, je velmi komplexní, protože k jejímu narušení může docházet na mnoha úrovních kaskády dějů popsané v předchozí kapitole. Problém může nastat například již tehdy, dojde-li k nežádoucí interakci mezi environmentálními polutanty a centrálními regulačními mechanismy zajišťovanými hypothalamem, hypofýzou a jejich hormony (TRH, resp. TSH). Působení některých faktorů může také navodit inhibici syntézy hormonů v thyrocytech. Ke snížené produkci T4 může vést například celkový nedostatek jódu v organismu, ten však u ryb není příliš pravděpodobný, protože jsou tímto prvkem dostatečně saturovány z vody a potravy. Některé polutanty ale mohou blokovat syntézu T4 tím, že inhibují transmembránový přenos jódu do thyrocytů (↓NIS) nebo enzym TPO nezbytný pro jeho inkorporaci do struktury hormonu. Pro úplnost zbývá dodat, že u vyšších obratlovců mohou nežádoucí snížení činnosti štítné žlázy vyvolat také některé další faktory (např. autoimunitní onemocnění, RTG záření či působení

radioizotopů). Thyroidní hormonální regulace může být dále narušena i na úrovni transportu hormonů do cílových tkání (např. v důsledku hypoalbuminémie nebo při nedostatku TTR v organismu), a pak také tehdy, vážnou-li poté procesy jejich aktivace (např. v důsledku inhibice jódthyronin-dejodáz, zejména DIO1 a DIO2). Dalším možným mechanismem může být ztížený transport aktivovaného hormonu (T3) do cílových buněk v periferních tkáních ($\downarrow$ MCT8). Nepřímo mohou regulační procesy ovlivňovat také látky ovlivňující rychlost konjugace thyroidních hormonů a jejich metabolitů v játrech a jejich následné vylučování z organismu. V neposlední řadě je třeba zmínit i skutečnost, že jako thyroidní hormonální disruptory velmi často působí také environmentální polutanty interagující přímo s TRs v cílových buňkách. Možný je přitom jak účinek agonistický, kdy látky působí podobně jako přirozené thyroidní hormony (hlavně T3), tak také účinek antagonistický, kdy polutant příslušný receptor pouze zablokuje, aniž by následně došlo k transkripci cílových genů (Jarque a Piña, 2014; Noyes et al., 2019; Lagadic et al., 2024).

Obrázek č. 1. Schéma thyroidní hormonální regulace u ryb (upraveno dle Dang et al., 2021). Použité zkratky: DIOs = jódthyronin-dejodázy; MCT8 = monocarboxylate transporter 8 (transmembránový přenašeč zajišťující vstup thyroidních hormonů do buněk v cílových orgánech); NIS = natrium-iodide symporter (transmembránový protein pro přenos jódu do thyrocytů); T3 = 3,5,3'-trijódthyronin; T4 = thyroxin; TG = thyroglobulin; ThR = thyroidní receptor; TPO = thyroperoxidáza; TRH = hormon uvolňující thyreotropin; TSH = thyreotropin; TTR = transthyretin.



V dnešní době je známa celá řada disruptorů thyroidní hormonální regulace. Některé z nich jsou účinné jen na jedné z výše uvedených úrovní, jsou však i takové, které poškozují organismus ryb na více úrovních současně. Z pohledu možné manifestace nežádoucích účinků je samozřejmě rozhodující, jak vysokým koncentracím látek s (anti)thyroidní aktivitou jsou ryby vystaveny a po jak dlouhou dobu. Významný vliv přitom mohou mít nejen vzájemné interakce mezi jednotlivými polutanty, ale také faktory prostředí (teplota a salinita vody, průtok či fotoperioda, dostupnost potravy) (Jarque a Piña, 2014). Výzkum probíhá s vysokou intenzitou, takže se stále objevují nové a nové látky, u nichž je toto působení zjištěno. Jednou z prvních látek s prokázanou thyroidně-disrupční aktivitou byl perchlorát (chloristany). Jedná se o častý kontaminant vodního prostředí, který je silným oxidačním činidlem využívaným v mnoha odvětvích průmyslu (Li et al., 2011). Dalšími známými thyroidními hormonálními disruptory jsou například mnohé zpomalovače

hoření používané při výrobě plastů. To se týká jak dříve používaných polybromovaných difenyléterů (PBDEs), které již byly s ohledem na svou perzistenci v životním prostředí a prokázané toxické účinky zakázány, tak také tetrabromobisfenolu A (TBBPA), i zpomalovačů hoření na bázi sloučenin organického fosforu (např. tris 1,3-dichloro-2-propylfosfát) populárních především v poslední době (Chan a Chan, 2012; Noyes et al., 2013; Wang et al., 2015; Liu et al., 2018). Samostatnou kapitolou jsou farmaceutika, která se cíleně využívají v medicíně a jejichž rezidua mohou následně kontaminovat povrchové vody. Nejznámější jsou v tomto ohledu thyreostatika methimazol a propylthiouracil, která představují léčiva první volby při zjištění hyperthyreózy u člověka, nebo naopak syntetický thyroïdní hormon levothyroxin (např. Letrox[®]) užívaný k léčbě hypothyreózy (Baumann et al., 2016; Godfrey et al., 2017; Stinckens et al., 2020). Negativní účinky na thyroïdní hormonální regulaci ryb však má například také antidepressivum fluoxetin (Huang et al., 2025) nebo kyselina jopanonová, která se dříve používala jako kontrastní látka v zobrazovací diagnostice (van Dingenen et al., 2023). Poslední látku, kterou bych chtěl v souvislosti s thyroïdní hormonální disrupcí u ryb v tomto textu konkrétně zmínit, představuje 2-merkaptobenzothiazol, který se používá jako činidlo v gumárenském průmyslu. U této látky byla opakovaně potvrzena schopnost inhibice enzymu thyroperoxidázy (TPO) vedoucí k mnoha nežádoucím účinkům (Nelson et al., 2016; Stinckens et al., 2016; Chang et al., 2024). Stručné shrnutí nejběžnějších thyroïdních hormonálních disruptorů včetně mechanismů jejich působení uvádím v Tabulce č. 1.

Tabulka č. 1. Známé disruptory thyroïdní hormonální regulace u ryb - hlavní zástupci, jejich využití a mechanismy narušení procesů thyroïdní hormonální regulace. (Některé látky mohou vedle hlavního mechanismu uvedeného v tabulce vykazovat také další druhy (anti)thyroïdní aktivity, pro větší názornost a jednoduchost jsem je však do tabulky nezahrnul).

1. Narušení centrálních regulačních mechanismů zajišťovaných hypothalamem a hypofýzou – nedostatečná stimulace činnosti thyroïdních folikulů (↓TRH, resp. ↓TSH)

dichlorooktylizothiazolinon (DCOIT)	biocid a konzervant	Lee a Ji, 2023
benzizothiazolinon (BIT)	biocid a konzervant	Lee et al., 2023

2. Inhibice syntézy thyroxinu (T4) v thyroïdních folikulech – inhibice vychytávání jódu thyrocyty (↓NIS)^a či inkorporace jódu do struktury T4 v thyrocytech (↓TPO)^b

perchlorát ^a (chloristany)	oxidační činidlo (střeliva, prskavky)	Li et al., 2011
fluoxetin ^a	farmaceutikum/antidepressivum	Huang et al., 2025
2-merkaptobenzothiazol ^b	činidlo v gumárenství (vulkanizace pryže)	Nelson et al., 2016
		Stinckens et al., 2016
		Chang et al., 2024
methimazol (MMI) ^b	farmaceutikum/thyreostatikum	Godfrey et al., 2017
		Stinckens et al., 2020
propylthiouracil (PTU) ^b	farmaceutikum/thyreostatikum	Baumann et al., 2016
resorcinol ^b	činidlo v dřevařství a gumárenství	van Dingenen et al., 2024

3. Narušení hormonálního transportu k cílovým tkáním – nedostatečná transportní kapacita transthyretinu (↓TTR) resp. albuminu (↓ALB)

bisfenol A, bisfenol S	polymerní aditiva či monomery	Lee et al., 2019b
hexakonazol, tebukonazol	triazolové fungicidy	Yu et al., 2013
pentachlorofenol	pesticid používaný v minulosti	Yu et al., 2014

4. Nedostatečná aktivace thyroxinu (T4) v cílových tkáních – inhibice jódthyronin-dejodáz (↓DIOs) v periferních tkáních

kyselina jopanová	kontrastní látka pro cholecystografii	van Dingenen et al., 2023
dekalbromodifenyléter (BDE-209)	polymerní aditivum (zpomalovač hoření)	Noyes et al., 2013
OH-BDEs	metabolity zpomalovačů hoření PBDEs	Dong et al., 2013
tris 1,3-dichloro-2-propylfosfát	polymerní aditivum (zpomalovač hoření)	Wang et al., 2015
perchlorát ^a (chloristany)	oxidační činidlo (střeliva, prskavky)	Li et al., 2011

5. Narušení přirozené interakce T3 a T4 s thyroidními receptory (ThRs) – agonistické či antagonistické působení na receptorech

tetrabromobisfenol A (TBBPA)	polymerní aditivum (zpomalovač hoření)	Chan a Chan, 2012
		Liu et al., 2018
bifenthrin	insekticid ze skupiny pyrethroidů	Tu et al., 2016
perfluorované sloučeniny (např. PFOS)	aditiva hasicích pěn a hydraulických kapalin	Shi et al., 2009

Negativní dopady v souvislosti s expozicí ryb disruptory thyroidní hormonální regulace

U ryb exponovaných nejrozličnějšími environmentálními polutanty schopnými narušovat procesy thyroidní hormonální regulace lze očekávat celou řadu nežádoucích účinků. Platí přitom, že citlivá jsou zejména raná vývojová stadia. Z toho důvodu také většina dostupných vědeckých studií využívá právě embryí či larev ryb. V rámci laboratorních testů se kromě obvyklých parametrů pro monitoring přímé embryotoxicity chemických látek (líhnivost jiker, mortalita embryí, počet tepů, případně přítomnost malformací) sledují také hladiny T3 a T4 v homogenátech celých těl ryb. Dále je dnes součástí prakticky všech těchto studií stanovení transkripce genů zapojených do procesů thyroidní hormonální regulace. Nezastupitelný význam pak má samozřejmě také histologie.

a) Poruchy raného vývoje ryb - opožděné plnění plynového měchýře a narušený vývoj oka

Asi nejběžněji uváděným negativním dopadem v souvislosti s expozicí raných vývojových stadií ryb disruptory thyroidní hormonální regulace je narušení vývoje plynového měchýře. Tento orgán, který se vyvíjí u většiny kostnatých ryb (*Teleostei*), slouží k regulaci hydrostatického tlaku v různých hloubkách a umožňuje rybám splývání v rámci vodního sloupce bez větších nároků na výdej energie. Zatímco u lososovitých ryb (*Salmonidae*) je plynový měchýř jednodukomorový, u kaprovitých (*Cyprinidae*) je tvořen dvěma vzájemně propojenými komorami s tím, že menší přední komora plní vedle hydrostatické funkce také funkci akustickou (působí jako rezonátor a zesilovač pro přenos zvuku/vibrací do vnitřního ucha). Rybám s dvoukomorovým plynovým měchýřem se zadní komora naplňuje vzduchem dříve (dánio pruhovalý, *Danio rerio* - cca ve věku 4 až 5 dní po oplození; jelec velkohlavý, *Pimephales promelas* - ve věku 5 až 6 dní) než komora přední (*D. rerio* - cca ve věku 20 až 21 dní po oplození; *P. promelas* - ve věku kolem 14 dní po oplození) (Nelson et al., 2016; Stinckens et al., 2016). Extrémně brzy se plynový měchýř plní vzduchem u medaky japonské (*Oryzias latipes*), uvádí se čas již kolem 4 hodin po oplození (Horie et al., 2022). Bylo prokázáno, že vývoj plynového měchýře u ryb je závislý na koncentracích thyroidních hormonů. V prvních dnech života pokrývají potřeby organismu zpravidla hormony pocházející od matky, po jejich vyčerpání je však již ryba zcela závislá na hormonech, které si nasyntetizuje sama. Je-li v organismu v kritické periodě vývoje nedostatek thyroidních hormonů (T3, T4), proces plnění komor plynového měchýře vzduchem může být zpomalen či zcela zastaven (Nelson et al., 2016; Stinckens et al., 2016; Godfrey et al., 2017). To může vést k nedostatečné kapacitě plavání ryb, které se pak mohou ve volné přírodě stát snadným terčem predátorů. V konečném důsledku mohou být výše popsané změny příčinou nižší přežitelnosti mladých věkových kategorií ryb, a v ohrožení tak mohou být i celé populace (Knapen et al., 2020). Jedním z nejmodernějších přístupů v hodnocení rizik různých environmentálních polutantů je zavedení konceptu drah škodlivého účinku (adverse outcome pathways, AOPs). Ten znázorňuje konkrétní

propojení mezi tzv. molekulárními iniciačními událostmi (molecular initiating events, MIEs), klíčovými událostmi (key events, KEs), které představují měřitelné mezikroky vedoucí k projevům toxicity a vlastními škodlivými účinky (adverse outcome - AOs) (Ankley et al., 2010). Experimentálně se podařilo prokázat například vztah mezi expozicí ryb některými modelovými kontaminanty (methimazol, propylthiouracil, kyselina jopanová či 2-merkaptobenzothiazol), inhibicí TPO, resp. DIO1 a DIO2 (jako definovanými MIEs), kterou tyto kontaminanty způsobují, snížením hladin thyroidních hormonů v krevním séru a zpomaleným plněním plynového měchýře u ryb (KEs vedoucími ke škodlivým účinkům) a jejich nedostatečnou plaveckou kapacitou (tzn. vlastním škodlivým účinkem, AO, pozorovaným u exponovaných ryb). Bylo popsáno celkem 5 AOPs charakterizujících škodlivé působení thyroidních hormonálních disruptorů na vývoj plynového měchýře u ryb. Jejich charakteristiky jsou dostupné na webové stránce <https://aopwiki.org/aops> pod čísly 155–159 (Stinckens et al., 2020; van Dingenen et al., 2023; AOP Framework, 2025).

Vedle plynového měchýře narušují látky působící na thyroidní hormonální systém ryb také raný vývoj oka. Poškození charakterizované zmenšením celkové velikosti oka, poklesem velikosti a pigmentace buněk pigmentového epitelu sítnice i alterací optokinetické odpovědi (kompenzační okulomotorický reflex napomáhající udržení stabilního obrazu na sítnici při pohybu okolního prostředí) bylo popsáno u dáníí pruhovaných exponovaných do věku 5 dnů po oplození propylthiouracilem (PTU) a tetrabromobisfenolem A (TBBPA). Toto zjištění je do jisté míry překvapivé protože každý z těchto disruptorů působí odlišným molekulárním mechanismem (inhibice TPO indukovaná PTU vs. interakce s ThR v případě TBBPA) (Baumann et al., 2016). Poruchy vývoje oka s alteracemi vrstev sítnice a změnami reakce na světlo byly zaznamenány také v dalších studiích s 2-merkaptobenzothiazolem (Chang et al., 2024), bisfenolem A (Volz et al., 2024) a triclosanem (Kraft et al., 2023). V současnosti je také posuzován návrh dráhy škodlivého účinku č. 363, charakterizované expozicí ryb látkami inhibujícími TPO (MIE), poruchami syntézy thyroidních hormonů a alteracemi histologické struktury sítnice ryb (KEs) a sníženou zrakovou funkcí (AO) (Gözl et al., 2022; AOP Framework, 2025).

b) Poruchy růstu ryb

Dalším z parametrů, který se poměrně často zkoumá, je růst ryb. Platí však, že výsledky jednotlivých experimentů se mezi sebou dají jen stěží porovnávat, a to hlavně díky rozdílnému načasování a délce expozice ryb v jednotlivých studiích. Zatímco v některých z těchto studií se expozice týkala výhradně raných vývojových stádií, a byla tedy spíše krátkodobá, jiní autoři sledovali růst exponovaných ryb v delším časovém horizontu. Inhibice růstu (v souvislosti s dysbalancí thyroidních hormonů v organismu) byla zaznamenána například u larev dáníí pruhovaných (*D. rerio*) exponovaných po dobu 7 dnů polycyklickým aromatickým uhlovodíkem fenantrenem (Wu et al., 2022) nebo u jelečků velkohlavých (*P. promelas*) exponovaných po dobu 30 dnů propylthiouracilem (PTU) v koncentraci 70 mg/L (Thornton Hampton et al., 2021). Stejná látka (v koncentraci 100 mg/L) pak také negativním způsobem ovlivnila růst dáníí pruhovaných (*D. rerio*) exponovaných po dobu 42 dnů (van der Ven et al., 2006). Zpomalení růstu ryb, resp. signifikantně snížený kondiční faktor v porovnání s kontrolní skupinou, byl zaznamenán také u dáníí pruhovaných (*D. rerio*) exponovaných po dobu 35 dnů perchlorátem draselným o koncentraci 125 µg/L a vyšších (Schmidt et al., 2012).

c) Poruchy metamorfózy ryb

Thyroidní hormony hrají klíčovou roli i v procesech přeměny larvy v juvenilního jedince, který je zpravidla označován jako metamorfóza. Tento termín je sice relevantní spíše pro obojživelníky (*Amphibia*), kde mezi oběmi vývojovými stádii existují výrazné morfologické, fyziologické i behaviorální difference, běžně se však používá také u některých ryb. Vhodným příkladem jsou mořské ryby z podřádu platýsi (*Pleuronectoidei*), pro jejichž juvenilní, a potažmo adultní stádia je

charakteristický asymetrický vzhled hlavy. Během procesů metamorfózy dochází u ryb k přirozenému kolísání hladin thyroidních hormonů, které je typické náhlým zvýšením a posléze snížením koncentrací T3 a T4 v období tzv. klimaxu (vrcholu metamorfózy) (Campinho, 2019). Dojde-li v tomto čase k nežádoucí interakci environmentálních polutantů s thyroidním hormonálním systémem, procesy metamorfózy a růstu ryb mohou vážnout. Vše navíc významně ovlivňují také estrogeny, a to jak přirozené (endogenní), tak i exogenní, pokud jsou jimi jsou ryby vystaveny z vnějšího prostředí (Leroux et al., 2025). Experimentálně bylo prokázáno narušení procesu metamorfózy u platýsů olivových (*Paralichthys olivaceus*) exponovaných komerční směsí polychlorovaných bifenyly Aroclor 1254 (Dong et al., 2017) nebo u ryb druhu *Solea senegalensis* exponovaných organofosfátovým insekticidem malathionem (Ortiz-Delgado et al., 2019). Výraznou metamorfózou procházejí vedle platýsů také anadromní lososovité ryby (*Salmonidae*), u nichž se často zmiňuje tzv. smoltifikace. Jedná se o složitý proces řízený (nejen) thyroidními hormony, jehož cílem je adaptace ryb na odlišné podmínky prostředí v souvislosti s jejich migrací ze sladkých vod do moří (Björnsson et al., 2011).

d) Poruchy diferenciace gonád a reprodukce ryb

Juvenilní ryby se pro testování narušení procesů thyroidní hormonální regulace používají přece jen méně často než embrya či larvy. V laboratorních experimentech je však přesto vcelku běžně zkoumán vliv expozice ryb podanými thyroidními hormony (T4) či naopak látkami s prokázaným antithyroidním působením (např. perchlorát) na vývoj gonád, potažmo poměr pohlaví. Výsledky těchto studií jsou však poměrně nejednoznačné. Zatímco u některých látek docházelo po expozici ryb k posunu poměru pohlaví ve prospěch samců, u jiných byla naopak následkem expozice převaha samic a v dalších experimentech k žádnému posunu poměru pohlaví na jednu či druhou stranu vůbec nedošlo (Dong et al., 2021). K tomuto bodu je třeba také dodat, že poměr pohlaví u ryb závisí především na míře jejich estrogení stimulace v době, kdy se jejich gonády diferencují. Přesto je zřejmé, že thyroidní hormony s estrogenními regulačními mechanismy do značné míry interagují a v celém procesu tak také hrají významnou roli (Duarte-Guterman et al., 2014; Ai et al., 2024; Leroux et al., 2025).

V poslední řadě se o některých environmentálních polutantech schopných narušovat thyroidní hormonální systém mluví také v souvislosti s poruchami reprodukce ryb. Za účelem jejich odhalení jsou často prováděny transgenerační studie zahrnující jak generaci rodičovskou (F0), tak i její potomstvo (F1 případně F2). Pokud jde o reprodukci ryb, měří se parametry jako je počet nakladených jiker, procento jejich oplození a líhnivost, případně také přežití embryí. Zásadní je i vyhodnocení histologických preparátů gonád za účelem určení vývojových stádií zárodečných buněk. Reprodukční toxicita (tzn. nepříznivé účinky u jedinců v F0 generaci) byla v minulosti zaznamenána např. u dáníí pruhovaných exponovaných po dobu 10 týdnů perchlorátem sodným (Mukhi a Patiño, 2007) u medak japonských dlouhodobě exponovaných známým UV filtrem 2-ethylhexyl 4-methoxycinnamátem (EHMC) (Lee et al., 2019a) a v celé řadě dalších studií. Stojí za připomenutí, že expozice rodičovských jedinců z generace F0 thyroidními hormonálními disruptory může vyvolávat následné poruchy vývoje u jejich potomstva (F1) (Mukhi a Patiño, 2007; Wei et al., 2018; Shi et al., 2019; Tian et al., 2020).

e) Přímé poškození thyroidních folikulů ryb

Posledním nežádoucím účinkem, který bych chtěl v tomto příspěvku zmínit, je přímé toxické působení některých látek na thyroidní folikuly ryb. Míru poškození můžeme vyhodnocovat s využitím světelné mikroskopie. Sledovanými parametry jsou především velikost a tvar thyrocytů (zvětšení buněk = hypetrofie), jejich počet (zmnožení buněk = hyperplazie), plocha folikulů a obsah a kvalita koloidu v nich. V rámci studií s různými thyroidními hormonálními disruptory jsou běžně zjišťovány odchylky od normálního histologického obrazu (např. Mukhi a Patiño, 2007; Dong et al., 2014; Nelson et al., 2016).

Závěr

Thyroidní hormonální regulace u ryb je velmi složitá a komplexní. Environmentální polutanty, které mohou regulační procesy zajišťované thyroidními hormony narušovat, mohou působit na mnoha úrovních. Některé z těchto látek snižují stimulaci thyroidních folikulů hormony hypothalamu a hypofýzy, jiné tlumí syntézu thyroidních hormonů přímo ve folikulech. Další látky pak mohou snižovat transport thyroxinu krevním řečištěm, případně jeho metabolickou aktivaci, anebo působí na thyroidních receptorech v cílových tkáních. Jako disruptory thyroidní hormonální regulace jsou dnes známy desítky různých chemických látek, ať už se jedná o průmyslové chemikálie, pesticidy nebo farmaka. Škodlivý vliv na thyroidní regulaci u ryb mají zejména některá thyreostatika používaná v medicíně (methimazol či propylthiouracil), z běžnějších environmentálních polutantů pak můžeme jmenovat také perchlorát či 2-merkaptobenzothiazol. Expozice může být rizikem zejména pro raná vývojová stadia ryb, která jsou vůči jejich účinkům vysoce citlivá. Poruchy vývoje u ryb v přirozených ekosystémech mohou v konečném důsledku ohrožovat celé populace.

Literatura

- Ai, N., Han, C.R., Zhao, H., Cheng, S.-Y., Ge, W. 2024. Disruption of thyroid hormone receptor ThR α / β leads to female infertility in zebrafish. *Endocrinology* 165: bqae037.
- Ankley, G.T., Bennett, R.S., Erickson, R.J., Hoff, D.J., Hornung, M.W., Johnson, R.D., Mount, D.R., Nichols, J.W., Russom, C.L., Schmieder, P.K., Serrano, J.A., Tietge, J.E., Villeneuve, D.L. 2010. Adverse outcome pathways: A conceptual framework to support ecotoxicology research and risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29: 730-741.
- AOP Framework. 2025. List of adverse outcome pathways (AOPs) [online]. [vid. 25. 7. 2025]. Dostupné z: <https://aopwiki.org/aops>
- Arjona, F.J., de Vrieze, E., Visser, T.J., Flik, G., Klaren, P.H.M. 2011. Identification and functional characterization of zebrafish solute carrier Slc16a2 (Mct8) as a thyroid hormone membrane transporter. *Endocrinology* 152: 5065-5073.
- Baumann, L., Ros, A., Rehberger, K., Neuhauss, S.C.F., Segner, H. 2016. Thyroid disruption in zebrafish (*Danio rerio*) larvae: Different molecular response patterns lead to impaired eye development and visual functions. *Aquatic Toxicology* 172: 44-55.
- Björnsson, B.T., Stefansson, S.O., McCormick, S.D. 2011. Environmental endocrinology of salmon smoltification. *General and Comparative Endocrinology* 170: 290-298.
- Blanton, M.L., Specker, J.L. 2007. The hypothalamic-pituitary-thyroid (HPT) axis in fish and its role in fish development and reproduction. *Critical Reviews in Toxicology* 37: 97-115.
- Brown, S.B., Adams, B.A., Cyr, D.G., Eales, J.G. 2004. Contaminant effects on the teleost fish thyroid. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23: 1680-1701.
- Campinho, M.A. 2019. Teleost metamorphosis: The role of thyroid hormone. *Frontiers in Endocrinology* 10: 383.
- Colborn, T., vom Saal, F.S., Soto, A.M. 1993. Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives* 101: 378-384.
- Dang, Z.C., Arena, M., Kienzler, A. 2021. Fish toxicity testing for identification of thyroid disrupting chemicals. *Environmental Pollution* 284: 117374.
- Deal, C.K., Volkoff, H. 2020. The role of the thyroid axis in fish. *Frontiers in Endocrinology* 11: 596585.
- Diamanti-Kandarakis, E., Bourguignon, J.P., Giudice, L.C., Hauser, R., Prins, G.S., Soto, A.M., Zoeller, R.T., Gore, A.C. 2009. Endocrine-disrupting chemicals: An Endocrine Society scientific statement. *Endocrine Reviews* 30: 293-342.
- Dong, W., Macaulay, L.J., Kwok, K.W.H., Hinton, D.E., Stapleton, H.M. 2013. Using whole mount *in situ* hybridization to examine thyroid hormone deiodinase expression in embryonic and larval zebrafish: A tool for examining OH-BDE toxicity to early life stages. *Aquatic Toxicology* 132: 190-199.
- Dong, Y., Tian, H., Wang, W., Zhang, X., Liu, J., Ru, S. 2014. Disruption of the thyroid system by the thyroid-disrupting compound Aroclor 1254 in juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *PLoS One* 9: e104196.

- Dong, Y., Zhang, X., Tian, H., Li, X., Wang, W., Ru, S. 2017. Effects of polychlorinated biphenyls on metamorphosis of a marine fish Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) in relation to thyroid disruption. *Marine Pollution Bulletin* 119: 325-331.
- Duarte-Guterman, P., Navarro-Martin, L., Trudeau, V.L. 2014. Mechanisms of crosstalk between endocrine systems: Regulation of sex steroid hormone synthesis and action by thyroid hormones. *General and Comparative Endocrinology* 203: 69-85.
- Frith, S.D., Eales, J.G. 1996. Thyroid hormone deiodination pathways in brain and liver of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *General and Comparative Endocrinology* 101: 323-332.
- Godfrey, A., Hooser, B., Abdelmoneim, A., Horzmann, K.A., Freeman, J.L., Sepulveda, M.S. 2017. Thyroid disrupting effects of halogenated and next generation chemicals on the swim bladder development of zebrafish. *Aquatic Toxicology* 193: 228-235.
- Gölz, L., Baumann, L., Pannetier, P., Braunbeck, T., Knapen, D., Vergauwen, L. 2022. AOP report: Thyroperoxidase inhibition leading to altered visual function in fish via altered retinal layer structure. *Environmental Toxicology and Chemistry* 41: 2632-2648.
- Grün, F., Blumberg, B. 2006. Environmental obesogens: Organotins and endocrine disruption via nuclear receptor signalling. *Endocrinology* 147: S50-S55.
- Horie, Y., Nomura, M., Okamoto, K., Takahashi, C., Sato, T., Miyagawa, S., Okamura, H., Iguchi, T. 2022. Effect of thyroid hormone-disrupting chemicals on swim bladder inflation and thyroid hormone-related gene expression in Japanese medaka and zebrafish. *Journal of Applied Toxicology* 42: 1385-1395.
- Huang, J., Liu, K.Y., Chen, S., Tang, H.J., Li, R.W., Wang, X.Z., Sun, H.Y. 2025. Thyroid endocrine disrupting potential of fluoxetine in zebrafish larvae. *Journal of Applied Toxicology* 45: 916-924.
- Chan, W.K., Chan, K.M. 2012. Disruption of the hypothalamic-pituitary-thyroid axis in zebrafish embryo-larvae following waterborne exposure to BDE-47, TBBPA and BPA. *Aquatic Toxicology* 108: 106-111.
- Chang, J., Huang, R., Zhang, Z.G., Pan, Y.R., Ma, Z., Wan, B., Wang, H.L. 2024. A ubiquitous tire rubber additive induced serious eye injury in zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Hazardous Materials* 472: 134461.
- Jarque, S., Piña, B. 2014. Deiodinases and thyroid metabolism disruption in teleost fish. *Environmental Research* 135: 361-375.
- Kavlock, R.J., Daston, G.P., DeRosa, C., Fenner-Crisp, P., Gray, L.E., Kaattari, S., Lucier, G., Luster, M., Mac, M.J., Maczka, C., Miller, R., Moore, J., Rolland, R., Scott, G., Sheehan, D.M., Sinks, T., Tilson, H.A. 1996. Research needs for the risk assessment of health and environmental effects of endocrine disruptors: A report of the US EPA-sponsored workshop. *Environmental Health Perspectives* 104: 715-740.
- Kloas, W., Stöck, M., Lutz, I., Ziková-Kloas, A. 2024. Endocrine disruption in teleosts and amphibians is mediated by anthropogenic and natural environmental factors: Implications for risk assessment. 379: 20220505.
- Knapen, D., Stinckens, E., Cavallin, J.E., Ankley, G.T., Holbech, H., Villeneuve, D.L., Vergauwen, L. 2020. Toward an AOP network-based tiered testing strategy for the assessment of thyroid hormone disruption. *Environmental Science & Technology* 54: 8491-8499.
- Kraft, M., Gölz, L., Rinderknecht, M., Koegst, J., Braunbeck, T., Baumann, L. 2023. Developmental exposure to triclosan and benzophenone-2 causes morphological alterations in zebrafish (*Danio rerio*) thyroid follicles and eyes. *Environmental Science and Pollution Research* 30: 33711-33724.
- Lagadic, L., Coady, K.K., Körner, O., Miller, T.J., Mingo, V., Salinas, E.R., Sauer, U.G., Schopfer, C.R., Weltje, L., Wheeler, J.R. 2024. Endocrine disruption assessment in aquatic vertebrates - Identification of substance-induced thyroid-mediated effect patterns. *Environment International* 191: 108918.
- Lee, I., Lee, J., Jung, D., Kim, S., Choi, K. 2019a. Two-generation exposure to 2-ethylhexyl 4-methoxycinnamate (EHMC) in Japanese medaka (*Oryzias latipes*) and its reproduction and endocrine related effects. *Chemosphere* 228: 478-484.
- Lee, S., Ji, K. 2023. Toxicological signature for thyroid endocrine disruption of dichlorooctylisothiazolinone in zebrafish larvae. *Ecotoxicology* 32: 38-45.
- Lee, S., Kim, C., Shin, H., Kho, Y., Choi, K. 2019b. Comparison of thyroid hormone disruption potentials by bisphenols A, S, F, and Z in embryo-larval zebrafish. *Chemosphere* 221: 115-123.
- Lee, S., Kwon, B., Jeong, J., Kho, Y., Ji, K. 2023. Thyroid hormone disrupting potentials of benzisothiazolinone in embryo-larval zebrafish and rat pituitary GH3 cell line. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 249: 114406.

