

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních
zdrojů

Katedra Etologie a zájmových chovů

Lateralita a směrová preference
ve výcviku a využití jezdeckých koní

doktorská disertační práce

Autor: Ing. Klára Ničová

Školitel: doc. Ing. Jitka Bartošová, Ph.D.

Konzultant: prof. Ing. Hynek Burda, CSc.

Praha 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou doktorskou disertační práci " Lateralita a směrová preference ve výcviku a využití jezdeckých koní" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí doktorské disertační práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28. 2. 2022



Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Jitce Bartošové, Ph.D., za odborné metodické vedení během celého studie, četné rady a připomínky při zpracování doktorské disertační práce. Ráda bych také poděkovala prof. Ing. Hynku Burdovi, CSc., za námět a konzultace tématu. Zároveň také děkuji členům oddělení etologie ve Výzkumném ústavu živočišné výroby v Praze a vedoucí katedry etologie a zájmových chovů ČZU doc. Ing. Heleně Chaloupkové, Ph.D., a kolegům za lidský přístup, odborné rady, diskuze a podporu při studiu, konferencích a stážích. Náklady spojené s jednotlivými projekty byly financovány v rámci institucionální podpory VÚŽV (MZE-RO0718), České zemědělské univerzity v Praze a programu Erasmus. Velké poděkování patří také mé rodině a příteli, kteří mi byli velkou oporou v průběhu celého studia.

Abstrakt

Cílem disertační práce bylo zjistit, jak vrozené behaviorální tendence, jako je lateralita a směrová preference, ovlivňují chování a výkon jezdeckých koní. Doktorská disertační práce shrnuje výsledky studie analyzující faktory, které ovlivňují úspěšnost v překonávání překážek v soutěžích na vrcholové úrovni (Western European League). Jedním z faktorů byl směr nájezdu na překážku (zleva, zprava nebo rovně), tj. většinou monokulární či binokulární vnímání překážky během odhadování odskoku, jako možný indikátor mozkové lateralit koně. Lateralita je u zvířat i člověka široce rozšířený a studovaný fenomén, založený na adaptačních výhodách stranové specializace a nesouměrnosti mozkových hemisfér, smyslových orgánů nebo částí těla. V předkládané studii elitních skokových koní neměl směr nájezdu na pravděpodobnost chyby na překážce významný vliv, k chybám (pád břevna či překážky, odmítnutí poslušnosti nebo vyhnutí se skoku) však ani na této úrovni nedocházelo v průběhu soutěže zcela náhodně. Koně v průměru chybovali na 7,85 % skoků. Dosažené skóre bylo ovlivněno čtyřmi z testovaných faktorů, a to zpravidla odlišně v prvním a druhém kole dané soutěže. V obou kolech měla zásadní vliv na pravděpodobnost chyby zkušenost jezdce, čím více startů v kariéře jezdec absolvoval, tím méně chyb dvojice, jak v prvním kole ($F_{(1, 7649)} = 6.17, P < 0.02$), tak v rozeskakování ($F_{(1, 931)} = 7.05, P < 0.01$) dosáhla. V prvním kole pravděpodobnost chyby na překážce mírně stoupala s pořadím skoku v trase parkuru ($F_{(1, 7649)} = 5.29, P < 0.0001$, GzLMM; PROC GLIMMIX, SAS), přičemž nejčastěji k chybám v prvním kole ($F_{(5, 7649)} = 2.51, P < 0.03$) docházelo na kolmých skocích s vodou (0.125 ± 0.021 , LSMEAN \pm standardní chyba), naopak nejméně často u triplebarů (0.037 ± 0.015) a zdí (0.048 ± 0.020). V obou kolech soutěžící utrhly více chyb na skocích v rámci kombinací (dvojskoky, trojskoky). Největší chybovost byla zjištěna u prvních skoků v kombinaci (první kolo 0.095 ± 0.016 ; rozeskakování 0.043 ± 0.008) nebo na druhém skoku z dvojskoků (rozeskakování 0.055 ± 0.020) ve srovnání s nejmenší pravděpodobností chyb na jednotlivých překážkách (první kolo 0.057 ± 0.007 , $F_{(5, 7649)} = 5.29, P < 0.0001$; rozeskakování 0.100 ± 0.027 , $F_{(1, 931)} = 3.39, P < 0.04$). V rozeskakování překvapivě méně chybovali koně, kteří projeli trať rychleji ($F_{(1, 931)} = 6.66, P < 0.01$). V prvním kole rychlost jízdy pravděpodobnost chyby neovlivňovala a nepredikovala ani rychlejší čas v kole druhém ($r = 0.26, P < 0.01$). Ostatní testované faktory (pohlaví koně/jezdce, zkušenost koně) úspěšnost překonání překážek ve sledovaných soutěžích neovlivňovaly. Některé chyby byly však stále pravděpodobnější a nebyly náhodné, právě proto může vhodné zaměření tréninku zlepšit výkon a bezpečnost dvojice na soutěžích.

Druhým stěžejním tématem doktorandského studia byla magnetorecepce neboli směrová preference a vnímání magnetického pole Země. V předkládané práci jsou popsány metodiky sběru dat a datové soubory dvou studií zaměřených na vnímání magnetického pole u jezdeckých koní. Studie jsou aktuálně ve stavu analýzy nasbíraných dat.

Doktorská disertační práce dále krátce shrnuje další výsledky, které vzešly z dat nasbíraných za účelem výše popsaných studií (genderové otázky ve skokových soutěžích), nebo byly řešeny v rámci zahraničních stáží (percepce a management koní). Předkládané výsledky jsou důležité nejen pro stavitele skokových soutěží, ale také pro přípravu tréninkových plánů, stejně tak každodenní manipulaci a práci s koňmi. Jejich aplikace do praxe může zásadním způsobem zlepšit welfare koní. S výjimkou magnetorecepce byly studie uvedené v doktorské disertační práci již publikovány, nebo jsou v recenzním řízení v impaktovaných vědeckých časopisech.

Klíčová slova: behaviorální preference, lateralita, stranové asymetrie, směrové preference (magnetorecepce)

Abstract

The aim of the dissertation was to find out how innate behavioral tendencies, such as laterality and directional preference, affect the behavior and performance of riding horses. The dissertation summarizes results of the study analyzing the factors that affect the performance success at the top level in show-jumping competitions (Western European League). One of the factors was the direction of the approach to the obstacle (left, right or straight), mostly monocular or binocular perception of the obstacle during the estimation of the approach, which would be a possible indicator of the horse's laterality. Laterality is a widespread phenomenon in animals and humans, based on the adaptive advantages of lateral specialization and asymmetries in the cerebral hemispheres, sensory organs or body parts. In the present study of elite jumping horses, the direction of the approach did not have a significant effect on the probability of faults on the obstacle, but faults (fall of obstacle, refusal to jump or avoidance of jump) did not occur randomly at this level. On average, horses were wrong at 7.85 % of jumps. The achieved score was influenced by four of the tested factors, different for the first and second round of the competition.

In both rounds, the rider's experience had a major impact on the probability of faults. The more career starts the rider completed, the fewer faults gained in the first round ($F_{(1, 7649)} = 6.17, P < 0.02$) and in the jump - off ($F_{(1, 931)} = 7.05, P < 0.01$). In the first round, the probability of faults increased slightly with the jump order of the obstacles in the jumping course ($F_{(1, 7649)} = 5.29, P < 0.0001$, GzLMM; PROC GLIMMIX, SAS), with the most frequent faults in the first round ($F_{(5, 7649)} = 2.51, P < 0.03$) occurred on vertical jumps with water (0.125 ± 0.021 , LSMEAN \pm standard error), on the contrary the least in triplebars (0.037 ± 0.015) and walls (0.048 ± 0.020). In both rounds, the competitors made more mistakes when jumping over combinations (double jumps, triple jumps). The highest faults rate was found for the first jumps in the combination (first round 0.095 ± 0.016 ; jump - off 0.043 ± 0.008) or on the second jump from double jumps (jump - off 0.055 ± 0.020) compared to the lowest probability of faults on individual obstacles (first round 0.057 ± 0.007 , $F_{(5, 7649)} = 5.29, P < 0.0001$, jump - off 0.100 ± 0.027 , $F_{(1, 931)} = 3.39, P < 0.04$). Surprisingly, the horses that run through the jumping course faster ($F_{(1, 931)} = 6.66, P < 0.01$) reached less faults. In the first round, the overall speed did not affect the probability of faults, nor did it predict a faster time in the second round ($r = 0.26, P < 0.01$). Other tested factors (sex of the horse / rider, experience of the horse) did not affect the success of show-jumping in the analysed competitions. However, some mistakes were not

accidental, which is why the appropriate focus of training can improve the performance and safety of the pair in competitions.

In both rounds, the rider's experience had a major impact on the probability of faults (more starts meant fewer faults) and more faults were generally in combinations (double jumps, triple jumps). In the first round, the probability of faults on the obstacle increased slightly with the order of the jump in the competition, with the faults most often occurring at vertical obstacles with water, and least on the triplebars and the walls. Surprisingly, there were fewer mistakes in the jump off, which passed the round faster. In the first round, the overall riding speed did not affect the probability of faults, nor did it predict a faster time in the second round (jump off). Other tested factors (sex of the horse / rider, experience of the horse) did not affect the success in jumping obstacles in the analysed competitions.

The second main topic of the doctoral study was magnetoreception or directional preference and perception of the Earth's magnetic field in horses. The presented work describes the methodology of data collection and data sets of two studies focused on the perception of the magnetic field in riding horses. The studies are currently in the state of analysis of the collected data.

This work also briefly summarizes other results gathered from studies described above (gender issue in jumping competitions), or data collected during my two foreign internships (perception and management of horses). The presented results are important not only for the builders of jumping competitions, but also for the preparation of training plans for horses, as well as for the daily handling of horses. Their application in practice can significantly improve the welfare of horses. With the exception of magnetoreception, the studies presented in the dissertation have already been published or are under review in impacted scientific journals.

Keywords: behavioral preferences, laterality, body asymmetry, directional preference, magnetoreception

Obsah

Úvod	10
1. Literární rešerše	12
1.1. Kůň domácí (<i>Equus caballus</i>) z pohledu behaviorální definice druhu	12
1.2. Percepce a kognice koní	14
1.2.1. Zrak	15
1.2.2. Sluch	16
1.2.3. Čich	17
1.2.4. Chuť	18
1.2.5. Hmat	18
1.3. Behaviorální preference a tendence	19
1.3.1. Lateralita	19
1.3.2. Senzorická lateralita	21
1.3.3. Projevy funkční lateralizace mozkových hemisfér	22
1.3.4. Motorická lateralita	26
1.3.5. Strukturální a tělesná asymetrie	28
1.4. Projevy laterality u koní	29
1.4.1. Senzorická lateralita koní	29
1.4.2. Lateralizace mozkových hemisfér koní	30
1.4.3. Motorická lateralita u koní	31
1.5. Magnetorecepce	34
1.5.1. Magnetické pole Země	35
1.5.2. Magnetorecepce – smysl bez receptoru	37
1.5.3. Projevy magnetorecepce u různých živočišných druhů	38
1.5.4. Projevy magnetorecepce u koní	42
2. Cíle a hypotézy disertační práce	43
3. Materiál a metodika	44
4. Výsledky	46
4.1. Projekt: Lateralita a další faktory ovlivňující chybovost na překážkách ve vrcholových parkurových soutěžích	46
4.1.1. Úvod	46
4.1.2. Metodika	47
4.1.3. Výsledky	51
4.2. Projekt: Gender v jezdeckém sportu	56
4.3. Projekt: Magnetorecepce u koní	58

4.3.1.	Úvod a metodika	58
4.4.	Projekt: Směrové preference u dostihových koní.....	61
4.4.1.	Úvod a metodika	61
4.5.	Další projekty týkající se behaviorálních tendencí a preferencí koní.....	63
4.5.1.	Projekt: Jak koně vnímají stálost objektů?	63
4.5.2.	Projekt: Chování odpuzující hmyz u koní ve vztahu k prevalenci hmyzu a přístupu k přístřešku	65
4.5.3.	Projekt: Čichové schopnosti koní	67
5.	Diskuze.....	69
6.	Závěr a doporučení pro využití poznatků v praxi	79
6.	Literatura	80
7.	Seznam vědeckých příspěvků a odborně naučných článků.....	94

Úvod

„Think of riding as a science, but love it as an art“.

George Morris

Výcvik a využívání koní má v dnešní době mnohé formy a podoby. Jednotlivé metody výcviku se od sebe liší. Společný je však jednotně deklarovaný cíl a tím je klidný a ohebný kůň, který se chová uvolněně a je pohybově flexibilní. Stejně tak se chová v daném prostředí sebejistě a pozorně naslouchá svého jezdce. Celkově s člověkem spolupracuje se zájmem a jejich vzájemný vztah a práce vedou k souznění a harmonii (Górecka-Bruzda et al. 2015). Ne vždy je tohoto výsledku docíleno a koně nezdědka vykazují konfliktní chování, stresové reakce, nervozitu, fyzickou i psychickou nepohodu, které mohou vést v extrémních případech až k devastaci či zranění koně nebo jezdce (Smiet et al. 2014; Górecka-Bruzda et al. 2015).

Důvodem k nedosažení určitých cílů výcviku a tréninku může být neznalost biomechaniky či podceňování základní biologie a welfare koní. Při výcviku koní by měla být brána v potaz nejenom viditelná fyzická asymetrie, která vede v jezdeckví k nezdravým pohybovým vzorcům, ale i funkční asymetrie (lateralizace) mozkových hemisfér, která je podstatou projevů laterality (McGreevy & Rogers 2005; Austin & Rogers 2007; Vallortigara & Rogers 2005). Projevy laterality koní jsou pozorovatelné nejenom u volně žijících jedinců (Karenina et al. 2018), ale také v chovu koní či při výcviku a sportu (McGreevy & Rogers 2005; Zucca et al. 2011; Austin & Rogers 2012).

Otázkou stále zůstává, zda jsou koně schopni vnímat magnetické pole Země a do jaké míry. Téma magnetorecepce koní neboli směrová preference a vnímání magnetického pole Země (Begall et al. 2013) je druhou druhým stěžejním tématem disertační práce (Begall et al. 2008; Burda et al. 2009; Červený et al. 2011). Ověření schopnosti magnetorecepce u koní je důležité například pro rozvoj skokového potenciálu koně, kdy by vhodná volba orientace překážky mohla přispět k jejímu snadnějšímu překonání u nezkušeného koně. Porozumět kognitivním schopnostem a tělesným asymetriím koní přispívá ke zlepšení výcvikových metod, managementu, sportovního výkonu i k celkovému zlepšení welfare koní. Využití znalostí laterality u koní může pomoci k pochopení reakcí koně a jejich zpracování ve výcviku.

Především lze předcházet bouřlivým a prudkým reakcím koně na nečekaný podnět, které by mohly vést ke zranění člověka či koně.

1. Literární rešerše

Současné poznatky o vnímání koní jsou často spojené se zakořeněnou moudrostí odborné veřejnosti a z pohledu behaviorálního a neurofyziologického výzkumu mají velké mezery ve vědecky podložených informacích (Saslow 2002; Rørvang et al. 2020). Tématem doktorské disertační práce jsou dvě oblasti kognitivního výzkumu, a to projevy laterality a směrové preference (magnetorecepce) u jezdeckých koní. Literární rešerše je tak z části věnována základní biologii koní, potažmo percepci a jednotlivým smyslům, které koně využívají pro zpracování informací z vnějšího prostředí. Následné kapitoly o lateralitě a magnetorepceci jsou souhrnem aktuálního stavu poznání.

1.1. Kůň domácí (*Equus caballus*) z pohledu behaviorální definice druhu

Z pohledu behaviorální definice druhu je kůň domácí (*Equus caballus*) velký býložravec, který obývá nejrůznější habitaty v početně menších stádech se sociálně stabilní strukturou, provázanou vzájemnými vztahy (Mills & McDonnell 2005).

Vývoj koňovitých se obvykle datuje na 55 až 60 milionů let (Clutton-Brock 1999; Groves & Ryder 2000; Prothero & Schoch 2002). Místem původu dnešních koní je Severní Amerika, odtud se koně postupně šířili do dalších částí světa, kde se dále vyvíjeli (Evander 1989). V průběhu desítek milionů let se z prapředka dnešních koní, který svou velikostí připomínal lišku a žil soliterně v lesních porostech (MacFadden 1994; Prothero & Schoch 1989), stal velký býložravec, jakého známe teď. K osamostatnění rod *Equus* z fylogenetického stromu došlo zhruba před 2,4 miliony lety (Groves & Ryder 2000; Orlando et al. 2013). Přímým předkem koně domácího byl kůň divoký, latinsky *Equus ferus ferus*. Divoký předek dnešních koní se ale do dnešní doby nedochoval, jelikož pravděpodobně vyhynul začátkem 20. století (Librado et al. 2016). Časté tvrzení, že kůň Převalského je předkem koně domácího, je dle nejnovějších molekulárně-genetických studií nepravdivé (Jansen et al. 2002; Wallner et al. 2003; Lau et al. 2009; Gaunitz et al. 2018).

O přesném původu moderních plemen dnešních koní domácích se stále diskutuje (Librado et al. 2021). Z pohledu využití koní nastal zásadní zlom v době, kdy započala jejich domestikace (Goodwin 2007; Anthony & Brown 2000). Domestikace byla dlouhodobým procesem a je datována do doby zhruba 3 500 př. n. l. (Outram et al. 2009; Librado et al. 2021). Jak bylo nedávno zjištěno, z analýzy archeologických nálezů koní z doby před, během

i po domestikaci, původní skupiny koní žijící v oblasti Evropy nejsou předky dnešních moderních koní domácích. Tento zásadní objev poukázal také na to, že od roku 2 000 př. n. l. koně původem ze stepních oblastí Povolží - Don rychle expandovali napříč Eurasíí a nahradili místní populace koní (Librado et al. 2021).

Dle historie je možné konstatovat, že se koně podíleli na velké části lidského rozvoje. První doklady o využívání koní k záprahu jsou datovány do doby 3 500 - 3 000 př. n. l., první záznamy o jezdeckém využití koní pocházejí z oblasti Uralu (Brown & Anthony 1998). Následně se využívání koní rozšířilo k dalším účelům a koně se tak stali nepostradatelnou součástí života lidí (Levine 2005).