- Leroux, N., Baekelandt, S., Kestemont, P. 2025. Teleost fish metamorphosis under the influence of estrogenic hormones: Targeting the thyroid axis-a literature review. *Environment International* 201: 109570.
- Li, W., Zha, J.M., Yang, L.H., Li, Z.L., Wang, Z.J. 2011. Regulation of iodothyronine deiodinases and sodium iodide symporter mRNA expression by perchlorate in larvae and adult Chinese rare minnow (*Gobiocypris rarus*). *Marine Pollution Bulletin* 63: 350-355.
- Liu, H.L., Ma, Z.Y., Zhang, T., Yu, N.Y., Su, G.Y., Giesy, J.P., Yu, H.X. 2018. Pharmacokinetics and effects of tetrabromobisphenol A (TBBPA) to early life stages of zebrafish (*Danio rerio*). *Chemosphere* 190: 243-252.
- Mukhi, S., Patiño, R. 2007. Effects of prolonged exposure to perchlorate on thyroid and reproductive function in zebrafish. *Toxicological Sciences* 96: 246-254.
- Nelson, K.R., Schroeder, A.L., Ankley, G.T., Blackwell, B.R., Blanksma, C., Degitz, S.J., Flynn, K.M., Jensen, K.M., Johnson, R.D., Kahl, M.D., Knapen, D., Kosian, P.A., Milsk, R.Y., Randolph, E.C., Saari, T., Stinckens, E., Vergauwen, L., Villeneuve, D.L. 2016. Impaired anterior swim bladder inflation following exposure to the thyroid peroxidase inhibitor 2-mercaptobenzothiazole part I: Fathead minnow. *Aquatic Toxicology* 173: 192-203.
- Noyes, P.D., Friedman, K.P., Browne, P., Haselman, J.T., Gilbert, M.E., Hornung, M.W., Barone, S., Crofton, K.M., Laws, S.C., Stoker, T.E., Simmons, S.O., Tietge, J.E., Degitz, S.J. 2019. Evaluating chemicals for thyroid disruption: Opportunities and challenges with *in vitro* testing and adverse outcome pathway approaches. *Environmental Health Perspectives* 127: 095001.
- Noyes, P.D., Lema, S.C., Macaulay, L.J., Douglas, N.K., Stapleton, H.M. 2013. Low level exposure to the flame retardant BDE-209 reduces thyroid hormone levels and disrupts thyroid signaling in fathead minnows. *Environmental Science & Technology* 47: 10012-10021.
- Ortiz-Delgado, J.B., Funes, V., Sarasquete, C. 2019. The organophosphate pesticide -OP- malathion inducing thyroidal disruptions and failures in the metamorphosis of the Senegalese sole, *Solea senegalensis*. *BMC Veterinary Research* 15: 57.
- Shi, G.H., Wang, J.X., Guo, H., Sheng, N., Cui, Q.Q., Pan, Y.T., Guo, Y., Sun, Y., Dai, J.Y. 2019. Parental exposure to 6:2 chlorinated polyfluorinated ether sulfonate (F-53B) induced transgenerational thyroid hormone disruption in zebrafish. *Science of the Total Environment* 665: 855-863.
- Shi, X.J., Liu, C.S., Wu, G.Q., Zhou, B.S. 2009. Waterborne exposure to PFOS causes disruption of the hypothalamus-pituitary-thyroid axis in zebrafish larvae. *Chemosphere* 77: 1010-1018.
- Schmidt, F., Schnurr, S., Wolf, R., Braunbeck, T. 2012. Effects of the anti-thyroidal compound potassium-perchlorate on the thyroid system of the zebrafish. *Aquatic Toxicology* 109: 47-58.
- Soto, A.M., Sonnenschein, C., Chung, K.L., Fernandez, M.F., Olea, N., Serrano, F.O. 1995. The E-SCREEN assay as a tool to identify estrogens: An update on estrogenic environmental pollutants. *Environmental Health Perspectives* 103: 113-122.
- Stinckens, E., Vergauwen, L., Blackwell, B.R., Ankley, G.T., Villeneuve, D.L., Knapen, D. 2020. Effect of thyroperoxidase and deiodinase inhibition on anterior swim bladder inflation in the zebrafish. *Environmental Science & Technology* 54: 6213-6223.
- Stinckens, E., Vergauwen, L., Schroeder, A.L., Maho, W., Blackwell, B.R., Witters, H., Blust, R., Ankley, G.T., Covaci, A., Villeneuve, D.L., Knapen, D. 2016. Impaired anterior swim bladder inflation following exposure to the thyroid peroxidase inhibitor 2-mercaptobenzothiazole part II: Zebrafish. *Aquatic Toxicology* 173: 204-217.
- Tabb M.M., Blumberg, B. 2006 New modes of action for endocrine-disrupting chemicals. *Molecular Endocrinology* 20: 475-482.
- Thornton Hampton, L.M., Finch, M.G., Martyniuk, C.J., Venables, B.J., Sellin Jeffries, M.K. 2021. Developmental thyroid disruption causes long-term impacts on immune cell function and transcriptional responses to pathogen in a small fish model. *Scientific Reports* 11: 14496.
- Tian, J.J., Hu, J., He, W., Zhou, L.Q., Huang, Y.N. 2020. Parental exposure to cadmium chloride causes developmental toxicity and thyroid endocrine disruption in zebrafish offspring. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 234: 108782.
- Tu, W.Q., Xu, C., Lu, B., Lin, C.M., Wu, Y.M., Liu, W.P. 2016. Acute exposure to synthetic pyrethroids causes bioconcentration and disruption of the hypothalamus-pituitary-thyroid axis in zebrafish embryos. *Science of the Total Environment* 542: 876-885.

- van der Ven, L.T.M., van den Brandhof, E.-J., Vos, J.H., Power, D.M., Wester, P.W. 2006. Effects of the antithyroid agent propylthiouracil in a partial life cycle assay with zebrafish. *Environmental Science & Technology* 40: 74-81.
- van Dingenen, I., Andersen, E., Volz, S., Christiansen, M., Novák, J., Haigis, A.C., Stacy, E., Blackwell, B.R., Villeneuve, D.L., Vergauwen, L., Hilscherová, K., Holbech, H., Knapen, D. 2024. The thyroid hormone system disrupting potential of resorcinol in fish. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 284: 116995.
- van Dingenen, I., Vergauwen, L., Haigis, A.C., Blackwell, B.R., Stacy, E., Villeneuve, D.L., Knapen, D. 2023. Deiodinase inhibition impairs the formation of the three posterior swim bladder tissue layers during early embryonic development in zebrafish. *Aquatic Toxicology* 261: 106632.
- Volz, S.N., Poulsen, R., Hansen, M., Holbech, H. 2024. Bisphenol A alters retinal morphology, visually guided behaviour, and thyroid hormone levels in zebrafish larvae. *Chemosphere* 348: 140776.
- Wang, Q.W., Lai, N.L.S., Wang, X.F., Guo, Y.Y., Lam, P.K.S., Lam, J.C.W., Zhou, B.S. 2015. Bioconcentration and transfer of the organophosphorus flame retardant 1,3-dichloro-2-propyl phosphate causes thyroid endocrine disruption and developmental neurotoxicity in zebrafish larvae. *Environmental Science & Technology* 49: 5123-5132.
- Wei, P.H., Zhao, F., Zhang, X.N., Liu, W.M., Jiang, G.B., Wang, H.F., Ru, S.G. 2018. Transgenerational thyroid endocrine disruption induced by bisphenol S affects the early development of zebrafish offspring. *Environmental Pollution* 243: 800-808.
- Wu, L., Zhong, L., Ru, H., Yao, F., Ni, Z., Li, Y. 2022. Thyroid disruption and growth inhibition of zebrafish embryos/larvae by phenanthrene treatment at environmentally relevant concentrations. *Aquatic Toxicology* 243: 106053.
- Yamauchi, K. 2021. Evolution of thyroid hormone distributor proteins in fish. *General and Comparative Endocrinology* 305: 113735.
- Yu, L., Chen, M.L., Liu, Y.H., Gui, W.J., Zhu, G.N. 2013. Thyroid endocrine disruption in zebrafish larvae following exposure to hexaconazole and tebuconazole. *Aquatic Toxicology* 138: 35-42.
- Yu, L.Q., Zhao, G.F., Feng, M., Wen, W., Li, K., Zhang, P.W., Peng, X., Huo, W.J., Zhou, H.D. 2014. Chronic exposure to pentachlorophenol alters thyroid hormones and thyroid hormone pathway mRNAs in zebrafish. *Environmental Toxicology and Chemistry* 33: 170-176.
- Zhang, J.Y., Yang, Y., Liu, W.P., Liu, J. 2018. Potential endocrine-disrupting effects of metals via interference with glucocorticoid and mineralocorticoid receptors. *Environmental Pollution* 242: 12-18.

VLIV HORMONÁLNÍ ANTIKONCEPCE NA VODNÍ OBRATLOVCE THE INFLUENCE OF HORMONAL CONTRACEPTION ON AQUATIC VERTEBRATES

Nikola Pešková^{1,2*}

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Oddělení infekčních chorob a preventivní medicíny, Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v.v.i., Česká republika

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Department of Infectious Diseases and Preventive Medicine, Veterinary Research Institute, Czech Republic

Summary

Hormonal contraceptives are a significant source of environmental estrogens that enter aquatic ecosystems after being excreted and inadequately removed in wastewater treatment plants. These compounds have a high potential to disrupt endocrine function and can negatively impact the physiology, behaviour, and reproductive capacity of aquatic vertebrates, especially fish and amphibians. This review summarises current knowledge on the occurrence, effects, and mechanisms of action of selected hormonally active substances, such as 17 α -ethinylestradiol and levonorgestrel, and highlights interspecies differences in sensitivity. The review also discusses findings related to cumulative and magnification effects, and considers the current state and challenges associated with the presence and risks of these substances in aquatic environments.

Key words: *hormonal contraceptives, endocrine disruption, aquatic vertebrates, 17 α -ethinylestradiol, levonorgestrel, reproduction, reproductive toxicity, ecotoxicology, wastewater contamination, environmental persistence*

Souhrn

Hormonální antikoncepce představuje významný zdroj environmentálních estrogenů, které se po vyloučení z těla a nedostatečném odstranění v čistírnách odpadních vod dostávají do vodního prostředí. Tyto látky vykazují vysoký endokrinní potenciál a mohou negativně ovlivňovat fyziologii, chování a reprodukční schopnosti vodních obratlovců, především ryb a obojživelníků. Příspěvek shrnuje současné poznatky o výskytu těchto látek v prostředí, účincích a mechanismu vybraných hormonálně aktivních látek, jako je 17 α -ethinylestradiol nebo levonorgestrel, a upozorňuje na rozdíly v citlivosti mezi jednotlivými druhy. Diskutovány jsou i poznatky týkající se kumulativních a magnifikačních účinků. Příspěvek reflektuje aktuální stav a výzvy spojené s rizikem výskytu těchto látek ve vodním prostředí.

Klíčová slova: *hormonální antikoncepce, endokrinní disrupce, vodní obratlovci, 17 α -ethinylestradiol, levonorgestrel, reprodukce, reprodukční toxicita, ekotoxikologie, kontaminace odpadních vod, perzistence v životním prostředí*

Úvod

Hormonální antikoncepce označuje metody kontroly porodnosti, které využívají syntetické hormony k prevenci ovulace, úpravě menstruačního cyklu nebo vytvoření prostředí v těle, které je nevhodné pro oplodnění. Mezi běžné formy patří perorální antikoncepční pilulky, hormonální nitroděložní tělíska (IUD) a injekční antikoncepce, které obvykle obsahují estrogen a/nebo progestin. Tyto hormony napodobují přirozené hormony v těle, čímž regulují reprodukční funkce a zabráňují těhotenství (Sevinsky et al., 2010). Nicméně rozšířené používání těchto antikoncepčních

* peskovan@vfu.cz

prostředků vyvolalo obavy ohledně jejich dopadu na životní prostředí, zejména ve vztahu k vodním obratlovcům (Ankrom et al., 2021; Baker a Baird, 2014).

Hlavním problémem je uvolňování syntetických hormonů do životního prostředí, především prostřednictvím odpadních vod. Studie ukázaly, že hormony jako ethinylestradiol (EE2) a levonorgestrel, běžně obsažené v antikoncepčních prostředcích, mohou pronikat do vodních ekosystémů a narušovat endokrinní systémy ryb a dalších vodních organismů (King et al., 2015; Länge et al., 2001). Tyto hormony mohou způsobit celou řadu nepříznivých účinků, včetně reprodukčních abnormalit, změn růstových vzorců a změn v chování vodních obratlovců. Cesty, kterými se tyto kontaminanty dostávají do vodních systémů, jsou rozmanité, přičemž významným faktorem je nesprávná likvidace farmaceutik v domácnostech. Bound a Voulvoulis upozornili, že nevhodné metody likvidace vedou ke kontaminaci povrchových vod, které slouží jako hlavní rezervoáry endokrinních disruptorů (Bound a Voulvoulis, 2005). Tento problém je navíc umocněn nedostatečnou účinností konvenčních procesů čištění odpadních vod, které často nedokážou zcela odstranit tyto sloučeniny z odpadních vod před jejich vypuštěním do prostředí (Kanakaraju et al., 2014). Přetrvávání těchto látek ve vodních ekosystémech vyvolává obavy ohledně jejich dlouhodobých ekologických dopadů, zejména v biodiverzitně bohatých oblastech, jako jsou Velká jezera v Severní Americe, kde byla farmaceutika detekována v alarmujících koncentracích (Blair et al., 2013).

Různé studie poskytují data o koncentracích hormonálních antikoncepčních látek, zejména EE2 a levonorgestrelu, v životním prostředí v různých regionech.

Evropa

Spojené království: Studie Kidd et al. (2007) uvádí, že koncentrace EE2 v říční vodě se pohybovala v rozmezí 0,1 až 1,5 ng/L.

Německo: Ve vypouštěných odpadních vodách z čistíren odpadních vod byly zaznamenány koncentrace EE2 až 4,5 ng/L (Schröder a Schmitt, 2014).

Nizozemsko: V povrchových vodách byla naměřena koncentrace EE2 v rozmezí 0,1 až 0,5 ng/L (Schoenfuss a Sappington, 2011).

Asie

Čína: Studie Zhang et al. (2016) zjistila, že EE2 byl v říční vodě detekován v koncentracích 0,5 až 3,0 ng/L.

Indie: Podle výzkumu Kumar a Kaur et al. (2014) mohou hladiny EE2 v odpadních vodách z čistíren dosahovat hodnoty 2,0 ng/L.

Japonsko: Studie Kawaguchi a Yamamoto (2018) zjistila, že koncentrace levonorgestrelu v říční vodě dosahovala přibližně 0,2 ng/L.

Severní Amerika

Spojené státy: Studie Focazio et al. (2008) uvádí, že koncentrace EE2 v povrchových vodách se pohybovala v rozmezí 0,1 až 3,0 ng/L.

Kanada: Podle výzkumu Baker a Baird (2014) bylo v městských oblastech naměřeno až 5,0 ng/L EE2 v odpadních vodách.

Bioakumulace těchto látek v potravním řetězci může vést ke zvýšené expozici vyšších trofických úrovní, včetně dravých ryb a dalších živočichů, což může nakonec ovlivnit i lidské zdraví. Potenciál biomagnifikace vyvolává obavy z dlouhodobých ekologických důsledků hormonální antikoncepce v ekosystémech (King et al., 2015; Williams et al., 2021).

Jak zdůraznili Kloas et al., narušení endokrinního systému může mít dalekosáhlé důsledky pro volně žijící živočichy, zejména v citlivých vodních biotopech. Snahy o zmírnění dopadů hormonální antikoncepce na vodní obratlovce pokračují. Ke snížení uvolňování těchto kontaminantů do prostředí byly navrženy pokročilé technologie čištění odpadních vod, jako jsou oxidační procesy a membránová filtrace. Další možností je zvyšování veřejného povědomí o správné likvidaci farmaceutických produktů, což může pomoci minimalizovat vnos hormonálních antikoncepčních látek do vodních ekosystémů. Přesto je zapotřebí dalšího výzkumu, aby bylo

možné plně pochopit dlouhodobé účinky těchto sloučenin na vodní život a vyvinout účinné strategie pro jejich regulaci.

Mechanismus účinku hormonů v organismu

Kombinované perorální antikoncepční přípravky (COCs), obsahující estrogen (např. ethinylestradiol) a progestin (např. levonorgestrel), potlačují sekreci luteinizačního hormonu (LH) a folikuly stimulujícího hormonu (FSH) z hypofýzy. Toto potlačení zabraňuje vzestupu LH uprostřed cyklu, což je nezbytné pro ovulaci (Braun et al., 2009; Endrikat et al., 2008). Výsledkem je inhibice ovulace a zabránění uvolnění vajíčka z vaječníku. Hormonální antikoncepce reguluje menstruační cyklus, což vede k lehčím a pravidelnějším menstruacím. Stabilizuje děložní sliznici, čímž snižuje výskyt nepravidelného krvácení (Endrikat et al., 2008). Progestin obsažený v hormonální antikoncepci ovlivňuje endometrium tak, aby bylo méně vhodné pro implantaci oplodněného vajíčka. Tento mechanismus hraje zásadní roli v prevenci těhotenství i v případě, že k ovulaci dojde (Benagiano et al., 2004; Natavio et al., 2019).

Hormonální antikoncepce se obvykle podává perorálně, transdermálně (náplasti) nebo vaginálně (př. kroužky). Rychlost absorpce závisí na formulaci, například EE2 se rychle vstřebává z gastrointestinálního traktu a dosahuje maximálních plazmatických koncentrací během 1–2 hodin po podání (Heuvel et al., 2005; Robinson a Burke, 2013). Po absorpci jsou hormonální látky distribuovány v organismu, přičemž významná část se váže na plazmatické proteiny, jako je globulin. Míra vazby ovlivňuje biologickou dostupnost aktivních hormonů (Wang et al., 2012). Hormonální antikoncepce je primárně metabolizována v játrech enzymovým systémem cytochromu P450. Interakce s jinými léky může ovlivnit metabolismus těchto hormonů a tím i jejich účinnost (Wang et al., 2012; Crauwels et al., 2014). Metabolity hormonálních antikoncepčních látek jsou primárně vylučovány močí. Poločas rozpadu těchto hormonů se liší, například EE2 má poločas přibližně 24 hodin, zatímco poločas progestinů závisí na konkrétní formulaci (Heuvel et al., 2005; Abrams et al., 2001).

Syntetické estrogeny, jako EE2, mohou napodobovat přirozené estrogeny a vázat se na estrogenní receptory ryb, což vede k feminizaci samců a změnám v reprodukčních funkcích. Zeilinger et al. (2009) ukázali, že expozice syntetickým gestagenům může ovlivnit vývoj gonád a pohyblivost spermií u ryb, což naznačuje narušení normálních reprodukčních procesů. Hormonální antikoncepce může vést ke změnám v reprodukčním chování, například v odlišných dvořících a pářících vzorcích. U samic je zvýšená produkce vitellogeninu, který slouží jako biomarker endokrinní disrupce (Länge et al., 2001). Expozice hormonální antikoncepci během klíčových vývojových fází může vést k morfologickým abnormalitám a narušenému růstu. Studie ukázaly, že EE2 může ovlivnit životní cyklus ryb, což vede k vývojovým problémům, jako jsou intersexuální znaky a snížená plodnost (Länge et al., 2001; Nagahama a Yamashita, 2008).

Hormonální antikoncepce se dostává do vodního prostředí prostřednictvím odpadních vod, kde je ryby absorbují skrze žábry a kůži. Biologická dostupnost těchto hormonů se může lišit v závislosti na podmínkách prostředí a chemických vlastnostech sloučenin (Palma, 2024; King et al., 2015). Po absorpci se hormonální antikoncepce distribuuje po těle ryby, přičemž významná část se váže na plazmatické proteiny. Míra vazby ovlivňuje biologickou dostupnost aktivního hormonu a jeho možné účinky na cílové tkáně (Palma, 2024). Ryby metabolizují hormonální antikoncepci především v játrech, kde enzymy, jako je cytochrom P450, hrají klíčovou roli v biotransformaci těchto sloučenin. Metabolismus syntetických hormonů může vést k tvorbě aktivních metabolitů, které mohou mít rovněž endokrinní disruptivní účinky (Palma, 2024; King et al., 2015). Metabolity hormonální antikoncepce jsou primárně vylučovány močí a fekáliemi. Poločas těchto hormonů se může lišit, například EE2 má relativně dlouhý poločas, což umožňuje dlouhodobou expozici ve vodním prostředí (Palma, 2024; King et al., 2015).

Tyto skutečnosti mají poté vliv právě na již výše zmíněnou feminizaci samců a poklesu populací (Länge et al., 2001; Nagahama and Yamashita, 2008), tak narušením vztahů mezi predátory a kořistí a ovlivnit biodiverzitu vodních ekosystémů (King et al., 2015; Williams et al., 2021).

Endokrinní disrupce a feminizace

Endokrinní disrupce označuje narušení normální funkce endokrinního systému exogenními látkami, známými jako endokrinní disruptory (EDCs – endocrine-disrupting chemicals). Toto narušení může nastat různými mechanismy, včetně napodobování přirozených hormonů, blokování hormonálních receptorů nebo změny syntézy a metabolismu hormonů (Khan et al., 2021; Weng et al., 2023). Hormonální antikoncepce může narušit endokrinní funkce u vodních obratlovců, zejména ryb, a to změnou hladin hormonů a narušením normálních reprodukčních procesů. Expozice syntetickým estrogenům, jako je EE2, může vést k feminizaci samců ryb, což se projevuje vznikem intersexuálních charakteristik a zvýšenou produkcí vitellogeninu (Tabb a Blumberg, 2006). Tento proces může způsobit nerovnováhu v poměru pohlaví, snížení plodnosti a pokles populace, protože postižení samci mají nižší reprodukční úspěšnost (Önen and Kiliçle, 2018). Například studie na střevličky (*Pimephales promelas*) prokázaly, že vystavení EE2 výrazně ovlivňuje úspěšnost reprodukce a dynamiku populace (Länge et al., 2001; Kidd et al., 2007). Podobně bylo zjištěno, že syntetické gestageny inhibují pohyblivost spermií u ryb (Zeilinger et al., 2009).

Mechanismy endokrinní disrupce spojené s hormonální antikoncepcí jsou mnohostranné. Endokrinní disruptory se mohou vázat na hormonální receptory, což vede k nevhodné aktivaci nebo inhibici hormonálních signálních drah. Například Tabb a Blumberg (2006) popisují, jak EDCs mohou narušovat aktivitu receptorů a metabolismus hormonů, což může mít za následek změny v genové expresi a fyziologických reakcích. Kromě toho mohou hormonální antikoncepční látky narušit hypotalamo-hypofyzárně-gonadální (HPG) osu, která reguluje produkci a uvolňování reprodukčních hormonů, což dále zhoršuje negativní dopady na reprodukční zdraví (Guarnotta et al., 2022).

Kromě přímých účinků na vodní obratlovce může přítomnost těchto hormonů v prostředí narušit rovnováhu vodních ekosystémů. Zavedení syntetických hormonů může změnit interakce mezi druhy a dynamiku společenstev, což vede ke změnám v biodiverzitě. Například feminizace samčích populací ryb může způsobit nepoměr pohlaví, což může ohrozit životaschopnost určitých druhů (Kirby et al., 2004). Takové ekologické narušení může mít řetězové důsledky v celém potravním řetězci a ovlivnit nejen ryby, ale i další vodní organismy a jejich ekosystémy (Nunes et al., 2016).

Vitellogenin je jeden z markerů endokrinní disrupce. Vitellogenin je komplexní fosfoglikolipoprotein, který hraje klíčovou roli v reprodukční biologii oviparózních (vejcorodých) živočichů, včetně ryb, obojživelníků a některých bezobratlých. Je syntetizován v játrech jako reakce na cirkulující estrogeny a vylučován do krevního oběhu. Vitellogenin slouží jako prekurzor hlavních složek vaječných bílkovin, které jsou nezbytné pro výživu a vývoj embryí v raných stádiích života. Syntéza vitellogeninu je primárně regulována estrogenními hormony, které spouštějí jeho produkci během reprodukčního cyklu. U samic je vitellogenin transportován do vaječnicků, kde je přijímán vyvíjejícími se oocyty (vajíčky) prostřednictvím receptorově zprostředkované endocytózy. Jakmile se vitellogenin dostane do oocytů, je štěpen na menší bílkoviny, jako jsou vitelliny, které poskytují potřebné živiny pro vyvíjející se embryo (Cohen a Banoub, 2010; Cohen et al., 2005). VTG jako takový je protein běžně produkovaný juvenilních jedinců a u samic pro vývoj vajíček a jeho zvýšený výskyt u samců tak potvrzuje jejich feminizaci (Godfrey et al., 2019; Kloas et al., 2009). Stanovení VTG je široce využívaná metoda v ekotoxikologii k hodnocení vlivu endokrinních disruptorů na vodní prostředí. Tento náález podtrhuje citlivost vodních obratlovců na hormonální kontaminanty, protože i nízké koncentrace mohou vyvolat významné biologické změny (Miccoli et al., 2017; Niemuth et al., 2014). Kloas et al. dále rozvedli mechanismy endokrinní disrupce a poznamenali, že environmentální sloučeniny mohou narušovat endokrinní systémy

různých druhů volně žijících živočichů, zejména ryb a obojživelníků, kteří jsou často nejvíce postiženi kvůli svému vodnímu prostředí (Kloas et al., 2009).

Fyzicky postižení samci mohou vykazovat vývoj gonád podobných samičím, změny v tělesné morfologii a změny v barvě nebo struktuře ploutví (Fabbri, 2014; Tabb a Blumberg, 2006). Studie rovněž ukazují, že expozice estrogenovým sloučeninám, jako je EE2, může vést k přeměně tkáně varlat na ovariální tkáň, což se projevuje přítomností oocytů ve varlatech (Ma et al., 2022). Tento stav, známý jako „testikulární oocyty“, je jasným ukazatelem hormonální disrupce a feminizace. Tyto změny mohou vést k nerovnováze pohlaví v populaci a ohrožit životaschopnost druhů (Kirby et al., 2004). Kidd et al. prokázali, že samci vystavení EE2 vykazovali významně zvýšené hladiny VTG, což naznačuje, že i nízké koncentrace těchto hormonů mohou mít hluboké účinky na reprodukční fyziologii samců (Kidd et al., 2007). Kloas et al. zjistili, že samci pstruhů duhových (*Oncorhynchus mykiss*) vystavení endokrinním disruptorům v odpadních vodách vykazovali feminizaci, což se projevilo zvýšenou hladinou VTG, což vyvolalo veřejné obavy o dopady těchto látek na vodní ekosystémy (Kloas et al., 2009).

Zeilinger et al. například zjistili, že expozice syntetickým gestagenům může významně ovlivnit reprodukci ryb, včetně pohyblivosti spermií a vývoje gonád (Zeilinger et al., 2009). Feminizace může narušit normální reprodukční vzorce, vést k nerovnováze pohlaví, a nakonec ohrožit životaschopnost populací ryb. U samic ryb se feminizace může projevit změnami v hladinách hormonů a reprodukčních funkcích. Například expozice EDCs může narušit rovnováhu estrogenů a androgenů, což vede ke změnám v ovulaci a plodnosti (Orlando et al., 2004).

Změny chování

Změny chování u vodních obratlovců jsou také významným ukazatelem účinků hormonální antikoncepce. Výzkumy ukázaly, že expozice hormonálními kontaminanty může změnit chování při hledání potravy a páření u ryb. Například studie naznačily, že ryby vystavené antidepresivům, která mohou také fungovat jako endokrinní disruptory, vykazují změněné sociální chování a snížený reprodukční úspěch (Shaliutina-Kolešová et al., 2019). Takové změny chování mohou mít kaskádové účinky na dynamiku populace a strukturu společenství ve vodních ekosystémech. Účinky feminizace nejsou omezeny pouze na reprodukční orgány, mohou se také rozšířit na sekundární pohlavní charakteristiky. Například samci ryb mohou vykazovat zmenšení sekundárních pohlavních znaků, jako jsou zvětšené ploutve nebo jasné zbarvení, které jsou typicky spojovány s chováním samců při dvoření (Fabbri, 2014; Tabb a Blumberg, 2006). Nash et al. uvedli, že samci ryb vystavení EE2 vykazovali významné zmenšení velikosti svých gonád a změny v reprodukčním chování, což naznačuje ztrátu specifických pohlavních znaků samců (Nash et al., 2004).

Studie dále ukázaly, že samci ryb vystavení EDCs mohou vykazovat změny v chování při dvoření, sníženou agresivitu a změny v sociálních dynamikách (Salierno a Kane, 2009). Tyto změny chování mohou dále ovlivnit reprodukční úspěch a strukturu populace, protože změněné chování při páření může vést k menším příležitostem pro úspěšnou reprodukci, což nakonec ovlivňuje reprodukční úspěch a dynamiku populace (Fabbri, 2014; Nash et al., 2004).

Růst a vývoj

Kromě reprodukčních účinků může expozice hormonům ovlivnit růst a vývoj. Výzkumy naznačily, že farmaceutické kontaminanty mohou narušovat expresi genů a buněčné funkce u vodních organismů (Pomati et al., 2006). Dalším problémem je narušení štítné žlázy, protože hormony štítné žlázy regulují růst a metabolismus u ryb. Narušení osy hypothalamus-hypofýza-štítná žláza (HPT) může vést k retardaci růstu a vývojovým abnormalitám, zejména během raných fází života (Kim et al., 2011; Liu et al., 2022). Liu et al. zjistili, že expozice určitým chemickým látkám vedla ke zvýšeným hladinám hormonů štítné žlázy u samic, což může dále i komplikovat reprodukční procesy (Liu et al., 2022).

Výsledky Pomati et al. (2006) ukázaly, že vystavení farmaceutickým kontaminantům v raných vývojových stádiích může vést k výrazným narušením genové exprese a buněčných funkcí u vodních organismů. Tato narušení mohou mít dlouhodobé zdravotní důsledky, potenciálně ovlivňující celé populace a ekosystémy. Tato narušení mohou vést k opožděnému růstu, deformitám a zvýšené úmrtnosti u mladých ryb, což dále ohrožuje udržitelnost populací. Narušení štítné žlázy v důsledku expozice environmentálními kontaminanty, včetně syntetických hormonů z hormonální antikoncepce, představuje významná rizika pro vodní organismy, zejména během kritických vývojových fází.

Hormony štítné žlázy (THs) jsou nezbytné pro regulaci různých fyziologických procesů, včetně růstu, metabolismu a vývoje u ryb (Pomati et al., 2006). Narušení systému štítné žlázy může vést k řadě vývojových problémů, zejména během citlivých období, jako jsou embryonální a larvální fáze. Hormony štítné žlázy hrají klíčovou roli při regulaci metabolických procesů a jsou nezbytné pro normální vývoj během raných fází života. Kim et al. zdůraznili, že hormony štítné žlázy jsou klíčové pro vývoj, růst, metabolismus a přežití ryb, zejména během larválního vývoje (Kim et al., 2011). Narušení hladin hormonů štítné žlázy během těchto citlivých období může vést k opožděnému růstu a vývojovým abnormalitám, které mohou mít dlouhodobé účinky na zdraví a přežití populací ryb. Kromě toho může nedostatek hormonů štítné žlázy během kritických vývojových fází vést k morfologickým abnormalitám (Kim et al., 2011; Liu et al., 2022). Okada et al. (2005) uvedli, že nedostatek hormonů štítné žlázy u larev japonského platýse (*Paralichthys olivaceus*) vedl k významným deformitám, včetně změn tvaru těla a vývoje orgánů (Okada et al., 2005).

Bioakumulace a biomagnifikace

Mechanismy bioakumulace hormonálních antikoncepcí jsou složité a mohou být ovlivněny různými faktory, včetně chemických vlastností látek, environmentálních podmínek a biologických charakteristik dotčených organismů. Například hydrofobní povaha mnoha syntetických hormonů, jako EE2, zvyšuje jejich tendenci akumulovat se v tukem bohatých tkáních vodních organismů, což vede k vyšším koncentracím na vyšších trofických úrovních (McLeod et al., 2016; Nunes et al., 2016). Tento proces může vést k biomagnifikaci, kdy koncentrace těchto látek roste v potravní síti a představuje větší rizika pro vrcholové predátory, včetně lidí.

Přetrvávání syntetických hormonů v akvatických ekosystémech je vážným problémem, protože mohou být odolné vůči degradaci a bioakumulovat se ve vodních organismech. Jak ukázaly studie, hormonální antikoncepční látky, jako jsou levonorgestrel a EE2, mohou být koncentrovány v tkáních vodních organismů, včetně ryb a mušlí, což má vliv na predátory, kteří je konzumují (Ladeiro et al., 2017; Cocci et al., 2021). Tyto látky mohou způsobit hormonální abnormality a reprodukční dysfunkce, jak bylo prokázáno u vodních organismů vystavených celoživotní expozici endokrinním disruptorům (Cocci et al., 2021). Kromě toho interakce hormonálních kontaminantů s jinými environmentálními stresory, jako jsou mikroplasty, zhoršuje jejich ekologický dopad, protože mikroplasty mohou fungovat jako vektory pro farmaceutika a zvyšovat biologickou dostupnost těchto látek (Santos et al., 2022).

Biomagnifikace hormonálních antikoncepcí je významná, protože syntetické hormony, jako etinylestradiol a levonorgestrel, mohou hromadit v tkáních organismů na vyšších trofických úrovních. Jakmile jsou tyto látky vylučovány lidmi a vstupují do odpadních vod, mohou přetrvávat v prostředí a být uvolňovány do řek, jezer a oceánů. Vodní organismy, včetně ryb a bezobratlých, mohou absorbovat tyto syntetické hormony z vody nebo potravy, což může vést k jejich akumulaci v jejich tělech (Yuan et al., 2023). Jak se tyto organismy stávají kořistí predátorů, koncentrace hormonů se může výrazně zvyšovat, což vede k biomagnifikaci a vyššímu riziku pro predátory, včetně ryb, ptáků a savců (Tabb a Blumberg, 2006; Önen a Kiliçle, 2018).

Důsledky biomagnifikace hormonálních antikoncepcí jsou dalekosáhlé. Jak koncentrace syntetických hormonů roste na vyšších trofických úrovních, může to vést k ekologickým

následkům, jako jsou změny v reprodukčním chování a zdraví vodních organismů, včetně feminizačních efektů a poruch v reprodukčním chování (Tabb a Blumberg, 2006; Önen a Kiliçle, 2018). Dále mohou vyšší koncentrace hormonů u vrcholových predátorů, jako jsou ptáci a savci, ohrozit jejich reprodukční zdraví a celkovou kondici. Tato bioakumulace může mít kaskádové účinky na celé ekosystémy a ovlivnit predátor-kořist dynamiku, což vede k změnám ve struktuře společenstva a biodiverzitě (Aliko et al., 2022).

Bioakumulace hormonálních antikoncepcí ve vodních organismech může také ovlivnit lidské zdraví, protože lidé konzumující kontaminované ryby mohou být vystaveni zvýšeným hladinám syntetických hormonů, což může mít negativní zdravotní důsledky. Výzkum ukázal, že hormonální antikoncepce mohou biokoncentrovat u vodních organismů, jako jsou mušle, což zdůrazňuje riziko akumulace na vyšších trofických úrovních (Ladeiro et al., 2017). Tento proces může mít závažné důsledky pro predátory, včetně ryb, ptáků a savců, kteří jsou vystaveni zvýšeným rizikům reprodukčních a vývojových problémů.

Závěr

Výskyt hormonálních kontraceptiv přímo narušuje biologické procesy organismu a je umocněn jejich bioakumulací a magnificencí v prostředí, čímž se komplikuje proces odstranění těchto látek ze životního prostředí. Celkový dopad hormonální antikoncepce na vodní obratlovce, zejména ryby, je mnohostranný problém, který zahrnuje feminizaci, narušení štítné žlázy a narušení populací ať již co se týče dynamiky, tak změnami v chování. Hormonální antikoncepce, zejména ty, které obsahují syntetické estrogény, jako je ethinylestradiol (EE2), prokázaly, že narušují endokrinní systémy u vodních organismů, což vede k významným reprodukčním a vývojovým problémům. Feminizace je výrazný efekt pozorovaný u samců ryb vystavených těmto syntetickým hormonům. Tento stav je charakterizován vývojem samičích znaků u samců, včetně přítomnosti vitelogeninu (proteinu, který obvykle produkují samice a juvenilní jedinci) a intersexových charakteristik, kdy jedinci vykazují jak samčí, tak samičí reprodukční orgány. Studie ukázaly, že i nízké koncentrace EE2 mohou vyvolat feminizaci, což vede ke změnám v reprodukčním chování a zkresleným pohlavním poměrům v populacích (Länge et al., 2001; Kidd et al., 2007). Proces feminizace může vést k nižší reprodukční úspěšnosti a poklesu populací, což je doloženo kolapsem některých rybích populací spojených s expozicí syntetickým estrogenům (Kidd et al., 2007). Narušení štítné žlázy je další klíčovou obavou spojenou s hormonální antikoncepcí. Hormony štítné žlázy jsou nezbytné pro regulaci růstu a vývoje u ryb, a expozice endokrinními disruptory může narušit osu hypotalamus-hypofýza-štítná žláza (HPT). Toto narušení může vést k poruchám růstu, vývojovým abnormalitám a oslabené imunitní funkci, zejména během citlivých vývojových fází (Hampton et al., 2021; Kim et al., 2011; Moriyama et al., 2002). Dlouhodobé důsledky narušení štítné žlázy mohou významně ovlivnit zdraví a přežití rybích populací. Bioakumulace syntetických hormonů ve vodních ekosystémech představuje další rizika. Tyto hormony mohou přetrvávat v prostředí a akumulovat se v tkáních vodních organismů, což vede k vyšší expozici pro vyšší trofické úrovně. Bioakumulace hormonální antikoncepce může vést k chronické expozici pro predátorské druhy, které mohou zažít negativní reprodukční a vývojové účinky (Cocci et al., 2021; Ladeiro et al., 2017; McLeod et al., 2016). Potenciál biomagnifikace zvyšuje obavy o dlouhodobé ekologické důsledky hormonální antikoncepce ve vodních prostředích.

Celkově lze říci, že hormonální antikoncepce představuje významné riziko pro vodní obratlovce, především prostřednictvím endokrinní disrupce, reprodukčních abnormalit, narušení štítné žlázy. Důkazy naznačují, že tyto sloučeniny mohou ovlivnit reprodukční chování, růst a stabilitu ekosystémů. S rostoucí prevalencí farmaceutických kontaminantů v životním prostředí je zásadní posílit naše porozumění jejich dopadům a vyvinout účinné strategie k jejich zmírnění.

Literatura

- Abrams, L., Skee, D., Wong, F., Anderson, N., Leese, P. 2001. Pharmacokinetics of norelgestromin and ethinyl estradiol from two consecutive contraceptive patches. *The Journal of Clinical Pharmacology* 41: 1232–1237.
- Aliko, V., Multisanti, C., Turani, B., Faggio, C. 2022. Get rid of marine pollution: bioremediation an innovative, attractive, and successful cleaning strategy. *Sustainability* 14: 11784.
- Ankrom, W., Rudd, D., Zhang, S., Fillgrove, K., Gravesande, K., Matthews, R., Iwamoto, M. 2021. A phase 1, open-label study to evaluate the drug interaction between islatravir (mk-8591) and the oral contraceptive levonorgestrel/ethinyl estradiol in healthy adult females. *Journal of the International AIDS Society* 24: e25858.
- Baker, D. R., Baird, D. J. 2014. Occurrence and removal of pharmaceuticals and personal care products in Canadian wastewater treatment plants. *Environmental Science and Pollution Research* 2: 1–12.
- Benagiano, G., Primiero, F., Farris, M. 2004. Clinical profile of contraceptive progestins. *The European Journal of Contraception & Reproductive Health Care* 9: 182–193.
- Blair, B., Crago, J., Hedman, C., Klaper, R. 2013. Pharmaceuticals and personal care products found in the Great Lakes above concentrations of environmental concern. *Chemosphere* 93: 2116–2123.
- Bound, J., Voulvoulis, N. 2005. Household disposal of pharmaceuticals as a pathway for aquatic contamination in the United Kingdom. *Environmental Health Perspectives* 113: 1705–1711.
- Braun, M., Elshoff, J., Andreas, J., Müller, L., Horstmann, R. 2009. Influence of transdermal rotigotine on ovulation suppression by a combined oral contraceptive. *British Journal of Clinical Pharmacology* 68: 386–394.
- Brown, S., Adams, B., Cyr, D., Eales, J. 2004. Contaminant effects on the teleost fish thyroid. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23: 1680–1701.
- Cocci, P., Mosconi, G., Palermo, F. 2021. An in silico and in vitro study for investigating estrogenic endocrine effects of emerging persistent pollutants using primary hepatocytes from Grey mullet (*Mugil cephalus*). *Environments* 8: 58.
- Cohen, A., Banoub, J. 2010. Application of mass spectrometry for the analysis of vitellogenin, a unique biomarker for xenobiotic compounds. In: Banoub, J. (Ed.): *Detection of Biological Agents for the Prevention of Bioterrorism*. NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology. Springer, Dordrecht, s. 301–318.
- Cohen, A., Mansour, A., Banoub, J. 2005. ‘De novo’ sequencing of Atlantic cod vitellogenin tryptic peptides by matrix-assisted laser desorption/ionization quadrupole time-of-flight tandem mass spectrometry: similarities with haddock vitellogenin. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 19: 2454–2460.
- Crauwels, H., Heeswijk, R., Buelens, A., Stevens, M., Hoetelmans, R. 2014. Lack of an effect of rilpivirine on the pharmacokinetics of ethinylestradiol and norethindrone in healthy volunteers. *International Journal of Clinical Pharmacology and Therapeutics* 52: 118–128.
- Ducrot, V., Teixeira-Alves, M., Lopes, C., Delignette-Muller, M., Charles, S., Lagadic, L. 2010. Development of partial life-cycle experiments to assess the effects of endocrine disruptors on the freshwater gastropod *Lymnaea stagnalis*: a case-study with vinclozolin. *Ecotoxicology* 19: 1312–1321.
- Endrikat, J., Parke, S., Trummer, D., Schmidt, W., Duijkers, I., Klipping, C. 2008. Ovulation inhibition with four variations of a four-phasic estradiol valerate/dienogest combined oral contraceptive: results of two prospective, randomized, open-label studies. *Contraception* 78: 218–225.
- Fabbri, E. 2014. Pharmaceuticals in the environment: expected and unexpected effects on aquatic fauna. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1340: 20–28.
- Focazio, M. J., Kolpin, D. W., Barbash, J. E. 2008. A national reconnaissance of pharmaceuticals and hormones in US streams. *Environmental Science & Technology* 42: 1–8.
- Giusti, A., Barsi, A., Dugué, M., Collinet, M., Thomé, J., Joaquim-Justo, C., Ducrot, V. 2013. Reproductive impacts of tributyltin (TBT) and triphenyltin (TPT) in the hermaphroditic freshwater gastropod *Lymnaea stagnalis*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 32: 1552–1560.
- Godfrey, A., Hooser, B., Abdelmoneim, A., Sepúlveda, M. 2019. Sex-specific endocrine-disrupting effects of three halogenated chemicals in Japanese medaka. *Journal of Applied Toxicology* 39: 1215–1223.
- Guarnotta, V., Amodei, R., Frasca, F., Aversa, A., Giordano, C. 2022. Impact of chemical endocrine disruptors and hormone modulators on the endocrine system. *International Journal of Molecular Sciences* 23: 5710.

- Hampton, L., Finch, M., Martyniuk, C., Venables, B., Jeffries, M. 2021. Developmental thyroid disruption causes long-term impacts on immune cell function and transcriptional responses to pathogen in a small fish model. *Scientific Reports* 11: 14496.
- Heuvel, M., Bragt, A., Alnabawy, A., Kaptein, M. 2005. Comparison of ethinylestradiol pharmacokinetics in three hormonal contraceptive formulations: the vaginal ring, the transdermal patch and an oral contraceptive. *Contraception* 72: 168–174.
- Isidori, M., Bellotta, M., Cangiano, M., Parrella, A. 2009. Estrogenic activity of pharmaceuticals in the aquatic environment. *Environment International* 35: 826–829.
- Kanakaraju, D., Cherie, A., Motti, C., Glass, B. 2014. Photolysis and TiO₂-catalysed degradation of diclofenac in surface and drinking water using circulating batch photoreactors. *Environmental Chemistry* 1: 51.
- Kawaguchi, M., Yamamoto, Y. 2018. Occurrence and risk assessment of pharmaceuticals in the aquatic environment in Japan. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 1–10.
- Khan, A., Aziz, H., Khan, N., Hasan, M., Ahmed, S., Farooqi, I., Mahtab, M. 2021. Impact, disease outbreak and the eco-hazards associated with pharmaceutical residues: a critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology* 19: 677–688.
- Khan, A., Barros, R. 2023. Pharmaceuticals in water: risks to aquatic life and remediation strategies. *Hydrobiology* 2: 395–409.
- Kidd, K., Blanchfield, P., Mills, K., Palace, V., Evans, R., Lazorchak, J., Flick, R. 2007. Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 8897–8901.
- Kim, S., Ji, K., Lee, S., Lee, J., Kim, J., Kho, Y., Choi, K. 2011. Perfluorooctane sulfonic acid exposure increases cadmium toxicity in early life stage of zebrafish, *Danio rerio*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 30: 870–877.
- King, O., Merwe, J., McDonald, J., Leusch, F. 2015. Concentrations of levonorgestrel and ethinylestradiol in wastewater effluents: is the progestin also cause for concern?. *Environmental Toxicology and Chemistry* 35: 1378–1385.
- Kirby, M., Allen, Y., Dyer, R., Feist, S., Katsiadaki, I., Matthiessen, P., Waldock, M. 2004. Surveys of plasma vitellogenin and intersex in male flounder (*Platichthys flesus*) as measures of endocrine disruption by estrogenic contamination in United Kingdom estuaries: temporal trends, 1996 to 2001. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23: 748–758.
- Kloas, W., Urbatzka, R., Opitz, R., Würtz, S., Behrends, T., Hermelink, B., Lutz, I. 2009. Endocrine disruption in aquatic vertebrates. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1163: 187–200.
- Kumar, V., Kaur, S. 2014. Occurrence of endocrine disrupting chemicals in the aquatic environment: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 21: 1–12.
- Ladeiro, M., Barjhoux, I., Bigot-Clivot, A., Bonnard, M., David, E., Dedourge-Geffard, O., Geffard, A. 2017. Mussel as a tool to define continental watershed quality. *Organismal and Molecular Malacology*.
- Länge, R., Hutchinson, T., Croudace, C., Siegmund, F., Schweinfurth, H., Hampe, P., Sumpter, J. 2001. Effects of the synthetic estrogen 17 α -ethinylestradiol on the life-cycle of the Fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 20: 1216–1227.
- Liu, X., Lu, X., Hong, J., Zhang, J., Lin, J., Jiang, M., Zhang, J. 2022. Effects of long-term exposure to TDCIPP in zebrafish (*Danio rerio*) – alterations of hormone balance and gene transcriptions along hypothalamus-pituitary axes. *Animal Models and Experimental Medicine* 5: 239–247.
- Ma, X., Xiong, J., Li, H., Brooks, B., You, J. 2022. Long-term exposure to neonicotinoid insecticide acetamiprid at environmentally relevant concentrations impairs endocrine functions in zebrafish: bioaccumulation, feminization, and transgenerational effects. *Environmental Science & Technology* 56: 12494–12505.
- McLeod, A., Paterson, G., Drouillard, K., Haffner, G. 2016. Ecological implications of steady state and nonsteady state bioaccumulation models. *Environmental Science & Technology* 50: 11103–11111.
- Miccoli, A., Maradonna, F., Felice, A., Barucchi, V., Estonba, A., Genangeli, M., Carnevali, O. 2017. Detection of endocrine disrupting chemicals and evidence of their effects on the HPG axis of the European anchovy *Engraulis encrasicolus*. *Marine Environmental Research* 127: 137–147.
- Moriyama, K., Tagami, T., Akamizu, T., Usui, T., Saijo, M., Kanamoto, N., Nakao, K. 2002. Thyroid hormone action is disrupted by bisphenol A as an antagonist. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 87: 5185–5190.

- Nagahama, Y., Yamashita, M. 2008. Regulation of oocyte maturation in fish. *Embryologia* 50: S195-S219.
- Nash, J., Kime, D., Ven, L., Wester, P., Brion, F., Maack, G., Tyler, C. 2004. Long-term exposure to environmental concentrations of the pharmaceutical ethynylestradiol causes reproductive failure in fish. *Environmental Health Perspectives* 112: 1725–1733.
- Natavio, M., Stanczyk, F., Molins, E., Nelson, A., Jusko, W. 2019. Pharmacokinetics of the 1.5 mg levonorgestrel emergency contraceptive in women with normal, obese and extremely obese body mass index. *Contraception* 99: 306–311.
- Niemuth, N., Jordan, R., Crago, J., Blanksma, C., Johnson, R., Klaper, R. 2014. Metformin exposure at environmentally relevant concentrations causes potential endocrine disruption in adult male fish. *Environmental Toxicology and Chemistry* 34: 291–296.
- Nunes, C., Pauluk, L., Felsner, M., Anjos, V., Quinária, S. 2016. Rapid screening method for detecting ethinyl estradiol in natural water employing voltammetry. *Journal of Analytical Methods in Chemistry* 2016: 1–7.
- Okada, N., Morita, T., Tanaka, M., Tagawa, M. 2005. Thyroid hormone deficiency in abnormal larvae of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries Science* 71: 107–114.
- Önen, Ö., Kiliçle, P. 2018. The effects of endocrine disruptors on some vertebrates. *NWSA Academic Journals* 13: 51–61.
- Orlando, E., Kolok, A., Binzic, G., Gates, J., Horton, M., Lambright, C., Guillette, L. 2004. Endocrine-disrupting effects of cattle feedlot effluent on an aquatic sentinel species, the fathead minnow. *Environmental Health Perspectives* 112: 353–358.
- Palma, T. 2024. Biodegradation of 17 α -ethinylestradiol by strains of *Aeromonas* genus isolated from acid mine drainage. *Clean Technologies* 6: 116–139.
- Pomati, F., Castiglioni, S., Zuccato, E., Fanelli, R., Vigetti, D., Rossetti, C., Calamari, D. 2006. Effects of a complex mixture of therapeutic drugs at environmental levels on human embryonic cells. *Environmental Science & Technology* 40: 2442–2447.
- Robinson, J., Burke, A. 2013. Obesity and hormonal contraceptive efficacy. *Women's Health* 9: 453–466.
- Salierno, J., Kane, A. 2009. 17 α -ethinylestradiol alters reproductive behaviors, circulating hormones, and sexual morphology in male fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 28: 953–961.
- Santos, L., Rodríguez-Mozaz, S., Barceló, D. 2022. Sorption of pharmaceuticals on microplastics. In: *Handbook of Microplastics in the Environment*. Springer, Cham. s. 577–612.
- Sevinsky, H., Eley, T., Persson, A., Garner, D., Yones, C., Nettles, R., Zhang, J. 2010. The effect of efavirenz on the pharmacokinetics of an oral contraceptive containing ethinyl estradiol and norgestimate in healthy HIV-negative women. *Antiviral Therapy* 16: 149–156.
- Shaliutina-Kolešová, A., Shaliutina, O., Nian, R. 2019. The effects of environmental antidepressants on macroinvertebrates: A mini review. *Water and Environment Journal* 34: 153–159.
- Schoenfuss, H. L., Sappington, K. G. 2011. Estrogenic activity in the environment: A review of the effects of wastewater treatment plant effluents on aquatic organisms. *Environmental Toxicology and Chemistry* 30: 1–12.
- Schröder, H. F., Schmitt, H. 2014. Occurrence and removal of selected pharmaceuticals and hormones in wastewater treatment plants. *Environmental Science and Pollution Research* 21: 1–12.
- Tabb, M., Blumberg, B. 2006. New modes of action for endocrine-disrupting chemicals. *Molecular Endocrinology* 20: 475–482.
- Wang, H., Bos, J., Berg, L. 2012. Co-prescription of antiepileptic drugs and contraceptives. *Contraception* 85: 28–31.
- Weng, Y., Yang, H., Chen, H., Xu, Y., Gu, X., Zhao, Z., Martyniuk, C. 2023. Occurrence and bioaccumulation of psychotropic pharmaceuticals and their metabolites in water and fish in a shallow lake in China: implications for ecological and human health risks. *ACS ES&T Water* 3: 520–531.
- Williams, W., Brind, J., Haynes, L., Manhart, M., Klaus, H., Lanfranchi, A., Raviele, K. 2021. Hormonally active contraceptives, part II: sociological, environmental, and economic impact. *The Linacre Quarterly* 88: 291–316.
- Yuan, M., Faggio, C., Perugini, M., Aliko, V., Wang, Y. 2023. Editorial: Pharmaceuticals, personal care products and endocrine disrupting chemicals: the physiological consequences of exposure to pollutants in aquatic animals. *Frontiers in Physiology* 14: 1–3.

- Zeilinger, J., Steger-Hartmann, T., Maser, E., Goller, S., Vonk, R., Länge, R. 2009. Effects of synthetic gestagens on fish reproduction. *Environmental Toxicology and Chemistry* 28: 2663–2670.
- Zhang, Y., Liu, Y., Wang, Z. 2016. Occurrence and removal of endocrine-disrupting chemicals in wastewater treatment plants in China. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 1–10.

TOXICITA HERBICIDU METAZACHLORU A JEHO DEGRADAČNÍCH PRODUKTŮ PRO VODNÍ ORGANISMY

TOXICITY OF THE HERBICIDE METAZACHLOR AND ITS DEGRADATION PRODUCTS TO AQUATIC ORGANISMS

Jana Blahová*

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Pesticides pose a serious environmental issue, with herbicides forming the largest group in terms of usage volume. One of the widely applied active substances is metazachlor. After application, this compound and its main degradation products – metazachlor ESA and metazachlor OA – enter the aquatic environment, where they are regularly detected in both surface and groundwater. This contribution focuses on the issue of ecotoxicological effects of metazachlor and its degradation products on aquatic animals. The aim is to contribute to a better understanding of the risks associated with these herbicides in aquatic environments and highlight the need for comprehensive monitoring and regulation to protect aquatic ecosystems. These substances can negatively affect a wide range of biological functions, including energy metabolism, immune response, oxidative balance, and behavioral patterns, with even low, environmentally relevant concentrations capable of causing sublethal effects.

Key words: pesticide, surface water, sediment, environmental pollution, biomarkers

Souhrn

Pesticidy představují závažný environmentální problém, přičemž herbicidy tvoří nejvýznamnější skupinu z hlediska objemu použití. Jednou z hojně aplikovaných účinných látek je metazachlor. Po aplikaci se tato látka a její hlavní degradační produkty – metazachlor ESA a metazachlor OA, dostávají do vodního prostředí, kde bývají pravidelně detekovány v povrchových i podzemních vodách. Příspěvek se zaměřuje na problematiku ekotoxikologických účinků metazachloru a jeho degradačních produktů na vodní živočichy. Cílem je přispět k lepšímu pochopení rizik spojených s výskytem těchto herbicidů ve vodním prostředí a upozornit na potřebu jejich důsledného monitoringu a regulace z hlediska ochrany vodních ekosystémů. Tyto látky mohou negativně ovlivňovat celou řadu biologických funkcí, včetně energetického metabolismu, imunitní odpovědi, oxidační rovnováhy a behaviorálních projevů, přičemž i nízké environmentálně relevantní koncentrace mohou vést k subletálním efektům.

Klíčová slova: pesticidy, povrchová voda, sediment, environmentální polutanty, biomarkery

Úvod

Pesticidy představují rozsáhlou skupinu chemických látek používaných v zemědělství k ochraně rostlin před plevely, škůdci a patogeny. Jejich použití výrazně přispívá ke zvyšování zemědělských výnosů, avšak zároveň představuje závažné riziko pro životní prostředí. Celosvětová spotřeba pesticidů přesahuje 4 miliony tun ročně, přičemž v Evropě se jedná o stovky tisíc tun, z nichž značná část se dostává do prostředí mimo cílovou oblast použití. Mezi nejčastěji používané pesticidy patří herbicidy (cca 50–60 % celkové spotřeby), dále fungicidy a insekticidy. Mezi desítkou zemí s největší spotřebou pesticidů se řadí Čína, USA, Argentina, Thajsko, Brazílie, Itálie,

* blahovaj@vfu.cz

Francie, Kanada, Japonsko a Indie (Tang et al., 2021; Tostado and Bollmohr, 2022; Ghazi et al., 2023).

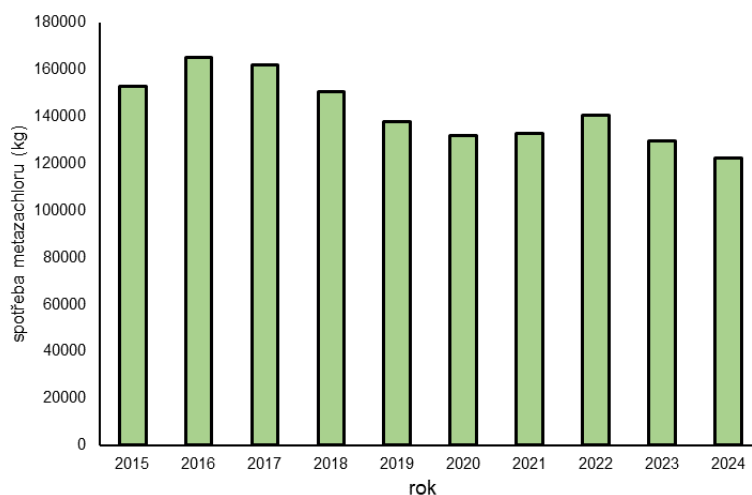
Po aplikaci se pesticidy mohou různými cestami — povrchovým odtokem, infiltrací do podzemních vod či atmosférickou depozicí — dostat do vodních ekosystémů. Zde představují riziko nejen samotné účinné látky, ale také jejich degradační (transformační) produkty, které jsou často perzistentní a mohou se v prostředí kumulovat. Přestože bývají někdy považovány za méně toxické než původní látky. Jejich chronické nebo kombinované účinky na vodní organismy jsou často dosud nedostatečně prozkoumány, tudíž existuje významné riziko, že mohou vykazovat vyšší toxicitu než mateřské sloučeniny (Rad et al., 2022; Ghazi et al., 2023).

Pesticidy představují ve sladkovodních ekosystémech významné chemické stresory, kdy lokality nacházející se v blízkosti zemědělských oblastí jsou ve zvýšené míře vystaveny odtokům z polí, které obsahuje rezidua herbicidů používaných k ochraně plodin. Vodní ekosystémy jsou obzvláště zranitelné, protože mnoho druhů zde žijících organismů (např. ryby, obojživelníci, korýši a larvy hmyzu) je citlivých i na nízké koncentrace kontaminantů. Pesticidy mohou tudíž působit subletálně, narušovat endokrinní systém, energetický metabolismus, reprodukci, růst, chování nebo imunitní odpověď. Necílové organismy tak trpí ztrátou vitality, sníženou schopností přežít a reprodukovat se, což může mít dopad na stabilitu populací a celkovou biodiverzitu (Velíšek et al., 2018). Obecně představují pesticidy riziko i pro jiné živočišné druhy, uvádí se, že celosvětově je ročně evidováno okolo 385 milionů případů otrav pesticidy. Riziko představují i rezidua těchto polutantů v potravním řetězci (Tostado and Bollmohr, 2022; Ahmad et al., 2024). Jedním z hojně využívaných herbicidů je metazachlor patřící do skupiny chloracetanilidů. Díky jeho časté aplikaci jej nacházíme ve vodním ekosystému, a to včetně jeho degradačních produktů. Problematice výskytu a toxicity tohoto herbicidu se věnuje následující přehledový příspěvek.

Základní charakteristika metazachloru

Metazachlor (2-chlor-2',6'-dimethyl-N-(pyrazol-1-ylmethyl)) patří mezi významné zástupce herbicidů používaných v EU. V České republice je dlouhodobě jeho spotřeba více než 120 000 kg ročně. Ve více jak 99 % se využívá především k ošetření řepky olejky, řádově v jednotkách až stovkách kg se aplikuje také při pěstování píce či zeleniny (např. hořčice, růžičková kapusta, květák, zelí). Tato účinná látka je obsažena v řadě přípravků registrovaných na našem trhu (např. Butisan, Bantux, Rapsan, Sultan). V některých případech se jedná o přípravky, kde metazachlor je jednou z více účinných látek (např. Metazamix, Circuit). Detailní údaje o spotřebě metazachloru na našem území za období 2015 až 2024 jsou uvedeny v grafu č. 1 a v tabulce č. 1 (Velíšek et al., 2018; Rotter, 2022; ÚKZUZ, 2024).

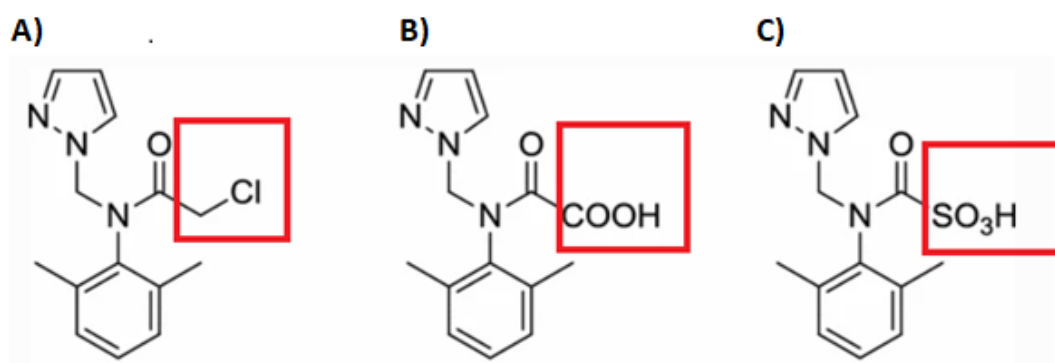
Graf č. 1. Spotřeba metazachloru při ochraně rostlin v období 2015–2024 (dle údajů ÚKZUZ)



Tabulka č. 1. Spotřeba metazachloru v období 2015 až 2024 z pohledu ošetřovaných plodin (dle údajů ÚKZUZ)

rok	ošetřované plodiny (spotřeba v kg)			
	pícniny	olejniny	zelenina	ostatní
2015	-	151811,4	806,5	29,9
2016	4,8	164607,8	677,7	-
2017	-	161311,0	606,3	-
2018	-	149745,2	865,2	4,8
2019	-	137141,9	871,5	-
2020	-	131099,0	769,5	54,1
2021	-	132097,2	690,7	-
2022	-	139835,1	507,8	-
2023	-	129070,1	516,1	-
2024	-	121689,1	589,4	-

Metazachlor patří do skupiny chloroacetanilidů. Aplikuje se zejména při pěstování olejnin pro preemergentní a časně postemergentní potlačení dvouděložných plevelů a trav. Účinná látka je přijímána především kořenovým systémem při vzcházení, po vzejití plevelů je částečně přijímána i listy. Předpokladem účinnosti herbicidu je dostatečná půdní vlhkost, tudíž herbicid musí být aktivován například srážkami. Jeho účinky spočívají primárně v blokaci tvorby dlouhých řetězců mastných kyselin (C18 a více) nezbytných pro dělení a růst buněk. Hlavním produktem jeho přeměny je metazachlor ESA (metazachlor ethansulfonová kyselina – N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(1H-pyrazol-1-ylmethyl) aminocarbonylmethylsulfonic acid) a metazachlor OA (metazachlor šťavelová kyselina/metazachlorová kyselina – N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(1H-pyrazol-1-ylmethyl) oxalamid). Existují ovšem i další degradační produkty, které se vyskytují v menším množství. Degradační produkty obsahují základní cyklické struktury mateřské sloučeniny, tzn. fenylový a pyrazolový kruh, tudíž štěpení těchto cyklů nepředstavuje významnou cestu degradace. Chemická struktura zmíněných látek je uvedena na obrázku č. 1 (EFSA, 2008; Velíšek et al., 2018; Rotter, 2022).