V dnešní době se setkáváme s využíváním koní pro zájmové a sportovní činnosti, stejně jako pro zdravotní účely či v zemědělství v rozvojových oblastech světa. Dnešní koně jsou často chováni ve stájích či na pastvinách a od nedomestikovaného předka se v mnohých ohledech výrazně odlišují, ale jejich biologický základ chování je stále stejný, pouze se změnila intenzita určitých projevů. Jelikož se do dnešní doby nedochoval divoký předek koní, je přirozené chování koní nejčastěji popisované ze sledování volně žijících skupin koní, například mustangů v Severní Americe či Austrálii, francouzských Camargue či divoce žijících koní na Novém Zélandu. Po celém světě tak můžeme sledovat pouze chování zdivočelé žijících, tedy ferálních koní (Waring 2003; Mills & McDonnell 2005).

Ze sociálního hlediska koně žijí v menších stádech, které čítají obvykle do 12 jedinců (max. 20 jedinců) (Mills & McDonnell 2005). Základní sociální jednotkou je harém, ve kterém je stanovena dominantní hierarchie jednotlivých členů. Ta přispívá k stabilitě a jasným párovým vztahům uvnitř skupiny (Krueger & Heinze, 2008). Kromě projevů dominance se u koní také můžeme setkat s pozitivním vyladěním a přátelskými interakcemi mezi jednotlivci (Cameron et al. 2009; Costa et al. 2019).

Harém je tvořený jedním hřebcem, výjimečně dvěma (často příbuzných jedinci tvořící alianci za určitých podmínek), několika klisnami (2 - 5) a jejich potomky do věku 2 až 3 let (Mills & McDonnell 2005). Druhým typem sociálního uspořádání, s kterým se můžeme setkat u koní, je hřebčí uskupení (mládenecká tlupa, bachelor group), ve které se sdružují mladí hřebci až do času, kdy jsou dostatečně silní a schopní převzít harém. K tomu zpravidla nedochází dříve než v 5 či 6 letech jejich věku. Sociální organizace koní je popisována jako tzv. fission-fusion systém, kdy se stádo koní žijících na určitém území může do jisté míry rozpadat a zase

shlukovat v závislosti na podmínkách. Ve volné přírodě je tak možné sledovat za určitých okolností i skupiny klisen nebo skupiny dospívajících klisen a hřebců společně, stejně jako páry koní nebo samostatné jednotlice (Waring 2003).

Volně žijící koně svůj čas tráví přibližně z 60 - 80 % dne spásáním travnatých porostů a keřů. Tuto činnost prokládají krátkým pauzami na odpočinek, který se v závislosti na potravní nabídce, věku, stavu, ročním období a dalších faktorech rovná zhruba 5 - 30 % dne (Mills & McDonnell 2005). Odpočinek je rozdělen do několika period během dne i noci. Z toho 2 – hodiny tráví odpočinkem ve stoje a k lenutí se uchylují průměrně na 1 hodinu denně (Haupt 2005). Koně, kteří jsou chováni v individuálním boxovém ustájení mohou odpočinkem v leže trávit i více času, ať už je důvodem únava po sportovním výkonu a zátěži, či důsledek nedostatku činnosti. Jak je známo, nedostatek kvalitního odpočinku a spánku negativně ovlivňuje tělo i nervovou soustavu a tím schopnost koní učit se novým věcem při výcviku (Raabymagle & Ladewig 2006).

V průběhu dne se koně přirozeně přesouvají z místa na místo z důvodu hledání vhodné pastvy, vody či minerálů v okolním prostředí. Koně jsou skvěle přizpůsobení na přesuny v otevřené krajině. O jejich velmi dobré schopnosti adaptovat se na nejružnější životní podmínky svědčí rozmanitost habitatů, které obývají. Volně žijící koně v přírodě můžeme najít od hor po pouště, přes lesy a bažinaté oblasti či pampy a savany. I přes velké rozdíly těchto oblastí v nich koně dokáží přežít a prospívat, což vypovídá o biologické plasticitě toto živočišného druhu (Waring 2003).

1.2. Percepce a kognice koní

Z pohledu evoluce a přežití druhu bylo, je a vždy bude důležité správně vyhodnocovat vjemy z prostředí. Neustálé vnímání a vyhodnocování informací z vnějšího prostředí je podstatou reakcí a chování koní (Goodwin 1999).

Získané informace z prostředí jsou důležité také pro vzájemnou komunikaci mezi ostatními jedinci stáda. Samotná komunikace je vrozená, ale s narůstajícím věkem jedince se rozvíjí. Při komunikaci koně využívají jednotlivé smysly (Saslow 2002; Rørvang et al. 2020), zprostředkované sensorickými (smyslovými) orgány (Goodwin 1999). Jednotlivé receptory a sensorické orgány jako jsou zrak, sluch, čich, hmat a chuť přijímají tyto informace a následně je v podobě dostředivých elektrických impulzů přenášejí nervovou soustavou ke zpracování

do příslušných mozkových partií (Saslow 2002). Zde se odehrává proces shromažďování, vyhodnocování a ukládání informací. Tento soubor procesů je označován jako kognice (kognitivní procesy). Nahromaděné a vyhodnocené informace se ukládají do paměti koní, jsou podkladem pro proces učení a myšlení. Následná reakce koně na určitý podnět je tak výsledkem kognitivního procesu, který vychází nejen z vrozených tendencí a preferencí, ale také ze získaných zkušeností z průběhu života, které se ukládají do paměti jedince. I přesto, že koně nevnímají stejně jako lidé, pravděpodobně vlivem menší oblasti prefrontálního kortexu mozku, jsou schopni si pamatovat poměrně velké množství informací či reakcí na určité podněty. Paměť koní je tak možné považovat za velmi dobrou (Saslow 2002; Rørvang et al. 2020). Zatímco jednotlivé anatomické struktury percepce u koní jsou poměrně velmi prostudované. Opakem je tomu u jednotlivých mechanismů smyslového vnímání (percepce) koní, které stále čekají na prozkoumání (Saslow 2002).

1.2.1. Zrak

Dominantním smyslem koní je zrak. Široké zorné pole nabízí možnost zahlédnout predátora či jiné potenciální nebezpečí na velkou vzdálenost (Saslow 2002). Umístění očí po stranách hlavy umožňuje koním obsáhnout zorné pole v rozsahu téměř 360°, aniž by se museli pohnout (Hanggi & Ingersoll 2012). Binokulární zorné pole (prostor vnímaný oběma očima) se nachází vpředu před hlavou koně a tvoří přibližně 55 - 65° (Timney & Keil 1999; Timney & Macuda 2001). V tomto rozsahu jsou koně schopní vidět předměty trojrozměrně a odhadnout vzdálenost či hloubku daného objektu. Zbylé zrakové pole (cca 285°) se dělí mezi levé a pravé monokulární pole, které je vnímané pouze jedním okem. Až 178° je rozsah vertikálního zrakového pole (Roberts 1992).

Panoramatické zorné pole v kombinaci s vertikálním zrakovým polem koní vypovídá o téměř sférickém obrazu prostoru. Výjimku tvoří 3 slepé zóny, které jsou dané morfologickými vlastnostmi těla koní. První zóna se nachází přímo za zády koně, druhá je před frontální čelní linií hlavy koně (do vzdálenosti cca 15 až 50 cm podle tvaru a velikosti hlavy a očí) a třetí těsně pod hubou koně (Prince et al. 1960; Waring 2003; Saslow 2002).

Dichromatické vidění koní je dáno přítomností pouze dvou typů čípků. Čípky jsou smyslové světločivé buňky umístěné na sítnici oka koní, které v sobě obsahují pigmenty citlivé na světlo různé vlnové délky. U koní bylo zjištěno vnímání a reakce jak na krátké vlnové délky (cca 428 nm, modré světlo), tak na střední a dlouhé vlnové délky (cca 539-545 nm) (Carroll et

al. 2001). V lidské barevném spektru tak koně vidí od bílé, žluté, zelené až po modrou barvu, ale nejsou schopní rozeznávat odstíny od červené po fialovou barvu (Saslow 2002). Stejně tak šedá barva je pravděpodobně problematická k detekci. Naopak jsou schopni rozlišovat tmavé a světlé povrchy v kombinaci s okolními barvami, což mohou být zajímavé informace pro stavitele tratí parku či jiných skokových soutěží.

Bylo zjištěno, že funkčnost zraku je ovlivněna zbarvením srsti koní, redukce pigmentu se často pojí i s redukcí pigmentu v duhovce, což zapříčiňuje změny při vývoji oka. Běžným příkladem může být častější světloplachost u koní se zbarvením leopard, pro které je charakteristické malé množství pigmentu v sítnici a duhovce oka (Rebhun 1992). V oku koní se nachází protažená zornice, která je udržována v horizontální poloze, protože dochází k otáčení celé oční bulvy vlivem okoohybných svalů a to bez ohledu na pozici hlavy koní (Bartoš et al. 2008). Neplatí tedy, že koně v určitých pozicích mají omezené zorné pole, jak se lidé dříve domnívali (Harman et al. 1999). Výjimkou budou pravděpodobně pouze extrémní pozice jako je hyperflexe či vysoko nesená hlava koně (McGreevy et al. 2010), v ostatních pozicích koně vidí před sebe, i když mají hlavu nízko při pasení nebo jsou v drezurním sestavení s hlavou na kolmici.

Díky přítomnosti fotoodrazivé vrstvy v oku (tapetum lucidum) mají koně schopnost vidět velmi dobře v šeru a za tmy. Problématickým je pro ně pohyb mezi ostrým světlem a temnějšími místy. O koních se ví, že je může polekat stín nebo přemístěný objekt. Důvodem je jejich zhoršená schopnost vidět hloubku předmětů. Naopak rozeznání pohybu určitého objektu na velkou vzdálenost je pro ně snadné a díky tomu mohou efektivně detekovat predátora z jakéhokoli úhlu pohledu. Nižší hustota gangliových buněk v oku koní je nevýhodnou vlastností, která způsobuje sníženou schopnost zaostření a ostrého vidění (Saslow 2002; Timney & Keil 1992; Harman et al. 1999).

1.2.2. Sluch

Přesná lokalizace zvuků a schopnost rychlé reakce na hluk je koním umožněna díky dobře vyvinutému sluchu. Na takové podněty koně často reagují stavem aktivní bdělosti nebo útekem (Feh 2005). Stejně jako v případě zraku i zde hrají roli přítomné pigmenty a tak jejich nedostatek v oblasti uší může vést u koní k horším schopnostem sluchu. Za správný vývoj kochleárního ústrojí jsou zodpovědné melanocyty ve vnitřním uchu, jejich případný nedostatek vede k hluchotě (Pla & Larue 2003). Pokud je zaznamenán nedostatek pigmentových buněk ve

středním uchu, vzniká porucha sluchu, anebo vrozená hluchota (Strain 1999). Přesný mechanismu ale do dnešní doby nebyl objasněn. Za zmínku stojí studie, ve které bylo zjištěno, že v případě vady sluchu se čelní chlupový vír přesouvá více na stranu k funkčnímu orgánu (Murphy & Arkins 2008).

Uši samotné poskytují přesnou informaci o tom, kam kůň upíná svou pozornost, nebo jak se v daný moment cítí. K lepšímu sluchu koním dopomáhá i jejich nezávislý pohyb. Koně mohou uši otáčet v rozmezí 180° a současně vnímat odlišné podněty jedním a druhým uchem. V porovnání s člověkem, který je schopen slyšet 20 Hz, jsou koně schopni slyšet velmi vysoké frekvence i na velké vzdálenosti (až 33 Hz). K životní úspěšnosti na rozlehlých prostranstvích jim napomáhá i schopnost detekce infrazvuku na úrovni 55dB (Rørvang et al. 2020).

U koní byla zjištěna schopnost odlišit od sebe zvuk a vizuální vjem jim známého koně při crossmodálním testování (Proops et al. 2009). Zároveň bylo také potvrzeno, že koně rychleji a déle sledovali místo, odkud vycházel hlas neznámého člověka v kombinaci s vizuální prezentací jim známého člověka (Lampe & Andre 2012). To prokazuje, že jsou koně schopni od sebe rozeznat jim známého člověka na základě jeho hlasu (Rørvang et al. 2020).

Nabízí se otázka, jak koně vnímají hudbu a zda se nedá určitý typ hudby využít v situacích jako je převoz, strouhání a kování kopyt, či veterinární ošetření s účelem odvést pozornost koně od daného úkonu. Preference žánru není jasná (Stachurska et al. 2015; Stachurska et al. 2017; Wiśniewska et al. 2019), je nutné toto téma ještě prostudovat.

1.2.3. Čich

Pachy jsou stálou složkou prostředí zvířat a hrají klíčovou roli v projevech a to jako samotné podněty, tak jako modulátory chování vyvolaného jiným podnětem. Mnoho druhů savců, včetně koní, má čich mnohem vyvinutější než lidé. Ale čich a pachové schopnosti koní jsou při manipulaci a interakci s koňmi v jezdeckém sportu a volnočasových aktivitách často zapomínány. Vliv čichu je často ignorován i v behaviorálních studiích o chování koní. Základním důvodem může být právě naše vlastní omezená nebo méně vyvinutá schopnost detekovat pachy a jejich nuance. Zatímco koně mají 1 066 genů čichových receptorů, lidé jich mají pouze 369 (Niimura et al. 2014), to svědčí o důležitosti tohoto smyslu u koní. V epitelu dýchacích cest koní jsou umístěné čichové buňky. Přijímané informace jsou nervy převáděny do čelního laloku mozku, kde se nachází čichového centrum (Feh 2005).

Čich je důležitým smyslem koní, jelikož zprostředkovává vjemy důležité pro mnohé aktivity koní, od vzájemné identifikace, sociálního chování až po orientaci koní v prostoru. K zjištění nejen fáze estru u klisen, ale také nových, neznámých či zajímavých pachů z okolí, slouží flémování, které je projevem koní, kdy koně zvednou horní pysk, uzavřou nozdry a otevřou hubu, tak aby byl pach nasátý do ústní dutiny, kde je zpracován pomocí vomeronazálního orgánu na horním patře (Rørvang et al. 2020).

Skrytý potenciál se jeví v možnosti využít příjemné vůně v určitých situacích a spojit si je pomocí učení s pozitivním zážitkem. Například uklidněním koně během stresových a strachových situací, jako je přeprava nebo veterinární kontrola atd. Podceňovaný potenciál aplikace vůni v jezdeckém průmyslu může vést k vývoji nových produktů, ale také k novým tréninkovým možnostem s koňmi. Pachové práce s koňmi jsou novým trendem, který však není ukotvený na pevných vědeckých podkladech (Draaisma 2020). Možná se právě zde otevírá nové pole využití koní v budoucnu. Vnímání odlišných pachů koňmi bylo námětem projektu, který je popsán v kapitole disertační práce Projekt: Čichové schopnosti koní.

1.2.4. Chut'

Mnoho studií se věnovalo sledování chuťových preferencí u koní při podávání nejrůznějších složek krmiv a pamlsků, z výsledků studií vyplývá, že koně preferují sladkost nad hořkostí a jinými typy chutí odměn. Prozatím není známo, zda jsou koně schopní stejně jako lidé si spojovat vůni určitého podnětu s jeho chutí. Preference chuti u koní se momentálně jeví jako velmi individuální vlastnost (Rørvang et al. 2020).

1.2.5. Hmat

Hmat je jedním z nejdůležitějších smyslů při komunikace mezi jezdcem a koněm. S ohledem na vědeckou literaturu existuje pouze 7 článků shrnující dosavadní poznatky na toto téma. Koně jsou taktilně senzitivní, největší senzitivita, co se týče dotyku u koní, je v okolí slabin a očí, což je dáno rozdílnou tloušťkou kůže v těchto oblastech. Pod kůží se nacházejí senzory teploty, které informují tělo koně o pocitu zimy či tepla. U koní se mění teplota těla poměrně pomalu v závislosti na okolní teplotě (Rørvang et al. 2020). Hmatové chlupy jsou u koní rozmístěné kolem očí, nozder i huby. Funkcí těchto receptorů je analyzovat jednotlivé podněty v okolí koní a zprostředkovávat tyto informace. Tendence lidí tíhnout k estetickému vzhledu koní, vede k jejich zkracování a stříhání, což je na úkor welfare koní.

V repertoáru chování je možné sledovat hned několik projevů, které poukazují na důležitost tohoto smyslu u koní. Projevy spojené s péčí o srst v podobě dotyků, olizování či okusování jsou také prostředkem komunikace koní. Vzájemná péče o srst mezi 2 jedinci (grooming = olizování, okusování, ovívání ohonem) je nedílnou součástí repertoáru chování koní a slouží k udržování stabilního prostředí uvnitř stáda. Celkově přispívá k snižování agresivity a vede ke zvyšování soudržnosti mezi jedinci (Feh 2005). Právě dle četnosti vzájemné péče o srst u dvojice koní můžeme posuzovat jejich vzájemné vztahy a preference. Grooming je tak jedním z možných ukazatelů projevů přátelství mezi jednotlivci ve stádě (Sigurjónsdóttir & Haraldsson 2019; Sankey et al. 2010).

1.3. Behaviorální preference a tendence

Lateralita a směrová preference neboli magnetorecepce patří mezi dvě vrozené behaviorální preference a tendence, které mohou mít vliv na mnohé projevy živočichů, potažmo koní při jejich manipulaci, výcviku, sportu či volnočasových aktivitách, které s nimi lidé tráví (Rogers & Andrew 2002; Vallortigara 2000; Austin & Rogers 2014; MacNeilage et al. 2009).

1.3.1. Lateralita

Lateralita byla zprvu předmětem studia spíše neurologů a neuropsychologů v rámci lidské medicíny. V posledních letech došlo k revoluci v našem chápání všech aspektů lateralit - morfologických, anatomických, fyziologických a behaviorálních (Rogers 2017; Austin & Rogers 2012). Vědci studují její ontogenetický vývoj, jednotlivé typy, ale diagnostiku lateralit či její dopad na celkový vývoj jedince a její využití v praktickém životě.