Obrázek č. 1. Strukturní vzorce metazachloru (A) a jeho degradačních produktů metazachloru OA (B) a metazachloru ESA (C)

Z chemického hlediska je metazachlor bílá až nažloutlá krystalická látka s rozpustností ve vodě řádově ve stovkách mg/l, je mírně lipofilní (rozdělovací koeficient oktanol/voda $\log K_{ow}=2,49$) a její stabilita je významně závislá na pH prostředí. Za běžných podmínek vykazuje relativně

vysokou stabilitu vůči hydrolýze, nepodléhá přímé fotolýze a má nízkou volatilizaci (APVMA, 2016). Celkově je metazachlor hodnocen jako neperzistentní pesticid, zároveň nejsou také popsány problémy s možnou rezistencí plevelů. Díky tomu patří v praxi mezi hojně využívané herbicidy, a to více jak 40 let

V laboratorních podmínkách se metazachlor v půdě rozkládá relativně rychle, průměrný poločas rozpadu (DT_{50}) při 20 °C je přibližně 10,8 dnů. V polních podmínkách je rozklad ještě rychlejší (DT_{50} =6,8 dne). Perzistence degradačních produktů je několikanásobně vyšší, pro metazachlor OA jsou uváděny hodnoty DT_{50} =89,9 dne (laboratorní podmínky) a DT_{50} =56,4 dne (polní podmínky). Další hojně se vyskytující degradační produkt metazachlor ESA má ještě vyšší perzistenci – pro laboratorní podmínky je DT_{50} =123,2 dne a pro polní podmínky DT_{50} =71,1 dne (EFSA, 2008).

Chováním metazachloru v prostředí se zabývala také studie realizovaná kolektivem autorů Mantzos et al. (2016). Experiment probíhal po dobu 225 dnů za polních podmínek na orné půdě s pěstovanou řepkou. Metazachlor byl detekován v půdě až 170 dnů po aplikaci, což odpovídá poločas rozpadu přibližně 12,7 dnů. Ve vrstvě půdy 10 až 20 cm byl detekován mezi 5. až 48. dnem po aplikaci. Odtokem vody bylo odneseno méně než 0,31 % aplikovaného množství účinné látky, přičemž více než 80 % celkových ztrát nastalo již při první srážkové události, kdy obsah sledovaného herbicidu v odtokové vodě dosáhl až 80 µg/l. V rostlinách řepky byl metazachlor detekován pouze při prvním odběru, který proběhl 28 dnů po aplikaci, v semenech nebyla žádná rezidua detekována.

Lze tedy zhodnotit, že metazachlor se vyznačuje relativně krátkým poločasem rozpadu, což vede k jeho rychlé degradaci v životním prostředí. Primární riziko představuje v období bezprostředně po aplikaci a následném uvolňování účinné látky do povrchových vod. Po této fázi se metazachlor transformuje na degradační produkty, který v prostředí přetrvávají déle a představuje další riziko pro necílové vodní organismy (Mantzos et al. 2016; Ulrich et al., 2021).

Výskyt metazachloru a jeho degradačních produktů ve vodním prostředí

Problematika znečištění vodního prostředí metazachlorem a jeho degradačními produkty je dlouhodobě aktuální téma. Rezidua těchto látek jsou běžně detekována jak v povrchových, tak i v podzemních vodách. Některé studie uvádějí také pozitivní nálezy mateřské sloučeniny i degradačních produktů v pitné vodě (Reemtsma et al., 2013; Halbach et al., 2021; Ulrich et al., 2021). Detektované koncentrace se běžně pohybují v setinách až desítkách µg/l v závislosti na typu vodní matrice a lokalitě. Pozitivní nálezy lze zaznamenat i v sedimentu. V některých případech lze častěji a ve vyšší koncentraci stanovit degradační produkty, tak jak bylo potvrzeno ve studii realizované ve Francii (Slaby et al., 2022). Obecně jsou degradační produkty hodnoceny jako více mobilnější a perzistentní, což vede i k jejich častějšímu nálezu. Některé studie uvádějí, že degradační produkty lze detekovat i více jak rok po aplikaci mateřské sloučeniny v rámci zemědělských aktivit (Ulrich et al., 2021). V tabulce č. 2 jsou uvedeny výsledky ekotoxikologických studií, které se věnovaly monitorování výskytu metazachloru na vybraných lokalitách v rámci Evropy. Kromě mateřské sloučeniny jsou zde uvedeny i výsledky obsahu hlavních degradačních produktů metazachloru.

Ke znečištění vodního prostředí pesticidy nedochází jen při jejich používání a aplikaci v rámci zemědělských aktivit, ale problémem mohou být i různé havárie. Jedním takovýmto případem je nehoda zemědělské techniky, ke které došlo v roce 2014 v belgické vesnici Witry (Karier et al., 2017). Při této nehodě došlo k úniku vodního roztoku herbicidu metazachloru do potoku Moyémont ústícího do řeky Sûre. Přibližně 20 km po proudu tato voda napájí nádrž Upper-Sûre, největší umělé jezero a hlavní zdroj pitné vody v Lucembursku. Pravidelný monitoring zaznamenal přítomnost metazachloru a jeho metabolitu metazachloru ESA až k přehradě, kde se nachází odběr surové vody pro blízkou úpravnu vody. Následné intenzivní sledování odhalilo výrazné znečištění nejen samotného jezera, ale i některých podzemních zdrojů vody v Lucembursku. Tento případ vyvolal řadu politických reakcí, protože kvalita podzemní a pitné vody v EU podléhá přísné regulaci. Například pro metabolit metazachloru ESA je stanoven maximální limit 0,1 µg/l.

Tabulka č. 2. Obsah metazachloru a jeho degradačních produktů ve vodním ekosystému

Metazachlor			
Lokalita	Matrice	Koncentrace	Reference
Německo	Povrchová voda (potok)	<LOQ–35,7 µg/l	Ulrich et al. (2021)
Německo	Podzemní voda	<LOQ–0,03 µg/l	
Německo	Pitná voda	n.d.	
Francie	Povrchová voda	<LOQ–39,2 ng/l	Slaby et al. (2022)
Francie	Sediment	<LOQ–0,15 ng/g	
Itálie	Povrchová voda	2,6 µg/l (max)	Carere et al. (2021)
Švédsko	Povrchová voda	5,1 µg/l (max)	Kreuger (1998)
Německo	Povrchová voda	290 ng/l (max)	Karlsson et al. (2020)
Metazachlor ESA			
Lokalita	Matrice	Koncentrace	Reference
Německo	Povrchová voda (potok)	<LOQ–22,5 µg/l	Ulrich et al. (2021)
Německo	Podzemní voda	2,57–20,00 µg/l	
Německo	Pitná voda	0,266–0,700 µg/l	
Francie	Povrchová voda	88,9–548 ng/l	Slaby et al. (2022)
Francie	Sediment	0,14–0,72 ng/g	
Německo	Malé stojaté vodní plochy	0,21 µg/l (max)	Ulrich et al. (2022)
Česká republika	Povrchová voda	1,035±0,605 µg/l	Konečná et al. (2023)
Metazachlor OA			
Lokalita	Matrice	Koncentrace	Reference
Německo	Povrchová voda (potok)	<LOQ – 14,1 µg/l	Ulrich et al. (2021)
Německo	Podzemní voda	0,55–2,98 µg/l	
Německo	Pitná voda	<LOQ–0,041 µg/l	
Francie	Povrchová voda	202–1063 ng/l	Slaby et al. (2022)
Francie	Sediment	0,25–1,56 ng/g	
Německo	Malé stojaté vodní plochy	0,54 µg/l (max)	Ulrich et al. (2022)
Česká republika	Povrchová voda	0,101±0,062 µg/l	Konečná et al. (2023)

LOQ – mez stanovitelnosti, max – maximum, n.d. – nedetekované

Toxicita metazachloru a jeho degradačních produktů ve vodním prostředí

Podle dostupných ekotoxikologických studií představují metazachlor a jeho degradační produkty relevantní riziko pro vodní organismy. Po aplikaci může docházet k jejich transportu do vodního prostředí prostřednictvím povrchového odtoku, průsaku či atmosférické depozice. Vědecké studie opakovaně prokázaly, že jak samotný metazachlor, tak jeho transformační produkty, mohou negativně ovlivnit růst a rozvoj vodních organismů, a to zejména řas, makrofyt a bezobratlých. Nejvyšší citlivost vykazují především primární producenti. Přičemž již i nízké koncentrace (v jednotkách µg/l), tzn. environmentálně relevantní hodnoty, mohou vést k narušení fotosyntetických procesů, změně druhového složení společenstev a celkovému narušení ekologické rovnováhy vodních biotopů (Velisek et al., 2020; Guo et al., 2021; Lebrun et al., 2023; Medkova et al., 2023). Bylo také prokázáno, že metazachlor vyskytující se v akvatickém prostředí je schopen při vyšších koncentracích měnit složení mikrobiálních společenstev a tím významně narušovat ekologickou rovnováhu akvatického systému (Wijewardene et al., 2021). Lazartigues et al. (2013) realizovali studii, ve které se sledovalo, zda se mohou vybrané pesticidy kumulovat v potravním řetězci a tím představovat riziko pro konzumenty. Do této studie byl zahrnut také metazachlor. Testovanými druhy byly okoun říční (*Perca fluviatilis*) a kapra obecný (*Cyprinus carpio*), vlastní

expozice probíhala prostřednictvím kontaminovaných pelet. Výsledky studie ale prokázaly, že biomagnifikace metazachloru v rámci akvatického prostředí je nepravděpodobná.

Metazachlor je hodnocen jako středně toxický pro vodní organismy. Ve studii zpracované Organizací pro výživu a zemědělství OSN (FAO, 1999) jsou uvedeny následující údaje týkající se toxicity metazachloru pro různé vodní organismy: 96hLC₅₀ = 4 mg/l (*Oncorhynchus mykiss*), 15 mg/l (*Cyprinus carpio*, *Lepomis macrochirus*); 72hEC₅₀ = 0,031 mg/l (*Pseudokirchneriella subcapitata*), 96hEC₅₀ = 1,63 mg/l (*Chlorella spp.*) a 48hEC₅₀ = 22,3 mg/l (*Daphnia magna*).

Velisek et al. (2020) zkoumali účinky metazachloru a metazachloru OA na raka mramorovaného (*Procambarus virginalis*). Testovány byly dvě environmentálně relevantní koncentrace – 0,0115 a 0,0790 µmol/l pro metazachlor a dále 0,0117 a 0,0805 µmol/l pro metazachlor OA. Experiment trval 40 dní. Bylo zjištěno, že expozice vedla ke statisticky významnému snížení růstu a opoždění ontogenetického vývoje ve srovnání s kontrolní skupinou. Dále byla zaznamenána snížená aktivita antioxidantních enzymů (superoxiddismutáza, kataláza, glutathion-S-transferáza, glutathion reduktáza) i koncentrace redukováného glutathionu, což svědčí o intenzivním oxidativním stresu, který může mít komplexní následky na exponovaný organismus. Histologické analýzy odhalily poškození žaber – od ztenčení stěn po fokální destrukci žaberní struktury. U jedinců vystavených koncentraci 0,0790 µmol/l metazachloru došlo také k významným změnám v chování. Výsledky poukazují na potenciální riziko používání metazachloru v zemědělství pro necílové vodní organismy a zdůrazňují nutnost jeho důsledného hodnocení z hlediska ekotoxikologických dopadů.

Guo et al. (2021) sledovali účinky metazachloru na vodní makrofyt jako jsou *Potamogeton natans*, *Myriophyllum verticillatum* a vláknité zelené řasy *Cladophora glomerata*. Studie byla realizována v experimentálně kontrolovaných systémech (tzv. mezokosmy), testovány byly koncentrace v rozmezí 5 až 500 µg/l. Nejcitlivější skupinou byly vláknité zelené řasy *Cladophora glomerata* s hodnotami EC₅₀ = 3 µg/l (potoky) a 9 µg/l (jezera). V nejvyšších koncentracích (200 a 500 µg/l) došlo v jezerních mezokosmech k posunu ve složení společenstva – zelené řasy byly nahrazeny žlutozelenou řasou *Vaucheria spec.* Obnovení biomasy makrofyt nebylo pozorováno ani po 140–170 dnech. Na základě nejnižší hodnoty EC₅₀ pro celkovou biomasu makrofyt (4 µg/l) lze tedy jednoznačně konstatovat, že i jednorázová expozice koncentracím >5 µg/l může mít závažné a dlouhodobé dopady na vodní biotu a funkci ekosystému.

Hodnocením embryotoxicity metazachloru pro ryby (*Danio rerio*, *Cyprinus carpio*) a obojživelníky (*Xenopus laevis*) se zabývala studie Medkova et al. (2023). Studie prokázala 100% mortalitu embryí dánia pruhovaného po expozici metazachlorem v koncentraci 100 mg/l po 48 hpf, po 24 hpf byl zjištěn signifikantně zvýšený nárůst malformací (především nevyvinuté oči). Obdobné závěry byly zjištěny i u kapra obecného a drápatky vodní, kdy tato nejvyšší koncentrace vedla ke 100% mortalitě. Při vystavení nižším koncentracím byly zjištěny změny týkající se zpoždění líhnutí a změny genové exprese.

Mimo výše uvedené účinky byla u metazachloru potvrzena endokrinní disrupce pro dánio pruhované (Jurčiková et al., 2007). Herbicidní přípravek Butisan 400 SC (účinná látka metazachlor – 36,5 %) v koncentraci 5 mg/l způsobil po 20-denní expozici signifikantní indukci procesu vitellogeneze, což naznačuje jeho estrogení potenciál.

Závěr

Na základě dostupných literárních údajů lze konstatovat, že chloracetanilidový herbicid metazachlor a zejména jeho degradační produkty metazachlor ESA a OA představují relevantní riziko pro vodní ekosystémy. Ačkoli jsou tyto degradační produkty někdy považovány za méně toxické než původní účinná látka, jejich perzistence, rozpustnost a biologická dostupnost zvyšují pravděpodobnost chronických a subletálních účinků na necílové vodní organismy. Vědecké studie ukazují, že jak mateřská sloučenina, tak i její degradační produkty, mohou negativně narušovat welfare necílových organismů, protože mohou ovlivňovat široké spektrum biologických procesů. Vzhledem k časté detekci metazachloru a jeho degradačních produktů v povrchových i podzemních

vodách, je nezbytné věnovat zvýšenou pozornost jejich ekologickému dopadu, důslednému monitoringu a případné regulaci za účelem ochrany vodních organismů a stability vodních ekosystémů. Bohužel komplexní informace o jejich toxicitě jsou však stále omezené, a proto je nutné provést podrobné studie, které by lépe charakterizovaly jejich dopad na vodní faunu.

Tato práce byla finančně podpořena interním projektem ITA VETUNI 2025ITA25.

Literatura

- Ahmad, M.F., Ahmad, F.A., Alsayegh, A.A., Zeyaulah, M., AlShahrani, A.M., Muzammil, K., Saati, A.A., Wahab, S., Elbendary, E.Y., Kambal, N., Abderlrahman, M.H., Hussain, S. 2024. Pesticides impact on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon* 10: e29128.
- APVMA. 2016. Public release summary on the evaluation of the new active metazachlor in the product Butisan Herbicide. [vid. 18. 6. 2025]. Dostupné z: <https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.apvma.gov.au/sites/default/files/publication/26306-prs-butisan-herbicide.pdf>
- Carere, M., Antoccia, A., Buschini, A., Frenzilli, G., Marcon, F., Andreoli, C., Gorbi, G., Suppa, A., Montalbano, S., Prota, V., De Battistis, F., Guidi, P., Bernardeschi, M., Palumbo, M., Scarcelli, V., Colasanti, M., D'Ezio, V., Percichini, T., Scalici, M., Sgura, A., Spani, F., Udriou, I., Valenzuela, M., Lacchetti, I., di Domenico, K., Cristiano, W., Marra, V., Ingelido, A.M., Iacovella, N., De Felip, E., Massei, R., Mancini, L. 2021. An integrated approach for chemical water quality assessment of an urban river stretch through effect-based methods and emerging pollutants analysis with a focus on genotoxicity. *Journal of Environmental Management* 300: 113549.
- EFSA. 2008. Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance metazachlor. EFSA Scientific Report 145: 1-132. [vid. 19. 6. 2025]. Dostupné z: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.145r>
- FAO. 1999. FAO Specifications and Evaluations for Plant Protection Products: Metazachlor. [online]. [vid. 17. 7. 2025]. Dostupné z: <https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/jmps/ps-new/en/#M>
- Ghazi, R.M., Yusoff, N.R.N., Halim, N.S.A., Wahab, I.R.A., Latif, N.A., Hasmoni, S.H., Zaini, M.A.A., Zakria, Z.A. 2023. Health effects of herbicides and its current removal strategies. *Bioengineered* 14: 2259526.
- Guo, W., Weiperth, A., Hossain, M.S., Kubec, J., Grabicova, K., Lozek, F., Vesely, L., Blaha, M., Buric, M., Kouba, A., Velisek, J. 2021. The effects of the herbicides terbuthylazine and metazachlor at environmental concentration on the burrowing behaviour of red swamp crayfish. *Chemosphere* 270: 128656.
- Halbach, K., Möder, M., Schrader, S., Liebmann, L., Schäfer, R.B., Schneeweiss, A., Schreiner, V.C., Vormeier, P., Weisner, O., Liess, M., Reemtsma, T. 2021. Small streams–large concentrations? Pesticide monitoring in small agricultural streams in Germany during dry weather and rainfall. *Water Research* 203: 117535.
- Jurčíková, J., Mikula, P., Dobšíková, R., Némethová, D., Svobodová, Z. 2007. Effects of Metazachlor on vitellogenin induction in zebrafish (*Danio rerio*). *Acta Veterinaria Brno* 76: 61-66.
- Karier, P., Kraus, G., Kolber, I. 2017. Metazachlor traces in the main drinking water reservoir in Luxembourg: a scientific and political discussion. *Environmental Sciences Europe*, 29: 25.
- Karlsson, A.S., Lesch, M., Weihermüller, L., Thiele, B., Disko, U., Hofmann, D., Vereecken, H., Spielvogel, S. 2020. Pesticide contamination of the upper Elbe River and an adjacent floodplain area. *Journal of Soils and Sediments* 20: 2067-2081.
- Konečná, J., Zajíček, A., Sánka, M., Halešová, T., Kaplická, M., Nováková, E. 2023. Pesticides in small agricultural catchments in the Czech Republic. *Journal of Ecological Engineering* 24: 99-112.
- Kreuger, J. 1998. Pesticides in stream water within an agricultural catchment in southern Sweden, 1990-1996. *Science of the Total Environment* 216: 227-251.
- Lazartigues, A., Thomas, M., Banas, D., Brun-Bellut, J., Cren-Olivé, C., Feidt, C. 2013. Accumulation and half-lives of 13 pesticides in muscle tissue of fresh water fishes through food exposure. *Chemosphere* 91: 530-535.

- Lebrun, J.D., El Kouch, S., Guenne, A., Tournebize, J. 2023. Screening potential toxicity of currently used herbicides in the freshwater amphipod *Gammarus fossarum* based on multi-level biomarker responses to field-realistic exposures. *Environmental Pollution* 320: 120958.
- Mantzou, N., Hela, D., Karakitsou, A., Antonopoulou, M., Konstantinou, I. 2016. Dissipation and runoff transport of metazachlor herbicide in rapeseed cultivated and uncultivated plots in field conditions. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 20517-20527.
- Medkova, D., Hollerova, A., Riesova, B., Blahova, J., Hodkovicova, N., Marsalek, P., Doubkova, V., Weiserova, Z., Mares, J., Faldyna, M., Tichy, F., Svobodova, Z., Lakdawala, P. 2023. Pesticides and parabens contaminating aquatic environment: acute and sub-chronic toxicity towards early-life stages of freshwater fish and amphibians. *Toxics* 11: 333.
- Rad, S.M., Ray, A.K., Barghi, S. 2022. Water Pollution and Agriculture Pesticide. *Clean Technologies* 4: 1088-1102.
- Reemtsma, T., Alder, L., Banasiak, U. 2013. Emerging pesticide metabolites in groundwater and surface water as determined by the application of a multimethod for 150 pesticide metabolites. *Water Research* 47: 5535-5545.
- Rotter, P. 2022. Metaanalýza k problematice pesticidů v zemědělství: Vliv vody a další rizika. Hnutí Duha, Brno. 123 p.
- Slaby, S., Le Cor, F., Dufour, V., Auger, L., Pasquini, L., Cardoso, O., Curtet, L., Baudoin, J.M., Wiest, L., Vulliet, E., Feidt, C., Dauchy, X., Banas, D. 2022. Distribution of pesticides and some of their transformation products in a small lentic waterbody: Fish, water, and sediment contamination in an agricultural watershed. *Environmental Pollution Part B* 292: 118403.
- Tang, F.H.M., Lenzen, M., McBratney, A., Maggi, F. 2021. Risk of pesticide pollution at the global scale. *Nature Geoscience* 14: 206-210.
- Tostado L, Bollmohr S. 2022. Pesticide atlas: facts and figures about toxic chemicals in agriculture. 2nd (Germany: Heinrich-Böll-Stiftung). [online]. [vid. 18. 6. 2025]. Dostupné z: https://eu.boell.org/sites/default/files/2023-04/pesticideatlas2022_ii_web_20230331.pdf
- ÚKZÚZ. 2024. Spotřeba účinných látek obsažených v přípravcích na ochranu rostlin [online]. [vid. 17. 6. 2025]. Dostupné z: <https://ukzuz.gov.cz/public/portal/ukzuz/pripravky-na-or/ucinne-latky-v-por-statistika-spotreba/spotreba-pripravku-na-or/spotreba-v-jednotlivych-letech>
- Ulrich, U. Pfannerstill, M., Ostendorp, G., Fohrer, N. 2021. Omnipresent distribution of herbicides and their transformation products in all water body types of an agricultural landscape in the North German Lowland. *Environmental Science and Pollution Research* 28: 44183-44199.
- Ulrich, U., Lorenz, S., Hörmann, G., Stähler, M., Neubauer, L., Fohrer, N. 2022. Multiple pesticides in lentic small water bodies: Exposure, ecotoxicological risk, and contamination origin. *Science of the Total Environment* 816: 151504.
- Velisek, J., Stara, A., Kubec, J., Zuskova, E., Buric, M., Kouba, A. 2020. Effects of metazachlor and its major metabolite metazachlor OA on early life stages of marbled crayfish. *Scientific Reports* 10: 875.
- Velíšek J. (ed.) 2018. Vodní toxikologie pro rybáře. Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod. 600 s.
- Wijewardene, L., Wu, N.A., Hormann, G., Messyas, B., Riis, T., Hölzel, C., Ulrich, U., Fohrer, N. 2021. Effects of the herbicides metazachlor and flufenacet on phytoplankton communities – A microcosm assay. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 228: 113036.

**TOXICITA HERBICIDU GLYFOSÁTU A JEHO DEGRADAČNÍHO PRODUKTU
AMINOMETHYLFOSFONOVÉ KYSELINY PRO KAPRA OBECNÉHO
(CYPRINUS CARPIO)**

**TOXICITY OF THE HERBICIDE GLYPHOSATE AND ITS DEGRADATION PRODUCT
AMINOMETHYLPHOSPHONIC ACID TO COMMON CARP (CYPRINUS CARPIO)**

Jana Blahová*, Mikula Přemysl, Zdeňka Svobodová

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

This study aimed to comprehensively assess the adverse effects of glyphosate and its primary metabolite, aminomethylphosphonic acid (AMPA), on selected parameters in common carp (Cyprinus carpio). Fish were exposed to the tested substances via feed administered over 4 weeks. Environmentally relevant concentrations and their multiples were tested. After the exposure period, blood and tissue samples were collected to analyze basic biochemical and hematological parameters, including indicators of oxidative stress. No mortality or changes in monitored morphological indicators were observed after the four-week exposure. However, the results of our study demonstrated adverse effects of both tested substances in other sublethal parameters, with more frequent changes observed, as expected, at higher tested concentrations. Higher concentrations of glyphosate significantly affected white blood cell parameters, with an increase in the total leukocyte count. A statistically significant increase in the neutrophil-to-lymphocyte ratio, an indicator of stress, was also observed in all experimental groups. Numerous changes were found in the biochemical profile, particularly in enzyme activity analysis, where all experimental groups showed a significant increase in lipase activity. Several statistically significant changes were also detected in the evaluation of oxidative stress. Based on the results obtained, it is evident that glyphosate and its main metabolite AMPA represent a significant risk to fish.

Key words: fish, pesticide, oxidative stress, hematological analysis, plasma biochemical analysis

Souhrn

Cílem této studie bylo komplexně posoudit negativní účinky glyfosátu a jeho hlavního metabolitu, kyseliny aminomethylfosfonové (AMPA), na vybrané parametry kapra obecného (Cyprinus carpio). Ryby byly vystaveny uvedeným látkám prostřednictvím krmiva podávaného po dobu 4 týdnů. Testovány byly environmentálně relevantní koncentrace a jejich násobky. Po ukončení expozice byly odebrány vzorky krve a tkání pro analýzu základních biochemických a hematologických parametrů, včetně indikátorů oxidativního stresu. Po čtyřtýdenní expozici nebyla zaznamenána mortalita ani změny v rámci sledovaných morfologických ukazatelů. Výsledky naší studie ale prokázaly negativní účinky obou testovaných látek v ostatních subletálních parametrech, dle očekávání byly četnější změny zaznamenány především ve vyšších testovaných koncentracích. Vyšší koncentrace glyfosátu významně ovlivnila ukazatele bílé krevní řady, došlo ke zvýšení celkového počtu leukocytů. U všech experimentálních skupin došlo také ke statisticky významnému zvýšení poměru neutrofilů a lymfocytů, který indikuje stres. Četné změny byly zjištěny i v případě biochemického profilu, a to především při analýze aktivit enzymů, kdy u všech experimentálních zkus došlo k významnému zvýšení aktivity lipázy. Řada statisticky významných změn byla zjištěna

* blahovaj@vfu.cz

i při hodnocení oxidativního stresu. Ze zjištěných výsledků je zřejmé, že glyfosát i jeho hlavní metabolit AMPA, představuje pro ryby významné riziko.

Klíčová slova: ryby, pesticidy, oxidativní stress, hematologické vyšetření, biochemické vyšetření plazmy

Úvod

Glyfosát (*N*-(fosfonomethyl)glycin) řadíme do skupiny neselektivních herbicidů. Využívá se po vzklíčení rostlin, tzn. postemergentně (Alipour et al., 2024). Funguje jako kompetitivní inhibitor enzymu 5-enolpyruvylshikimát-3-fosfát syntázy, jež je esenciální při biosyntéze aromatických aminokyselin u rostlin a mikroorganismů. Hraje klíčovou roli v metabolických procesech, což činí jeho inhibici důležitým cílem pro regulaci jejich růstu (Steinrücken and Amrhein, 1984). Ekotoxikologické studie potvrdily řadu škodlivých účinků glyfosátů na necílové organismy, včetně ryb. Mezi jeho negativní účinky patří mimo jiné genotoxicita, imunotoxicita, kardiotoxicita a endokrinní disrupce. Kromě toho byly prokázány četné histopatologické změny v tkáních po expozici uvedeným herbicidem (Antunes et al., 2017; de Brito Rodrigues et al., 2019; Modesto et al., 2020).

Hlavní metabolit glyfosátu, kyselinu aminomethylfosfonová (AMPA), může v důsledku rozsáhlého používání mateřské sloučeniny detekovat ve všech typech ekosystémů. AMPA se vyznačuje nižší rozpustností ve vodě a delším poločasem rozpadu v půdě. Rutinně je detekována v sladkovodních prostředích, sedimentech a suspendovaných částicích a její výskyt často převyšuje detekci glyfosátu. Dlouhodobá expozice vodních živočichů glyfosátu a AMPA, které se i částečně hromadí v jejich tělech, představuje značné ekologické riziko (Grandcoin et al., 2017).

Cílem studie bylo zhodnotit toxicitu glyfosátu a AMPA na vybrané ukazatele kapra obecného (*Cyprinus carpio*) po subchronické expozici. Testované látky byly podávány ve speciálně připraveném krmivu po dobu čtyř týdnů.

Materiál a metodika

Pro sledování účinků glyfosátu a AMPA po perorální aplikaci byl jako modelový organismus zvolen kapr obecný (*Cyprinus carpio*). Test proběhl v souladu s metodikou OECD 215 pro testování chemikálií (Fish Juvenile Growth Test) v průtočném systému na Ústavu ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství (VETUNI Brno) v akreditovaném zařízení pro pokusná zvířata (projekt pokusu č. MSMT-7295/2024-3). Do pokusu bylo zařazeno celkem 120 kusů juvenilních jedinců, jež byli rozděleni do 10 nádrží po 12 kusech. Doba expozice trvala 4 týdny. Do experimentu bylo zařazeno pět duplicitních skupin: kontrola, skupiny exponované glyfosátu v dávkách 350 µg/kg (GLYF 350) a 3500 µg/kg (GLYF 3500), a skupiny vystavené AMPA v dávkách 350 µg/kg (AMPA 350) a 3500 µg/kg (AMPA 3500). Během experimentu byla denně sledována mortalita, případné změny v příjmu krmiva a dále probíhala analýza základních fyzikálně-chemických parametrů vody (pH, teplota, koncentrace kyslíku, dusitany, dusičnany a amoniak).

Po ukončení expozice byl nejprve proveden odběr krve z kaudálních cév, poté byly všechny ryby usmrceny tupým úderem do hlavy, a nakonec byl proveden odběr vybraných tkání pro následné analýzy. Dále bylo provedeno zhodnocení základních morfologických ukazatelů (délka těla, celková délka, hmotnost, hmotnost jater, Fultonův kondiční koeficient – FCF, hepatosomatický index – HSI). V heparinizované krvi bylo provedeno základní hematologické vyšetření (erytrocyty, leukocyty, hemoglobin, hematokrit). Byly také zhotoveny krevní nátěry pro zhodnocení diferenciálního rozpočtu leukocytů. Z parametrů červeného krevního obrazu byly vypočítány erytrocytární indexy – střední objem erytrocytů (MCV), hemoglobin erytrocytů (MCH) a střední barevná koncentrace (MCHC). Hematologické vyšetření bylo provedeno dle metod uvedených v publikaci autorského kolektivu Svobodová et al. (2012). Část heparinizované krve byla odstředěna (3 000 otáček/min, 4 °C, 10 min) pro získání plazmy, která byla rozdělena do Eppendorf

zkumavek pro analýzu základních biochemických ukazatelů (glukóza, amoniak, celkový protein, albumin, alaninaminotransferáza – ALT, aspartátaminotransferáza – AST, alkalická fosfatáza – ALP, laktátdehydrogenáza – LDH, kreatinkináza – CK, butyrylcholinesteráza – ChE, laktát, cholesterol, triacylglyceroly, vápník, fosfor, hořčík, kreatinin). Vzorky byly skladovány do doby analýzy v hlubokomrazicím boxu ($-80\text{ }^{\circ}\text{C}$). Základní biochemické vyšetření bylo provedeno s využitím biochemického analyzátoru Konelab 20i a komerčních kitů od firmy Biovendor.

Při pitvě byl proveden odběr jater, žaber a kaudální ledviny pro analýzu antioxidačních a detoxikačních enzymů (kataláza – CAT, glutathionperoxidáza – GPx, glutathionreduktáza – GR a glutathion-S-transferáza – GST) a lipoperoxidace. Vzorky byly skladovány v hlubokomrazicím boxu ($-80\text{ }^{\circ}\text{C}$) do doby analýzy. Bližší informace k analýze jednotlivých ukazatelů oxidativního stresu jsou uvedeny v práci autorského kolektivu Blahova et al. (2020). Z důvodu nízké aktivity nebylo provedeno stanovení GR ve vzorcích ledvin.

Statistické vyhodnocení bylo provedeno v programu Unistat 6.5 for Excel. Testování bylo provedeno na hladině významnosti $p < 0,05$. Výsledky jsou prezentovány jako aritmetický průměr $\pm$ střední chyba průměru.

Výsledky

Během experimentu nebyla zaznamenána mortalita. Nebyly také zaznamenány statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$) při hodnocení morfologických ukazatelů.

Výsledky hematologického vyšetření jsou uvedeny v tabulce č. 1. Při vyšetření ukazatelů červené krevní řady nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v porovnání s kontrolou. Četné změny byly zaznamenány ovšem v případě ukazatelů bílé krevní řady. V koncentraci glyfosátu 3500 $\mu\text{g/kg}$ bylo pozorováno signifikantní zvýšení počtu leukocytů, lymfocytů, myelocytů, metamyelocytů, monocytů a poměru N/L ve srovnání s kontrolou ($p < 0,05$). Naopak nižší koncentrace glyfosátu (GLYF 350) se v porovnání s kontrolní skupinou lišila ($p < 0,05$) pouze v případě poměru N/L. Signifikantní změny ($p < 0,05$) byly zjištěny i v případě expozice AMPA, kdy v porovnání s kontrolní skupinou došlo ovšem jen ke zvýšení myelocytů a metamyelocytů (pouze AMPA 350).

Tabulka č. 1. Výsledky hematologického vyšetření (průměr $\pm$ střední chyba průměru). Signifikantní rozdíly mezi skupinami jsou označeny rozdílnými písmeny ($p < 0,05$).

	kontrola	GLYF 350	GLYF 3500	AMPA 350	AMPA 3500
erytrocyty ($10^{12}/\text{l}$)	$1,4 \pm 0,1^a$	$1,4 \pm 0,06^a$	$1,5 \pm 0,11^a$	$1,4 \pm 0,07^a$	$1,6 \pm 0,09^a$
hemoglobin (g/l)	$65,1 \pm 2,8^a$	$66,8 \pm 2,9^a$	$63,7 \pm 1,9^a$	$69,7 \pm 2,2^a$	$69,5 \pm 3,4^a$
hematokrit (l/l)	$0,27 \pm 0,008^{ab}$	$0,29 \pm 0,01^{ab}$	$0,26 \pm 0,005^b$	$0,29 \pm 0,005^a$	$0,28 \pm 0,01^{ab}$
MCV (fl)	$194,5 \pm 9,1^a$	$203,9 \pm 8,2^a$	$183,7 \pm 12,2^a$	$193,2 \pm 9,3^a$	$167,3 \pm 9^a$
MCH (pg)	$45,1 \pm 1,8^a$	$45,5 \pm 1,6^a$	$43,6 \pm 2,3^a$	$45,9 \pm 2,1^a$	$40,7 \pm 2,3^a$
MCHC (g/l)	$234,4 \pm 9,2^a$	$225,4 \pm 10,1^a$	$239,6 \pm 5,9^a$	$238,8 \pm 6,09^a$	$243,2 \pm 4,6^a$
Leukocyty ($10^9/\text{l}$)	$98,2 \pm 11,7^b$	$85,8 \pm 9,0^b$	$134,6 \pm 8,7^a \uparrow$	$73,6 \pm 5,8^b$	$76,5 \pm 5,3^b$
Lymfocyty ($10^9/\text{l}$)	$83,8 \pm 9,2^b$	$76,7 \pm 8,6^b$	$117,1 \pm 7,0^a \uparrow$	$61,6 \pm 7,0^b$	$65,2 \pm 4,0^b$
Myelocyty ($10^9/\text{l}$)	$2,02 \pm 0,7^b$	$2,9 \pm 0,2^{ab}$	$6,7 \pm 1,08^a \uparrow$	$4,9 \pm 0,4^a \uparrow$	$4,4 \pm 0,6^a \uparrow$
Metamyelocyty ($10^9/\text{l}$)	$0,6 \pm 0,2^b$	$1,4 \pm 0,2^{ab}$	$2,9 \pm 0,4^a \uparrow$	$2,3 \pm 0,3^{ac} \uparrow$	$1,1 \pm 0,3^{bc}$
Tyčky ($10^9/\text{l}$)	$0,0 \pm 0,0^a$	$0,1 \pm 0,1^a$	$0,2 \pm 0,2^a$	0 ± 0^a	0 ± 0^a
Segmenty ($10^9/\text{l}$)	$0,5 \pm 0,1^a$	$0,3 \pm 0,1^a$	$0,9 \pm 0,2^a$	$1,2 \pm 0,3^a$	$1,1 \pm 0,4^a$
Monocyty ($10^9/\text{l}$)	$2,9 \pm 0,3^b$	$4,1 \pm 0,6^{ab}$	$6,6 \pm 1,01^a \uparrow$	$3,3 \pm 0,3^b$	$4,6 \pm 0,5^{ab}$
N/L	$0,03 \pm 0,008^c$	$0,06 \pm 0,005^b \uparrow$	$0,09 \pm 0,007^{ab} \uparrow$	$0,14 \pm 0,02^a \uparrow$	$0,09 \pm 0,01^{ab} \uparrow$

Poznámka: MCV – střední objem erytrocytů, MCH – hemoglobin erytrocytů, MCHC – střední barevná koncentrace, N/L – poměr neutrofilních granulocytů (součet myelocytů, metamyelocytů, tyček a segmentů) a lymfocytů

Výsledky biochemického vyšetření krevní plazmy jsou uvedeny v tabulce č. 2. Statisticky významné změny ($p < 0,05$) ve srovnání s kontrolní skupinou byly zaznamenány při analýze enzymů (lipáza, ALP, CHE) a laktátu. Nejvýznamnější změny byly zjištěny v případě aktivity lipázy, kdy u všech experimentálních skupin došlo k signifikantnímu zvýšení. U nejvyšší testované koncentrace AMPA došlo k signifikantnímu snížení laktátu ($p < 0,05$). Překvapivé jsou i statisticky významné ($p < 0,05$) změny u environmentálně relevantních koncentrací obou testovaných látek, kdy došlo k signifikantnímu zvýšení ALP ($p < 0,05$) a v případě skupiny GLYF 350 došlo i k signifikantnímu zvýšení CHE ($p < 0,05$).

Tabulka č. 2. Biochemické ukazatele krevní plazmy (průměr $\pm$ střední chyba průměru). Signifikantní rozdíly mezi skupinami jsou označeny rozdílnými písmeny ($p < 0,05$). V případě signifikantního rozdílu v porovnání s kontrolní skupinou je použito tučné písmo a šipka indikuje směr změny (tzn. zvýšení/snížení).

	kontrola	GLYF 350	GLYF 3500	AMPA 350	AMPA 3500
<i>parametry metabolismu sacharidu</i>					
Glukóza (mmol/l)	6,28 $\pm$ 0,41 ^a	5,48 $\pm$ 0,60 ^a	6,70 $\pm$ 0,42 ^a	6,82 $\pm$ 0,51 ^a	6,48 $\pm$ 0,51 ^a
Laktát (mmol/l)	6,55 $\pm$ 0,87 ^a	5,70 $\pm$ 0,74 ^a	5,09 $\pm$ 0,78 ^a	5,44 $\pm$ 0,60 ^a	1,80 $\pm$ 0,25^b↓
<i>parametry metabolismu lipidů</i>					
TAG (mmol/l)	3,61 $\pm$ 0,41 ^a	3,16 $\pm$ 0,20 ^a	3,46 $\pm$ 0,28 ^a	3,12 $\pm$ 0,26 ^a	3,01 $\pm$ 0,26 ^a
CHOL (mmol/l)	5,49 $\pm$ 0,21 ^a	5,93 $\pm$ 0,23 ^a	5,76 $\pm$ 0,22 ^a	5,42 $\pm$ 0,32 ^a	5,31 $\pm$ 0,27 ^a
<i>parametry dusíkatého metabolismu</i>					
Albumin (g/l)	11,95 $\pm$ 0,49 ^a	11,56 $\pm$ 0,79 ^a	11,44 $\pm$ 0,41 ^a	12,40 $\pm$ 0,46 ^a	11,81 $\pm$ 0,46 ^a
TP (g/l)	30,51 $\pm$ 0,49 ^a	30,02 $\pm$ 0,94 ^a	30,56 $\pm$ 0,47 ^a	30,38 $\pm$ 0,76 ^a	29,75 $\pm$ 0,62 ^a
Amoniak (μ mol/l)	309,03 $\pm$ 31,28 ^a	322,63 $\pm$ 32,42 ^a	271,16 $\pm$ 23,08 ^a	306,19 $\pm$ 36,39 ^a	215,48 $\pm$ 16,13 ^a
Kreatinin (μ mol/l)	29,21 $\pm$ 1,83 ^a	29,43 $\pm$ 4,21 ^a	30,69 $\pm$ 4,18 ^a	25,44 $\pm$ 3,91 ^a	23,51 $\pm$ 2,36 ^a
<i>minerální profil</i>					
Fosfor (mmol/l)	1,66 $\pm$ 0,11 ^a	1,82 $\pm$ 0,09 ^a	1,70 $\pm$ 0,10 ^a	1,92 $\pm$ 0,12 ^a	1,71 $\pm$ 0,13 ^a
Hořčík (mmol/l)	0,98 $\pm$ 0,06 ^a	1,00 $\pm$ 0,03 ^a	0,96 $\pm$ 0,03 ^a	1,00 $\pm$ 0,03 ^a	0,91 $\pm$ 0,03 ^a
Vápník (mmol/l)	2,67 $\pm$ 0,06 ^a	2,77 $\pm$ 0,05 ^a	2,68 $\pm$ 0,05 ^a	2,72 $\pm$ 0,06 ^a	2,52 $\pm$ 0,04 ^a
Železo (mmol/l)	38,42 $\pm$ 1,58 ^a	36,7 $\pm$ 1,86 ^a	40,16 $\pm$ 0,84 ^a	39,62 $\pm$ 1,37 ^a	38,93 $\pm$ 1,22 ^a
<i>Enzymy</i>					
ALP (μ kat/l)	0,41 $\pm$ 0,05 ^b	0,84 $\pm$ 0,13^{ac}↑	0,47 $\pm$ 0,05 ^{bc}	0,74 $\pm$ 0,12^a↑	0,48 $\pm$ 0,04 ^{ab}
ALT (μ kat/l)	0,63 $\pm$ 0,07 ^{ab}	0,92 $\pm$ 0,17 ^{ab}	0,55 $\pm$ 0,10 ^b	0,68 $\pm$ 0,07 ^{ab}	0,86 $\pm$ 0,09 ^a
AST (μ kat/l)	3,75 $\pm$ 0,26 ^a	4,05 $\pm$ 0,41 ^a	3,63 $\pm$ 0,26 ^a	3,52 $\pm$ 0,24 ^a	3,74 $\pm$ 0,36 ^a
LDH (μ kat/l)	8,15 $\pm$ 1,78 ^a	10,22 $\pm$ 1,65	5,83 $\pm$ 1,24 ^a	6,58 $\pm$ 1,44 ^a	8,10 $\pm$ 1,56 ^a
Lipáza (μ kat/l)	0,52 $\pm$ 0,07 ^c	1,84 $\pm$ 0,17^a↑	1,35 $\pm$ 0,09^{ab}↑	1,15 $\pm$ 0,10^b↑	1,66 $\pm$ 0,14^a↑
CK (μ kat/l)	140,65 $\pm$ 11,67 ^a	162,25 $\pm$ 14,62 ^a	151,39 $\pm$ 13,72 ^a	168,81 $\pm$ 14,59 ^a	162,46 $\pm$ 19,08 ^a
Amyláza (μ kat/l)	0,53 $\pm$ 0,08 ^a	0,40 $\pm$ 0,09 ^a	0,36 $\pm$ 0,09 ^a	0,36 $\pm$ 0,08 ^a	0,39 $\pm$ 0,09 ^a
CHE (μ kat/l)	1,51 $\pm$ 0,22 ^b	3,35 $\pm$ 0,53^a↑	1,25 $\pm$ 0,15 ^b	2,08 $\pm$ 0,28 ^{ab}	2,38 $\pm$ 0,50 ^{ab}

Poznámka: ALT – alaninaminotransferáza, ALP – alkalická fosfatáza, AST – aspartátaminotransferáza, CK – kreatinkináza, CHE – butyrylcholinesteráza, LDH – laktátdehydrogenáza, TAG – triacylglyceridy, TP – celkový protein

V rámci našeho experimentu jsme také sledovali řadu ukazatelů oxidativního stresu ve vybraných tkáních (GPx, GR, CAT, GST, poškození DNA – TBARS) (tabulka č. 3). Byly zjištěny signifikantní změny v porovnání s kontrolní skupinou pouze v případě expozice AMPA v koncentraci 3500 μ g/kg. Došlo ke snížení aktivity GPx v játrech a ke zvýšení lipidní peroxidace v žábrech.

Tabulka č. 3. Ukazatele oxidativního stresu v jaterní tkáni (průměr ± střední chyba průměru). Signifikantní rozdíly mezi skupinami jsou označeny rozdílnými písmeny ($p < 0,05$). V případě signifikantního rozdílu v porovnání s kontrolní skupinou je použito tučné písmo a šípka indikuje směr změny (tzn. zvýšení/snížení).

	kontrola	GLYF 350	GLYF 3500	AMPA 350	AMPA 3500
<i>játra</i>					
CAT	608,2± 53,16 ^a	461,41±59,45 ^a	678,83±44,60 ^a	676,03±48,21 ^a	599,79±68,13 ^a
GPx	149,11±9,25 ^a	134,12±7,82 ^a	123,35±11,58 ^a	139,76±7,42 ^a	102,99±11,85^b↓
GR	4,65± 0,35 ^a	3,42± 0,47 ^a	4,42±0,59 ^a	3,56±0,41 ^a	4,13± 0,49 ^a
GST	155,07± 13,99 ^a	165,64±18,10 ^a	184,74±20,06 ^a	160,67±8,70 ^a	124,16±15,72 ^a
TBARS	4,93± 0,56 ^a	6,64±1,32 ^a	12,94±6,40 ^a	6,07±1,39 ^a	5,71±1,89 ^a
<i>kaudální ledvina</i>					
CAT	381,03± 25,35 ^a	461,41±59,45 ^a	678,83±44,60 ^a	676,03±48,21 ^a	599,79±68,13 ^a
GPx	220,19±12,39 ^a	216,26±11,86 ^a	214,93±8,82 ^a	219,10±10,71 ^a	206,19±8,16 ^a
GST	381,03± 25,35 ^a	296,75±58,48 ^a	263,40±47,65 ^a	307,01±50,95 ^a	292,33±48,96 ^a
TBARS	1,52± 0,26 ^a	1,27±0,30 ^a	0,92±0,15 ^a	1,05±0,13 ^a	1,15±0,12 ^a
<i>žábry</i>					
CAT	5,36 ± 0,42 ^a	4,93 ± 0,42 ^a	4,99 ± 0,36 ^a	4,73±0,22 ^a	4,79 ± 0,2 ^a
GPx	56,63 ± 4,26 ^a	55,30 ± 7,16 ^a	63,27 ± 8,00 ^a	48,75 ± 4,5 ^a	59,65 ± 3,91 ^a
GR	2,07 ± 0,10 ^a	2,46 ± 0,19 ^a	2,25 ± 0,19 ^a	1,99 ± 0,18 ^a	1,77 ± 0,16 ^a
GST	79,61 ± 4,41 ^a	82,25 ± 4,67 ^a	78,59 ± 3,38 ^a	76,87 ± 2,94 ^a	79,64 ± 6,91 ^a
TBARS	0,71 ± 0,17 ^a	0,80 ± 0,19 ^a	0,68 ± 0,23 ^a	0,79 ± 0,11 ^a	1,26 ± 0,18^b↑

Poznámka: CAT – kataláza ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ protein), GPx – glutathionperoxidáza ($\text{nmol}/\text{min}/\text{mg}$ protein), GR – glutathionreduktáza ($\text{nmol}/\text{min}/\text{mg}$ protein), GST – glutathion-S-transferáza ($\text{nmol}/\text{min}/\text{mg}$ protein), TBARS – lipoperoxidace stanovená metodou využívající kyselinu thiobarbiturovou (nmol/g tkáň)

Diskuze

Glyfosát [N-(fosfonomethyl)glycin] je nejčastěji používanou účinnou složkou herbicidů díky své schopnosti efektivně eliminovat široké spektrum plevelů. S roční globální spotřebou přesahující 600 000 tun a očekávaným nárůstem na více než 900 000 tun do roku 2025 patří mezi nejvýznamnější agrochemikálie (Maggi et al., 2019). V České republice došlo za posledních 20 let k výraznému nárůstu používání glyfosátu, a to z 5 000 kg na více než 500 000 kg ročně. Dle Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského činilo aplikované množství glyfosátu v roce 2023 celkem 504 311 kg (ÚKZÚZ, 2024).

Dosavadní toxikologické studie na účinky glyfosátu a AMPA jsou omezené. Cílem této práce bylo proto komplexně posoudit vliv těchto látek na vybrané zdravotní ukazatele kapra obecného (*Cyprinus carpio*) po subchronické perorální expozici. Testované látky byly podávány prostřednictvím speciálního krmiva po dobu čtyř týdnů. Studie zahrnovala analýzu širokého spektra biomarkerů, jako jsou morfologické, biochemické a hematologické parametry krve, a rovněž sledovala ukazatele oxidativního stresu.

V rámci naší studie byly nejvýraznější statisticky významné změny ve srovnání s kontrolní skupinou zaznamenány v experimentální skupině exponované glyfosátem. Koncentrace glyfosátu 3500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vedla ke zvýšení počtu leukocytů a lymfocytů, což je v souladu se závěry studie kolektivu autorů Chanu et al. (2023), kde byla rovněž pozorována leukocytóza. Na rozdíl od této studie však v našem experimentu nedošlo k signifikantním změnám v ukazatelích červené krevní řady.

Při biochemickém vyšetření krevní plazmy byly identifikovány významné změny ve sledovaných ukazatelích jaterních funkcí po expozici glyfosátem. Environmentální koncentrace glyfosátu 350 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vedla ke zvýšení aktivity ALP, dále byla pozorována i zvýšená aktivita ALT, což naznačuje citlivost jaterní tkáně na toxické látky. Překvapivě tyto změny nebyly ve vyšší koncentraci

testovaného herbicidu. Aktivita lipázy se významně zvýšila ve všech testovaných koncentracích glyfosátu i AMPA. Změny jaterních enzymů byly zaznamenány i v jiných vědeckých studiích. Například Ma et al. (2019) zaznamenali zvýšené aktivity u kapra obecného po 7denní expozici glyfosátem v koncentracích 52,08 a 104,15 mg/l. Obdobně také studie Ferreira et al. (2010) potvrdila nárůst aktivit ALP a AST u ryb druhu *Rhamdia quelen* po expozici uvedenému herbicidu. AST a ALT se často využívají jako spolehlivé indikátory poškození tkáně a ruptury buněk v důsledku toxické expozice (Nemcsok and Benedeczky, 1990). Zvýšení aktivit AST a ALT také může představovat metabolický kompenzační mechanismus, který umožňuje rybám adaptaci na intenzivnější metabolismus sacharidů a bílkovin vyvolaný expozicí toxinům.

Řada toxikologických studií potvrdila, že pesticidy přítomné ve vodě mohou u vodních organismů vyvolávat oxidativní stres. Tento stav vzniká v důsledku nerovnováhy mezi produkcí reaktivních forem kyslíku a dusíku a mechanismy, které je neutralizují. Oxidativní stres může poškodit buněčné struktury a narušit funkci orgánů, což vede k negativním vlivům na zdraví těchto necílových organismů (Blahova et al., 2020; Vaclavik et al., 2022). V naší studii byl zaznamenán největší počet statisticky významných změn v experimentální skupině vystavené AMPA v koncentraci 3500 µg/kg. Bylo prokázáno snížení aktivity GPx v játrech a zvýšení lipoperoxidace v žábách. Změny aktivit detoxikačních a antioxidačních enzymů v jaterních tkáních naznačují možné poškození uvedené tkáně, jak vyplývá částečně i z výsledků biochemického vyšetření. Tyto nálezy také poukazují na rostoucí potřebu obranných mechanismů v organismu, což je klíčové pro minimalizaci poškození významných biomolekul (Blahova et al., 2020). Naše závěry se ale částečně od výzkumů autorského kolektivu Cheron et al. (2022), kde nebyl zjištěn vliv AMPA na GPx. Naše studie také neprokázala žádné změny v aktivitě detoxikačního enzymu GST, tak jak je například popisováno autory De Castro et al. (2022).

Kromě hodnocení aktivit antioxidačních a detoxikačních enzymů jsme se v naší studii zaměřili i na hodnocení poškození významných biomolekul jako jsou proteiny, DNA a lipidy v plazmě. Zde došlo ke zvýšení TBARS v experimentální skupině vystavené nejvyšší koncentraci AMPA, a to při analýze lipoperoxidace v žábách. Zvýšení lipoperoxidace je popisováno například ve studii autorů De Castro et al (2022), ale po expozici glyfosátem.

Závěr

Výsledky naší studie potvrdily četné změny po expozici glyfosátem, a i jeho metabolitu AMPA. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny především v experimentálních skupinách vystavených nejvyšším testovaným koncentracím, tedy 3500 µg/kg glyfosátu a 3500 µg/kg AMPA. Tyto koncentrace vedly k ovlivnění metabolismu bílkovin a zvýšenému oxidačnímu stresu. Bylo prokázáno, že expozice glyfosátem a AMPA může indukovat imunitní reakce a narušení metabolických procesů, což naznačuje potenciální riziko reziduí těchto látek pro necílové vodní organismy. Vzhledem k těmto výsledkům by bylo vhodné provést dlouhodobé studie zaměřené na analýzu chronických účinků expozice glyfosátem a jeho metabolitu AMPA na různé životní fáze ryb a zahrnout kombinované expozice pro lepší simulaci reálných podmínek.

Tato práce byla finančně podpořena interním projektem ITA VETUNI 2024ITA26.

Literatura

- Alipour, Z., Panahpour, E., Mojadam, M., Gholami, A., Ghanavati, N. 2024. Water hardness affecting glyphosate efficiency for weed control and tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) yield production. *Journal of Trace Elements and Minerals* 10: 100191.
- Antunes, A.M., Rocha, T.L., Pires, F.S., de Freitas, M.A., Leite, V.R.M.C., Arana, S., Moreira, P.C., Sabóia-Morais, S.M.T. 2017. Gender-specific histopathological response in guppies *Poecilia reticulata* exposed to glyphosate or its metabolite Aminomethylphosphonic acid. *Journal of Applied Toxicology* 37: 1098-1107.

- Blahova, J., Dobsikova, R., Enevova, V., Modra, H., Plhalova, L., Hostovsky, M., Marsalek, P., Mares, J., Skoric, M., Vecerek, V., Svobodova, Z. 2020. Comprehensive fitness evaluation of common carp (*Cyprinus carpio* L.) after twelve weeks of atrazine exposure. *Science of the Total Environment* 718: 135059.
- Chanu, KR., Mangang, YA., Debbarma, S., Pandey, PK. 2023. Effect of glyphosate-based herbicide roundup on hemato-biochemistry of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) and susceptibility to *Aeromonas hydrophila* infection. *Environmental Science and Pollution Research* 30: 110298-110311.
- Cheron, M., Costantini, D., Angelier, F., Ribout, C., Brischoux, F. 2022. Aminomethylphosphonic acid (AMPA) alters oxidative status during embryonic development in an amphibian species. *Chemosphere* 287: 131882.
- de Brito Rodrigues, L., Costa, G.G., Thá, E.L., da Silva, L.R., de Oliveira, R., Leme, D.M., Cestari, M.M., Grisolia, C.K., Valadares, M.C., de Oliveira, G.A.R. 2019. Impact of the glyphosate-based commercial herbicide, its components and its metabolite AMPA on non-target aquatic organisms. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 842: 94-101.
- De Castro, B.D., Lanés, L.E.K., Godoy, R.S., Maltchik, L., Oliveira, G.T. 2022. Development stage-dependent oxidative stress responses to the exposure to roundup original in a neotropical annual killifish. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 95: 103976.
- Ferreira, D., Costa da Motta, A., Kreutz, L.C., Toni, C., Loro, V.L., Barcellos, L.J.G. 2010. Assessment of oxidative stress in *Rhamdia quelen* exposed to agrichemicals. *Chemosphere*, 79: 914-921.
- Grandcoin, A., Piel, S., Baurès, E. 2017. Amino Methyl Phosphonic acid (AMPA) in natural waters: its sources, behavior and environmental fate. *Water Research* 117: 187-197.
- Ma, J., Zhu, J., Wang, W., Ruan, P., Rajeshkumar, S., Li, X. 2019. Biochemical and molecular impacts of glyphosate-based herbicide on the gills of common carp. *Environmental Pollution* 252: 1288-1300.
- Maggi, F., Tang, F.H.M., la Cecilia, D., McBratney, A. 2019. PEST-CHEMGRIDS, global gridded maps of the top 20 crop-specific pesticide application rates from 2015 to 2025. *Scientific Data* 6: 1-20.
- Modesto, K.A., Martinez, C.B.R. 2010. Roundup causes oxidative stress in liver and inhibits acetylcholinesterase in muscle and brain of the fish *Prochilodus lineatus*. *Chemosphere* 78: 294-299.
- Nemcsok, J., Benedeczky, I. 1990. Effect of sublethal concentrations of phenol on some enzyme activities and blood sugar level of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 14: 377-383.
- Steinrücken, H.C., Amrhein, N. 1980. The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvylshikimic acid-3-phosphate synthase. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 94: 1207-1212.
- Svobodová, Z., Pravda, D., Modrá, H. 2012. Metody hematologického vyšetřování ryb. Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod. 40 s.
- Vaclavik, J., Sehonova, P., Blahova, J., Medkova, D., Postulkova, E., Maly, O., Charvatova, M., Stastny, K., Lenz, J., Mares, J., Franc, A., Svobodova, Z. 2022. Foodborne fluoxetine impacts the immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environmental Toxicology and Pharmacology* 90: 103818.
- ÚKZÚZ. 2024. Spotřeba účinných látek obsažených v přípravcích na ochranu rostlin v jednotlivých krajích a okresech [online]. [vid. 12. 8. 2024]. Dostupné z: <https://mze.gov.cz/public/portal/ukzuz/pripravky-na-or/ucinne-latky-v-por-statistika-spotreba/spotreba-pripravku-na-or/spotreba-v-jednotlivych-letech/spotreba-roky-neviditelny/2023-cz-spotreba-pripravku-celek/1%20Spot%20c5%99eba%20p%20c5%99%20adpravk%20af%20v%20roce%202023.pdf>

VLIV BENTAZONU NA EMBRYONÁLNÍ STADIA DANIA PRUHOVANÉHO EFFECT OF BENTAZONE ON EMBRYONAL STAGE OF *DANIO RERIO*

Kamila Novotná Kružíková*, Galina Vinzhagina

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

In this work, the effect of bentazone on the embryonic stages of Danio rerio was evaluated. Concentrations of 0.1, 50, 500, 5,000, 50,000 and 500,000 µg/l were evaluated. Fertilized embryos were monitored and mortality, hatching, heart rate and body length were evaluated. A significant mortality was found at a concentration of 500,000 µg/l compared to the control, where all 48 embryos died 24 hours after fertilization. Lower hatchability was found compared to the control, in all tested concentrations except 500 µg/l. The heart rate was found to be significantly higher (156 beats/min) compared to the control group. There was no difference in body length between the observed groups and the control. Bentazone therefore affects mortality and hatchability of embryos, and may thus reduce the level of embryo welfare.

Key words: herbicide, danio rerio, toxicity test, hatching

Souhrn

V této práci byl hodnocen vliv bentazonu na embryonální stadia dania prohozaného (Danio rerio). Byly hodnoceny koncentrace 0,1, 50, 500, 5 000, 50 000 a 500 000 µg/l. Oplozená embrya byla sledována a byla hodnocena mortalita, líhnutí, srdeční tep a délka těla. Byla zjištěna významná mortalita v koncentraci 500 000 µg/l oproti kontrole, kdy hned 24 hod po oplození uhynulo všech 48 embryí. Byla zjištěna nižší líhnivost oproti kontrole, a to ve všech testovaných koncentracích kromě 500 µg/l. Srdeční tep byl zjištěn významně vyšší (156 tepů/min) oproti kontrolní skupině. V délce těla nebyl zjištěn rozdíl mezi sledovanými skupinami a kontrolou. Bentazon tedy ovlivňuje mortalitu, a líhnivost embryí, a může tak snižovat úroveň welfare embryí.

Klíčová slova: herbicid, danio rerio, testy toxicity, líhnutí

Úvod

Bentazon je chemicky 3-isopropyl-1H-2,1,3-benzothiadiazin-4(3H)-one-2,2-dioxide, patří do třídy benzothiazolů. Jedná se o bílý nebo světle hnědý prášek, bez charakteristického zápachu. Bentazon je selektivní herbicid, který rostliny mohou rychle metabolizovat, ale cílové plevely ne. Bentazon narušuje pouze fotosyntézu plevelů, inhibuje jejich schopnost fixovat uhlík a způsobuje jejich odumírání (Guo et al., 2021). Nejčastější použití bentazonu jako účinné látky je na rostliny jako je sója, kukuřice, rýže, hrách a cukrová řepa. Ve vodě je bentazon vysoce rozpustný. Po aplikaci na cílové plevely se vyplavuje z půdy do podzemních vod a může tak kontaminovat povrchovou vodu (Bruzzoniti et al., 2016). V důsledku toho se často nachází v podzemních a povrchových vodách. Povolení bentazonu jako herbicidu je dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 a jeho prováděcím nařízením Komise (EU) č. 540/2011. Cílem tohoto příspěvku je prezentovat výsledky studie, která zkoumá vliv bentazonu na embryonální stadia dania prohozaného pomocí embryonálního testu.