První písemné zmínky o anatomické asymetrii a potažmo lateralitě pocházejí z poznámek Galéna, který byl chirurgem římských gladiátorů a povšiml, že části těla jsou řízeny kontralaterální částí mozku (Annett 2013). První odborný záznam o lateralitě je znám až z poloviny 19. století, kdy francouzský lékař Paul Broca publikoval slavné heslo: „*On parle avec l'hémisphere gauche*“ neboli „Mluvíme levou hemisférou“ (Broca 1861; Annett 2013). Broca v rámci výzkumu provedl posmrtné pitvy několika pacientů, kteří ztratili schopnost mluvit, ale byli schopni mluvenému slovu rozumět (afázie). Výsledky přinesly zajímavý fakt, že anatomická stavba levé a pravé hemisféry mozku je částečně odlišná. U všech studovaných pacientů našel léze v oblasti frontálního laloku (*gyrus frontalis inferior*), což přineslo informaci o lokalizaci centra řeči v mozku (Broca 1861).

Koncem 19. století, přesněji v roce 1874, se lateralita dostala do popředí zájmu při objevu německého neurologa Carla Wernicke, jehož pacienti měli léze v levé oblasti spánkového laloku (*gyrus temporalis superior*). Jak bylo zjištěno, tato oblast mozku souvisí s neschopností člověka porozumět řeči se zachováním spontánní produkce mluveného slova (Wernickeho afázie) (Annett 2013; Hugdahl 2005). O více než 100 let později se na scéně vědy objevil Robert Sperry, který v roce 1968 publikoval práci o funkční lateralitě a výsledcích rozdělení mozkových hemisfér u pacientů s epilepsií. Jednalo se o přetnutí nervu *corpus callosum*, který pojí levou a pravou hemisféru mozku, což mělo zabránit šíření epileptického záchvatu z jedné hemisféry do druhé. Tento efekt se potvrdil, navržený experiment, ale přinesl i jiné poznání. Pacientům byl prezentován odlišný podnět a cílem bylo zjistit, zda jsou schopni po ohmatání podnětu levou, anebo pravou rukou (bez možnosti si prohlédnout podnět zrakem), jej nakreslit a pojmenovat ho. Výsledky studie poukázaly na to, že pacienti byli schopni pojmenovat a nakreslit podnět pouze tehdy, když k ohmatu podnětu byla využita pravá ruka. Důvodem je zjištěné nervové spojení mezi pravou rukou a levou hemisférou, která se specializuje na verbální aktivity organismu. Za zjištění specifické činnosti mozkové hemisféry byla Speerymu udělena Nobelova cena (Sperry 1968).

Americký neurolog Norman Geschwind spolu s W. Levitsky objevili, že v části spánkového laloku (*planum temporale*) je menší trojúhelníkový útvar, výrazně větší v levé části hemisféry (Geschwind & Levitsky 1968). Pozdější studie odhalily, že objem šedé hmoty je zde asi o 30 – 35 % větší na levé straně oproti pravé, což se odráží na kvalitě propojení mezi neurony a celkově může souviset se schopností řeči. Axony v levém *planum temporale* jsou silněji myelinizované, což vypovídá o zvýšené přenosové rychlosti nervového impulsu. Tato asymetrie byla doposud potvrzena pouze u člověka a primátů (Geschwind & Levitsky 1968; Gannon et al. 1998).

Původní pozorování různých funkčních organizací pravé a levé hemisféry lidského mozku byly replikovány a validovány v řadě klinických a experimentálních studií. Předpoklad, že lateralita je rozšířeným znakem pouze pro člověka, byl velmi rychle vyvrácen, jelikož anatomické studie přinášely poznatky o asymetriích a dysbalancích u dalších a dalších druhů organismů (Rogers 2002). Lateralita byla prokázána jak v případě některých druhů bezobratlých (Rogers & Vallortigara 2008), tak mnohých obratlovců, například obojživelníků, ptáků, ryb, savců (Robins et al. 1998; Deckel 1995; Rogers & Andrew 2002), včetně koní (Austin & Rogers 2007; Austin & Rogers 2014; Larose et al. 2006; McGreevy & Rogers 2005).

Studium laterality z úhlu neurovědy se převážně zaměřovalo na asymetrie v levé a pravé části hemisféry mozku člověka ve smyslu funkce (Hugdahl 2005). V případě živočichů byly naopak popsány strukturní symetrie a asymetrie (Rogers 2002).

V obecné rovině je možné lateralitu definovat jako rozdílnost, asymetrickou aktivitu a přednostní užívání levého či pravého zrakového pole, části těla či orgánu při různých činnostech a aktivitách (Austin & Rogers 2007; McGreevy & Rogers 2005; Vallortigara & Rogers 2005; Thieltges et al. 2011; Hauser & Akre 2001). V literatuře se často lateralita dále dělí na funkční (lateralizace mozkových hemisfér), strukturální, senzoricou a motorickou lateralitu, nejedná se však o výlučné kategorie, spíš různé aspekty jednoho komplexního jevu. Tyto čtyři úrovně od sebe nelze zcela oddělovat, jelikož v mnohých situacích a behaviorálních reakcích organismu se různé úrovně laterality projevují souběžně (Vallortigara & Rogers 2005). Zdá se, že tento jev je stále nedostatečně probádaným tématem v biologii živočichů a řada podstatných objevů nás ještě čeká.

Poznatky o jednotlivých úrovních laterality se vzájemně prolínají a jednu nelze popisovat bez současného doplnění informací o druhé. Pro lepší přehlednost jsou v dalším textu doktorské disertační práce úrovně laterality řazeny dle časové posloupnosti jednotlivých dějů při zpracovávání podnětů (senzoricá, funkční a motorická lateralita), na závěr je uvedena kapitola o strukturální asymetrii a dysbalancích.

Pojem lateralita je v literatuře spojován s projevy lateralizace mozkových hemisfér, stranové preference při motorických činnostech i vnímání podnětů pomocí smyslů. Lateralizace je proces, ke kterému došlo v průběhu evoluce a označuje specializaci hemisfér mozku na určité aktivity a projevy.

1.3.2. Senzorická lateralita

Předmětem zájmu studie zabývající se senzoricou lateralitou je především zrak, ale existují doklady o lateralitě i dalších smyslů (čich, sluch,...). Disertační práce ověřuje hypotézy týkající se hlavně projevů laterality při zpracování zrakových podnětů u jezdeckých koní, proto bude přehled informací v tomto textu zaměřen především na vizuální vjemy. Z anatomických studií bylo zjištěno, že zrakové vjemy v levém zorném poli, tedy vjemy vnímané levým okem, jsou z důvodu křížení zrakových nervů v oblasti *chiasma opticum*, zpracovávány pravou hemisférou. Obráceně tomu je v případě u podnětu vyskytnuvším se v pravém zorném poli,

který je zpracováván hemisférou levou. Záleží též na míře křížení zrakových nervů u jednotlivých druhů živočichů, ne vždy je tomu na 100 % (De Boyer Des Roches et al. 2008).

Skupina vědců v čele s Valencia-Alfonso (2009) zjistili, že u holuba (*Columba livia*) dochází k úplnému oddělení optických nervů při křížení. Vizuální vjem je z každého oka zpracován vždy a pouze protilehlou hemisférou, což bylo potvrzeno i u dalších druhů ptáků (Valencia-Alfonso et al. 2009). Studium sensorických schopností holubů přineslo poznatek, že při výběru zrn obilí ze šterku byl jedinec vždy úspěšnější, když se na daný úkol díval pravým okem. Nejvyšší úspěšnost měli hulubi, při využití binokulárního zorného pole, které organismu umožňuje lepší zaostření na analyzovaný podnět a vyšší přesnost (Güntürkün et al. 2000).

Vlivem křížení zrakových nervů a vlivem lateralizace mozkových hemisfér, může jedinec v dané chvíli sledovat a reagovat na dva odlišné podněty ve svém okolí (MacNeilage et al. 2009). Příkladem může být sledování chování kuřat při přeletu modelu dravce nad jejich hlavami v průběhu krmení. Experimentálně lateralizovaná kuřata sledovala dravce levým okem (pravou hemisférou). A pravé oko (levá hemisféra) vyhledávalo zrna ve směsi kamínků. Přičemž u nelateralizovaných kuřat docházelo k postupnému zhoršování schopnosti plnit dva úkoly současně (Rogers et al. 2004). Rychlejší reakce lateralizovaných kuřat indikuje činnost pravé hemisféry (Rogers & Andrew 2002).

Ve stáji skotu byl nový podnět vyvolávající strach sledován levým okem (Robins & Phillips 2010; Phillips et al. 2015). Také u skotu dochází ke křížení zrakových nervů z 82,9 %, stejně tak u ovcí, kde se nervy kříží z 88,9 %, prasat (87,8 %) a poníků 80,8 % (Herron et al. 1978). Ropuchy tří druhů reagovaly prudčeji a silněji na objevení se hada (predátora) v jejich levém zorném poli oproti pravému (Lippolis et al. 2002). Ropucha *Rhinella marina* preferovala při lovu pohybující se kořisti (cvrček) fixaci pravým okem. Reakce (vystřelení jazyka) na cvrčka v pravém zorném poli byla výrazně rychlejší v porovnání s výskytem kořisti v levém zorném poli (Vallortigara et al. 1998).

1.3.3. Projevy funkční lateralizace mozkových hemisfér

Funkční lateralizace je definována jako specializace mozkových hemisfér neboli funkční asymetrie nervového systému, který je zodpovědný za příjem, zpracování a reakci organismu v závislosti na typu podnětu a funkci dané části mozku (Rogers & Andrew 2002, Rogers 2017; Rogers et al. 2013). Lateralizace mozkových hemisfér byla také jedním

z mylných důvodů pro lidskou kognitivní nadřazenost (MacNeilage et al. 2009; Corballis & Gratton 2003).

Činnosti obou hemisfér mozku jsou vzájemně komplementární (Vallortigara & Rogers 2005). Po sérii studií zaměřených na anatomické a funkční asymetrie nervového systému je známo, že každá hemisféra se specializuje více či méně na specifické funkce a aktivity (Rogers & Andrew 2002). Propojení mezi hemisférami je zajištěno skrz kalózní těleso (*corpus callosum*). Funkční lateralizace mozkových hemisfér má dopad na rozdílnou aktivitu a činnost sensorických orgánů (zrak, sluch, čich atd.) a částí těla, jako je ruka či dolní končetina, při různých činnostech dle jejich stranového umístění na těle organismu a propojení s kontralaterální hemisférou. Plasticita nervové soustavy, ale může do jisté míry v určitých situacích (např. při onemocnění) vést k přebírání funkce a specializace hemisfér. V průběhu posledních 40 let bylo zjištěno mnoho nových informací na toto téma (Rogers & Andrew 2002).

Z pohledu evolučních biologů se lateralizace vyvinula v průběhu evoluce jako výhodná adaptace, která přispěla k zvýšení neurální kapacity mozku a rozšířila se napříč taxony živočišné říše (Vallortigara et al. 1999). Poslední objevy naznačují, že se nejedná o výjimečný rys složitých nervových soustav obratlovců, ale je to jev vyskytující se i u řady bezobratlých živočichů (Frasnelli et al. 2012).

Výsledky studií potvrdily teorii, že levá hemisféra řídí činnosti a aktivity v nestresových situacích. Naopak pravá hemisféra převzala během evolučního vývoje kontrolu nad okamžitými reakcemi, mezi které patří situace predátor vs. kořist. K aktivaci pravé hemisféry dochází i v případě řešení agonistických reakcí organismu na jiné jedince stejného či jiného druhu (mezidruhové interakce). Pravá hemisféra aktivuje organismus na útěk, boj, útok, či blížící se ohrožení (Austin & Rogers 2014).

Příkladem komplementarity hemisfér je například situace, kdy levá hemisféra může organismus řídit při rutinních úkolech, jako je pastva či výběr vhodného zrna, jak bylo zjištěno u holubů (Güntürkün et al. 2000) a ropuch (Robins & Rogers 2004). Zároveň pravá hemisféra umožňuje být stále ve střehu a adekvátně reagovat na náhlé změny v bezprostředním okolí. Mezi takové změny patří nové podněty a nečekané děje v prostředí ovlivněných člověkem i přírodou. Vlivem specializace hemisfér nedochází k zatěžování obou hemisfér stejnou činností, dělba funkcí je tak velkou evoluční výhodou (Rogers 2010; Vallortigara & Rogers 2005).

Lidský mozek má v levé hemisféře centrum pro jazyk a řeč (MacNeilage et al. 2009, Rogers & Vallortigara 2015). Levá hemisféra je v mnohých publikacích označována neurology za dominantní právě z důvodu kontroly nad řečí (Corballis & Gratton 2003; Broca 1861). Tón hlasu (emoční prozodie), intonace, přízvuk, frázování a další zvukové vlastnosti jazyka, které čteně využíváme při vzájemné komunikaci, jsou schopnosti, které nám umožňuje pravá hemisféra (Mitchell & Crow 2005). Vokalizace a zpracování sluchových podnětů od jedinců stejného druhu byla sledována i u lachtanů, kteří při vokalizaci a reakci na ni aktivovali levou hemisféru (Böye et al. 2005). Stejný projev lateralizace byl zjištěn u zástupců kočkodanovitých, makaků rhesus (Poremba et al. 2004), psů (Siniscalchi et al. 2008) a koní (Basile et al. 2009).

Levá hemisféra mozku je také zodpovědná za udržení pozornosti, zamezuje roztržitosti a reakcím na nepodstatné vnější podněty při plnění určitých úkolů, tzv. selektivitu neboli selektivní pozornost (MacNeilage et al. 2009). Levá hemisféra vyhodnocuje důležitost a význam podnětů. Z pohledu rozhodování se jedná o jednu z nejdůležitějších funkcí levé hemisféry mozku. Bylo zjištěno, že domácí kuřata využívají levou hemisféru k určení a zařazení sledovaných objektů a při volbě vhodné strategie chování. Toto zjištění bylo dokázáno při pozorování kuřat při zvažování výběru mezi oblázky a zrny obilí. Vždy k posouzení využili pravé oko, které je funkčně spojené s levou hemisférou mozku. Kuřata jsou díky tomu schopna přesně vybrat zrnka obilí mezi malými oblázky. Když při této aktivitě kuřata aktivovala více svou pravou hemisféru, jejich úspěšnost se snížila (Rogers & Andrew 2002). U delfinů je levá hemisféra využívána k diskriminaci mezi vizuálními podněty, jako jsou čtverce, disky a další typy předmětů sloužící při výcviku (Kilian et al. 2005). Na základě pozorování chování australských strak (*Gymnorhina tibicen*) ve studii Koboroff et al. (2008) bylo možné rozpoznat, že levá hemisféra kontroluje proaktivní chování a pravá část mozku reaktivní chování (Rogers 2010).

U mnohých druhů byla pravá hemisféra spojována se specializací na široké spektrum sociálního chování (Basile et al. 2009). Kuřata kura domácího (*Gallus gallus f. domestica*) jsou schopna se naučit binokulárním sledováním druhého jedince (demonstrátora) nezobat do chuťově averzního podnětu. Při následném testování se prokázala větší úspěšnost kohoutků při sledování podnětu levým okem (aktivita pravé hemisféry), oproti umístění podnětu v pravém zorném poli (Salva et al. 2009).

Pravá hemisféra odpovídá za schopnost neverbální komunikace (zvuků) a rozpoznávání lidských obličejů a jedinců stejného druhu (MacNeilage et al. 2009; Guo et al. 2009), kontroluje také emoční výrazy obličeje (Nicholls et al. 2004). U ovcí bylo zjištěno, že využívají pravou hemisféru při rozlišování známých a neznámých jedinců stáda (Phillips et al. 2015). Stejná schopnost byla sledována i u zástupců makaků rhesus (MacNeilage et al. 2009) a psů (Guo et al. 2009). Výsledky studie Baraud et al. (Baraud et al. 2009) poukazují na vliv pozice jedince mangabeje kouřového (*Cercocebus atys*) v rámci hierarchie skupiny na stranu, ze které se přibližují k jinému jedinci ze skupiny během sociálních interakcí. Při projevech sociálního chování byla zjištěna aktivita pravé hemisféry také u ryb, ptáků a jiných druhů savců (Vallortigara & Rogers 2005; Sovrano 2004; Karenina et al. 2018).

Pravá hemisféra slouží ke kontrole silných emocí, jako jsou nepřátelství, strach, stres a agresivita (MacNeilage et al. 2009; Vallortigara & Rogers 2005). Pokud se organismus dostane do situace, která si žádá řešení (např. intenzivní emoční výzva), dochází ke zvýšení přísunu krve a ke zvýšení nervové aktivity této oblasti mozku (Schore 2009; Preibisch et al. 2009). Dle výsledků tympanické membránové termometrie bylo u kosmanů množství proudící krve do pravé části mozku výrazně vyšší než do pravé hemisféry při stresových situacích (Tomaz et al. 2003). U člověka byla vyšší aktivita pravé hemisféry zjištěna při výskytu depresivních onemocnění (Grimm et al. 2008). V pravé části hemisféry se u potkanů vyskytovaly častěji léze, které mohly souviset s potlačovanou reakcí na strach a ztuhnutí (Robinson et al. 1985). U laboratorních potkanů (Sprague Dawley) byly zjištěny strukturní změny neuronů vyvolané stresem a četnější známky infarktu v pravé hemisféře. Chronický stres způsobil zkrácení apikálních dendritů u pyramidiálních neuronů v kortexu pravé hemisféry a také snížení počtu pyramidiálních neuronů v míše, zatímco v levé části mozku se žádné změny neprojevovaly (Perez-Cruz et al. 2009).

Při sledování filmu s emočně averzivními stimuly pravou hemisférou došlo k zvýšení produkce kortizolu, krevního tlaku a srdečnímu tepu u 123 dospělých lidí. V případě sledování filmu levou hemisférou nedošlo ke změně hladiny kortizolu. Funkcí pravé hemisféry mozku je tedy i kontrola nad endokrinním systémem (Wittling & Pflüger 1990; Wittling et al. 1998).

U psů byla zjištěna zvýšená aktivita v pravé části mozku při přehrávání zvuků blížící se bouřky doprovázené hromy. Naopak levou hemisféru využívali při poslechu, zpracování

a reakci na štěkot ostatních psů. Pokud jim štěkání z nahrávky nahánělo strach, zapojovali ovšem pravou hemisféru mozku (Siniscalchi et al. 2008).

Jak bylo již zmíněno výše, levá hemisféra odpovídá za reakce a chování dle naučených rutinních činností (MacNeilage et al. 2009) a tuto schopnost nemají pouze lidé, ale i jiní obratlovci, například ropuchy (*Bufo marinus*), které na pohybující se kořist – cvrčka - reagovaly výrazně rychleji, když podnět zpracovávala levá hemisféra (Vallortigara et al. 1999; Vallortigara et al. 1998). Centrum pro rutinní chování v levé hemisféře bylo dále potvrzeno u řady ryb, plazů, ptáků, savců a jiných obojživelníků (MacNeilage et al. 2009).

Levá hemisféra pracuje na základě naučených mentálních šablon a vzorů (MacNeilage et al. 2009). Všechny kortikální a thalamické části smyslového zpracování podnětů podléhají silným vlivům tzv. shora dolů (Toppino & Long 2005). Nové poznatky o kortikální oblasti zjistily, že funguje jako adaptivní procesor a celkový stav mozku o určitém vjemu je tak výsledkem interakce mezi vícero kortikálními oblastmi a zpětnovazebnými spoji z nižších oblastí nervové soustavy (Gilbert & Sigman 2007).

1.3.4. Motorická lateralita

Motorická lateralita je definována jako přednostní užívání určité části těla či končetiny (u člověka označované jako praváctví/leváctví) při různých činnostech. Mezi projevy motorické lateralitě patří například i rotace, obraty, směr pohybu ocasu nebo preference určité končetiny při iniciaci pohybu či při delším stání na místě (Vallortigara & Rogers 2005). Lateralita může nastat na úrovni jednotlivce nebo populace, je pak tedy možné rozlišovat jedince pravostranné, levostranné či oboustranné, tedy bez preference (MacNeilage et al. 2009).

Výsledky anatomických a neurologických studií odhalily, že levá hemisféra ovládá aktivitu a činnost pravé části těla a opačně. Tato kontralaterální kontrola opačných částí těla je známá již z dob Galéna. Praváctví a leváctví neboli preference využívání pravé/levé ruky k odlišným činnostem a aktivitám se vyvinulo již před 2,5 miliony lety, současně s výrobou a využíváním nástrojů (MacNeilage et al. 2009). Levá kůra mozková kontralaterálně řídí činnost a aktivitu preferované pravé končetiny (Rogers & Andrew 2002). Naopak levá část těla je řízena pravou kůrou mozku (Sun & Walsh 2006).

V lidské populaci převažují praváci, tedy lidé s přednostním užíváním pravé ruky při různých aktivitách a činnostech. Až 90 % populace je takto lateralizovaná, u lidí se setkáváme

s tímto projevem například při psaní preferenčně pravou rukou (Annett 2013). Pokud má většina jedinců stejnou stranovou preferenci, je lateralita přítomna na úrovni populace. Leváctví se jeví v dnešní společnosti spíše jako nevýhodné s ohledem na dostupnost a využití různých předmětů (nůžky, kliky u dveří atd.) (Corballis & Gratton 2003), evolučně však může méně četná vlastnost přinášet výhody a podílet se na stabilitě populace (Evolučně stabilní strategie - Smith et al. 1972). Například v boji a válkách mohl být levák pro populaci praváků svým chováním a reakcemi nepředvídatelný, což mohlo být určitou výhodou (Llaurens et al. 2009).

U šimpanzů byla objevena preference pravé horní končetiny na úrovni populace, a to v 65 %. Tato preference byla pozorována u šimpanzů při manipulaci s různými předměty a jejich hodem, ale také během gest a komunikace s ostatními jedinci skupiny (Hopkins & Leavens 1998; Hopkins & Fernandez-Carriba 2002). Preference pravé strany a končetiny byla zjištěna u hlodavců (Waters & Denenberg 1994) a psů (Wells 2003). U koní byla sledována předkročená končetina při pasení či preferovaná končetina při cvalu (McGreevy & Rogers 2005). Papoušci preferovali až z 90 % levou končetinu během zvedání určitých předmětů a nástrojů (Rogers 2009). U amerických primátů (kotul, chápan, vřešťan byla sledována stranová preference směru a pohybu ocasu. Lateralita nebyla zjištěna na populační úrovni, ale byly zaznamenány silné individuální preference (Laska & Tutsch 2000).

Rotace a obraty v horizontální rovině kolem vertikální osy v určitých situacích mohou být u suchozemských savců indikátory motorické laterality jedince. Kytovci a jiní vodní savci vykazují rotaci ve vodním prostředí také v transverzální rovině (MacNeilage 2013). Simulace motorické laterality a rotace u suchozemských savců, například potkanů, byla zkoumána pomocí vodního bludiště a plavání. Zde se však nenašel významný populační trend a jedinci se ve svých preferencích lišili (Noonan & Axelrod 1989).

U delfinů byla v zajetí zjištěna stereotypie plavání v kruhu proti směru hodinových ručiček (84,6 %). Tuto preferenci dokázaly změnit pouze interakce s dalšími jedinci, nikoliv však změny v prostředí. Lateralita se tedy projevuje i u abnormálního chování. Stereotypie byla zřejmě důsledkem nevhodných životních podmínek a chronického stresu (Sobel et al. 1994).

Dříve popisovaná komplementarita hemisfér se odráží při projevu vrtění ocasu u psů, kteří při pohledu na svého majitele vrtěli ocasem více k pravé straně, což značí kontrolu levou hemisférou (komunikace, rozpoznávání obličejů, pozitivní situace). V případě přistupování k cizímu dominantnímu psu bylo vrtění ocasem spíše levostranné (kontrolované pravou

hemisférou) (Quaranta et al. 2007). Vnímavost psů na asymetrickou aktivitu ocasu byla ověřena pomocí robotického psa, kdy se více psů přibližovalo nepřetržitě bez zastavení, když se ocas robota vrtěl doleva (Artelle et al. 2011).

U makaků (*Macaca mulatta*) dochází k asymetrii obličejového výrazu. V kontextu strachu dříve a mnohem šířeji otevírají pysky na levé straně obličeje, kterou kontroluje pravá hemisféra (Hauser 1993). Hypotéza postavená na základě asymetrie obličejových pohybů říká, že mnohé pohyby obličeje a těla jsou závislé na přechodu informací a přepínáním aktivity mezi hemisférami. Levá hemisféra by charakterizovala klidné zvíře, pravá strana mozku by byla spojená s emocionálními projevy strachu a agrese. Přepínání mezi jednotlivými hemisférami by tudíž bylo možné změřit pomocí změny neurální aktivity pomocí zobrazovacích technik mozku nebo dle množství přiváděné krve do jednotlivých hemisfér již zmíněnou tympanickou membránovou termometrií (Rogers 2010).

Na Lorenzově schématu výrazů psa (Lorenz 1981) je možné vidět přepínání mezi levou a pravou hemisférou v závislosti na typu emocí, které pes cítí a vyjadřuje. Celé schéma popisuje spolupůsobení dvou motivací (strach a agrese), které jsou označovány jako superpozice nacházející se na opačných rozích schématu. Po třech dekadách dalšího zkoumání bylo potvrzeno, že existují dvě motivace, které jsou kontrolovány stejnou hemisférou, přesto však mohou být vyjadřovány nezávisle (Rogers 2010).

1.3.5. Strukturální a tělesná asymetrie

Nejmenší pozornost ve vědeckých kruzích byla dosud věnována strukturální lateralizaci těla organismů. Asymetrické umístění či rozložení orgánů v těle je patrné například u srdce, plic či jater. Za tím stojí pravděpodobně efektivita a množství vnějších vrstev, které tyto orgány mohou chránit před otřesy či poškozením (Tomkins et al. 2012; Corballis & Gratton 2003). Strukturální asymetrie jsou též patrné v mozku, kde se prokazují výrazné rozdíly v tloušťce, povrchové ploše mozkové kůry a jejím zvrásnění v odlišných oblastech mozku, což má dopad na rychlost přenosu nervového impulsu napříč částmi mozku, a tedy i rychlost zpracování vnímané informace (McDowell et al. 2016). Asymetrické uspořádání struktur mozku se jeví jako nenáhodné a je námětem dalšího zkoumání.

Strukturální asymetrie a dysbalancí jsou pozorovatelné i na ostatních orgánech a soustavách těla. Vizuálním indikátorem laterality jsou chlupové víry (Murphy & Arkins,

2008). Chlupové víry byly námětem studia u krav (Grandin et al. 1995; Lanier et al. 2001; Randle 1998), psů (Tomkins et al. 2012), člověka (Jansen et al. 2007), ale také u koní (Murphy & Arkins 2008).

1.4. Projevy laterality u koní

Behaviorální projevy laterality jsou popsány nejen u koní vybraných pro chov, sport či volnočasové aktivity, ale také u feralizovaných koní a u koně Převalského, pravděpodobně jediného druhu divokých koní (Basile et al. 2009; Austin & Rogers 2012; Karenina et al. 2018). Lateralita byla u koní hodnocena nejenom při kontrolovaném pohybu koně pod jezdcem, ale také během stání či pohybu koně ve volnosti (Austin & Rogers 2012).

1.4.1. Senzorická lateralita koní

Z hlediska senzorické laterality se koně jeví jako velmi zajímavý model. Široké zorné pole je podmínkou úspěchu života druhů, které se recentně vyvíjely převážně v otevřené krajině. Zrak se do dnešní podoby u koní vyvinul tak, aby byli koně schopní periferně detekovat predátory, kteří se k nim přibližovali z různých směrů. Umístění očí na anterolaterální oblasti hlavy umožňuje koním vidět široké zorné pole až 350°, z čehož binokulární pole se nachází přímo před hlavou koně a tvoří přibližně 65° (Timney & Keil 1999; Timney & Macuda 2001). Zbylých 285° se dělí mezi levé a pravé monokulární zrakové pole. Vertikální rozsah zrakového pole dosahuje až 178° (Roberts 1992). Horizontální poloha zornice limituje ostrost zraku na velké vzdálenosti (Timney & Macuda 2001; Carroll et al. 2001). Zrakové pole tak má podobu téměř sférického obrazu, s výjimkou míst označovaných jako slepé zóny. První z nich se nachází před čelní linií hlavy, druhá těsně před hubou koně. A třetí zónou je prostor přímo za zády koně (Prince et al. 1960; Saslow 2002).

Nervy, které propojují oko s danou hemisférou mozku, se nazývají zrakové a je známo, že se kříží v oblasti *chiasma opticum* (Brooks & Matthews 2005; Brooks et al. 1999), u koní v rozmezí 85 – 88 % (Prince 1960; Brooks et al. 1999). Podněty přijímané levým okem jsou tedy vedeny do pravé mozkové hemisféry a obráceně (zbylé zrakové nervy vedou zrakový vjem do příslušné hemisféry) (Brooks et al. 1999). V praxi to znamená, že lidé věnující se koním by měli brát v potaz různé vnímání podnětů v levém a pravém zorné poli (Austin & Rogers 2007; Tong et al. 2020).

Jako projev sluchové laterality byla u koní sledována levostranná hemisferická preference. Koně vykazovali tendenci otáčet více jedním uchem ve směru vydávaného zvuku nežli druhým, když se jednalo o ržání jim známého jedince oproti zvuku neznámého a cizího koně (Basile et al. 2009).

1.4.2. Lateralizace mozkových hemisfér koní

Funkční lateralizace neboli specializace mozkových hemisfér kontroluje jednotlivé činnosti a reakce organismu (Austin & Rogers 2007). Levá hemisféra zodpovídá za rozlišování předmětů a fixaci chování pomocí učení. Z uvedené studie Austin & Rogers (2007) víme, že informace o tom, že se deštník rozevře v pravém zorném poli, koně zpracovávají pomocí levé hemisféry. Z tohoto důvodu je reakce koně klidnější v porovnání s reakcí koně při otevření deštníku v levém zorném poli (Vallortigara et al. 1999). V takovém případě u koní došlo k prudké a rychlé úlekové reakci (Austin & Rogers 2007). Navykání koně na nové podněty v jeho okolí by proto mělo začínat výhradně z pravé strany, tedy strany, z které koně vnímají novost méně emotivně a snadněji se učí (Austin & Rogers 2014; McLean & Christensen 2017). I první příchod člověka ke koni by se měl odehrát zprava, nikoliv dle zažitého praxe z levé strany (Larose et al. 2006; Austin & Rogers 2007).

Předmětem výzkumů byl také vztah laterality a emočních projevů koní, a to například při pozorování prvotního kontaktu s novým objektem. Koně vykazovali vyšší reaktivitu na nový podnět v jejich okolí, pokud byl tento podnět v levém monokulárním zorném poli (Austin & Rogers 2007). Podnět, který v koních vyvolával výrazné a silné emoce, analyzovali vždy levým okem naopak méně emotivní podnět pravým okem. I koně tedy využívají pravou hemisféru mozku (levé oko) pro kontrolu emotivních procesů a reakcí (Larose et al. 2006).

Cílem studie Sankey et al. (2011) bylo zjistit vliv zkušeností s výcvikem na reaktivnost mladých koní. Během pokusu se člověk přibližoval ke koním z levé či pravé strany a v jeho těsné blízkosti se ho pokusil dotknout v určité oblasti těla. Jednoletí koně, kteří dosud neprošli žádným soustavným výcvikem, prokazovali asymetrické reakce na přibližujícího se člověka a jeho snahu o dotyk. Negativní reakce ve formě strachu, obrany, útěku se častěji projeví vůči člověku, který se přibližoval z levé strany koně. Naopak přístup člověka z pravé strany, a to k pravému rameni, vedl k projevům pozitivním. Oproti tomu dvouletí koně, kteří ve druhém roce života prošli soustavným výcvikem, vykazovali vyrovnané výsledky reakcí na přistoupení

člověka z obou stran a jejich reakce byly pozitivní (vstřícné). Tento fakt vypovídá o již dříve zjištěném propojení emocionality a laterality a odpovědnosti pravé hemisféry za reakce na nové a negativní podněty v okolí jedince (Sankey et al. 2011).

Pravá hemisféra je u koní důležitá pro okamžité reakce během projevů agonistického chování (chování související s dominancí a podřízeností a zahrnuje kousnutí, útok či obranu při útoku druhého jedince), například při obraně sebe sama, útoku či stavu ohrožení. Stranové preference byly sledovány u koní Převalského, nejbližších nedomestikovaných příbuzných dnešních koní, a to u koní Převalských žijících v přírodních podmínkách na ploše velké rezervace na Severu Francie. Sledováním 33 koní (20 hřebců a 13 klisen) byla zjištěna výrazná levostranná preference zraková i pohybová v průběhu agonistického chování v rámci harému. Agonistické chování souvisí s dominancí a podřízeností a zahrnuje kousnutí, útok či obranu při útoku druhého jedince. Z celého stáda se 80 % koní projevovalo lateralizovaně při obraně vůči útoku jiného jedince. Byla zjištěna levostranná preference u projevů bdělosti (při zdvižení hlavy během pastvy kůň natačel hlavu spíše vlevo než vpravo). I tyto výsledky odpovídají specializaci pravé hemisféry mozku pro odpovědi a reakce na agresivní podněty a nové podněty či situace v okolí. Levostranná preference útoku uvnitř harému byla silněji prokazatelná u samců (hřebců) a nedospělých koní. Subadultní koně prokazovali výraznější lateralizaci v reakci na náhlou změnu v okolí, což podporuje teorii o zmírňování lateralizovaného projevu s nabývanými zkušenostmi. Obdobných výsledků bylo dosaženo u ferálních koní, jakožto volně žijících koní domácích (Austin & Rogers 2014).

Pravá hemisféra tedy udržuje organismus v neustálé obezřetnosti, bdělosti a ostražitosti (Rogers 2002; Vallortigara & Rogers 2005; Austin & Rogers 2014; MacNeilage et al. 2009). Levá hemisféra mozku řídí rutinní úkony, mezi něž patří například pasení a hledání potravy (Austin & Rogers 2014). K aktivaci levé hemisféry také dochází, pokud kůň zaměřuje svou pozornost na specifické projevy vokalizace v rámci jedinců stáda (Basile et al. 2009).

1.4.3. Motorická lateralita u koní

Motorická lateralita neboli lateralita pohybových vzorců byla u koní námětem mnohých studií (McGreevy & Rogers 2005; Murphy et al. 2005; Williams & Norris 2007; Wells & Blache 2008). Dostihoví koně výrazně preferují využívání levé přední končetiny při naskočení do cvalu, i přesto že trénují cval na rovných liniích (Deuel & Lawrence 1987). U drezurních a parkurových koní byla zjištěna silná preference práce na levou stranu při gymnastické

přípravě (Meij & Meij 1980). V rámci studií laterality byl také prokázán vliv na celkový sportovní výkon koní (McGreevy & Rogers 2005). Při kroku, cvalu a skocích byla u koní zaznamenána silná a stabilní preference přední končetiny ovlivněná pohlavím jedince. Hřebci a valaši preferují levou končetinu a klisny pravou, ale nejedná se o populační trend (Murphy et al. 2005).

Stejně tak, jako ferální koně ani koně Převalského neprojevovali výraznou preferenci přední končetiny při pasení (byla hodnocena opěrná končetina, tedy ta která je v popředí). Individuálně byly zjištěny jisté rozdíly, ale ne na úrovni stáda. Autoři dalších studií proto předpokládají ovlivnění laterality a preferencí u domestikovaných koní, např. management chovu nebo výcvikem. Koně domácí mají při pasení preferovanou končetinu, která je předkročená před tělem koně, a to většinou pravou (Murphy et al. 2005; McGreevy & Rogers 2005). Tento jev je pravděpodobně výsledkem manipulace, tréninku či generované specifickou selekcí na dané plemeno. Takové preference jsou pravděpodobně výsledkem manipulace, tréninku, případně generované specifickou selekcí plemen pro daný účel (Austin & Rogers 2014).

S využitím různých indikátorů pohybových tendencí byli pozorováni koně při jejich volném pohybu při pastvě nebo například při výběru iniciační zadní končetiny. Při pozorování iniciační končetiny 40 koní ve volnosti, z nich 21 preferovalo vykročení pravou přední končetinou do kroku či klusu. Levou přední končetinu preferovalo 40 % (16) a u 3 koní byl výběr iniciační končetiny vyrovnaný. Koně tak vykazovali větší míru lateralizovaných reakcí oproti předpokládanému ekvilibriu (Murphy et al. 2005).