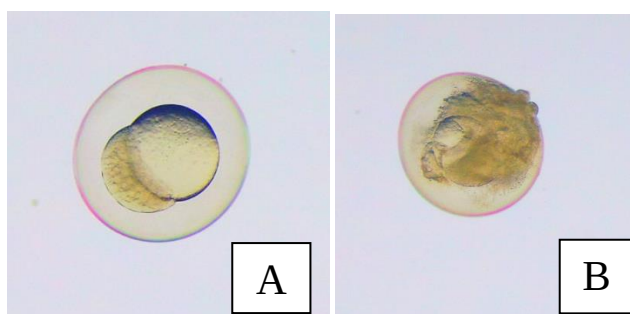
* novotnak@vfu.cz

Materiál a metodika

Betazon (Altium International s. r.o.) byl testován v koncentracích 0,1; 50; 500; 5 000; 50 000 a 500 000 µg/l rozpuštěný v ISO vodě. Jako kontrola byly použity ISO voda. Jako testovaný organismus byl použit danio pruhovaný (*Danio rerio*). Oplozené jikry byly vloženy do 24 jamkové mikrotitrační destičky, kde byly 2 ml roztoku testované koncentrace. V každé koncentraci bylo sledováno celkem 48 oplozených jiker. Následně byly vloženy do růstové komory (Binder) se světelným režimem 12 hod světlo a 12 hod tma. Krmivo nebylo podáváno, neboť v této fázi se živí embryo ze žloutkového vaku.

Obrázek č. 1. Čerstvě oplozená (A) a koagulovaná (B) jikra dania pruhovaného (*D. rerio*)

Foto: Galina Vinzhegina



Celková doba expozice trvala 96 hodin a pozorování probíhalo každých 24 hodin od nasazení jiker. Všechny změny včetně líhnutí, deformací, edémy, krevní sraženiny a mortality byly zaznamenávány v protokolech. U přeživších jedinců byly měřeny srdeční frekvence, délka těla a zjišťovala se mortalita, líhnivost a malformace. Každých 24 hodin probíhala obměna roztoků za nové. U mortality a líhnutí se počítali uhynulí/vylíhnutí jedinci. Srdeční tep byl počítán tak, že se měřila doba, za jakou bylo napočítáno 20 tepů srdce, a to se pak přepočítalo na tepy za minutu. Délka těla se měřila pomocí stereomikroskopu Leica S9i (Německo).

Statistická analýza byla provedena pomocí statistického softwaru Unistat 6.5 for Excel. Statisticky významný rozdíl sledovaných ukazatelů mortality, výskytu malformace a četnosti líhnutí mezi kontrolou a testovanými skupinami byl posouzen pomocí kontingenčních tabulek 2x2 (Chí-kvadrát test). Za statisticky významný rozdíl byla považována hladina významnosti $p < 0,05$ a za statisticky vysoce významný pak $p < 0,01$.

Výsledky a diskuse

Mortalita

Tab. č 1 ukazuje kumulativní počet uhynulých embryí v průběhu testu. První den testu (24 hpf) byla zaznamenána v nejvyšší testované koncentraci mortalita 100 % embryí ryb. Mortalita v ostatních testovaných koncentracích bentazonu byla v počtu jednoho jedince v čase 48 hpf v kontrolní skupině a jednoho jedince v čase 72 hpf při koncentraci 50 µg/l. Nepřítomnost úmrtnosti embryí při koncentracích 0,1; 50; 500; 5 000 a 50 000 µg/l po dobu 96 hodin naznačuje, že v těchto koncentracích nemá bentazon buď akutní toxické účinky, nebo je jeho toxicita tak nízká, že u embryí *D. rerio* nevede ke smrtelným výsledkům. To naznačuje, že nízké koncentrace bentazonu mohou být bezpečné pro počáteční fáze vývoje ryb, alespoň po dobu krátkodobých expozic. Lze předpokládat, že práh akutní toxicity bentazonu pro embrya *D. rerio* je vyšší než 50 000 µg/l a smrtelná koncentrace je přibližně 500 000 µg/l a vyšší. Tyto výsledky jsou shodné se studií Oliveira et al. (2017), kde testovali embrya *D. rerio* na herbicid Basagran, kde je bentazon účinnou látkou (ve formě sodné soli) a zaznamenali LD50 v 96 hpf 575,64 mg/l.

Tabulka č. 1. Kumulativní počet uhynulých embryí ryb *D. rerio*

Mortalita		čas			
Bentazon	24	48	72	96	celkem
kontrola	0	1	1	1	1
0,1	0	0	0	0	0
50	0	0	1	1	1
500	0	0	0	0	0
5000	0	0	0	0	0
50 000	0	0	0	0	0
500 000	48**	48**	48**	48**	48**

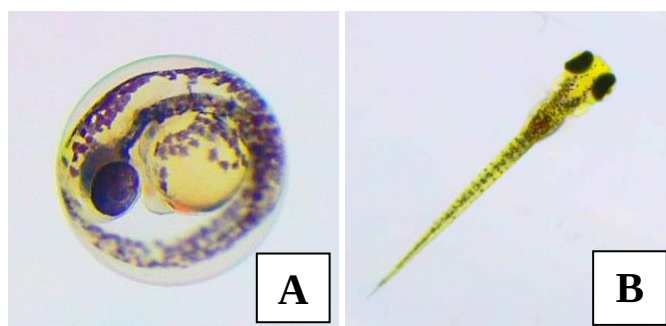
Statisticky vysoce významný rozdíl oproti kontrole ($p < 0,01$) je vyznačen **

Líhnutí

Líhnutí odráží úspěšnost vývoje embryí a jejich schopnost dokončit embryonální období. Jedná se o kritické stadium embryí, které odráží celkové zdraví a životaschopnost embrya. Líhnutí embryí bylo zaznamenáváno po 48, 72 a 96 hpf (hours post-fertilization - hodin po oplození) v jednotlivých koncentracích a také v kontrolní skupině. Líhnutí převážně začalo po 72 hodinách po oplození.

Obrázek č. 2. Nevylíhnutý jedinec *D. rerio* (A) a vylíhnutý jedinec v čase 72 hpf (B).

Foto: Galina Vinzhagina

Tabulka č. 2. Kumulativní počet vylíhnutých embryí ryb *D. rerio*

Líhnutí (ks)	Čas			
Bentazon (μg/l)	24 hpf	48 hpf	72 hpf	96 hpf
kontrola	0	0	27	45
0,1	0	0	5**	27**
50	0	1	6**	29**
500	0	0	19	39
5 000	0	0	17	30**
50 000	0	0	3**	15**
500 000	-	-	-	-

Statisticky vysoce významný rozdíl sledované koncentrace ve srovnání s kontrolou ($p < 0,01$) je vyznačen **. V tabulce č. 2 uvedeno, že v čase 72 hpf měla nejvíce vylíhnutých jedinců kontrolní skupina a koncentrace 500 μg/l (40 %), naopak nejméně vylíhnutých jedinců měla koncentrace 50 000 μg/l

(6 %). Při kontrole po 96 hodinách po oplození v kontrolní skupině bylo vylíhnuto 94 % embryí, v nejnižší koncentraci 0,1 µg/l se vylíhlo 56 % jedinců, v koncentraci 50 µg/l se vylíhlo jedinců 60 %, v další koncentraci 500 µg/l se vylíhlo 81 % embryí a v koncentraci 5 000 µg/l se vylíhlo 63 % embryí. V druhé nejvyšší koncentraci 50 000 µg/l bylo vylíhnuto jen 31 % embryí. Z výsledků je patrné, že jak se koncentrace bentazonu zvyšuje, klesá rychlost vylíhnutí embryí. Při nízkých koncentracích (0,1 µg/l) a středních koncentracích (50 a 500 µg/l) dochází k vylíhnutí v 72-96 hpf ve značném množství. Při vysoké koncentraci (50 000 µg/l) se však značná část embryí začne líhnout až v 96 hpf. To může naznačovat, že bentazon nemá významný negativní vliv na embryogenezi a vývoj do koncentrace 5 000 µg/l.

Srdeční tep

Srdeční tep byl zaznamenán v čase 48 hpf. Náhodně bylo odebráno 24 embryí z každé skupiny a změřena jejich srdeční frekvence. Průměrné počty tepů za minutu jpro sledované skupiny jsou uvedeny v tabulce č. 3. Byl zjištěn významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi kontrolní skupinou a experimentální skupinou pouze v testované koncentraci 5 000 µg/l, kde došlo ke zvýšení tepové frekvence oproti kontrolní skupině. Lze říci, že bentazon způsobuje změnu srdeční aktivity embryí. Podle získaných výsledků dochází ke zvýšení srdeční frekvence, jak se koncentrace bentazonu zvyšují, což může naznačovat stimulační účinek bentazonu na kardiovaskulární systém při vyšších koncentracích. K podobnému výsledku dospěli Severo et al. (2023) ve své studii, kde testovali Basagran na embryích dáňia pruhovaného v koncentracích 3 µg/l; 6 µg/l; 12 µg/l a 300 µg/l; se zvyšující se koncentrací látky se zvýšila i srdeční frekvence. Bušení srdce způsobuje smrt kardiomyocytů v reakci na zvýšený zánět a narušení absorpce vápníku a tato poškození srdce mohou vést ke snížení průtoku krve v embryích, což dále ovlivní jejich vývoj (Severo et al., 2023).

Tabulka č. 3. Průměrná tepová frekvence embryí ryb *D. rerio*

Tepová frekvence	
Bentazon (µg/l)	Počet tepů za minutu
Kontrola	140,9
0,1	144
50	143,4
500	148,8
5 000	156,6*
50 000	152,1

Statisticky významný výsledek ($p < 0,05$) oproti kontrole je vyznačen *

Délka těla

Posledním sledovaným parametrem byla délka těla embryí. Výsledky tohoto měření jsou uvedeny v tabulce č. 4, kde je uvedena průměrná délka jedinců v jednotlivých koncentracích. Tento ukazatel byl sledován a zaznamenáván v čase 96 hpf. Ve své studii Roush et al. (2018) naznačuje, že růst měřený délkou může být citlivějším ukazatelem toxicity než úmrtnost na některé chemikálie, v souvislosti s tím, že mnoho studií zaznamenalo snížení délky embrya v koncentracích nižších než ty, které vedou k úmrtnosti menší než 50 %. Podle výsledků lze říci, že mezi kontrolou a testovanými skupinami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p > 0,05$). Nejdelší naměřená délka byla při koncentraci 50 µg/l 5,9 mm a nejkratší při koncentraci 50 000 µg/l 5,66 mm. Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že herbicidní přípravek bentazon neovlivňuje délku těla dáňi.

Tabulka č. 4. Průměrná délka těla embryí *D. rerio*

Délka těla	
Bentazon (µg/l)	délka (mm)
Kontrola	5,74
0,1	5,8
50	5,9
500	5,83
5 000	5,81
50 000	152,1

Závěr

Bentazon se stále používá jako selektivní herbicid. Při provedeném embryonálním testu byl potvrzen vliv na mortalitu embryí v koncentraci 500 000 µg/l, významně nižší líhivost oproti kontrole ve všech testovaných koncentracích kromě 500 µg/l a významně vyšší srdeční aktivita ve druhé nejvyšší koncentraci 50 000 µg/l. Bentazon tedy ovlivňuje mortalitu a líhivost embryí, a může tak mít vliv na vývoj jedinců dania prohovaného.

Literatura

- Bruzzoniti, M.C., De Carlo, R.M., Rivoira, L., Del Bubba, M., Pavani, M., Riatti, M., Onida, B. 2016. Adsorption of bentazone herbicide onto mesoporous silica: application to environmental water purification. *Environmental Science and Pollution Research International* 23: 5399-5409.
- Guo, J., Song, X., Sun, S., Shao, B., Tao, B., Zhang, L. 2021. RNA-Seq transcriptome analysis of potato with differential tolerance to bentazone herbicide. *Agronomy* 11: 5.
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a o zrušení směrnic Rady 79/117/EHS a 91/414/EHS. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 16. 5. 2025]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- Prováděcí nařízení Komise (EU) č. 540/2011, kterým se provádí nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009, pokud jde o seznam schválených účinných látek. In: EUR-lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [vid. 16. 5. 2025]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/>
- Oliviera, J.M.M., Galhano, V., Henriquesm I., Soares, A.M.V.M., Loureiro, S. 2017. Basagran® induces developmental malformations and changes the bacterial community of zebrafish embryos. *Environmental Pollution* 221: 52-63.
- Rousch, K., Krzykwa, J.C., Malquist, J.A., Stephensk, D.-A., SellinJeffries, M.K. 2018. Enhancing the fathead minnow fish embryo toxicity test: Optimizing embryo production and assessing the utility of additional test endpoints. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 153: 45-53.
- Severo, E.S., Marins, A.T., Ames, J., Nunes, M., Loro, V. 2023. Embryonic development effects of Basagran® herbicide in *Danio rerio*: A preliminary study. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 111: 62.

**VLIV GABAPENTIN-LAKTAMU NA RANÁ VÝVOJOVÁ STÁDIA DÁNIA
PRUHOVANÉHO (DANIO RERIO) – BEHAVIORÁLNÍ STUDE**

**EFFECT OF GABAPENTIN-LACTAM ON EARLY DEVELOPMENTAL STAGES
OF ZEBRAFISH (DANIO RERIO) – BEHAVIOURAL STUDY**

Renata Hesova^{1*}, Barbora Riesova¹, Zdenka Svobodova¹, Petr Linhart¹, Heloysa Araujo-Silva^{2,3}, Christian Tudorache³, Pavla Lakdawala¹

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Programa de Pós-Graduação em Psicobiologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil,

³ Instituut Biologie Leiden, Unioversiteti Leiden, Nederland

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Graduate Program in Psychobiology, Biosciences Centre, Federal University of Rio Grande do Norte, Brazil,

³ Institute of Biology, Leiden University, The Netherlands

Summary

Gabapentin-lactam (GBP-L), a transformation product of the widely used anticonvulsant gabapentin (GBP), is formed by intramolecular cyclisation. It is often detected in aquatic environments due to its high chemical stability and poor biodegradability. Although the parent compound has been thoroughly studied, the ecotoxicological effects of GBP-L are not well understood, particularly at environmentally relevant concentrations. This study investigates the effects of GBP-L on the behaviour of zebrafish (Danio rerio) larvae following exposure to two concentrations: 1.5 µg/L and 100 µg/L. The results revealed a notable increase in total swimming distance in both groups compared to the control group. Both groups exposed to GBP-L exhibited increased activity during both the light and dark phases, indicating a disruption to normal behavioural patterns. While these results are consistent with previous findings for gabapentin, the reversed concentration-response pattern suggests differences in pharmacodynamics or toxicity thresholds between the two compounds. To our knowledge, this is the first study to demonstrate behavioural changes in zebrafish due to exposure to GBP-L. These findings highlight the importance of including pharmaceutical transformation products in environmental risk assessments, and further research is needed to understand their mechanisms of action.

Key words: neuroactive substances, embryo, fish, toxicity, pharmaceutical contaminants

Souhrn

Gabapentin-laktam (GBP-L) je transformační produkt široce používaného antikonvulziva gabapentinu (GBP), který vzniká jeho intramolekulární cyklizací. Vzhledem k jeho vysoké chemické stabilitě a špatné biologické rozložitelnosti je často detekován ve vodním prostředí. Ačkoli byla jeho mateřská sloučenina důkladně studována, ekotoxikologické účinky GBP-L nejsou dosud dobře známy, a to zejména v koncentracích relevantních pro životní prostředí. Tato studie zkoumá účinky GBP-L na chování raných vývojových dániá pruhovaného (Danio rerio) po expozici dvěma koncentracím: 1,5 µg/l a 100 µg/l. Výsledky ukazují výrazný nárůst celkové uplavané vzdálenosti, jako hodnoceného behaviorálního endpointu, v obou skupinách ve srovnání s kontrolní skupinou. Obě skupiny vystavené GBP-L vykazovaly zvýšenou aktivitu během světlé i tmavé fáze, což naznačuje narušení normálních vzorců chování. Ačkoli jsou tyto výsledky v souladu s našimi předchozími zjištěními pro GBP, obrácený vztah mezi testovanými koncentracemi naznačuje rozdíly ve farmakodynamice nebo prahových hodnotách toxicity mezi těmito dvěma sloučeninami. Podle

* hesovar@vfu.cz

našich znalostí je toto první studie, která prokázala změny v chování dáníí pruhovaných v důsledku expozice GBP-L. Tyto výsledky zdůrazňují význam zahrnutí farmaceutických transformačních produktů do hodnocení environmentálních rizik a je zapotřebí dalšího výzkumu k pochopení jejich mechanismů účinku.

Klíčová slova: neuroaktivní látky, embryo, ryby, toxicita, farmaceutické kontaminanty

Introduction

Gabapentin-lactam (GBP-L), the transformation product of the commonly prescribed anticonvulsant drug gabapentin (GBP), is formed through spontaneous intramolecular cyclisation, resulting in a stable six-membered lactam ring (Hadidi et al., 2020). This transformation can occur during wastewater treatment or in the environment, which is why GBP-L is typically regarded as a transformation product rather than a metabolite. Although GBP-L itself is not a registered pharmaceutical, its classification remains ambiguous. Some authors describe it as a transformation product (He et al., 2018), while others refer to it as a close analogue (Potschka et al., 2000) or a GBP derivative (Lagrèze et al., 2001), reflecting its structural similarity and potential biological activity.

Due to its chemical stability and resistance to biodegradation, GBP-L has been repeatedly detected in surface water and even in drinking water, with reported concentrations reaching 0.07 µg/L (Henning et al., 2018; Ferencik et al., 2022). Experimental evidence suggests that GBP-L is more toxic than its parent compound. He et al. (2021) demonstrated that GBP-L induced more pronounced adverse effects on zebrafish development, including altered spontaneous movement, heart rate and body length, as well as disruption to biochemical markers related to the nervous and immune systems. These findings have led to calls for GBP-L to be included in routine environmental monitoring programmes.

In mammalian systems, GBP-L exhibits neuroactive properties, such as the modulation of potassium channels and the inhibition of excitatory neurotransmission (Lagrèze et al., 2001). However, its ecotoxicological profile remains poorly understood. Preliminary studies in zebrafish (*Danio rerio*) have shown that environmentally relevant concentrations of GBP-L can negatively affect early development, neurobehavioural functions and immune responses (He et al., 2021). Nevertheless, the specific behavioural effects of GBP-L during critical early life stages have yet to be systematically investigated.

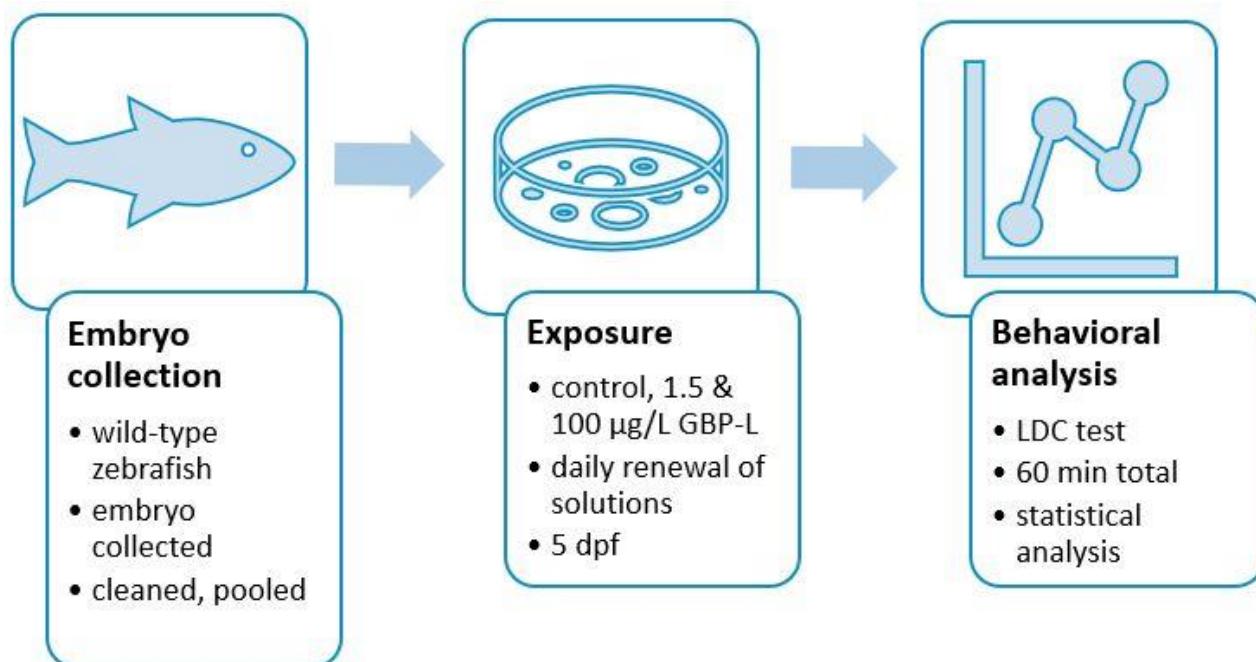
This study aims to evaluate the effects of GBP-L exposure on the behaviour of developing aquatic vertebrates, particularly focusing on early-stage zebrafish.

Materials and Methods

Wild-type zebrafish (*Danio rerio*, AB/TL strain) embryos were obtained from breeding pairs housed under standard laboratory conditions. Spawning was induced using standard protocols, and fertilised embryos were collected the following morning. To minimise contamination, embryos were washed with embryo water (1.2 g sea salts and 0.25 mL methylene blue per 20 L Milli-Q water) and pooled to ensure genetic diversity. Non-viable or malformed embryos were removed under a stereomicroscope (Fig. 1).

Embryos were randomly assigned to one of three groups: control, 1.5 µg/L, or 100 µg/L GBP-L. The lower concentration corresponded to environmentally relevant levels, whereas the higher one was chosen based on prior acute toxicity assays conducted at the University of Veterinary Sciences Brno. Exposure was carried out under semi-static conditions with daily renewal of test solutions. Embryos were maintained at 28.5 ± 0.5 °C on a 14:10 h light/dark photoperiod in covered Petri dishes until behavioural testing.

Figure 1. Experimental procedure used to evaluate the behavioural effects of GBP-L on *D. rerio* larvae. Wild-type embryos were exposed to two concentrations of GBP-L (1.5 µg/l and 100 µg/l). Five days post-fertilisation (dpf), larvae were individually tested using the Light Dark Challenge (LDC) protocol to assess anxiety behaviour. The test consisted of a 30-minute light habituation phase followed by alternating light and dark phases. Behavioural data were recorded and analysed using EthoVision™ XT software.



At 5 days post-fertilisation (dpf), 48 larvae per group were individually transferred to 48-well plates (one larva per well) and subjected to the Light Dark Challenge (LDC) test using the DanioVision™ Observation Chamber (Noldus Inc., Wageningen, Netherlands). The 60-minute test protocol consisted of 30 minutes of light adaptation, followed by alternating cycles of darkness (7.5 min), light (7.5 min), darkness (7.5 min), and light (7.5 min). Larval behaviour was recorded using EthoVision™ XT tracking software (Noldus Inc.) with parameters such as total distance moved and angular velocity analysed to assess anxiety-like and exploratory behaviour.

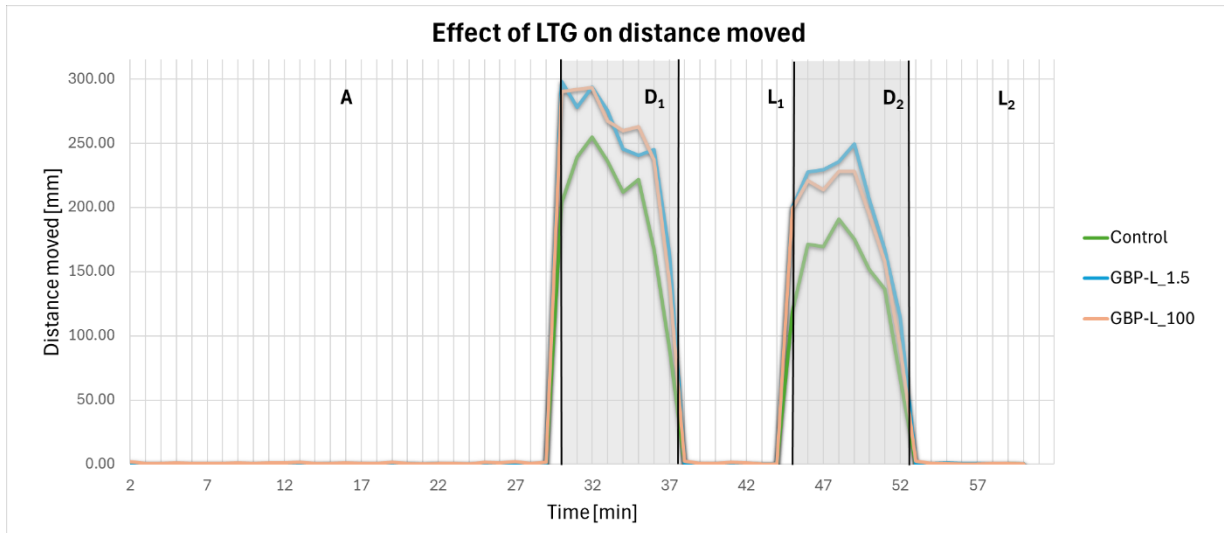
Data were checked for normality and homogeneity of variances. Due to non-normal distribution, extreme outliers were excluded, and non-parametric statistical analyses were applied. Differences among groups were evaluated using the Kruskal–Wallis one-way ANOVA on ranks, followed by Dunn’s multiple comparison test. Statistical analysis was performed using Unistat 6.5 for Excel.

Results and Discussion

The locomotor activity of zebrafish larvae was significantly affected by exposure to GBP-L, as shown in Figure 2. Both tested concentrations (1.5 µg/l and 100 µg/l) caused a highly significant increase in total distance swum compared to the control group ($p < 0.001$ for all comparisons). In addition, larvae exposed to higher concentration (GBP-L 100 µg/l) swam a highly significant longer distance than larvae in the lower concentration group (GBP-L 1.5 µg/l), indicating a concentration-dependent behavioural response.

In the control group, zebrafish larvae exhibited typical behaviour for the Light-Dark Challenge (LDC) – reduced activity during light phases and increased activity during darkness. By contrast, both GBP-L treatment groups showed significantly increased locomotor activity during both the light and dark phases. This suggests an alteration in normal behavioural patterns and neuro-motor regulation.

Figure 2. Representative graph of the light-dark test: After an initial acclimatisation in the illuminated chamber (A) that lasted 30 min, larvae were subjected to a dark challenge phase for 7.5 min (D1) and another light challenge phase for 7.5 min (L1). This chain of dark and light phases was repeated once (D2-L2), resulting in two dark and light phases being alternated. Swimming activity as a function of distance moved (mm) typically showed low levels during acclimatisation, increased levels during the dark challenge phase, and decreased levels during the light challenge phase (median, N = 60).



Currently, there is limited information available regarding the impact of GBP-L on aquatic vertebrates. However, a recent study by He et al. (2021) demonstrated the developmental toxicity of GBP-L in zebrafish embryos, which included delayed hatching and morphological abnormalities. While this study did not examine behavioural endpoints, the current findings expand the recognised toxic profile of GBP-L to encompass alterations in larval movement. The behavioural effects of GBP-L on zebrafish larvae that we observed are likely to be mediated by disruption to the central nervous system. While the precise mechanism by which the tested substance acts remains unclear, previous studies have suggested that GBP-L is more neuroactive than its parent compound, GBP, and may even induce convulsive activity in rodent models (Potschka et al., 2000). These findings are consistent with the current results showing a significant increase in locomotor activity in zebrafish larvae following exposure to GBP-L.

These results are consistent with our previous GBP experiment (Hesova et al., 2024), in which both concentrations tested (1.5 µg/l and 100 µg/l) led to a significant increase in swimming distance compared to the control group. This suggests a comparable stimulatory effect on larval behaviour. While GBP-L exhibits a clear concentration-dependent response, whereby higher concentrations result in greater hyperactivity, the opposite pattern was observed in the GBP test: larvae exposed to the lower concentration of GBP (1.5 µg/l) swam significantly more than those exposed to the higher concentration (100 µg/l). This divergence may reflect differences in pharmacodynamics or toxicity thresholds between the parent compound and its transformation product.

To the best of our knowledge, this is the first study to describe changes in the behaviour of zebrafish following exposure to GBP-L. The results emphasise the importance of including pharmaceutical transformation products in environmental risk assessments. Further gene expression analysis focusing on stress and neuro-regulatory markers will elucidate the underlying mechanisms of action, contributing to the development of a more comprehensive toxicological profile of GBP-L.

Conclusion

This study demonstrates that GBP-L, a transformation product of GBP, significantly affects the behaviour of zebrafish larvae through a concentration-dependent increase in motor activity. In contrast, previous tests with GBP revealed the opposite trend—although both concentrations of GBP caused increased activity compared to control groups, higher concentrations led to less pronounced behavioural responses than lower concentrations. These conflicting patterns suggest that GBP and GBP-L differ in their neuroactive properties or modes of action. Overall, the results underscore the importance of considering not only active pharmaceutical compounds but also their transformation products when assessing environmental risks, as both compounds can affect the behaviour of aquatic organisms even at low environmentally relevant concentrations commonly found in surface waters.

This scientific work was supported by the Internal Grant Agency of the Veterinary University Brno, project number 218/2024/FVHE.

References

- Ferencik, M., Blahova, J., Schovankova, J., Siroka, Z., Svobodova, Z., Kodes, V., Stepankova, K., Lakdawala, P. 2022. Residues of selected anticonvulsive drugs in surface waters of the Elbe River Basin (Czech Republic). *Water* 14: 4122.
- Hadidi, S., Shiri, F., Norouzibazaz, M. 2020. Theoretical mechanistic insight into the gabapentin lactamization by an intramolecular attack: Degradation model and stabilisation factors. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 178: 112900.
- He, Y., Jia, D., Du, S., Zhu, R., Zhou, W., Pan, S., Zhang, Y. 2021. Toxicity of gabapentin-lactam on the early developmental stage of zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Pollution* 287: 117649.
- Henning, N., Kunkel, U., Wick, A., Ternes, T.A. 2018. Biotransformation of gabapentin in surface water matrices under different redox conditions and the occurrence of one major TP in the aquatic environment. *Water Research* 137: 290-300.
- Hesová, R., Riesova, B., Svobodova, Z., Linhart, P.1, Araujo-Silva, H., Christian Tudorache, Ch., Lakdawala, P. 2024. Effect of Gabapentin on Early Developmental Stages of Zebrafish (*Danio Rerio*) – Behavioural Study. In: 10th European Student Conference on Behaviour & Cognition Paris 2024. Conference Booklet. Paris: ESCBC Paris, s. 51.
- Lagrèze, W.A., Müller-Velten, R., Feuerstein, T.J. 2001. The neuroprotective properties of gabapentin-lactam. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 239: 845-849.
- Potschka, H., Feuerstein, T., Löscher, W. 2000. Gabapentin-lactam, a close analogue of the anticonvulsant gabapentin, exerts convulsant activity in amygdala kindled rats. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* 361: 200-205.