V případě sledování koní, jak se vypořádají s překážkou v cestě, která jim bránila v kontaktu s dalším koněm, bylo pozorováno, že celkem 18 koní (45 %) preferovalo obejít překážku po pravé straně. 42,5 % koní obešlo překážku z levé strany. Pouze 5 koní vykazovalo vybalancovanou reakci, při které střídali strany při obcházení překážky. Zde se znovu nepotvrdil předpoklad vybalancovaných reakcí koní (Murphy et al. 2005). V třetí části výzkumu objížděl kůň překážku pod jezdcem, přičemž kůň byl aktivně pobízen pouze do oblasti a místa, kde se musel sám rozhodnout, kterým směrem překážku obejít. Zde 22 koní zvolilo pravou stranu překážky a 12 koní preferovalo levou stranu. U 6 koní se neprokázala žádná stranová preference. Poslední částí studie bylo sledování koní během volného pohybu po boxe. Byla zjištěna preference pro válení se na pravou stranu u 19 koní (47,5 %). U 15 koní se objevila

preferenci válení na levou stranu a 6 koní neprokazovalo žádnou preferenci (Murphy et al. 2005).

U většiny sledovaných druhů savců (např. kytovci, ovce, běluha, klokan červený) se potomci drží své matky v levém zorném poli. Tato preference byla zjištěna při sledování různých typů chování, jako je rutinní chování, společný přesun z místa na místo, odpočinek, přistoupení k matce při kojení, útěk spojený s potenciálním nebezpečím a stresovými situacemi (Karenina et al. 2018; Karenina & Giljov 2018; Karenina et al. 2017). U ferálně žijících koní byla tato preference slabší než u koně Převalského. Důvodem k preferenci levého zorného pole je již zmiňovaná pravostranná specializace hemisféry (Karenina et al. 2017).

Mnohé studie se zabývají interspecifickými interakcemi ve vztahu predátor a kořist, kde se nejčastěji zaměřují na preferenci zorného pole či směru útěku kořisti, což se vztahuje jak k sensorické, tak motorické lateralitě (Lippolis et al. 2002; Lippolis et al. 2005). Útěková reakce koní na neobvyklý podnět v okolí koně byla předmětem zájmu studie (Austin & Rogers 2007). Reaktivnější koně se vždy otočili od podnětu doprava, což jim umožnilo podnět zanalyzovat levým okem, které je spojeno s činností pravé hemisféry, čímž výsledky studie vypovídají o větší strachové a emotivní odezvě na podnět u těchto koní. Druhá polovina koní volila obrat na levou stranu, což bylo vysvětleno jako projev lateralit na individuální úrovni dle osobitých charakteristik jedince (Austin & Rogers 2007).

Na ontogenetický vývoj lateralit u hříbat při kojení poukázala studie (Komárková & Bartošová 2013). Z výsledků studie nevyplýval populační trend, nicméně byly prokázány rozdíly u jednotlivců. 35,4 % hříbat preferovalo při sání jednu stranu (levou či pravou). Stranové preference u hříbat sílily s věkem a byly pravděpodobně založené na motorické lateralizaci. Sledování chování zeber v ZOO tuto preferenci nepotvrdilo (Pluháček et al. 2013). Naopak u skotu byla nalezena silná pravostranná preference (Bordes et al. 2018).

U každého koně je možné si povšimnout charakteristické fyzické asymetrie, tedy určité stranové dysbalance. Tu je možné vidět jak při stání zvířete, tak při jeho pohybu s jezdcem či při pohybu ve volnosti. Strukturální asymetrie (vrozená) je odrazem svalových a kosterních predispozic každého jedince. Řada jezdeckých disciplín vyžaduje od koně stejné schopnosti pohyblivosti a rovnováhy na obě strany. Výrazné asymetrie projevující se v biomechanice pohybu jezdeckého koně mohou vést k přetěžování určité části těla a později i ke zdravotním komplikacím. Tělesná asymetrie je předmětem zájmu fyzioterapeutů a trenérů, kteří využívají

různé metody péče (masáže, terapie), výcviku a tréninku k vyrovnání těchto dysbalancí (Castejon-Riber et al. 2017; Mills & McDonnell 2005).

Neméně zajímavou otázkou k výzkumu je to, zda se lateralita u koní během života mění a jak se s ohledem na ontogenezi vyvíjí. Nebo třeba to zda je ovlivněna získanými zkušenostmi během života koní či jejich managementem (Larose et al. 2006; Farmer et al. 2010). Na tuto otázku částečně odpovídá studie Lucidi et al. (2013), v níž byl při pozorování a porovnání pohybů mladých koní a hříbat v kruhové ohradě zjištěn rozdíl stupně vývoje stranové preference, a to na základě tendence zmenšovat obíhaný kruh. Byl tak prokázán určitý efekt věku na vývoj motorické lateralit.

Směr a umístění chlupového víru jsou spojovány s motorickou lateralitou koní. Koně preferující pohyb na pravou stranu mají na hlavě chlupové víry stočené ve směru hodinových ručiček. U levostranných koní se objevovaly častěji víry stočené proti směru hodinových ručiček. Koně bez projevů lateralit měli často na hlavě vír nestočený bez zjevného směru, tzv. radiální (Murphy & Arkins 2008; Shivley et al. 2016). S koňmi s vyšším umístěním víru na hlavě byla mnohem těžší manipulace oproti koním s vírem ve střední linii či níže pod střední linií mezi očima (Górecka et al. 2006).

1.5. Magnetorecepce

Další specializovanou funkcí mozku je chápání prostoru a prostorových vztahů (Rogers 2002). Orientace v prostoru je komplexní záležitostí, při které organismy využívají smysly k zachycení podnětů v jejich okolí, které jim pohyb v prostoru usnadňují. Po staletí byli lidé fascinováni tím, jak stěhovavé druhy živočichů nacházejí cestu na vzdálenosti v řádu tisíců kilometrů (Mouritsen 2018). K orientaci v prostoru organismy využívají nejen smysly, jako jsou zrak, sluch, čich, chuť a hmat, ale také tzv. šestých smysl magnetorepce. Ta pomáhá organismům určit svou vlastní polohu (Wiltschko 2012).

Pro určení své vlastní polohy v prostoru organismy využívají 2 typy orientace a to geografickou, která je hojně využívána migrujícími druhy na dlouhé vzdálenosti, například tedy ptáky, vodními savci či mořskými želvami. Druhým typem je orientace topografická, která slouží k orientaci v habitatu jedince. Do geografické orientace spadají také informace o poloze slunce a hvězd (Brines & Gould 1982), stejně jako vliv magnetického pole Země. Dle definice je magnetorecepce schopnost organismů vnímat magnetické pole Země a jeho změny v okolním

prostředí (Wiltschko 2012). Mezi zmíněné změny magnetického pole patří směr, intenzita, sklon a gradient (Formicki et al. 2019).

Magnetické pole Země poskytuje živočichům, kteří jej dokážou vnímat, navigační informace (Wiltschko & Wiltschko 2019). Tato schopnost byla u mnohých druhů zvířat sledována z chování, které naznačovalo, že se dle působení magnetického pole Země snaží určitým způsobem orientovat, rovnat se a pohybovat. V populárně naučné literatuře se mnohdy setkáme s pojmem vnitřní kompas, odborně se však jedná o směrovou preferenci (ang. *alignment*) organismu, což je spontánní chování, kdy orientace těla respektuje vliv směru, v tom případě magnetického pole. Organismy se snaží zarovnat ve směru podél či kolmo na osu sever – jih. Na rozdíl od orientace magnetického kompasu, magnetické zarovnání organismu je mnohdy prezentováno jako fixovaná směrová reakce (preference) zvířete, kterou nezmění ani přemístění jedince (Begall et al. 2013; Begall et al. 2008). Využití informací poskytovaných magnetickým polem Země pro navigaci, migraci, vyhledávání potravy a úkrytu nebo také dalších jedinců stejného druhu atd. je rozšířená v celé živočišné říši. Přitom je ale magnetorecepce jedním z nejméně pochopených smyslů (Fleischmann et al. 2020).

Protože byla schopnost magnetorecepce sledována u mnoha taxonů (Wiltschko 2012), evolučně mladých i starých, lze předpokládat, že magnetorecepce vznikla mezi prvními smyslovými systémy (Nordmann et al. 2017). Nabízí se tedy otázka, jak přesně organismy detekují magnetické pole Země a kterými receptory či orgány.

1.5.1. Magnetické pole Země

Již na začátku 17. století bylo zjištěno, že Země má kolem sebe magnetické pole, které je generováno v jádru, za tímto objevem stojí anglický lékař a fyzik William Gilbert (Gilbert 1958). Prostor, ve kterém se projevuje magnetické pole Země, se nazývá magnetosféra. Tento asymetrický prostor kolem Země je indukován roztavenou vnější hmotou jádra Země, která se vlivem jiné hustoty tlačí k povrchu (Glatzmaier & Roberts 1995). Připočteme-li k tomu přirozenou rotaci Země kolem své osy, vycházející z geografických pólů, vzniká zde cívka generující elektrický proud kolem povrchu Země (Merrill & McElhinny 1983).

Místa, kde se sbíhají siločáry magnetického pole Země, se nazývají magnetické póly. Magnetické póly nejsou shodné s geografickými póly. Severní magnetický pól přitahuje severní část střílky kompasu. Siločáry, které se nacházejí kolem Země, odstupují od jižního pólů

a směřují k severnímu (Wiltschko & Wiltschko 1995). Sklon siločar magnetického pole Země se liší dle lokality. Odborně se tento sklon nazývá inklinace, která představuje úhel magnetické siločáry (vektoru) vůči vodorovné (horizontále) rovině povrchu Země, z praktického hlediska je inklinace počítána kladně ve směru dolů a záporně ve směru nahoru (Winklhofer 2010). Nad rovníkem magnetické siločáry směřují rovnoběžně se zemí, naopak u magnetických pólů směřují k zemi kolmo. Tento úhel je na jižní polokouli v záporných hodnotách, na severním pólu v kladných a na rovníku nulových hodnotách (Lohmann & Lohmann 1994; Lanza & Meloni 2006). V místě jižního magnetického pólu se magnetické siločáry vynořují ze Země v úhlu -90° a na severním magnetickém pólu se zanořují pod úhlem $+90^\circ$ (Lanza & Meloni 2006).

Zajímavé je i neustálý posun magnetických pólů v čase, jejich pozice se neustále mění (Wiltschko & Wiltschko 1995; Valet & Meynadier 1993). Rozdíl mezi geografickým a magnetickým pólem se označuje jako magnetická deklinace měnící se s geografickou polohou na Zemi. Úhel odchylky magnetického severu od skutečného (geografického) severu je popisován kladně ve směru na východ (Winklhofer 2010). Celková intenzita je udávána v jednotkách A/m (ampér/metr) (Lohmann et al. 2007). Nejvyšší intenzita je na pólech (48 A/m) a nejnižší na magnetickém rovníku (24 A/m) (Daglis 2001; Tumanski 2016). Magnetické pole utváří gradient, který se dále mění dle přítomnosti určitých prvků v litosféře. Geologické faktory ovlivňují magnetické pole v podobě lokálních anomálií (Harrison 1987). Na variabilitu má vliv také to, zda se jedná o pevninskou oblast či oceánskou (Lanza & Meloni 2006). Další zdrojem variability je i záření Slunce a sluneční vítr (Mead 1964; Daglis 2001).

Magnetické pole Země může být chápáno jako vektor, který má pro každé místo na Zemi své charakterické hodnoty. Vektor je reprezentován celkovou intenzitou magnetického pole se směry siločar danými deklinací a inklinací (Winklhofer 2010). Schopnost rozpoznat sklon siločar magnetického pole Země v daném místě umožňuje živočichům zjistit svou zeměpisnou šířku, jelikož siločáry magnetického pole nemají všude stejný sklon. Kromě směru je pravděpodobné, že živočichové jsou schopni vnímat i rozdílnou intenzitu, jelikož zemské magnetické pole je dost proměnlivé. Magnetické pole má v různých částech světa určité parametry. Magnetická intenzita a sklon, který klesá od magnetických pólů k magnetickému rovníku, případně i magnetickou deklinaci lze použít k navigaci v prostoru (Wiltschko & Wiltschko 2019; Chernetsov et al. 2017).

1.5.2. Magnetorecepce – smysl bez receptoru

V průběhu posledních let se zájem vědců zaměřil také na vlastní mechanismus vnímání, přijímání magnetického signálu, signalizační kaskádu magnetického podnětu, ale také na to jaké části mozku zpracovávají tyto informace, ale kde je přesně lokalizován magnetoreceptor. V dnešní době jsou diskutovány 3 hlavní teoretické koncepty, které se pokoušejí odpovědět na otázku, jak organismy detekují magnetické pole (Nordmann et al. 2017). Mechanismy magnetorecepce je možné rozdělit na ty, které jsou nezávislé na světle, těmi jsou elektromagnetická indukce (Johnsen & Lohmann 2005; Meyer et al. 2005) a magnetická hypotéza (Nordmann et al. 2017). Třetí mechanismus je závislý na světle (Johnsen & Lohmann 2005).

Prvním z nezávislých mechanismů na světle je elektromagnetická indukce, kterou využívají k detekci magnetického pole mořští živočichové, jelikož je podmíněna přítomností vysoce vodivého média, čímž je mořská voda. Změny v napětí způsobené pohybem v magnetickém poli vnímají žraloci a rejnoci pomocí elektroreceptorů a Lorenziniho ampulemi (Johnsen & Lohmann 2005; Meyer et al. 2005). Druhý mechanismus je možné označit také jako mechanický, při kterém mechanicky citlivý magnetoreceptor na bázi magnetitu (krystaly oxidu železa) ve tkáních organismu vyvolává reakci v případě kontaktu s magnetickým polem nebo jeho změnou. Dochází tak k přenosu informace pomocí mechanorecepce (Nordmann et al. 2017).

Již koncem 70. let 20. století byl navržen model na světle závislé magnetorecepce (Schulten et al. 1978), ten se aktuálně opírá o důkazy, které vycházejí z neschopnosti mnohých druhů stěhovavých ptáků se orientovat bez přítomnosti světla nebo jen za určitých vlnových délek světla (Wiltschko & Wiltschko 2019). Během této fotochemické reakce vznikají radikálové páry ve fotosenzitivních molekulách kryptochromu (Johnsen & Lohmann 2005; Nordmann et al. 2017). Významnou roli v tomto procesu hrají bílkovinné molekuly kryptochromů, které je možné lokalizovat ve světločivných buňkách oka. V případě ozáření dvojice volných elektronů na kryptochromu modrým světlem se vytváří radikálový pár. Spin jednotlivých elektronů může nabývat stejných nebo opačných hodnot na jedné molekule kryptochromu. V reakci s magnetickým polem se spin u elektronů může měnit. Tato informace se přes zrakový nerv přenáší do mozku, kde části zrakového systému zpracovávají příslušné

informace, to pravděpodobně následně umožňuje zvířatům vidět magnetické pole v prostoru (Wiltschko & Wiltschko 2019).

Na základě behaviorálních pokusů sledující vnímání magnetorecepce ptáky bylo zjištěno, že proces je zprostředkován laterálně. Kompas je zřejmě umístěn v pravém oku ptáků (Wiltschko & Wiltschko 2002). Nicméně, tento poznatek je stále diskutován a není považován za běžný znak u všech druhů ptáků (Hein et al. 2011). Magnetická intenzita se zdá být vnímána magnetity na základě oblasti zobáku, odtud jsou informace přenášeny oční větví trojklaného nervu do trojklanných ganglií a trojklanných jader mozkového kmene (Wiltschko & Wiltschko 2019).

Důležité je také zmínit, že směrová preference může být u organismů překryta vlivem působení jiných faktorů, mezi které patří sluneční záření, délka vlnového záření, směr foukání větru či geografické překážky v prostředí nebo přítomnost elektrického napětí (Begall et al. 2013).

1.5.3. Projevy magnetorecepce u různých živočišných druhů

Existence směrové preference u živočichů byla poprvé zaznamenána v druhé polovině 19. století, kdy byla publikována studie zabývající se pasivní orientací bakterie (*Magnetospirillum magnetotacticum*) ve směru dle magnetického pole (Frankel 2009). První experimentální studie proběhly až o několik let později, přesněji v 60. letech 20. století, kdy bylo sledováno chování červenky obecné (*Erethacus rubecula*) při měnícím se magnetickém poli (Wiltschko 1968). Následovalo sledování magnetorecepce u dalších druhů ptáků (Wiltschko & FW 1971; Wiltschko & Wiltschko 1978). Do dnešní doby jsou nejvíce probádanou skupinou právě ptáci, hlavně druhy migrující, kteří využívají magnetorecepci k orientaci a navigaci v prostoru (Wiltschko et al. 2005; Pinzon-Rodriguez & Muheim 2017; Wiltschko & Wiltschko 2019; Nimpf et al. 2019). Ptáci byli předmětem zájmu již od počátku výzkumu magnetorecepce. Sledování letu stěhovavých ptáků a jejich orientace v prostoru odhalilo tři charakteristiky magnetorecepce. Ptáci k navigaci používají dva typy informací z magnetického pole. Prvním z nich je směr siločár, které využívají jako kompas (Wiltschko & Wiltschko 2019). Druhou neméně důležitou informací je magnetická intenzita, která slouží jako součást navigační mapy v prostoru. A třetí je sklon magnetického pole (Wiltschko & Wiltschko 2019).

Jednou z nejrizikovějších fází letu ptáků je přistávání. I zde se projevil vlivem magnetorecepce, který pravděpodobně umožňuje snadnější přistání či celkovou koordinaci hejna ptáků při přistávání na vodní hladině, jak bylo sledováno u divokých kachen březňáček (*Anas platyrhynchos*). I zde totiž směr přistání na vodní hladině, odpovídal směru pro nás neviditelných siločar v severo-j jižním směru bez ohledu na zeměpisnou polohu. Mohlo by se zdát, že směr přistání je dán dle směru větru. S vanoucím větrem ptáci klesají k hladině proti jeho směru vanutí, což určitým způsobem usnadňuje koordinaci hejna při přistání. Ve chvílích, kdy je bezvětří, je nutné, aby se hejno ptáků zvolilo jeden směr přistání, čímž zabrání případným střetům jednotlivých jedinců. K bezpečnému přistání jim tedy pravděpodobně napomáhá vnímání magnetického pole, díky kterému mohou společně přistávat ve stejném směru (Hart et al. 2013a).