VLIV ENVIRONMENTÁLNÍCH KONCENTRACÍ BISFENOLU A A JEHO ANALOGŮ NA EMBRYA DÁNIA PRUHOVANÉHO (*DANIO RERIO*)

THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL CONCENTRATIONS OF BISPHENOL A AND ITS ANALOGS ON ZEBRAFISH (*DANIO RERIO*) EMBRYOS

Lucie Plhalová^{1*}, Serafina Ferrara², Jana Blahová¹, Nikola Pešková¹

¹ Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika, ² Department of Chemical, Biological, Pharmaceutical and Environmental Sciences, University of Messina, Italy

¹ Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic, ² Department of Chemical, Biological, Pharmaceutical and Environmental Sciences, University of Messina, Italy

Summary

*Chemical residues in the aquatic environment can pose a potential risk to fish and other aquatic organisms, even at very low concentrations. Special attention should be given to biologically active compounds, such as endocrine disruptors, which can interfere with hormonal processes in organisms. The aim of this study was to evaluate the effects of environmentally relevant concentrations (100 and 1000 ng/l) of bisphenol A and its analogues (bisphenol AF, bisphenol F, and bisphenol S) on early developmental stages of zebrafish (*Danio rerio*). Embryotoxicity was determined by assessing various parameters (mortality, hatching, and occurrence of malformations) at 24, 48, 72, and 96 hours. No statistically significant differences were detected in mortality and malformations for any of the test substances. Hatchability of individuals was significantly affected only for some of the tested concentrations and only at the beginning of exposure, but by the end of the test, the differences in hatchability were not statistically significant.*

Key words: *embryotoxicity, fish, hatching, malformation, mortality*

Souhrn

*Rezidua chemických látek ve vodním prostředí mohou představovat potenciální riziko pro ryby a další vodní organismy, a to i při velmi nízkých koncentracích. Zvláštní pozornost si zaslouží látky s biologickou aktivitou, jako jsou např. endokrinní disruptory, které mohou ovlivňovat hormonální procesy v organismu. Cílem této práce bylo zhodnocení účinků environmentálně relevantních koncentrací (100 ng/l a 1000 ng/l) bisfenolu A a jeho analogů (bisfenolu AF, bisfenolu F a bisfenolu S) na raná vývojová stádia dánia pruhovaného (*Danio rerio*). Embryotoxicita byla zjišťována na základě posouzení různých ukazatelů (mortalita, líhnutí a výskyt malformací) v čase 24, 48, 72 a 96 hodin. V průběhu testu nebyly u žádné z testovaných látek zjištěny statisticky významné rozdíly v mortalitě embryí a nebyl zjištěn ani výskyt malformací. Líhnutí jedinců bylo významně ovlivněno pouze u některých testovaných koncentrací, a to pouze na začátku expozice, na konci testu již rozdíly v líhnutí byly statisticky nevýznamné.*

Klíčová slova: *embryotoxicita, ryby, líhnutí, malformace, mortalita*

Úvod

Přítomnost širokého spektra antropogenních cizorodých látek ve vodním prostředí může negativně působit na ryby a další vodní organismy. Mezi závažné kontaminanty životního prostředí pak patří skupina látek označovaných jako tzv. endokrinní disruptory. Jedná se o látky s hormonálně aktivním účinkem, které mohou narušovat hormonální systém v organismu a svým působením tak představují závažné riziko pro welfare a zdravotní stav ryb. Mezi endokrinní disruptory můžeme

* plhaloval@vfu.cz

zařadit bisfenoly, což jsou látky, které se využívají zejména při výrobě plastů. Dlouhodobě nejpožívanějším zástupcem bisfenolů je bisfenol A, který je však v posledních letech nahrazován různými analogy (např. bisfenol AF, bisfenol S a další), které však mohou mít také nepříznivé účinky na organismy (Yang et al., 2020; Sauer et al., 2021; Fabrello and Matozzo, 2022; Czarny-Krzyminska et al., 2023; Gupta et al., 2024).

Cílem této studie bylo zhodnocení účinků kontaminantů vodního prostředí – environmentální koncentrací bisfenolu A (BPA) a jeho analogů bisfenolu AF (BPAF), bisfenolu F (BPF) a bisfenolu S (BPS) na raná vývojová stadia dánía pruhovaného (*Danio rerio*). Hodnocení bylo prováděno pomocí embryonálního testu toxicity, kdy byly v pravidelných intervalech po dobu 96 hodin sledovány u testovaných jedinců vybrané ukazatele embryotoxicity (mortalita, líhnutí, výskyt malformací).

Materiál a metodika

Pro posouzení účinků bisfenolů na ryby bylo využito embryonálního testu toxicity provedeného podle modifikované metodiky OECD 236 (Fish Embryo Acute Toxicity (FET) Test), přičemž jako modelový organismus byly použity oplozené jikry dánía pruhovaného (*Danio rerio*). Experimenty byly provedeny se 4 testovanými látkami – BPA, BPAF, BPF a BPS. Pro hodnocení účinků byly zvoleny environmentálně relevantní koncentrace, konkrétně – 100 a 1000 ng/l pro každou z testovaných látek.

Jako kontrola byla použita pouze ředící voda bez testované látky, která byla připravena dle normy ISO 7346 (1996). Vzhledem k nižší rozpustnosti testovaných látek bylo nutné použít vhodné organické rozpouštědlo (dimethylsulfoxid – DMSO), jehož koncentrace však nepřesáhla 0,00005 %. Z tohoto důvodu bylo provedeno také testování ředící vody s obsahem příslušného rozpouštědla (kontrola s DMSO) ve stejné koncentraci jako v testovaných roztocích, tj. 0,00005 %.

Jikry ve stáří do 1,5 hodiny po oplození byly umístěny do skleněných Petriho misek. V každé testované koncentraci bylo použito 100 ks oplozených jiker (tzn. 25 ks jiker v jedné Petriho misce), všechny testy byly provedeny v duplikátu (celkem tedy bylo použito pro každou koncentraci včetně obou kontrolních skupin 200 ks oplozených jiker).

Testované roztoky byly pravidelně obměňovány po 24 hodinách. V průběhu trvání testu byla embrya umístěna v růstové komoře, kde byly zajištěny konstantní podmínky – teplota 26 ± 1 °C a fotoperioda 12 hodin světlo/12 hodin tma. V pravidelných časových intervalech (po 24 hodinách) bylo prováděno sledování mortality, líhnutí a výskytu případných malformací.

Statistické zpracování získaných dat bylo provedeno s využitím programu Unistat 6.5. for Excel s využitím kontingenčních tabulek 2x2 (mortalita, líhnutí, malformace). Statistická významnost byla hodnocena na hladině $p < 0,05$.

Výsledky a diskuze

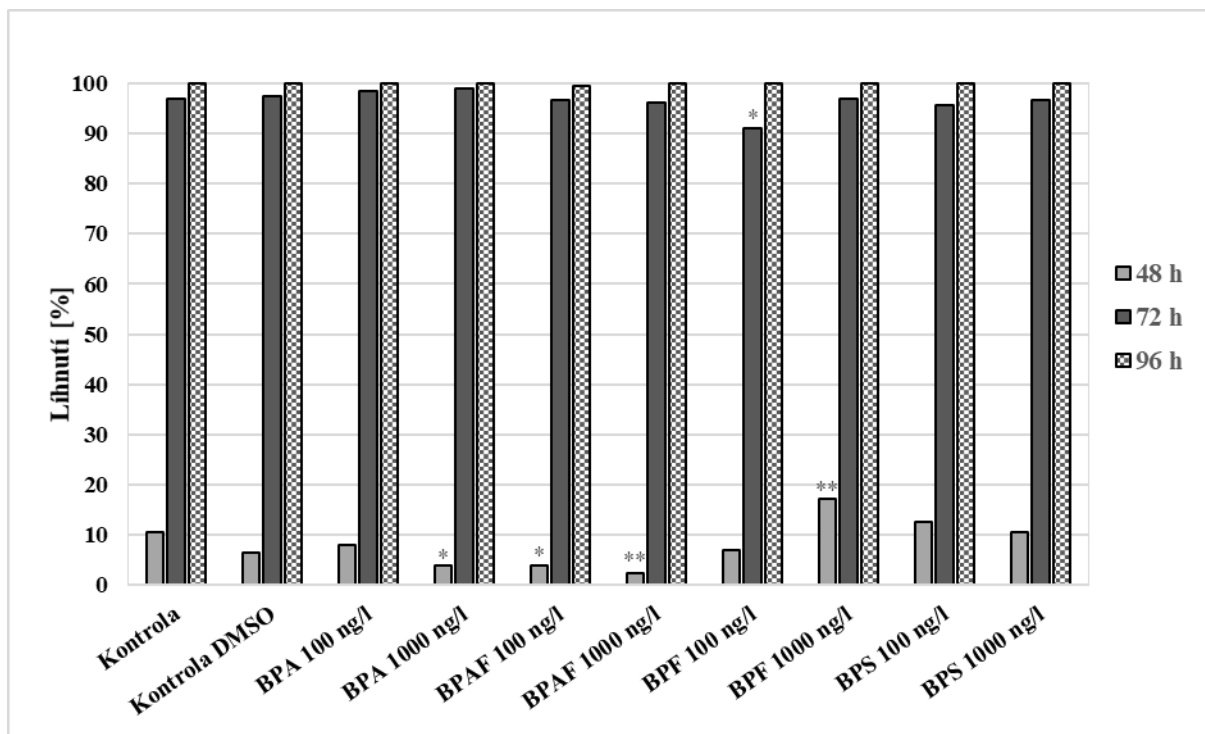
Využití embryonálních testů umožňuje detailně posoudit toxické účinky cizorodých látek na raná vývojová stadia ryb. Při hodnocení embryotoxicity patří mezi základní sledované parametry mortalita. Za uhynulé je embryo považováno v případě, že vykazuje alespoň jeden z hlavních ukazatelů mortality definovaných metodikou OECD 236 (OECD, 2013), mezi které patří koagulace, absence vývoje somitů, neoddělení ocasu od žloutkového váčku nebo nepřítomnost srdeční činnosti. Tyto parametry slouží jako spolehlivé indikátory akutní toxicity, jelikož odrážejí závažné poruchy vývoje, které jsou neslučitelné s přežitím jedince. Během testu nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v úhynu mezi kontrolními a pokusnými skupinami, mortalita se pohybovala do 1 % (tabulka č.1). Podobně také Yokota et al. (2000) nezaznamenali významný úhyn embryí medaky japonské (*Oryzias latipes*) a to ani po působení vyšších koncentrací BPA, než které byly v této studii použity.

Tabulka č. 1. Kumulativní mortalita (v %) embryí dána pruhovaného. Nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi kontrolními a pokusnými skupinami ($p > 0,05$).

Skupina	24 h	48 h	72 h	96 h
Kontrola	0,5	0,5	0,5	0,5
Kontrola DMSO	0,5	0,5	0,5	0,5
BPA 100 ng/l	0	0,5	0,5	0,5
BPA 1000 ng/l	0	0	0	0
BPAF 100 ng/l	0	0	0	0
BPAF 1000 ng/l	0	0	0	0
BPF 100 ng/l	0	0	0	0
BPF 1000 ng/l	0,5	0,5	0,5	0,5
BPS 100 ng/l	0,5	0,5	0,5	1
BPS 1000 ng/l	0	0	0	0

Dalším parametrem při hodnocení účinků látek na embrya ryb patří jejich líhnutí během expozice, kdy by zpožděné nebo naopak předčasné líhnutí mohlo signalizovat narušení normálního vývojového cyklu jedince (Samaee et al, 2015; Liang et al., 2017). Líhnutí jedinců bylo pozorováno již v 48 hodinách, a to ve všech testovaných skupinách včetně obou kontrol (graf č. 1).

Graf č. 1. Celkový počet vylíhnutých jedinců (v %) (* = statisticky významný rozdíl $p < 0,05$, ** = statisticky významný rozdíl $p < 0,01$).



Ve srovnání s kontrolou byla zjištěna signifikantně nižší ($p < 0,05$) líhnivost embryí ve skupinách BPA 1000 ng/l; BPAF 100 ng/l a u skupiny BPAF 1000 ng/l bylo toto snížení vysoce významné ($p < 0,01$). Naopak u skupiny BPF 1000 ng/l byl ale zaznamenán statisticky významně vyšší ($p < 0,05$) počet vylíhnutých jedinců, avšak pouze ve srovnání s kontrolou DMSO. Po 72hodinovém

působení testovaných látek byl již signifikantní rozdíl, resp. opoždění líhnutí, pouze ve skupině BPF 100 ng/l, a to ve srovnání s oběma kontrolami. Na konci testu již nebyl zjištěn rozdíl ($p > 0,05$) v líhnutí, ve všech testovaných skupinách i v kontrolách bylo vylíhnuto téměř 100 % přeživších jedinců (pouze u skupiny BPAF 100 ng/l byla líhnivost 99,5 %). Na rozdíl od výsledků tohoto experimentu, Yokota et al. (2000) nezjistili žádný vliv BPA na líhnutí embryí medaky japonské, a to ani při vyšších koncentracích. Odlišné výsledky vlivem působení BPA pozorovali Sun et al. (2014), kdy u embryí medaky japonské naopak pozorovali pokles líhnivosti, a to v koncentraci 200 µg/l.

Důležitým doplňkovým ukazatelem je výskyt morfologických změn, jako jsou deformace páteře a ocasu, edémy srdce a žloutkového váčku a další. V průběhu našich testů však nebyl zaznamenán výskyt abnormalit u žádné z testovaných skupin. Malformace u embryí dánía pruhovaného však pozorovali Reis et al. (2022), kteří se zabývali vlivem BPA na reprodukci, a kteří mimo jiné zjistili, že koncentrace BPA 500 µg/l má významný vliv na embryotoxicitu.

Závěr

Z výsledků této studie vyplývá, že zvolené environmentálně relevantní koncentrace testovaných bisfenolů (BPA, BPAF, BPF a BPS) nevykazují při akutním působení embryotoxicitu pro dánío pruhované (*Danio rerio*). V průběhu 96hodinové expozice nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly v mortalitě ani ve výskytu morfologických abnormalit. U některých testovaných koncentrací bisfenolů byl pozorován odlišný průběh líhnutí v počátečních fázích expozice, avšak na konci testu již rozdíly v líhnutí nebyly statisticky významné.

Přestože se tedy v průběhu testů neprojeví výrazné negativní účinky, s ohledem na známý mechanismus působení bisfenolů jako endokrinních disruptorů, byly odebrány vzorky pro další analýzy zaměřené na možné ovlivnění genové exprese spojené s hormonálními drahami.

Literatura

- Czarny-Krzyszowska, K., Krawczyk, B., Szczukocki, D. 2023. Bisphenol A and its substitutes in the aquatic environment: Occurrence and toxicity assessment. *Chemosphere* 315: 137763.
- Fabrello, J., Matozzo, V. 2022. Bisphenol Analogs in Aquatic Environments and Their Effects on Marine Species-A Review. *Journal of Marine Science and Engineering* 10: 1271.
- Gupta, A., Singh, A., Mishra, V.K. 2024. Impact of Bisphenol-A in the environment and its removal through biological agents: A review. *Environmental Quality Management* 34: e22246.
- ISO 7346. 1996. Water quality – Determination of the acute lethal toxicity of substances to a freshwater fish [*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan (Teleostei, *Cyprinidae*)] – Part I: Static method.
- Liang, X.F., Souders, C.L., Zhang, J.L., Martyniuk, C.J. 2017. Tributyltin induces premature hatching and reduces locomotor activity in zebrafish (*Danio rerio*) embryos/larvae at environmentally relevant levels. *Chemosphere* 189: 498-506.
- OECD 2013. Test No. 236: Fish Embryo Acute Toxicity (FET) Test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris, France.
- Reis, L.d.P.G., Lora-Benítez, A.J., Molina-López, A.M., Mora-Medina, R., Ayala-Soldado, N., Moyano-Salvago, M.d.R. 2022. Evaluation of the Toxicity of Bisphenol A in Reproduction and Its Effect on Fertility and Embryonic Development in the Zebrafish (*Danio rerio*). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19: 962.
- Samaee, S.M., Rabbani, S., Jovanovic, B., Mohajeri-Tehrani, M.R., Haghpanah, V. 2015. Efficacy of the hatching event in assessing the embryo toxicity of the nano-sized TiO₂ particles in zebrafish: A comparison between two different classes of hatching-derived variables. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 116: 121-128.
- Sauer, P., Svecová, H., Grabicová, K., Aydin, F.G., Mackulak, T. Kodes, V., Blytt, L.D., Henninge, L.B., Grabic, R., Kroupová, H.K. 2021. Bisphenols emerging in Norwegian and Czech aquatic environments show transthyretin binding potency and other less-studied endocrine-disrupting activities. *Science of the Total Environment* 751: 141801.

- Sun, L.W., Lin, X., Jin, R., Peng, T., Peng, Z.H., Fu, Z.W. 2014. Toxic Effects of Bisphenol A on Early Life Stages of Japanese Medaka (*Oryzias latipes*). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 93: 222-227.
- Yang, Y., Tang, T.L., Chen, Y.W., Tang, W.H., Yang, F. 2020. The role of chorion around embryos in toxic effects of bisphenol AF exposure on embryonic zebrafish (*Danio rerio*) development. Estuarine, Coastal and Shelf Science 233: 106540.
- Yokota, H., Tsuruda, Y., Maeda, M., Oshima, Y., Tadokoro, H., Nakazono, A., Honjo, T., Kobayashi, K. 2000. Effect of bisphenol A on the early life stage in Japanese medaka (*Oryzias latipes*). Environmental Toxicology and Chemistry 19: 1925-1930.

**ZHODNOCENÍ POUŽÍVÁNÍ A VÝSKYTU REZIDUÍ NESTEROIDNÍCH
ANTIFLOGISTIK V POVRCHOVÉ VODĚ ŘEKY LABE A JEJÍCH PŘÍTOKŮ**
**EVALUATION OF THE USE AND OCCURRENCE OF RESIDUES OF NSAIDS
IN THE SURFACE WATER OF THE ELBE RIVER AND ITS TRIBUTARIES**

Jasana Kolářková*, Zdeňka Svobodová

Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného veterinárního lékařství, Fakulta veterinární hygieny
a ekologie, Veterinární univerzita Brno, Česká republika

Department of Animal Protection and Welfare and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary
Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Summary

Non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) are unregulated, widely used drugs, known primarily for their antipyretic, analgesic and anti-inflammatory effects. The consumption of naproxen between years 2012-2021 is increasing, statistically highly significant positive correlation was confirmed. Decreasing trend in consumption of diclofenac in monitored period was statistically significant and low increase trend of ibuprofen consumption was statistically insignificant. The measured values of selected NSAIDs (naproxen, diclofenac and ibuprofen) were evaluated from surface water sampling at monthly intervals during 2021 in the Elbe river basin and its tributaries. Samples were taken at 10 locations. Measured values of naproxen were between <10-68 ng/l, between 11-140 ng/l in diclofenac and 8-150 ng/l in ibuprofen. The highest median value of naproxen was 15 ng/l (Doubrava – Záborejší), the lowest was 5 ng/l (Orlice – Nepasice). The highest median of diclofenac was 44,5 ng/l (Labe – Děčín) and the lowest 24 ng/l (Mrlina – Nymburk). The highest median of ibuprofen was 46,5 ng/l (Doubrava – Záborejší) and the lowest 23,5 ng/l (Labe – Hradec Králové). Among the risk areas can be included smaller streams with a lower value of flow, where accumulation of substances can occur. It is therefore important to deal with the monitoring of contaminants in water, as well as their effective removal from the environment.

Key words: naproxen, diclofenac, ibuprofen, NSAID, surface water, Elbe

Souhrn

Nesteroidní antiflogistika (NSAID) jsou neregulovaná hojně užívaná léčiva, známá především pro své antipyretické, analgetické a protizánětlivé účinky. Spotřeba naproxenu se v letech 2012-2021 zvyšuje, statisticky vysoce významně se potvrdila pozitivní korelace. Statisticky významně se potvrdil klesající trend spotřeby diklofenaku ve sledovaném období, statisticky nevýznamný se ukázal nízký rostoucí trend spotřeby ibuprofenu v daném období. Naměřené hodnoty vybraných NSAID (naproxenu, diklofenaku a ibuprofenu) byly hodnoceny z odběrů povrchové vody v měsíčních intervalech v průběhu roku 2021 v povodí řeky Labe a jejich přítoků. Vzorky byly odebírány z 10 lokalit v povodí řeky Labe. Naměřené koncentrace naproxenu se pohybovaly mezi <10-68 ng/l, diklofenaku mezi 11-140 ng/l a ibuprofenu 8-150 ng/l. Nejvyšší mediánová hodnota naproxenu dosahovala 15 ng/l (Doubrava – Záborejší), nejnižší pak 5 ng/l (Orlice – Nepasice). Medián diklofenaku vyšel v nejvyšší hodnotě 44,5 ng/l (Labe – Děčín) a v nejnižší 24 ng/l (Mrlina – Nymburk). Pro ibuprofen byla nejvyšší mediánová hodnota 46,5 ng/l (Doubrava – Záborejší) a nejnižší 23,5 ng/l (Labe – Hradec Králové). Mezi rizikové oblasti lze zařadit menší toky s nižší intenzitou průtoku, kde může docházet ke kumulaci látek. Je tedy důležité zabývat se monitoringem kontaminantů ve vodě, i jejich efektivním odstraněním z prostředí.

Klíčová slova: naproxen, diklofenak, ibuprofen, NSAID, povrchová voda, Labe

* h24007@vfu.cz

Úvod

Nesteroidní antiflogistika jsou chemické látky (farmaka), vyznačují se třemi hlavními efekty – antiflogistickým, antipyretickým a analgetickým, označují se zkratkou NSAID (non-steroidal anti-inflammatory drugs) (Risser et al, 2009). Dnes se nejčastěji v lékařské praxi setkáme s naproxenem, diklofenakem, ibuprofenem a ketoprofenem (Láníková et al., 2021). Za hlavní mechanismus účinku nesteroidních antiflogistik se považuje inhibice enzymu cyklooxygenázy (COX), která limituje rychlost syntézy prostanoidů (prostaglandiny, tromboxany a prostacyklin) (Miseková, 2002).

Nesteroidních antiflogistika jsou enviromentálním rizikem především kvůli své perzistenci v prostředí, odolnosti vůči biodegradaci a ekotoxicitě, a to díky skupinám atomů a molekul, které obsahují ve své struktuře, a které z nich činí látky vysoce reaktivní a stabilní. Mezi nejvíce zasažené ekosystémové oblasti patří obecně vodní, konkrétněji se pak jedná o řeky, odpadní a povrchové vody, ale i podzemní, pitnou či vodovodní vodu, přičemž NSAID zde mají výrazný vliv na zdraví organismů (Lin et al., 2023). Znečištění nesteroidními antiflogistiky zahrnuje například odpadní vody nemocnic nebo průmyslu, které většinou podstupují čištění a následně se vypuštěním stávají součástí povrchových vod (Li, 2014). Někdy mohou být čistírenské kaly navíc využity jako hnojivo kvůli množství živin a organických látek (Chen et al., 2011). Dalším zdrojem těchto látek v prostředí jsou skládky, kde se běžně nachází nepoužité léčivo a nesteroidní antiflogistika zde podléhají mikrobiálním metabolickým procesům (Sui et al., 2015). Neopomenutelným zdrojem jsou odpadní vody domácností (komunální odpadní vody) kvůli skutečnosti, že jsou nesteroidní antiflogistika běžně využívaná léčiva a následně jsou nacházeny v nízkých koncentracích ve vodním prostředí (Aus der Beek et al., 2016; Lonappan et al., 2016).

Materiál a metodika

Pro statistické zpracování dat zaměřených na naproxen, diklofenak a ibuprofen a byla použita veřejně dostupná dataze Státního ústavu pro kontrolu léčiv v Praze (SÚKL) za účelem výpočtu a zhodnocení trendu spotřeby daných nesteroidních antiflogistik v letech 2012-2021. Vypočítané hodnoty byly ještě statisticky posouzeny pomocí využití Spearmannova koeficientu, v potaz se brala jednostranná pravděpodobnost, přičemž hodnoty pravděpodobnosti $<0,05$ byly brány jako statisticky významné a $<0,01$ jako statisticky vysoce významné. Hodnoty pravděpodobnosti $>0,05$ byly považovány za statisticky nevýznamné.

V další části statistického hodnocení byla posouzená data získaná z analýzy vody odebrané na různých místech řeky Labe a jejich přítoků provedených v průběhu roku 2021, odběry odpovídaly zhruba měsíčnímu intervalu, údaje byly převzaty z podniku Povodí Labe Hradec Králové. Lokality jsou zobrazeny na obrázku č. 1. Vybrané lokality byly součástí monitorovacích profilů národní sítě pro monitorování povrchových vod vybraných v souladu se Směrnicí 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady. Konkrétně se celkově jednalo o 10 míst: Labe – Debrné, Labe – Hradec Králové, Labe – Valy, Labe – Obříství, Labe – Děčín, Orlice – Nepasice, Doubrava – Záboří, Cidlina – Sány, Mrlina – Nymburk a Jizera – Tuřice. Na lokalitách Labe – Debrné, Labe – Hradec Králové, Doubrava – Záboří a Mrlina – Nymburk bylo provedeno 10 odběrů v období leden-říjen, ve zbytku lokalit byl počet odběrů 12. Pro účely statistického zpracování byly hodnoty naměřené pod mezí citlivosti brány jako poloviční hodnoty minimální možné naměřené hodnoty (případ naproxenu). Pro zpracování statistické části byl využit program Unistat 6.5 for Excel, pro zhodnocení korelace jsem využila Spearmannův a Pearsonův korelační koeficient, přičemž mu předcházela Shapiro-Wilkův test, který potvrdil či nepotvrdil normalitu rozdělení dat v některých skupinách souboru, a tedy podmínil použití daného korelačního koeficientu. Při hodnocení Spearmannova a Pearsonova koeficientu se hodnotila jednostranná pravděpodobnost.

Výsledky a diskuze

Spotřeba nesteroidních antiflogistik

Tabulka č. 1 zobrazuje spotřebu naproxenu, diklofenaku a ibuprofenu v jednotlivých letech v období od roku 2012 do roku 2021 podle dostupných údajů Státního ústavu pro kontrolu léčiv v jednotkách kg a výsledky Spearmannova koeficientu a pravděpodobnosti pro zhodnocení korelace spotřeby za období deseti let. Z tabulky lze vyčíst, že spotřeba naproxenu se v letech 2012-2021 zvyšuje, statisticky vysoce významně se potvrdila pozitivní korelace ($r_{sp} = 0,92727$, $p = 0,00011$, tedy $p < 0,01$). Statisticky významně se potvrdil klesající trend spotřeby diklofenaku ve sledovaném období ($r_{sp} = -0,6242$, $p = 0,0269$, tedy $p < 0,05$), statisticky nevýznamný se ukázal nízký rostoucí trend ($r_{sp} = 0,1636$, $p = 0,3257$, tedy $p > 0,05$) spotřeby ibuprofenu v daném období. Výpočet vycházel z údajů o hodnotách M01AE02 pro naproxen, M01AE01 pro ibuprofen a M01AB05 pro diklofenak.

Zvýšení spotřeby NSAID zaznamenali ve své studii ve Spojených státech Zhou et al. (2013), v Evropě Inotai et al. (2010). Souhlasně s klesajícím trendem, které vykazuje zhodnocení z tabulky č. 1, spotřeba diklofenaku vykazovala podle Inotai et al. (2010) snížení v České republice, Maďarsku a Polsku. Spotřeba naproxenu zaznamenala mezi lety 2000-2007 v Maďarsku zvýšení, v Polsku pokles. Spotřeba ibuprofenu se ve zmíněném období zvedla v České republice, v Maďarsku i Polsku (Inotai et al., 2010).

Tabulka č. 1. Trend spotřeby vybraných nesteroidních antiflogistik

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	rsp	p
Nap.	2 084	2 354	2 437	2 449	3 357	3 659	4 338	4 387	4 470	4 030	0,9273	0,0001
Dik.	3 868	3 665	3 475	3 422	3 500	3 309	3 294	3 502	3 325	3 358	- 0,6242	0,0269
Ibu.	149 770	136 989	150 322	150 838	150 951	149 038	151 668	140 464	153 942	147 035	0,1636	0,3257

*Nap.=naproxen; Dik.=diklofenak; Ibu.=ibuprofen

Rezidua NSAID v povodí řeky Labe

Naproxen

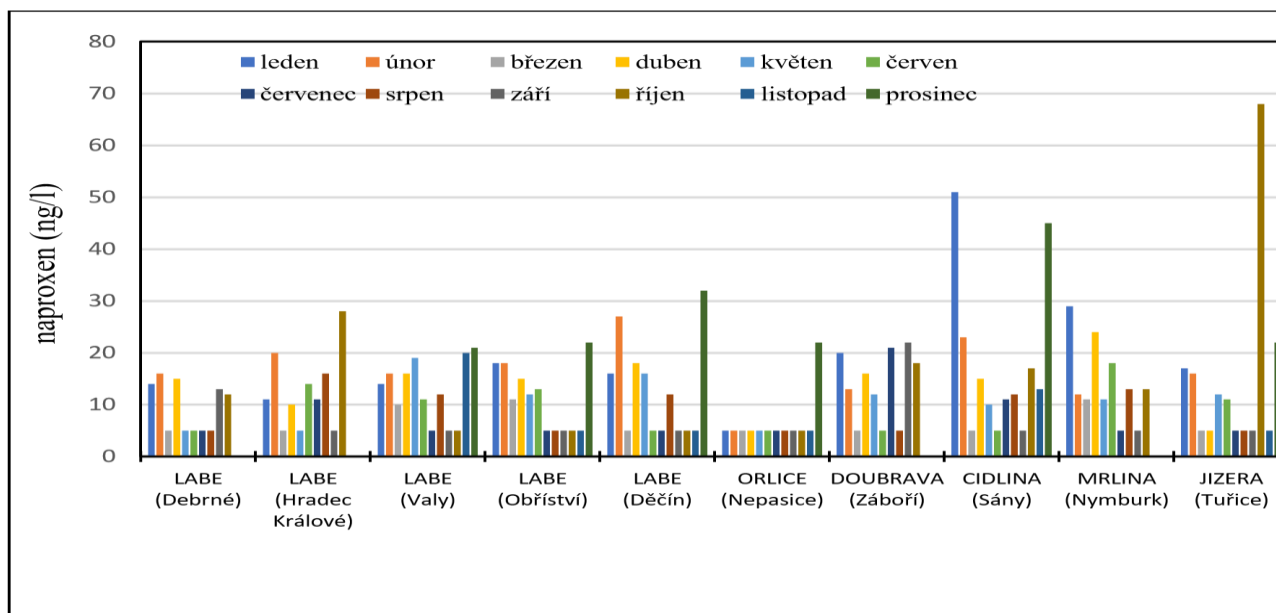
Hodnoty koncentrací naproxenu v ng/l naměřené v jednotlivých měsících během roku 2021 na daných lokalitách, rozmezí naměřených koncentrací se pohybuje mezi <10 ng/l a 68 ng/l (Graf č. 1).

Nejvyšší naměřené hodnoty byly zjištěny v odběrovém místě Jizera – Tuřice v říjnu (68 ng/l), Cidlina – Sány v lednu (51 ng/l) a Cidlina – Sány v prosinci (45 ng/l). Naopak nejnižší hodnoty pak byly naměřeny pod hranici detekce, tedy <10 ng/l a pro statistické účely byly upraveny na 5 ng/l, ve 47 případech z celkových 112 měření, tedy ve 42 %, nejčastěji v lokalitě Orlice – Nepasice (8 z 11 měření), nejčastěji byly tyto hodnoty naměřeny na všech lokalitách v září (8 z 10 měření).

Koncentrace naproxenu v povodí řeky Labe byla měřena již v roce 2011 ve studii Marsik et al. (2017), nejvyšší množství (929,8 ng/l) bylo nalezeno v Bojovském potoku. Z odběrů provedených v povodí řeky Labe v roce 2018 byl naproxen naměřen v 19 z 65 vzorků s nejvyšší koncentrací 160 ng/l (řeka Stěnaava). Další významné koncentrace naměřené v dané studii dosahovaly hodnot 110 ng/l, 69 ng/l a 58 ng/l (Skočovská et al., 2021). Ve srovnání s těmito studiemi byly nejvyšší naměřené hodnoty v roce 2021 podstatně nižší (68 ng/l, 51 ng/l a 45 ng/l). Mezi lokalitami z měření

koncentrací z roku 2018 se nacházelo v 65 lokalitách i 10 stejných, ze kterých se odebíraly vzorky v roce 2021. Naproxen byl v roce 2018 zjištěn pouze ve 3 z 10 těchto míst odběrů a ve všech případech v hodnotách <10 ng/l (Skočovská et al., 2021).

Graf č. 1. Rezidua naproxenu v povrchové vodě v povodí řeky Labe naměřené v průběhu roku 2021



Tabulka č. 2 nabízí souhrn hodnot z jiných států Evropy pro porovnání hodnot.