Počet živočichů se schopností vnímat magnetické pole Země stále narůstá, studie se zaměřují nejen na migrující druhy, ale také na menší organismy jako jsou bakterie (Monteil & Lefevre 2020; Blakemore 1975). Bylo zjištěno, že i bakterie mají své vnitřní kompasy v podobě drobných částic oxidu železa (magnetovec) nebo částic sirníku železa (greigit), který je známý pro své magnetické vlastnosti. Tyto krystaly se natáčejí ve směru magnetického pole Země a utváří tlak na okolní tkáň, což vyvolává příslušnou reakci organismu. S tímto typem se můžeme setkat také u včel, mořských želv, lososů nebo ptáků. Velmi dobře prostudované jsou experimentální modely pro navigaci u blanokřídlých, konkrétně u včel (*Apis mellifera*) (Frisch 1967) a pouštních mravenců (*Cataglyphis*). Oba tyto druhy využívají magnetické pole Země za určitých podmínek pro specifické navigační úlohy. Pouštní mravenci například používají magnetické pole pro orientaci v prostoru při jejich prvních cestách mimo hnízdo a při cestě zpět do něj, kdy srovnávají směr jejich pohybu vůči vchodu do hnízda (Fleischmann et al. 2020). U octomilek (*Drosophila*) či švábů (*Blattodea*) bylo zjištěno, že se na detekci magnetického pole podílí fotosenzitivní protein kryptochromu (Bazalova et al. 2016; Fleischmann et al. 2020).

Výjimkou ve vnímání magnetického pole Země nejsou ani obojživelníci a plazy (Lohmann et al. 2007; Lohmann & Lohmann 1994; Lohmann 2007) nebo ryby (Formicki et al. 2019). U obojživelníků a plazů se nejčastěji setkáváme s migrací mimo jejich domácí okresek (home range) za sezónními habitaty, potravou, vodou či s cílem hledání reprodukčního partnera (Southwood & Avens 2010). Během těchto kratších migrací se v prostoru orientují díky chemickým a vizuálním podnětům. Ze zjištěných poznatků se zdá, že každý druh využívá jiné

typy informací z prostředí k orientaci v něm. U ještěřů byla sledována preference pohybu a orientace dle polarizovaného světla (Ellis-Quinn & Simony 1991), želvy a mořští hadi sledovali pohyb slunce (Avens & Lohmann 2003), u aligátorů se setkáváme i s orientací dle hvězd (Murphy 1981). Možnou metodou, jak zjistit schopnost organismů orientovat se v daném prostředí je homing, při kterém je jedinec převezen mimo svůj domácí okrsek. Tento způsob odhalil u gekonů (*Gehyra variegata*) orientací v prostoru, založenou na významných bodech v okolním prostředí (Gruber & Henle 2004).

Sledování projevů magnetorecepce probíhalo také na předvánočních trzích v kádích kaprů, kteří orientovali osu svých těl také dle směru magnetického pole (Hart et al. 2012). V případě lososů se ukazuje, že je to právě magnetické pole, které jim napomáhá pro tah správným směrem k tření na trdlištích. Stejně je tomu i u mořských želv, které díky vnímání magnetického pole Země trefí k pláži, kde mají za cíl naklást vejce (Lohmann 2007; Lohmann et al. 2007). A podobně je tomu i u žraloků, kde jim jejich vnitřní kompas dovoluje podnikat dlouhé migrace napříč oceánem (Meyer et al. 2005).

Druhou nejprozkoumanější skupinou jsou hlodavci (Burda et al. 2009). S vnímáním magnetického pole se pojí i chování menších i větších savců v různých situacích (Wiltschko & Wiltschko 2005; Caspar et al. 2020; Burda et al. 2020; Benediktová et al. 2020; Adámková et al. 2021; Begall et al. 2008; Begall et al. 2013). Ze sledování menších savců - myšic křovinných (*Apodemus sylvaticus*) bylo zjištěno, že při jejich vypuštění do kruhové arény si začnou budovat hnízdo buď na jižní, nebo severní straně arény. V případě vystavení myšic umělému magnetickému poli, které o 90° otočilo světové strany, došlo k tomu, že si myšice svá hnízda začala budovat na původní východní a západní straně. Zdá se tedy, že preferovaný směr pro stavbu hnízd vychází z vnímání magnetického pole (Burda et al. 2009).

Stejnému výsledku se dobral tým vědců při terénním sledování jeleních a srncích zálehů (2974 jelenů evropských (*Cervus elaphus*) a srnců obecných (*Capreolus capreolus*) na sněhové pokrývce. Tito býložravci preferují polohu, při které jejich osa těla leží v severojižním směru (Begall et al. 2013). Spontánní magnetický alignment, tzn. spontánní tendence orientovat osu těla podél linie magnetického pole Země, byla zjištěna také u skotu (Begall et al. 2008). Skot (n = 8510) byl sledován na dostupných snímcích vyhledávače Google Earth z oblastí, kde se volně pásli na pastvinách. Zde se prokázalo, že i při pasení skot preferuje polohu rovnání osy těla v severojižním směru nežli umístění osy těla náhodně (Begall et al. 2013). Podobně

orientovaní byli viděni i volně se pasoucích jeleni (Begall et al. 2013). U býložravců může mít orientace těla během pastvy význam faktorem, který může ovlivňovat úspěšnost při nutném úniku od nebezpečí. Jak bylo zjištěno, srnci obecní, skot i jeleni v případě ohrožení či vyrušení volili směr k útěku téměř vždy ve směru na sever či jih. Stádo tedy neprchá bezhlavě, jak by se pozorovateli mohlo zdát. Naopak jedná se o koordinovaný únik od nebezpečí dle magnetického pole Země. Důvodem je tedy snadnější prostorová koordinace jedinců ve stádě v případě útoku či ohrožení. Díky této směrové preferenci je možné zamezit ztrátám v případě střetů a pádů jedinců. Snižuje se tak možná incidence kolizí uvnitř stáda (Begall et al. 2013; Begall et al. 2008).

Výše homing byl zkoumán také při volném pohybu psů v zalesněných oblastech, jejichž dráha pohybu při návratu k majiteli se vždy skládala z úseku cca 20 m pohybu podél severojižní magnetické osy Země a to bez ohledu na skutečný směr za majitelem. Proto se zdá, že psi využívají směr magnetického pole pro lepší orientaci v prostoru a utvoření si mentální mapy prostoru kolem nich (Benediktová et al. 2020). Poněkud úsměvné bylo zjištění, že severojižní směr preferují psi také při vyměšování. Bylo sledováno, že když pes močí nebo kálí, preferuje polohu těla, kdy osa těla směřuje od severu k jihu (Hart et al. 2013b).

Zvířata dokáží reagovat i na velmi malé odchylky magnetického pole (Hart et al. 2013b). Ve dnech, při kterých působily magnetické bouře, se psi vnitřním kompasem neřídili. V průběhu magnetických bouří dochází k velmi malým výkyvům zemského magnetického pole a jeho síla se mění v řádu jednoho procenta. Na vnímání magnetického pole má vliv přítomnost elektrického proudu s vysokým napětím, v takovém případě se zdá, že tzv. vnitřní kompas je narušen. Jak bylo zjištěno, pasoucí se stádo skotu neprojevovalo žádnou směrovou preferenci v případě, kdy se páslo poblíž vysokého napětí (Begall et al. 2013).

Obecně platí, že na rozdíl od výzkumu jiných sensorických smyslů, pouze několik studií zaměřených na magnetorecepci využilo asociativního učení, konkrétně operantního podmiňování k tomu, aby ověřili, že sledované druhy je možné naučit reagovat na změny v magnetickém poli v jejich prostředí. Tato metoda byla využita také u žraloků, kteří byli schopni se naučit reagovat na změny magnetického pole a cíleně jej detekovat (Meyer et al. 2005).

1.5.4. Projevy magnetorecepce u koní

O tom, že zvířata reagují na magnetické pole Země, existuje nepřehledné množství studií. Shrňeme-li si zmíněné poznatky, musíme konstatovat, že magnetorecepce hraje poměrně významnou roli v životě mnohých druhů. Směr, kterým se zvířata při jednotlivých aktivitách orientují je pro ně určitým způsobem příjemný, vhodný k odpočinku, výhodný k rychlé útékové reakci, zvyšuje bezpečnost a prostorovou koordinaci stáda či hejna (Wiltschko 2012; Begall et al. 2013). S ohledem na aktuální vědeckou literaturu týkající se směrové preference, která se ve větší míře zabývá spíše menšími druhy živočichů, je zajímavé se zaměřit na sledování magnetorecepce u koní. Přičemž koně byly předmětem zkoumání z pohledu magnetorecepce jen v jediné studii (Begall et al. 2013).

V této studii bylo využito stejné metodiky jako v případě sledování chování skotu, kde tým vědců sledoval směr pasení a stání koní ($n = 795$) na 178 lokalitách rovinatých pastvin a výběhů v Evropě. Sklon těchto lokalit byl menší než 5 % a jednotlivé lokality byly minimálně 200 m vzdálené od elektrického vedení. Sledování koní probíhalo z leteckých snímků Google Earth jako u dříve zmiňovaného pozorování magnetorecepce (Begall et al. 2013). V případě angulárních dat, tedy sledované osy těla koní ve směru hlavy nebyla prokázána významná odchylka od náhodného rozdělení v případě pasení a stání koní na pastvinách. Nicméně axiální data, tedy směr osy těla ve směru zádi poukázala na mírnou preferenci koní k rovnání osy těla ve směru severovýchodním / jihozápadním směrem. Z výsledků studie byla také zjištěna slabá korelace mezi polohou slunce a axiálním zarovnáním osy těla koní. Zdá se tedy, že slunce může být pro koně významným faktorem ovlivňující směr stání koní na pastvině (Begall et al. 2008). Nicméně výsledky této studie jsou prozatím jediné, které se věnují magnetorepenci u koní, a tak se zde nabízí poměrně široké pole k výzkumu.

2. Cíle a hypotézy disertační práce

Doktorská disertační práce má objasnit, jak vrozené behaviorální preference a tendence ovlivňují pracovní ochotu a výkon koní. Práce je zaměřena na studium dvou oblastí, konkrétně laterality a směrové preference (Rogers & Andrew 2002; Vallortigara 2000; Austin & Rogers 2014; MacNeilage et al. 2009; Begall et al. 2008; Slaby et al. 2013; Hart et al. 2013a; Burda et al. 2020). První oblastí výzkumu je sledování laterality ve vztahu laterality mozku při pohybu koní, nejenom ve smyslu senzorické, ale také motorické laterality, která je částečně odrazem tělesné stranové asymetrie a dysbalancí. Cílem práce je prohloubení znalosti procesu lateralizace mozku, tedy procesu specializace jednotlivých hemisfér pro určité úkony a chování, prokazaného u mnohých živočichů, včetně koní. Druhou oblastí studia jsou projevy směrové preference, neboli schopnost vnímání magnetického pole Země u koní (Moritz et al. 2007). Na základě literárního přehledu a dostupných informací v zadání disertační práce bylo stanoveno několik hypotéz:

H1) Levostranně dominantní koně mají vyšší úspěšnost v parkurových soutěžích na skocích najížděných z levého oblouku z důvodu vrozené laterality mozku koní.

H2) Před obtížnými skoky se kůň natáčí k překážce levým okem (= pravou hemisférou), aby lépe odhadl/vyřešil situaci.

H3) Před obtížnými skoky se kůň natáčí k překážce v souladu se svou tělesnou asymetrií, aby lépe (od)skočil.

H4) Levostranně dominantní koně mají rychlejší časy na levostranných dostihových drahách.

H5) Koně častěji chybují na překážkách umístěných mimo severo-j jižní magnetickou osu Země v překážkových dostizích, na parkurech a v krosu.

Testovanými hypotézami v rámci disertační práce byly H1, H4 a H5. Sběr dat k hypotézám H2 a H3 je naplánovaný na nadcházející měsíce, jelikož původní termín byl odložen z důvodu pandemie COVID-19.

3. Materiál a metodika

Na základě aktualizace vědeckých poznatků a stavu poznání u studovaných oblastí lateralita a směrová preference koní bylo stanoveno několik hypotéz, dle kterých byla disertační práce rozdělena na několik dílčích projektů. V rámci kapitoly výsledky jsou rozepsané 2 klíčové projekty, týkající se lateralit a směrové preference u koní. První ze stanovených hypotéz, zda koně mají vyšší úspěšnost v parkurových soutěžích na skocích najížděných z levého oblouku (H1), byla ověřována v rámci projektu: Lateralita a další faktory ovlivňující chybovost na překážkách ve vrcholových parkurových soutěžích. Tato studie je v rámci disertační práce rozepsána v kapitole Výsledky a je dále členěna na úvod, metodiku a výsledky. V návaznosti na tuto studii znikl projekt Gender v jezdeckém sportu, který je ve fázi rozpracování a je zde k němu uveden abstrakt.

Druhá z hypotéz se týkala problematiky magnetorecepce u koní a to, zda koně častěji chybují na překážkách umístěných mimo severo-jihní magnetickou osu Země v překážkových dostizích, na parkurech a v krosu (H5). Na tuto otázku se snažíme odpovědět v rámci projektu, který je součástí diplomové práce studentky J. Kovářové - Magnetorecepce u koní: Chybovost koní v parkuru na překážkách různě orientovaných vůči magnetické ose Země. Diplomová práce je aktuálně ve fázi dokončování sběru dat a v přípravě k analýze výsledků. Hypotéza H4 byla testována v rámci projektu Směrové preference u dostihových koní. Tento projekt je ve stavu analýzy dat, v textu je členěn na úvod a metodiku.

Stanovené hypotézy H2 a H3 budou testovány v následujících měsících, jelikož experimenty v plánovaném období nebylo možné provést z důvodu pandemie COVID-19. V rámci kapitoly Výsledky jsou uvedeny abstrakty 2 publikovaných studií v impaktovaných časopisech a jeden abstrakt, který je v recenzním řízení. Studie jsou tématicky zaměřené na další behaviorální tendence a preference koní. Studie vzešly ze zahraničních stáží v Aarhus University a Swedish University of Agricultural Sciences. Podrobnější informace jsou uvedeny u jednotlivých projektů.

Jednotlivé projekty probíhaly v rámci úkolů řešených Výzkumným ústavem živočišné výroby, v. v. i., v Uhřetěvsi a v průběhu dvou zahraničních stáží v Aarhus University (2019) a Swedish University of Agricultural Sciences (2021). Práce probíhala v souladu s legislativními požadavky na welfare sledovaných zvířat i podmínek GDPR jezdců. Výsledky

práce byly v průběhu studia představeny v rámci konferencí v České republice i zahraničí (viz kapitola Seznam vědeckých příspěvků a odborně naučných článků).

4. Výsledky

4.1. Projekt: Lateralita a další faktory ovlivňující chybovost na překážkách ve vrcholových parkurových soutěžích

Název studie: Still beyond a chance: Distribution of faults in elite show-jumping horses

Autoři studie: Klára Ničová, Jitka Bartošová

Stav: Rukopis byl přijat k publikování 19. 2. 2022

4.1.1. Úvod

Flexibilita chování koní vedla k širokému spektru jezdeckých disciplín. V jezdeckém sportu jsou kůň a jeho jezdec dva sportovci, kteří by měli spolupracovat jako pár, i když se liší anatomií, pohybovými schopnostmi a zkušenostmi. Obecně deklarovaným cílem výcviku koní dle Mezinárodní jezdecké federace (Fédération Equestre Internationale; FEI) je pozorný, klidný a flexibilní kůň pracující se zájmem a v harmonii se svým jezdcem (FEI 2019a; FEI, 2019b). K nejrozvinutějším jezdeckým disciplínám patří parkur. Úkolem soutěžících v této disciplíně je splnit předepsaný kurz parkuru s nejnižším možným počtem trestných bodů (chybovost) za shozená břevna, překážky, vyhnutí se překážce či odmítnutí poslušnosti. Nebo z důvodu překročením časového limitu, který je definován v skokových pravidlech pro každý typ soutěže (FEI 2019b). Dlouhodobým cílem majitelů a chovatelů koní je pak dosáhnout dobrého skóre v hodnocených soutěžích.

Cílem studie bylo zjistit faktory a případné vrozené behaviorální tendence, které ovlivňují úspěšnost v překonání překážek v soutěžích na vrcholové úrovni. K analýze byly vybrány parkurové závody, kterých se účastnili špičkoví jezdci a koně s ověřenou top výkonností. Kromě charakteristik dvojice jako je pohlaví, věk, zkušenost koně a jezdce, byly testovány i charakteristiky trasy parkuru jako jsou typ překážky, pořadí skoku, základní kolo vs. rozeskakování. Také byl sledován směr nájezdu na jednotlivé překážky v soutěži, a jaká byla pravděpodobnost shození překážky umístěné ve směrem nájezdu zleva, zprava nebo rovně. Směr nájezdu na překážku může odrážet roli laterality koně či jezdce, jakožto široce rozšířeného fenoménu zodpovědného za výhodné adaptace (Vallortigara et al. 1999).

Studie měla za cíl potvrdit či vyvrátit, zda koně mají vyšší úspěšnost v parkurových soutěžích na skocích najížděných z levého směru nájezdu na překážku než z pravého z důvodu

vrozené laterality mozku koní. U koní na světové úrovni nebylo možné otestovat jejich stranové preference, proto byla původní hypotéza zjednodušena a bylo testováno, zda je v parkurových soutěžích nižší chybovost na skocích najížděných z levého oblouku, jak bylo očekáváno v případě působení efektů laterality.

4.1.2. Metodika

Bylo analyzováno 13 videozáznamů ze závodů Western European League světové soutěže Longines FEI World Cup 2017/2018. Soutěže jsou pořádány v různých městech v Evropě (Oslo, Helsinky, Verona, Lyon, Stuttgart, Madrid, La Coruna, London, Mechelen, Leipzig, Zurich, Bordeaux, Göteborg). Soutěže byly organizovány v jezdeckých halách a všechny byly na úrovni CSI-5*. Z databáze Mezinárodní jezdecké federace (FEI, <https://tv.fei.org>) byly získány podrobné údaje o soutěžících (Tabulka 1). Všechny soutěže se skládaly z prvního kola (15 - 17 překážek) a rozeskakování (8 - 10 překážek). Kurzy jednotlivých soutěží a kol byly vytvořeny profesionálními designéry parkurů, jejichž cílem je, co se nejvíce odlišovat jednotlivá kola v rámci celé ligy, pokud jde o uspořádání a barvu překážek, ozdob kolem tratě atd. Pro účely studie bylo shození překážky nebo odmítnutí poslušnosti klasifikováno jako chyba. Pro každou soutěž byla stanovena minimální rychlost a časový limit.