Tabulka č. 2. Hodnoty naproxenu naměřené v povrchové vodě na území jednotlivých států Evropy

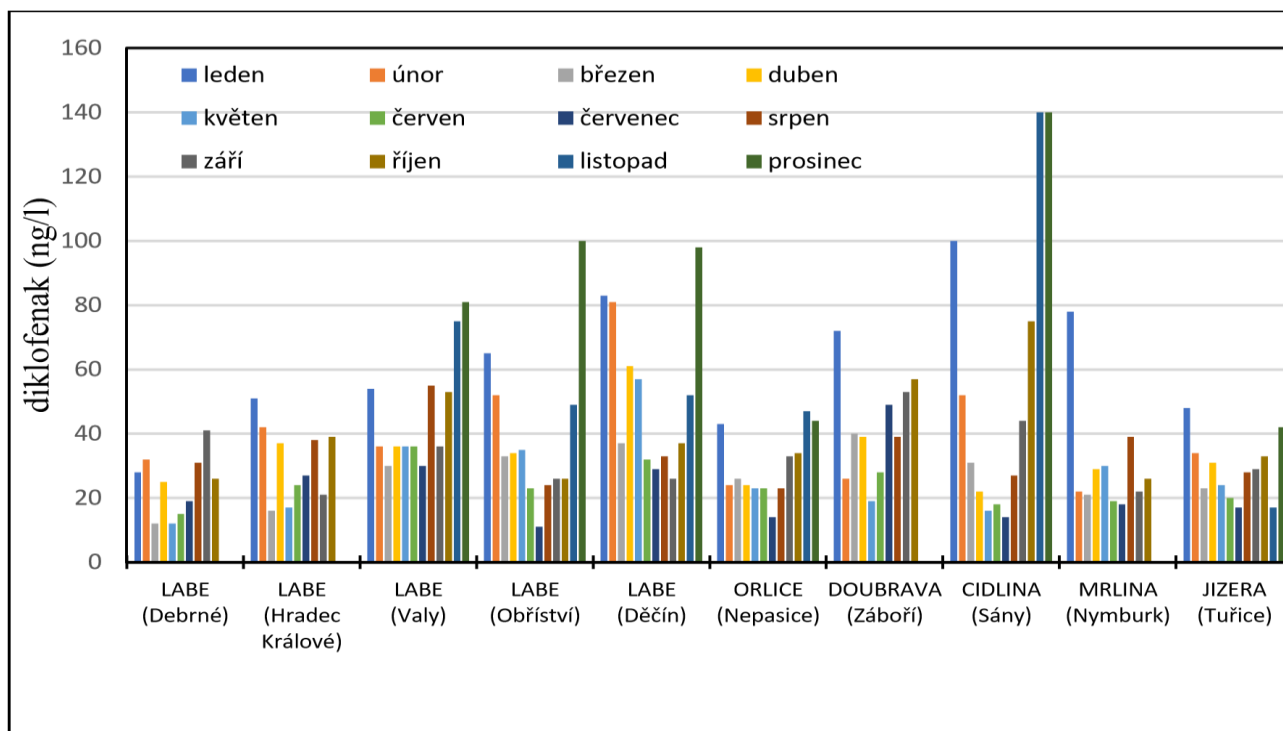
Země	Místo	Naměřená hodnota [ng/l]	Autoři studie
Francie	Seine (řeka)	<2,6-275	Shanmugam et al. (2014); Togola and Budzinski (2007)
Německo	řeky	<1-390	Straub and Stewart (2007)
Švýcarsko	Glatt, Rhine (řeky), Greifensee (jezero)	3,3-360	Straub and Stewart (2007); Tixier (2003)
Finsko	Haapajarvi (jezero)	40-210	Brozinski et al. (2013)
Španělsko	Ebro (řeka)	<MD-109	Shanmugam et al. (2014); Silva (2011)
Švédsko	Fyris (řeka)	max 447	Shanmugam et al. (2014); Daneshvar et al. (2012)
Ukrajina	Lopan (řeka)	15	Shanmugam et al. (2014); Vystavna et al. (2012)
Itálie	Tiber (řeka)	240-270	Grenni et al. (2014)
Polsko	povrchová voda	max 1091,9	Ślósarczyk et al. (2021)
Slovinsko	řeky	<MD-80	Shanmugam et al. (2014); Kosjek et al. (2005)

*MD = mez detekce; max = naměřené maximum

Diklofenak

Hodnoty koncentrací diklofenaku naměřené v jednotlivých měsících během roku 2021 na daných lokalitách, naměřené koncentrace se pohybují v rozmezí od 11 ng/l do 140 ng/l (Graf č. 2).

Graf č. 2. Rezidua diklofenaku v povrchové vodě v povodí řeky Labe naměřené v průběhu roku 2021



Nejvyšší naměřené hodnoty byly zaznamenány v lokalitě Cidlina – Sány v měsících listopad a prosinec (140 ng/l), Cidlina Sány v lednu a Labe – Obříství v prosinci (100 ng/l) a Labe – Děčín v prosinci (98 ng/l). Nejnížší naměřené koncentrace pak byly v místech Labe – Obříství v červenci (11 ng/l), Labe – Debrné v březnu a květnu (12 ng/l) a Cidlina – Sány a Orlice – Nepasice v červenci (14 ng/l).

Nejvyšší hodnoty diklofenaku stanovované ze vzorků z roku 2011 z odběrů povodí řeky Labe byly naměřeny v blízkosti místa Čelákovice (po proudu z přehrady) a nabývaly hodnot mezi 514 ng/l a 1080 ng/l. Významně vyšší hodnoty v porovnání s velkými řekami v městských regionech se objevovaly i v odběrových místech malých vodních toků a venkovského prostředí s intenzivním zemědělstvím. Porovnání koncentrace diklofenaku v řekách vztažených na hodnoty intenzity průtoku potvrdilo statisticky významný ($p < 0,05$) rozdíl mezi hodnotami z malých vodních toků a všemi ostatními kategoriemi (Marsik et al., 2017). Z 65 lokalit odběru v povodí řeky Labe v roce 2018 se diklofenak nacházel v 51 vzorcích a nejvyšší naměřená koncentrace byla cca 310 ng/l, dalšími významnými hodnotami byli 260 ng/l a 200 ng/l. Rezidua diklofenaku byla v roce 2018 také nalezena na 8 z 10 shodných lokalit odběru stanovených pro vzorky v roce 2021, s výjimkou lokality Cidlina – Sány, kde byla naměřená koncentrace vyšší (>50 ng/l), dosahovaly hodnoty <50 ng/l (Skočovská et al., 2021).

Tabulka č. 3. Hodnoty diklofenaku naměřené v povrchové vodě na území jednotlivých států Evropy

Země	Místo	Naměřená hodnota [ng/l]	Autoři studie
Francie	Doubs (řeka)	300	Chiffre et al. (2016)
	Loue (řeka)	166	Chiffre et al. (2016)
Finsko	Haapajärvi (jezero)	22-302	Brozinski et al. (2013)
Německo	malé a střední řeky	153; 160; 370	Meyer et al. (2016)
	Teltowkanal (kanál)	1 900; 2 100	Schmidt et al. (2018)
Řecko	Pamvotis (jezero) a Kalamas (řeka)	110 (80*); 457 (146*); 175 (113*)	Nannou et al. (2015)
Maďarsko	Danube (řeka)	20-931	Helenkar et al. (2010)
Itálie	Alpine (povodí řeky)	max 569;675	Mandaric et al. (2017)
Portugalsko	Lis (řeka)	38 (medián)	Paíga et al. (2016)
Rumunsko	Danube (řeka a přítoky)	3,6 (medián); 255 (max)	Loos et al. (2017)
Srbsko	Danube, Sava, Velika Morava, Tisa (řeky)	18-53	Kovačević et al. (2017)
Španělsko	Bilbao (ústí)	1-650; 47 (medián)	Mijangos et al. (2018)
Švédsko	Gorvaln (jezero)	8,80	Tröger et al. (2018)
	Fyris (řeka)	6,5-31	Tröger et al. (2018)
Velká Británie	Aire (řeka)	cca 75-310	Kay et al. (2017)
Ukrajina	Lopan (řeka) – horní tok; centrum města; pod čistírnou odpadních vod	4; 98; 3 560	Vystavna et al. (2018)

* střední hodnoty*

Ibuprofen

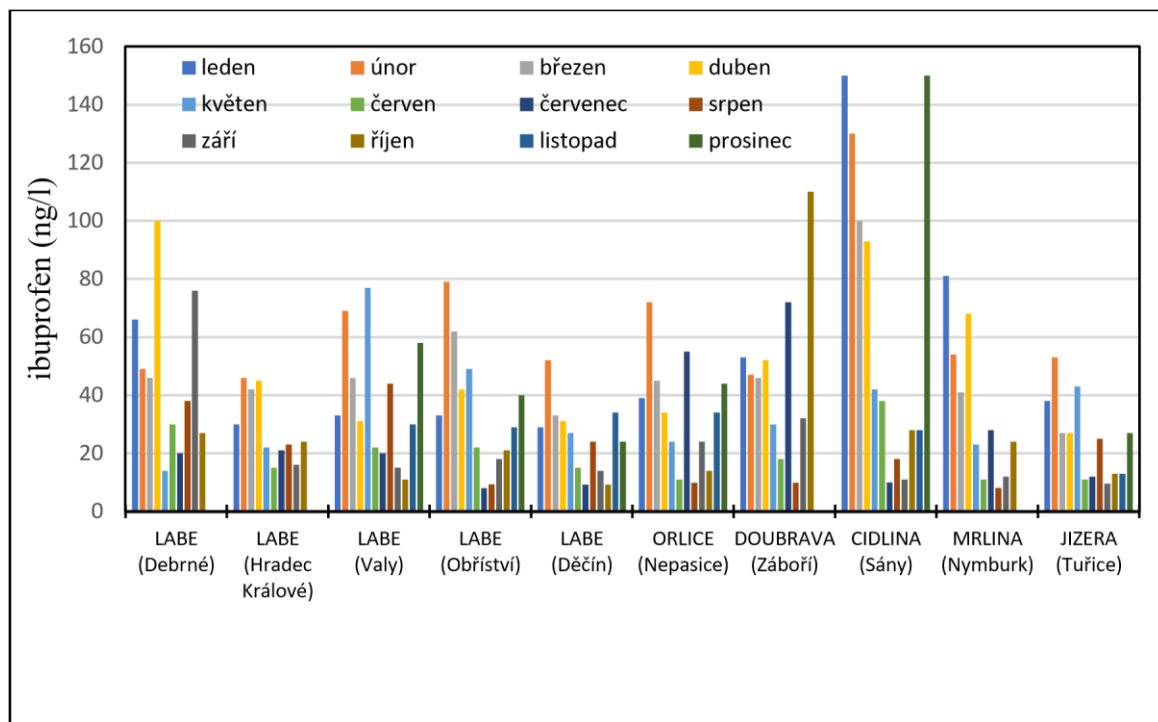
Hodnoty koncentrací ibuprofenu naměřených v jednotlivých měsících během roku 2021 na daných lokalitách, rozmezí naměřených hodnot je od 8 do 150 ng/l (Graf č. 3).

Nejvyšší naměřené hodnoty byly v lokalitě Cidlina – Sány v lednu a prosinci (150 ng/l), Cidlina – Sány v únoru (130 ng/l) a Doubrava – Záboří v říjnu (110 ng/l). Nejnížší naměřené hodnoty byly z odběrů provedených z Labe – Obříství v červenci (8 ng/l), Mrliny – Nymburku v srpnu (8,1 ng/l) a Labe – Děčíně v červenci a říjnu (9,2 ng/l).

Maximální stanovené koncentrace ibuprofenu měřené v dřívějších studiích jsou podstatně vyšší než v roce 2021. V České republice byl ibuprofen stanovován i v roce 2011 Marsik et al. (2017), maximální zjištěná koncentrace byla 3 210 ng/l na lokalitě Roudnice. V roce 2018 byl ibuprofen nalezen ve 48 vzorcích z 65 celkových, nejvyšší naměřená koncentrace byla 1 600 ng/l v řece

Cidlině. Další významné naměřené koncentrace dosahovaly hodnot 530 ng/l a 280 ng/l. Co se týče shodných lokalit, které byly vybrány pro odběry v roce 2021, v roce 2018 byl ibuprofen naměřen na 7 z 10, kromě lokality Cidlina – Sány, kde zjištěná koncentrace přesahovala 50 ng/l, byla zjištěna jeho rezidua na zbytku těchto lokalit <50 ng/l (Skočovská et al., 2021).

Graf č. 3. Rezidua ibuprofenu v povrchové vodě v povodí řeky Labe naměřené v průběhu roku 2021



Tabulka č. 4. Hodnoty ibuprofenu naměřené v povrchové vodě na území jednotlivých států Evropy

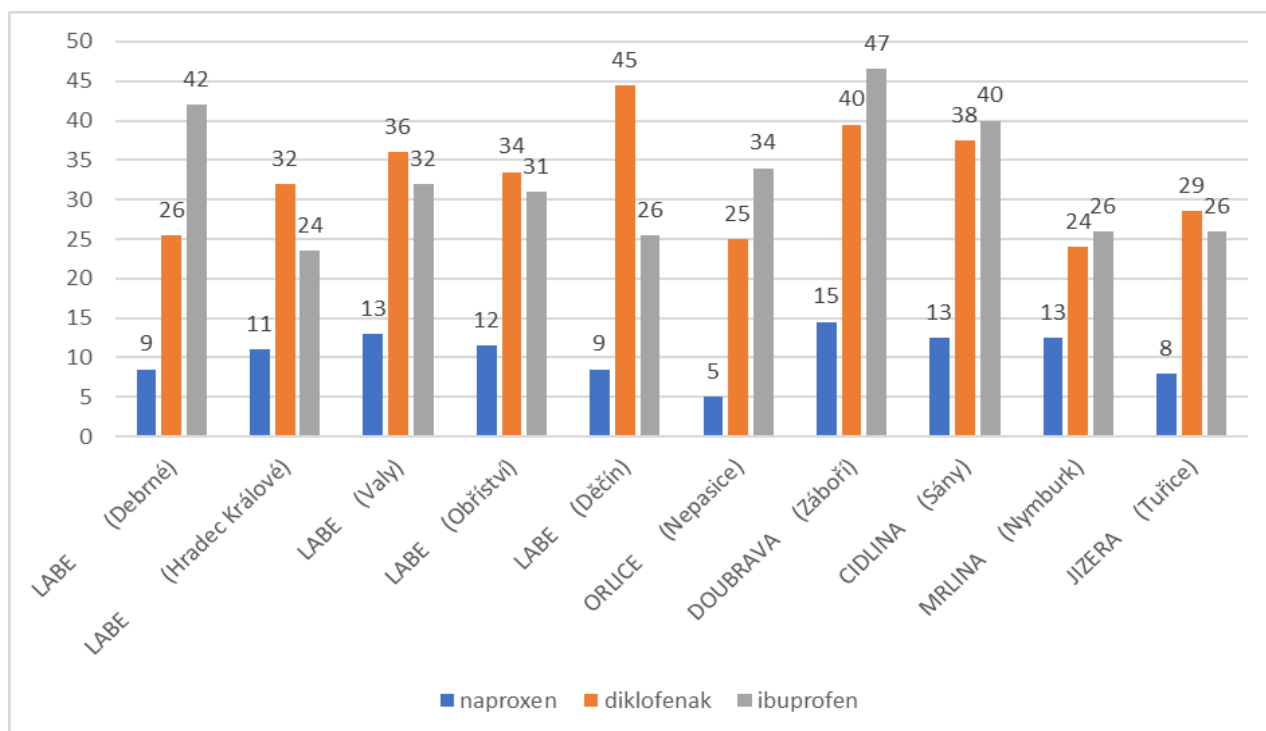
Země	Místo	Naměřená hodnota [ng/l]	Autoři studie
Řecko	Aisonas (řeka)	1-67 (17*); <1; <1-67 (22*)	Stasinakis et al. (2012)
Španělsko	zavlažovací síť (voda dodávána z řek)	67; 71; 280; 527	Calderón-Preciado et al. (2011)
Švýcarsko	povrchová voda	10-400	Ziylan and Ince (2011)
Maďarsko	Danube (řeka)	8-50	Varga et al. (2010)
Velká Británie	Taff, Ely (řeky)	<0,3-100 (1*; 22*; 22*; 3*; 31*; 26*) <0,3-93 (10*; 13*; 29*; 6*)	Kasprzyk-Horden et al. (2008)
Lucembursko	povodí řeky Mess	max 2 383 (87*)	Pailler et al. (2009)
Francie	Hérault (povodí řeky)	max 4,5	Togola and Budzinski (2008)
Chorvatsko	Ebro (povodí řeky)	150 (60*)	Gros et al. (2006)
Finsko	Haapajärvi	<MD-69	Brozinski et al. (2013)
Německo	Labe	<2-24	Wiegel et al. (2004)

střední hodnoty; MD – mez detekce

Mediánové hodnoty NSAID na sledovaných lokalitách

Z grafu č. 4 vychází, že nejvyšší mediánová hodnota naproxenu dosahovala 15 ng/l (Doubrava – Záboří), nejnižší pak 5 ng/l (Orlice – Nepasice). Medián diklofenaku vyšel v nejvyšší hodnotě 44,5 ng/l (Labe – Děčín) a v nejnižší 24 ng/l (Mrlina – Nymburk). Pro ibuprofen byla nejvyšší mediánová hodnota 46,5 ng/l (Doubrava – Záboří) a nejnižší 23,5 ng/l (Labe – Hradec Králové). Výsledky mohou být dány několika faktory a jejich součinností, jedním z nich je intenzita průtoku. Mezi další faktory uváděné ve studiích patří i přítomnost velkých měst v okolí, čistíren odpadních vod, či přítomnost farmaceutických firem.

Graf č. 4. Mediánové hodnoty z jednotlivých naměřených koncentrací naproxenu, diklofenaku a ibuprofenu na jednotlivých lokalitách v průběhu roku



Závěr

Naproxen, diklofenak i ibuprofen patří mezi volně dostupná neregulovaná léčiva. Spotřeba naproxenu v České republice vykazuje za posledních deset let statisticky vysoce významný rostoucí trend, diklofenaku naopak statisticky významný klesající a u ibuprofenu se statisticky nepotvrdil mírně rostoucí trend.

Vzorky byly odebírány z 10 lokalit v povodí řeky Labe v průběhu celého roku 2021. Naměřené koncentrace naproxenu se pohybovali mezi <10-68 ng/l, diklofenaku mezi 11-140 ng/l a ibuprofenu 8-150 ng/l. V porovnání s naměřenými koncentracemi v roce 2018 v rámci stejných sledovaných lokalit byly maximální hodnoty z roku 2021 vyšší. Nejvyšší mediánové hodnoty naměřených koncentrací byly pro naproxen v lokalitě Doubrava – Záboří (15 ng/l), pro diklofenak v lokalitě Labe – Děčín (44,5 ng/l) a pro ibuprofen v lokalitě Doubrava – Záboří (46,5 ng/l).

Mezi faktory ovlivňující koncentraci těchto látek v povrchové vodě patří intenzita průtoku vody ve chvíli odběru vzorku, mezi další faktory ovlivňující míru kontaminace povrchové vody nesteroidními antiflogistiky může patřit přítomnost a efektivita čistíren odpadních vod, urbanistické aktivity, nelegální skládky, nevhodný způsob odstranění nepoužitých léčiv či farmaceutický průmysl. Enviromentální riziko přítomnosti těchto kontaminantů v povrchové vodě spočívá především v toxických účincích vznikajících synergickým působením směsi, která v prostředí

vzniká. Negativně může ovlivňovat organismy žijící ve vodním prostředí a potažmo i welfare zvířat, které jsou na něj vázány.

Literatura

- Aus der Beek, T., Weber, F., Bergmann, A., Hickmann, S., Ebert, I., Hein, A., Kuster, A. 2016. Pharmaceuticals in the environment—Global occurrences and perspectives. *Environmental Toxicology and Chemistry* 35: 823-35.
- Brozinski, J.-M., Lahti, M., Meierjohann, A., Oikari, A., Kronberg, L. 2013. The anti-inflammatory drugs diclofenac, naproxen and ibuprofen are found in the bile of wild fish caught downstream of a wastewater treatment plant. *Environmental Science & Technology* 47: 342-348.
- Calderón-Preciado, D., Matamoros, V., Bayona, J.M. 2011. Occurrence and potential crop uptake of emerging contaminants and related compounds in an agricultural irrigation network. *Science of the Total Environment* 412-413: 14-19.
- Daneshvar, A., Svanfelt, J., Kronberg, L., Weyhenmeyer, G. 2012. Neglected sources of pharmaceuticals in river water footprints of a Reggae festival. *Journal of Environmental Monitoring* 14: 596-603.
- Grenni, P., Patrolocco, L., Ademollo, N., Di Lenola, M., Caracciolo, A.B. 2014. Capability of the natural microbial community in a river water ecosystem to degrade the drug naproxen. *Environmental Science and Pollution Research* 21: 13470–13479.
- Gros, M., Petrović, M., Barceló, D. 2006. Development of a multi-residue analytical methodology based on liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) for screening and trace level determination of pharmaceuticals in surface and wastewaters. *Talanta* 70: 678-690.
- Helenkar, A., Sebok, A., Zaray, G., Molnar-Perl, I., Vasanits-Zsigrai, A. 2010. The role of the acquisition methods in the analysis of the nonsteroidal anti-inflammatory drugs in Danube River by gas chromatography - mass spectrometry. *Talanta* 82: 600–607.
- Chen, F., Ying, G.-G., Kong, L.-X., Wang, L., Zhao, J.-L., Zhou, L.-J., Zhang, L. 2011. Distribution and accumulation of endocrine-disrupting chemicals and pharmaceuticals in wastewater irrigated soils in Hebei, China. *Environmental Pollution* 159: 1490-8.
- Chiffre, A., Degiorgi, F., Bulete, A., Spinner, L., Badot, P.M., 2016. Occurrence of pharmaceuticals in WWTP effluents and their impact in a karstic rural catchment of eastern France. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 25427–25441.
- Inotai, A., Hankó, B., Mészáros, A. 2010. Trends in the non-steroidal antiinflammatory drug market in six Central–Eastern European countries based on retail information. *Pharmacoepidemiology and Drug Safety* 19: 183-190.
- Kasprzyk-Hordern, B., Dinsdale, R.M., Guwy, A.J. 2008. The occurrence of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs in surface water in South Wales, UK. *Water Research* 42: 3498-3518.
- Kay, P., Hughes, S.R., Ault, J.R., Ashcroft, A.E., Brown, L.E. 2017. Widespread, routine occurrence of pharmaceuticals in sewage effluent, combined sewer overflows and receiving waters. *Environmental Pollution* 220: 1447–1455.
- Kosjek, T., Heath, E., Krbavcic, A. 2005. Determination of non-steroidal antiinflammatory drug (NSAIDs) residues in water samples. *Environment International* 31: 679–685.
- Kovačević, S., Radišić, M., Laušević, M., Dimkić, M. 2017. Occurrence and behavior of selected pharmaceuticals during riverbank filtration in the republic of Serbia. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 2075–2088.
- Láníková, J., Blahová, J., Svobodová, Z. 2021. Výskyt nesteroidních antiflogistik ve vodním prostředí a jejich účinky na vodní organismy. *Chemické listy* 115: 463-471.
- Li, W.C. 2014. Occurrence, sources, and fate of pharmaceuticals in aquatic environment and soil. *Environmental pollution* 187: 193-201.
- Lin, J., Zhang, J., Bian, Y., Zhang, Y., Du, R., Li, M., Tan, Y., Feng, X. 2023. Non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in the environment: Recent updates on the occurrence, fate, hazards and removal technologies. *Science of The Total Environment* 904: 166897.
- Lonappan, L., Brar, S.K., Das, R.K., Verma, M., Surampalli, R. Y. 2016. Diclofenac and its transformation products: Environmental occurrence and toxicity - A review. *Environment International* 96: 127-138.
- Loos, R., Tavazzi, S., Mariani, G., Suurkuusk, G., Paracchini, B., Umlauf, G. 2017. Analysis of emerging organic contaminants in water, fish and suspended particulate matter (SPM) in the joint Danube survey

- using solid-phase extraction followed by UHPLC MS-MS and GC-MS analysis. *Science of The Total Environment* 607-608: 1201–1212.
- Mandarić, L., Diamantini, E., Stella, E., Cano-Paoli, K., Vallesistac, J., Molins-Delgado, D., Bellin, A., Chiogna, G., Majone, B., Diaz-Cruz, M. S., Sabater, S., Barcelo, D., Petrovic, M.. 2017. Contamination sources and distribution patterns of pharmaceuticals and personal care products in alpine rivers strongly affected by tourism. *Science of the Total Environment* 590-591: 484–494.
- Marsik, P., Rezek, J., Židková, M., Kramulová, B., Tauchen, J., Vaněk, T. 2017. Non-steroidal anti-inflammatory drugs in the watercourses of Elbe basin in Czech Republic. *Chemosphere* 171: 97-105.
- Meyer, W., Reich, M., Beier, S., Behrendt, J., Gulyas, H., Otterpohl, R. 2016. Measured and predicted environmental concentrations of carbamazepine, diclofenac, and metoprolol in small and medium rivers in northern Germany. *Environmental Monitoring and Assessment* 188: 487.
- Mijangos, L., Ziarrusta, H., Ros, O., Kortazar, L., Fernandez, L.A., Olivares, M., Zuloaga, O., Prieto, A., Etxebarria, N. 2018. Occurrence of emerging pollutants in estuaries of the Basque Country: analysis of sources and distribution, and assessment of the environmental risk. *Water Research* 147: 152-163.
- Miseková, D. 2002. Látky ovlivňující vnímání bolesti. In: Lincová, D., Farghali, H. (Eds.): *Základní a aplikovaná farmakologie*. Galén, Praha, s. 271-280.
- Nannou, C., Kosma, C., Albanis, T.A. 2015. Occurrence of pharmaceuticals in surface waters: analytical method development and environmental risk assessment. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 95: 1-21.
- Paíga, P., Santos, L.H.M.L.M., Ramos, S., Jorge, S., Silva, J.G., Delerue-Matos, C. 2016. Presence of pharmaceuticals in the Lis river (Portugal): sources, fate and seasonal variation. *Science of The Total Environment* 573: 164–177.
- Pailler, J.-M., Guignard, C., Meyer, B., Iffly, J.-F., Pfister, L., Hoffmann, L., Krein, A. 2009. Behaviour and fluxes of dissolved antibiotics, analgesics and hormones during flood events in a small heterogeneous catchment in the grand duchy of luxembourg. *Water, Air and Soil Pollution* 203: 79–98.
- Risser, A., Donovan, D., Heintzman, J. Page, T. 2009. NSAID prescribing precautions. *American Family Physician* 80: 1371.
- Shanmugam, G., Sampath, S., Selvaraj, K. K., Larsson, D.G.J., Ramaswamy, B.R. 2014. Non-steroidal anti-inflammatory drugs in Indian rivers. *Environmental Science and Pollution Research* 21: 921-231.
- Schmidt, S., Hoffmann, H., Garbe, L.A., Schneider, R.J. 2018. Liquid chromatography-tandem mass spectrometry detection of diclofenac and related compounds in water samples. *Journal of Chromatography A* 1538: 112-116.
- Silva, B.F.D., Jelic, A., Lopez Serna, R., Mozeto, A.A., Petrovic, M., Barcelo, D. 2011. Occurrence and distribution of pharmaceuticals in surface water, suspended solids and sediments of the Ebro river basin, Spain. *Chemosphere* 85: 1331-1339.
- Skočovská, M., Ferenčík, M., Svoboda, M., Svobodová, Z. 2021. Residues of selected sulfonamides, non-steroidal anti-inflammatory drugs and analgesics-antipyretics in surface water of the Elbe river basin (Czech Republic). *Veterinarni Medicina* 66: 208-218.
- Ślósarczyk, K., Jakóbczyk-Karpierz, S., Rózkowski, J., Witkowski, A.J. 2021. occurrence of pharmaceuticals and personal care products in the water environment of poland: a review. *Water* 13: 1-30.
- Stasinakis, A.S., Memigka, S., Samaras, V.G., Farmaki, E., Thomaidis, N.S. 2012. Occurrence of endocrine disrupters and selected pharmaceuticals in Aisonas River (Greece) and environmental risk assessment using hazard indexes. *Environmental Science and Pollution Research* 19: 1574-1583.
- Straub, J.O., Stewart, K.M. 2007. Deterministic and probabilistic acute based environmental risk assessment for naproxen for Western Europe. *Environmental Toxicology and Chemistry* 26: 795-806.
- Sui, Q., Cao, X., Lu, S., Zhao, W., Qiu, Z., Yu, G. 2015. Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: A review. *Emerging Contaminants* 1: 14-24.
- Tixier, C., Singer, H.P., Oellers, J., Müller, S.R. 2003. Occurrence and fate of carbamazepine, clofibric acid, diclofenac, ibuprofen, ketoprofen, and naproxen in surface waters. *Environmental Science and Technology* 37: 1061-1068.
- Togola A., Budzinski, H. 2008. Multi-residue analysis of pharmaceutical compounds in aqueous samples. *Journal of Chromatography* 1177: 150-158.
- Togola A., Budzinski, H. 2007. Analytical development for analysis of pharmaceuticals in water samples by SPE and GC–MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 388: 627-635.

- Tröger, R., Klöckner, P., Ahrens, L., Wiberg, K. 2018. Micropollutants in drinking water from source to tap - Method development and application of a multiresidue screening method. *Science of The Total Environment* 627: 1404-1432.
- Varga, M., Dobor, J., Helenkár, A., Jurecska, L., Yao, J., Záray, G. 2010. Investigation of acidica pharmaceuticals in river water and sediment by microwave-assisted extraction and gas chromatography–mass spectrometry. *Microchemical Journal* 95: 353-358.
- Vystavna, Y., Frkova, Z., Celle-Jeanton, H., Diadin, D., Huneau, F., Steinmann, M., Crini, N., Loup, C. 2018. Priority substances and emerging pollutants in urban rivers in Ukraine: Occurrence, fluxes and loading to transboundary European Union watersheds. *Science of The Total Environment* 637-638: 1358-1362.
- Vystavna, Y., Huneau, F., Grynenko, V., Vergeles, Y., Celle-Jeanton, H., Tapie, N., Budzinski, H., Le Coustumer, P., Yuri, V. 2012. Pharmaceuticals in rivers of two regions with contrasted socio-economic conditions: occurrence, accumulation, and comparison for Ukraine and France. *Water Air and Soil Pollution* 223: 2111-2124.
- Wiegel, S., Aulinger, A., Brockmeyer, R., Harms, H., Löffler, J., Reincke, H., Schmidt, R., Stachel, B., von Tumpling, W., Wanke, A. 2004. Pharmaceuticals in the river Elbe and its tributaries. *Chemosphere* 54: 107-126.
- Zhou, Y., Boudreau, D.M., Freedman, A.N. 2013. Trends in the use of aspirin and nonsteroidal anti-inflammatory drugs in the general U.S. population. *Pharmacoepidemiology and Drug Safety* 23: 43-50.
- Ziylan, A. and Ince, N.H. 2011. The occurrence and fate of anti-inflammatory and analgesic pharmaceuticals in sewage and fresh water: Treatability by convencional and nonconventional processes. *Journal of Hazardous Materials* 187: 24-36.

OCHRANA ZVÍŘAT A WELFARE 2025
Sborník příspěvků

Vydavatel: Veterinární univerzita Brno
Ústav: Ústav ochrany a welfare zvířat a veřejného
veterinárního lékařství
Editace: prof. MVDr. Vladimír Večerek, CSc., MBA
prof. Ing. Eva Voslášková, Ph.D.
Počet stran: 541
Vydání: 1.

Copyright © 2025 Veterinární univerzita Brno

ISBN 978-80-7305-996-5