Typy překážek

V jednotlivých kolech byly překonávány překážky (n = 320) dvou typů – výškové (n = 152) a šířkové (n = 168). Podrobněji byly výškové překážky rozděleny na jednoduchý kolmý skok (41,36 %), kolmý skok s vodou (4,63 %) a zdi (2,30 %). Šířkové překážky se dělí na oxery (44,78 %), oxery s vodou (4,63 %) a triplebary (2,02 %; trojbradlí). U 9,53 % překážek byl vodní prvek. Většina překážek byly samostatně stojící překážky (N = 227; 70,94 %) v rámci tras parkurů, ostatní překážky tvořily kombinace, a to dvojskoky (n = 54) či trojskoky (n = 39), představující řadu dvou (tří) v linii stojících překážek v rozmezí 7 až 12 m od sebe. Jednotlivé překážky byly dle pravidel tohoto typu soutěží vysoké 140 až 160 cm. Délka jednotlivých kol se lišila a byla v rozmezí 380 – 490 m. Doporučená rychlost v prvním kole byla 350 m/min.

Celkově bylo překonáno 9114 skoků, které byly pro účely studie dále kategorizovány dle směru nájezdu s nájezdem z pravé strany (pravostranné; n = 3782), z levé strany (levostranné, n = 3732) a s rovným směrem nájezdu na odskok překážky (n = 1600).

Tabulka 1 Western European League 2017/2018

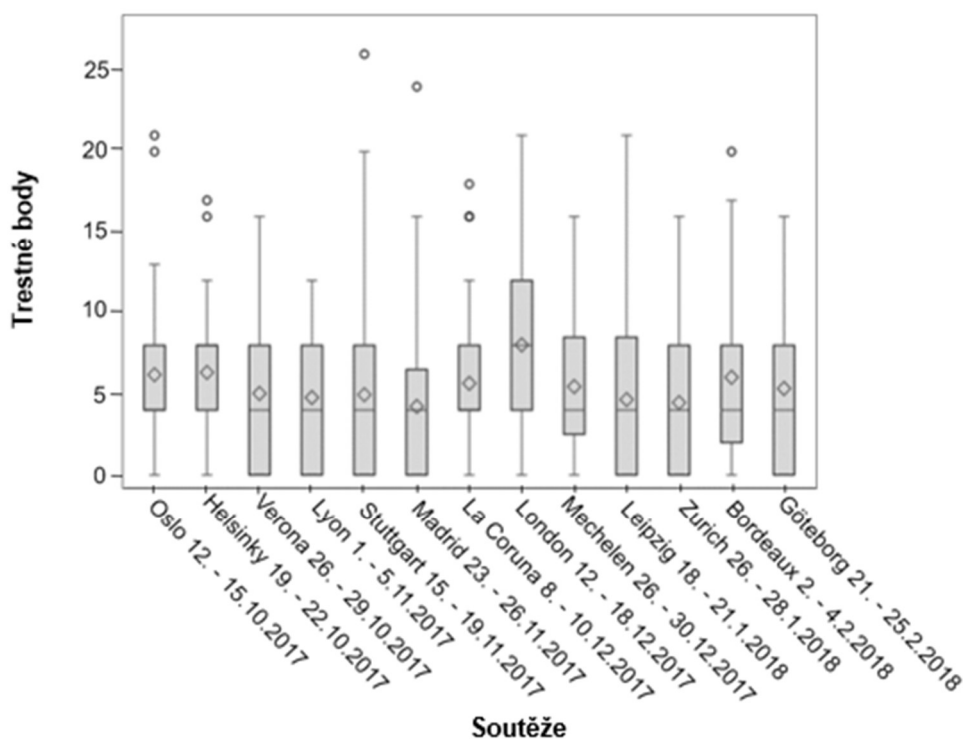
Datum	Město	První kolo			Rozeskakování		
		Soutěžící	Délka trasy (m)	Počet skoků	Soutěžící	Délka trasy (m)	Počet skoků
12.-15.10.2017	Oslo	38	410	16	7	295	9
19.-22.10.2017	Helsinki	40	450	17	9	270	8
26.-29.10.2017	Verona	38	465	16	11	290	8
1.-5.11.2017	Lyon	40	420	16	11	280	8
15.-19.11.2017	Stuttgart	40	410	16	16	380	10
23.-26.11.2017	Madrid	40	430	16	18	300	9
8.-10.12.2017	La Coruna	40	490	17	8	285	8
12.-18.12.2017	London	36	400	16	4	280	8
26.-30.12.2017	Mechelen	40	380	16	7	290	9
18.-21.1.2018	Leipzig	40	390	15	15	300	9
26.-28.1.2018	Zurich	39	430	16	14	300	9
2.-4.2.2018	Bordeaux	40	440	16	10	280	8
21.-25.2.2018	Göteborg	33	420	16	11	300	8
Suma	x	504	x	209	141	x	111

Soutěžící

V rámci Western European League (W. E. L.) soutěžilo 645 dvojic, z nichž 504 bylo k vidění v prvním kole soutěží a 141 z nich se probojovalo svými výsledky do rozeskakování. Soutěže se zúčastnilo 144 jezdců, jejichž průměrný věk byl 38,06 let (rozmezí 20 – 63 let, směrodatná odchylka $\pm 9,74$ let). Jezdci se lišili v Longines ranking – v mezinárodním žebříčku úspěšnost jak počtem startů, tak počtem vyhraných soutěží (počet startů: 33 – 2861, počet vítězství: 0 – 366). Každý jezdec mohl soutěžit v rámci ligy s více koňmi, ale pouze s jedním v rámci jedné soutěže. Celkově se soutěží zúčastnilo 222 koní odlišné výkonnosti, zkušeností, plemene ($n = 22$) a věku. Koně museli být dle FEI pravidel starší než 7 let, průměrný věk koní v soutěžích byl 12,08 let (směrodatná odchylka $\pm 1,88$ let). Klisen soutěžilo 63, hřebců 59

a 100 valachů. Zkušenost koní v počtu startů v dřívějších soutěžích byla v rozmezí 5 – 368 a koně se od sebe lišili i v počtu vítězství v předešlých soutěžích (0 – 29).

Jelikož soutěž trvá několik měsíců (začíná v říjnu a končí v následujícím roce v únoru), bylo třeba nejprve zjistit, zda pořadí závodů v průběhu celé soutěže nezvyšuje počet chyb (trestných bodů). Z výsledků vyplývá, že jednotlivé závody se od sebe nelišily v počtu trestných bodů, město konání či pořadí závodu nemělo vliv na počet trestných bodů. Je možné tedy říci, že jednotlivé závody byly obdobně náročné (Graf 1).



Graf 1 Počet a základní statistické charakteristiky trestných bodů v průběhu jednotlivých soutěží W. E. League 2017/2018. Uvnitř obdélníku krabicového grafu (box-plot) je naznačena pozice mediánu (50 % kvantil) a obdélník samotný značí polohu prvního (25 % kvantil) a třetího kvartilu (75 % kvantil). Vyčnívající vertikální přímky mimo obdélník naznačují polohu hodnot více vzdálených od mediánu. Body mimo přímky jsou odlehlými hodnotami, zobrazující případné minimum a maximum pozorovaných hodnot.

Analýza dat

Statistické analýzy byly provedeny pomocí softwaru SAS System (verze 9.4, SAS Institute Inc. Cary, USA.). Explorační analýza dat zhodnotila a zjistila četnosti a rozložení jednotlivých proměnných. K posouzení normality dat bylo využito grafického zobrazení pomocí histogramu u proměnných trestné body, věk jezdců, počet startů jezdců, počet vítězství, Longines Ranking a další. Poté byl sestaven zobecněný lineární smíšený regresní model (GzLMM, v proceduře GLIMMIX, SAS) pro analýzu kategorických dat (binomické rozdělení, linková funkce = logit) odděleně pro první kolo soutěže a rozeskakování, neboť druhého kola se dle pravidel soutěže účastní variabilní počet jezdců a koní, kteří neudělali žádnou chybu a nepřekročili stanovený čas.

Následně byly vybrány vhodné závislé a nezávislé proměnné (počet startů jezdců a počet startů koní v jejich kariéře). Do modelu byly přidány následující pevné efekty související s trasou soutěže, vlastnostmi jezdců a koní nebo jejich společným výkonem: pořadí překážky v trase parkuru, typ překážky (kolmý skok, kolmý skok s vodou, oxer, oxer s vodou, triplebar, zed'), pořadí překážky (samostatná překážka, první nebo druhá překážka v dvojkombinaci, první, druhá nebo třetí překážka v trojkombinaci), směr nájezdu (z levého oblouku nebo pravého oblouku, nebo rovně v případě, že samostatné překážky nebo první překážky v kombinaci), věk jezdce (rok), pohlaví (muž / žena), zkušenosti (počet předchozích startů v kariéře jezdce), věk koně (rok), pohlaví (hřebec / valach / klisna), počet předchozích startů koně v kariéře, rychlost v soutěži (m/s). Dvojice kůň-jezdec a konkrétní soutěž vstupovaly do modelu jako náhodné faktory, aby se zohlednily možná opakovaná měření u stejných jedinců v průběhu celé ligy. Z původního modelu byly následně vypuštěny nevýznamné faktory ($P < 0,05$). Byly vypočteny průměry nejmenších čtverců pro skupiny tříd testovaných kategorických proměnných (LS-MEANS) a rozdíly mezi nimi byly vhodně upraveny pro vícenásobná srovnání s použitím Tukey-Kramerovy metody.

Vztah mezi spojitými proměnnými (rychlost v prvním kole a rozeskakování) byl hodnocen pomocí Pearsonova korelačního koeficientu (PROC CORR, SAS). Porovnání rychlostí, v prvním kole a rozeskakování, bylo testováno obecným lineárním smíšeným modelem (GLMM) na 118 párech kůň-jezdec, které dokončily rozeskakování. Rychlost byla využita jako závislá proměnná, kolo soutěže (první kolo nebo rozeskakování) jako pevný faktor a identita páru jezdec-kůň a soutěž byly náhodnými faktory (PROC GLIMMIX, SAS; distribuce = normální, funkce = identita). Další obecný lineární smíšený model se stejným náhodným

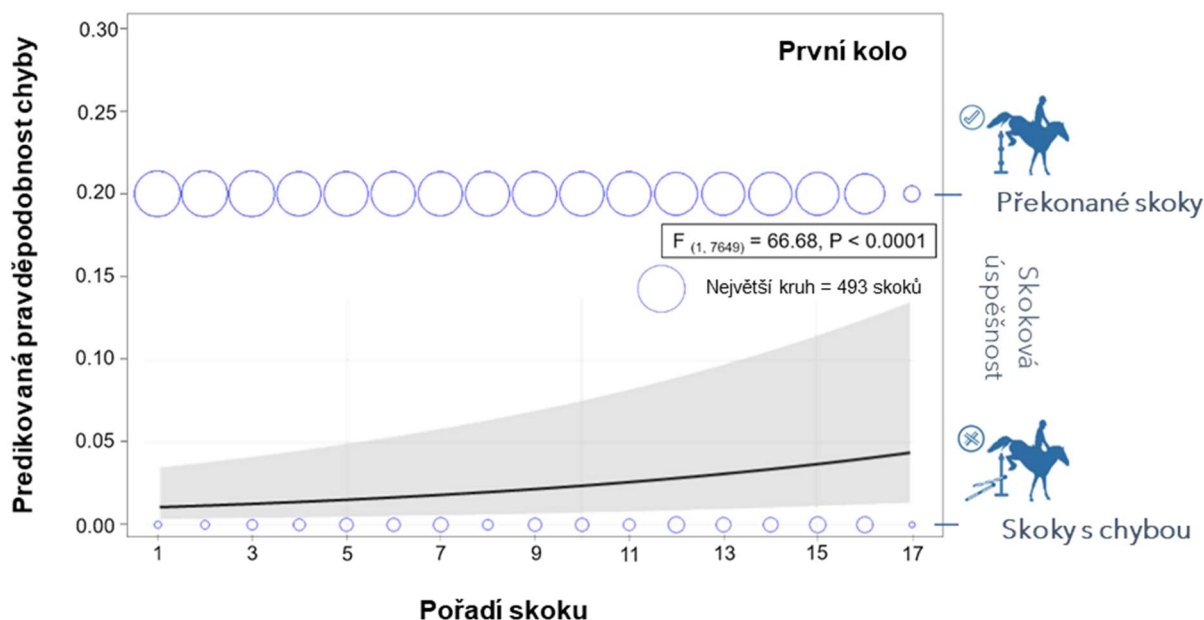
efektem byl použit pro vyhodnocení vlivu testovaných faktorů na rychlost při rozeskakování. Fixní efekty byly věk, pohlaví a zkušenosti (počet předchozích startů v kariéře) jezdců a věk, pohlaví a zkušenosti koně (počet předchozích startů v kariéře).

4.1.3. Výsledky

Analyzovali jsme 13 soutěží ligy Western European League 2017/2018, během níž soutěžící překonali 9114 skoků. Celkově se ligu zúčastnilo 144 jezdců a 222 koní, kteří překonali 320 překážek v rámci 504 startů v prvních kolech soutěží a 141 startů v rozeskakování. Úkolem dvojice v parkurovém závodě je projet předepsanou trasu s co nejnižším počtem trestných bodů za shozené překážky a nepřekročit časový limit. Celková míra chybovosti byla 7,85 % (8,12 % v prvním kole, 6,08 % v rozeskakování). Účinky testovaných faktorů v prvním kole a rozeskakování jsou popsány v následujících odstavcích.

První kola soutěží

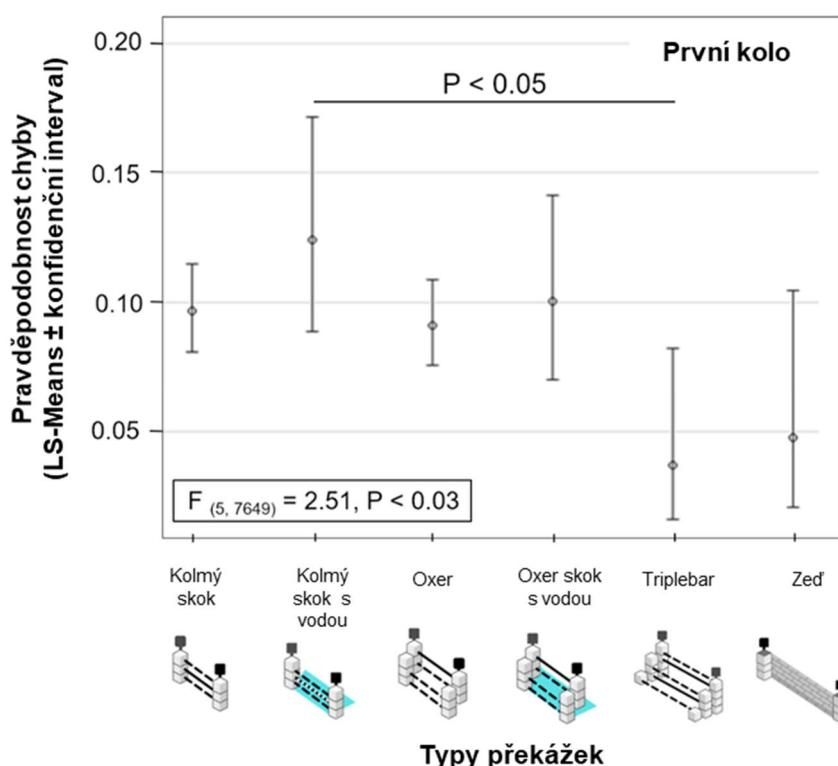
Pravděpodobnost chyby v prvním kole soutěží se lišila na základě pořadí překážky na trase parkuru ($F_{(1, 7649)} = 66,68$; $P < 0,0001$; GzLMM, PROC GLIMMIX, SAS); čím později na trase byla překážka umístěná, tím vyšší na ní byla pravděpodobnost selhání dvojice (Graf 2). Na vině je zřejmě zvyšující se obtížnosti skoků, anebo únava dvojice či koně.



Graf 2 Chybovost dle pořadí skoku v prvním kole soutěží. Predikovaná pravděpodobnost chyby podle pořadí skoků v průběhu prvního kola (GzLMM, PROC

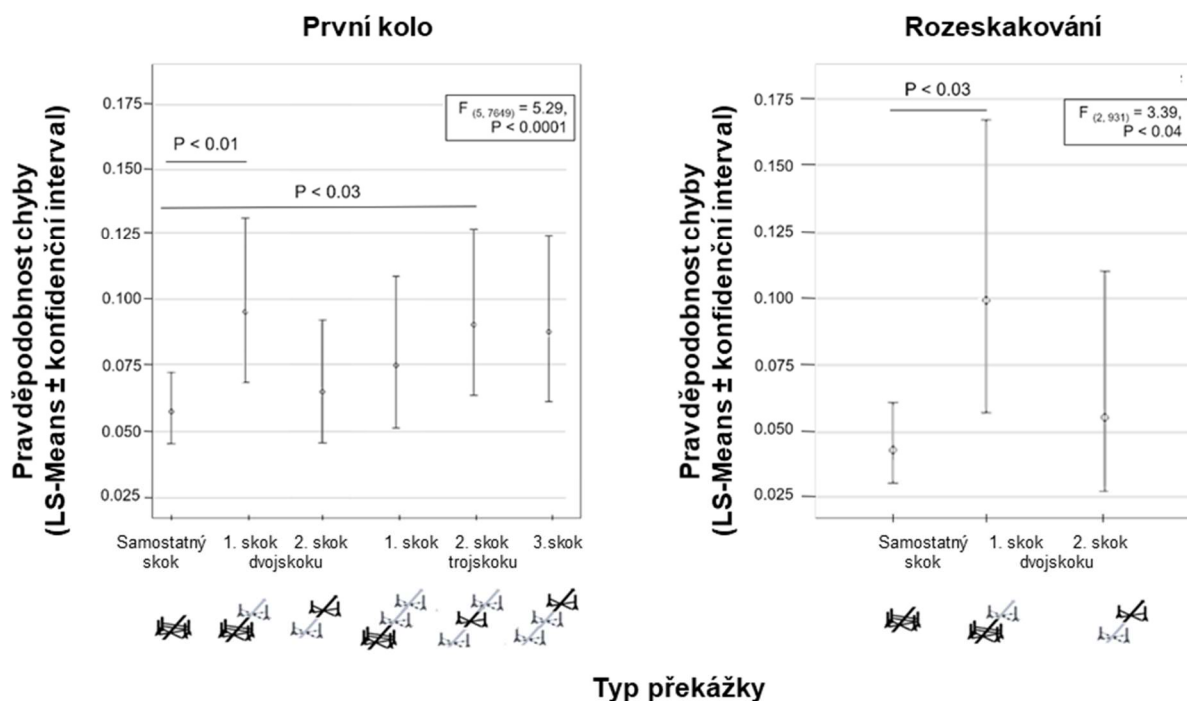
GLIMMIX, SAS). Křivka a šedé pole ukazují predikovanou pravděpodobnost chyby $\pm 95\%$ interval spolehlivosti. Dvě řady kruhů představují surová data – výskyt neúspěšně (spodní řada) a úspěšně překonaných skoků (horní řada) přes jednotlivé překážky. Velikost kruhu odráží počet pozorování na konkrétní překážce.

Bylo zjištěno, že typ překážky byl jedním z faktorů ovlivňujících chybovost v prvním kole soutěží ($F_{(5, 7649)} = 2,51; P < 0,03$). Určité překážky byly tak spojeny s nižší chybovostí nežli jiné. Z pohledu statistiky se významně odlišoval pouze kolmý skok s vodou, kde byla zjištěna nejvyšší pravděpodobnost chyby a naopak nejnižší chybovost byla sledována u triplebarů ($0,037 \pm 0,015$ vs. $0,125 \pm 0,021$; LSMEAN \pm směrodatná chyba; $P < 0,05$; Graf 3). Nicméně z praktického pohledu však zjištěné rozdíly mezi průměry dosahují pro jezdce, trenéry a stavitele parkurů důležitou informaci. Mohou znamenat například významný rozdíl v umístění, a tím i vyhraných finančních dotací v soutěži.

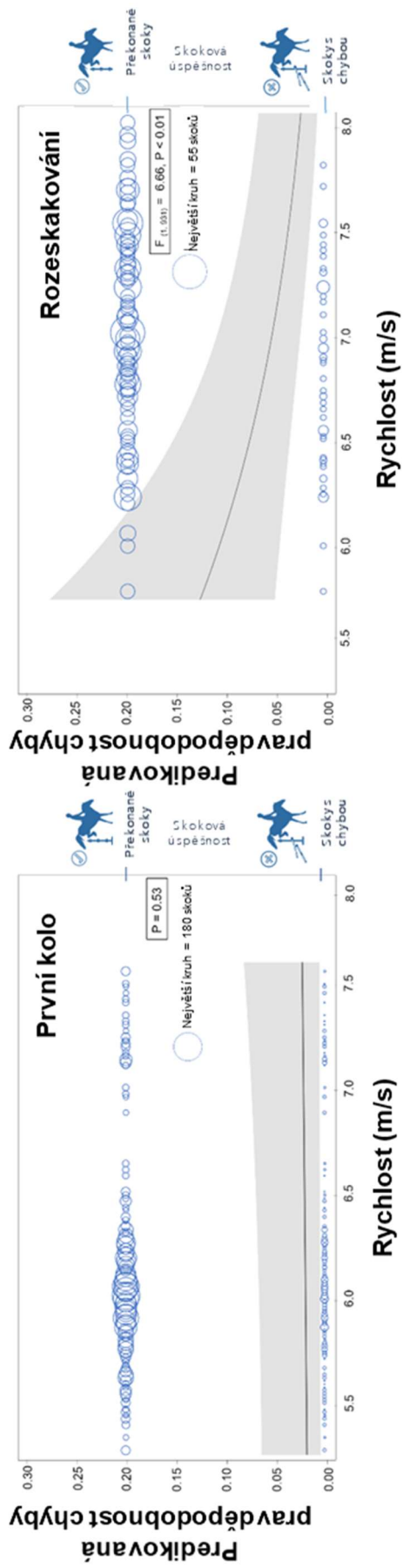


Graf 3 Predikovaná pravděpodobnost chyby na různých typech překážek. Predikovaná pravděpodobnost chyby na různých typech překážek v prvním kole soutěží (průměr $\pm 95\%$ interval spolehlivosti, GzLMM, PROC GLIMMIX, SAS).

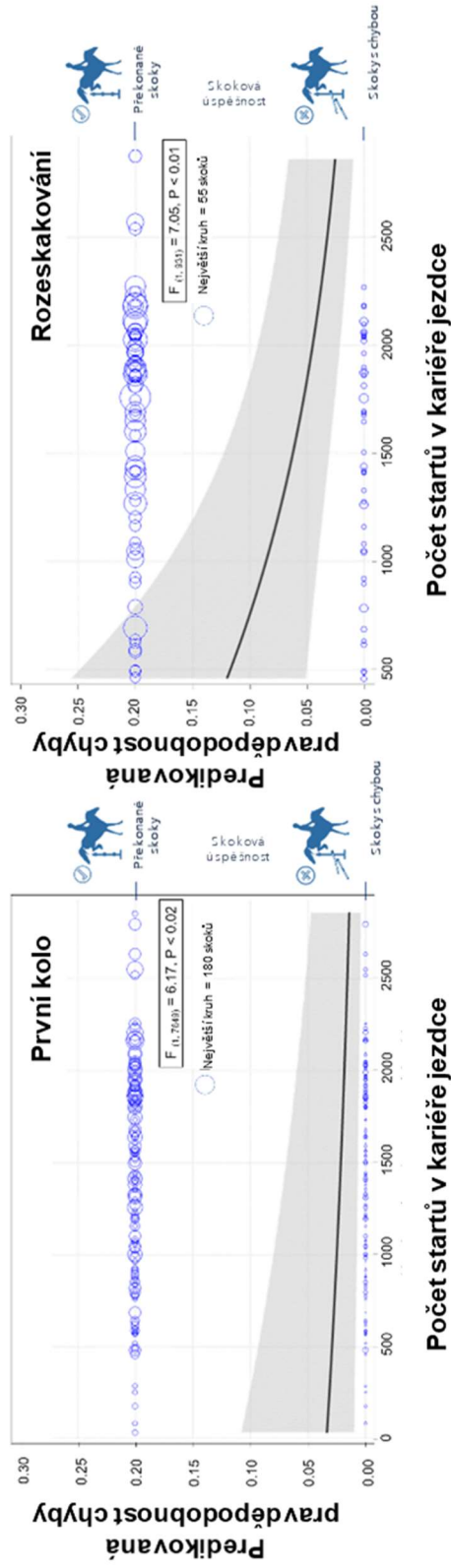
Chybovost soutěžících se také lišila mezi samostatně stojícími překážkami a překážkami v kombinacích ($F_{(5, 7649)} = 5,29$; $P < 0,0001$; Graf 4 vlevo). Nejmenší chybovost byla v prvním kole zjištěna u samostatně stojících překážek v trase parkuru ($0,057 \pm 0,007$), zatímco nejvyšší byla nalezena na první překážce ve dvojskoku ($0,095 \pm 0,016$). Byl také prokázán vliv zkušenosti jezdce na společný výkon dvojice v soutěžích. Čím zkušenější byl jezdec v prvním kole (více startů v kariéře), tím méně dvojice chybovala ($F_{(1, 7649)} = 6,17$; $P < 0,02$; Graf 5 vlevo). Pohlaví jezdce a koně, ani zkušenost koně neměli vliv na výkon dvojice v prvním kole. V prvních kolech nebyla chybovost dvojice ovlivněna rychlostí v parkuru ($P = 0,53$; Graf 6 vlevo). Směr nájezdu na překážku se neprokázal jako významný faktor na úspěšnost dvojice v soutěži ($P = 0,14$).



Graf 4 Chybovost na skocích v kombinaci a jednotlivých překážkách



Graf 5 Chybovost jezdců ve vztahu k počtu startů v jejich kariéře v prvním kole (vlevo) a rozeskakování (vpravo). Predikovaná pravděpodobnostní křivka \pm 95% konfidenční interval; modré řady udávají surová data – úspěšně překonané překážky (horní řada) a chyby na překážce (dolní řada). Velikost kruhu odráží počet pozorování předchozích startů jezdců.



Graf 6 Vliv rychlosti v parkuru na pravděpodobnost chyby na překážce v prvním kole (vlevo) a rozeskokování (vpravo). Predikovaná pravděpodobnostní křivka \pm 95% konfidenční interval; modré řady udávají surová data – úspěšně překonané překážky (horní řada) a chyby na překážce (dolní řada). Velikost kruhu odpovídá počtu výskytů v daném úseku rychlosti.

Rozeskakování

Typ překážky, směr nájezdu na překážku a počet předchozích startů v kariéře koně neměly vliv na chybovost dvojice v rozeskakování. Stejně platný se v rozeskakování prokázal efekt zkušenosti jezdce, jako tomu bylo v prvním kole soutěží. Čím více startů ve své kariéře jezdec absolvoval, tím méně chyboval ($F_{(1, 931)} = 7,05$; $P < 0,01$; Graf 6). Významný vliv na úspěšnost hrála rychlost dvojice ($F_{(1, 931)} = 6,66$; $P < 0,01$; Graf 5) a typ skok, tedy to zda byl součástí kombinace nebo stál v trase parkuru samostatně ($F_{(2, 931)} = 3,39$; $P < 0,04$; Graf 4). Největší pravděpodobnost chyby byla zaznamenána na prvním skoku ($0,043 \pm 0,008$) a druhém skoku z dvojskoku ($0,055 \pm 0,020$) v porovnání se samostatně stojícími překážkami v parkuru ($0,100 \pm 0,027$; Graf 4 vpravo).

Jak lze předpokládat, koně v rozeskakování projeli trasu parkuru výrazně rychleji ($7,10 \pm 0,08$ m/s, průměr \pm směrodatná odchylka; rozsah 5,76 – 8,08 m/s) než v prvním kole ($6,12 \pm 0,08$ m/s; 4,52 – 7,59 m/s; $F_{(29)} = 546,10$; $P < 0,0001$). V rozeskakování dosahovaly rychlejší dvojice menší chybovosti, ale korelace mezi rychlostí v rozeskakování a prvním kole zjištěna nebyla ($r = 0,26$; $P < 0,01$). Rychlost v rozeskakování se lišila v závislosti na pohlaví koně ($F_{(2, 25)} = 4,98$; $P < 0,02$) a současně mírně narůstala s počtem dřívějších startů v kariéře koně ($r = 0,002$, $F_{(1, 25)} = 12,99$; $P < 0,001$). Klisny překonávaly parkur o něco rychleji ($7,24 \pm 0,12$ m/s) než valaši ($6,98 \pm 0,12$ m/s) a hřebci ($7,14 \pm 0,14$ m/s).

Ostatní faktory (pohlaví koně/jezdce, zkušenost koně) na úspěšnost v parkuru neměly vliv, a to bohužel včetně primárně studovaného směru nájezdu na překážku ($F_{(2, 7649)} = 1,95$; $P = 0,14$). Chybovost byla podobná na skocích najížděných zleva, zprava nebo rovně.

4.2. Projekt: Gender v jezdeckém sportu

Název: Gender and sex effects in performance during top show jumping competition

Autoři studie: Klára Ničová, Jitka Bartošová

Stav: Na základě sběru dat k předchozí studii vznikl tento vedlejší projekt. Rukopis je v recenzním řízení

Abstrakt

Jezdectví je unikátní disciplína, ve které spolu rovnocenně soutěží sportovci obojího pohlaví. Při zběžné obhlídce jezdeckých stájí a soutěží je dnes jezdeckví doménou žen a dívek, ve vrcholných soutěžích však početně převažují muži. Cílem této studie je porovnat úspěšnost žena a mužů v nejvyšších skokových soutěžích (Grand Prix) a zhodnotit jaké parametry mají vliv na finální umístění soutěžících. A také to, zda muži a ženy odlišně používají obvyklé bič a ostruhy na této úrovni. Parkurové soutěže jsou fyzicky velmi náročnou disciplínou a genderové stereotypy tak nahrávají spíše mužům. V rámci studie byly analyzovány informace o jednolitéch jezdcích z databáze Mezinárodní jezdecké federace (FEI) o 144 účastnících 13 závodů Western European League (Longines FEI World Cup) v sezóně 2017/2018.

Třicet jezdkyň (20,83 %) bylo o 5 let mladších než mužští soutěžící ($34,23 \pm 8,87$ vs. $39,06 \pm 9,68$ let; nejstarší žena: 53, muž 63 let). Muži a ženy účastníci se soutěže absolvovali podobný počet startů v průběhu roku ($94,5$ vs. $89,6$, $p = 0,72$, GLM). Podíl vítězů však naznačoval mírnou převahu mužů ($0,046$ vs. $0,032$, $p = 0,054$). Na úrovni Western European League mužští jezdci zcela převládali ženy v žebříčku hodnocení Longines Ranking. Stejně tomu bylo i při porovnání v rámci světového hodnocení parkurových jezdců, kde muži byli více úspěšní ($146,4$ vs. $232,3$, $p < 0,001$; čím nižší číslo, tím lepší umístění v hodnocení).

Také u koní byly klisny méně pravděpodobnými konkurenty (28,37 %), hřebci a valaši byli v soutěžích úspěšnější. Velká variabilita byla zjištěna v počtu předchozích startů v kariéře koní, stejně tak jako v počtu startů za rok i podílu výher za celou dobu kariéry. V rámci těchto kategorií byl jen malý rozdíl mezi klisnami, hřebci a valachy.

Přítomnost biče a ostruh byla zaznamenána z pěti fotografií nalezených na volně dostupných webových zdrojích ze soutěží pro náhodně vybraných 15 jezdců a 15 jezdkyň Western European League, podmínkou byl vždy jiný kůň v dané soutěži. Z analyzovaného dat vyplynulo, že všichni jezdci měli během všech soutěží na sobě ostruhy. Zatímco bič byl přítomen méně často u žen než u mužů ($0,32$ vs. $0,56$, $p < 0,05$, GLM). Z 30 jezdců pouze 4 z nich (13 %) nebyli vybaveni bičem vůbec a ve všech těchto případech se jednalo o ženy. Na rozdíl od toho u 4 mužů byl bič k vidění se všemi 5 koňmi. Častější přítomnost biče v ruce mužů může být jakýmsi genderovým atavismem (latentní agresivita, potřeba držet zbraň), nicméně stejně tak může odrážet to, že jezdci jezdí obtížněji zvladatelné koně než ženy. Zda a

jak jezdci a jezdkyňe bič v závodě skutečně používají, bude předmětem dalšího zkoumání, stejně jako detailní analýza průběhu a výsledku jednotlivých závodů v podání jezdců a jezdkyň.

4.3. Projekt: Magnetorecepce u koní

Název: Magnetorecepce u koní: Chybovost koní v parkuru na překážkách různě orientovaných vůči magnetické ose Země

Autoři studie: Klára Ničová, Jitka Bartošová, Jana Kovářová

Stav: Analýza dat, rukopis v přípravné fázi

4.3.1. Úvod a metodika

Magnetické pole Země je vnímáno mnohými živočichy, řada studií dokládá jejich tendenci orientovat své tělo a pohyb podle působení magnetického pole Země. První zmínku o vnímání magnetického pole Země přinesla studie z šedesátých let o pasivní orientaci bakterií (*Magnetospirillum magnetotacticum*) ve směru dle magnetického pole (Frankel 2009). Mezi již známé projevy patří pohyby zvířat v prostoru, směr vzletu a přistávací směr ptáků, směr skoku lišek při lovu, směr podzemních tunelů rypošů, ale také jeleních a srnčích zálehů, či rovnání osy těla skotu ve směru severo-jihním (Wiltschko et al. 2005; Walker et al. 2002; Begall et al. 2013; Červený et al. 2011; Burda et al. 2020; Begall et al. 2013).

Cílem projektu bude získat data pro otestování základní hypotézy, že koně častěji chybují v parkuru na překážkách umístěných mimo severo-jihní magnetickou osu Země. Pokud překážka bude stát ve směru severo-jihní osy, kuň by jí měl absolvovat snadněji (menší chybovost). Pokud bude překážka umístěná jiným směrem, dá se předpokládat, že na této překážce bude jezdec s koněm chybvat častěji. Zjištěné informace a možné potvrzení základní hypotézy by do budoucna přineslo mnohé výhody pro výcvik mladých koní, kdy je hlavním cílem udržet jejich motivaci překonávat překážky. Naproti tomu se tato teorie dá také využít i staviteli parkurů světové úrovně, kde je vyrovnanost jednotlivých dvojic jezdců a koní velmi podobná.

Tento projekt je součástí zadání diplomové práce, kde bylo úkolem diplomanta vybrat vhodné parkurové soutěže ze série Longines Global Champions Tour 2018 s odlišným povrchem na kolbišti (písek / tráva) a místem pořádané soutěže (jezdecká hala / otevřené

venkovní kolbiště), zaměřit orientaci (směr umístění) jednotlivých překážek v dané soutěži, zaznamenat chybovost (první odmítnutí poslušnosti, druhé odmítnutí poslušnosti (diskvalifikace), dotyk končetiny/ kopyt/ spodní linie těla překážky, shození překážky, zastavení, ztrátu rovnováhy, pád). Dále byly využity veřejně dostupné informace o jezdcích a koních z FEI databáze (<https://data.fei.org/Default.aspx>). Pro video rozbor sportovních výkonů koní a jezdců bylo využito veřejně dostupných záznamů (FEI Sport App / TV). Celkově bylo vybráno 8 soutěží s účastí přes 30 jezdců (Tabulka 2). Všechny soutěže byly na úrovni CSI5* a jednalo se o první kola soutěží.

Typy překážek

Soutěžící překonali 104 překážek, z nichž 63 bylo oxerů, 62 kolmých překážek, 2 vodní skoky a 2 triplebary. Výška překážek byla 160 cm. Všechny soutěže se jeli v předem stanoveném tempu, dle skokových pravidel (FEI, 2019b), které bylo 375 m/min. Délka jednotlivých soutěží se od sebe lišila a byla v rozmezí 450 – 520 m. Celkově bylo přeskočeno 3905 skoků, které byly pro účely studie kategorizovány dle směru nájezdu na překážku oproti směru magnetického severu Země (Graf 7).

Soutěžící

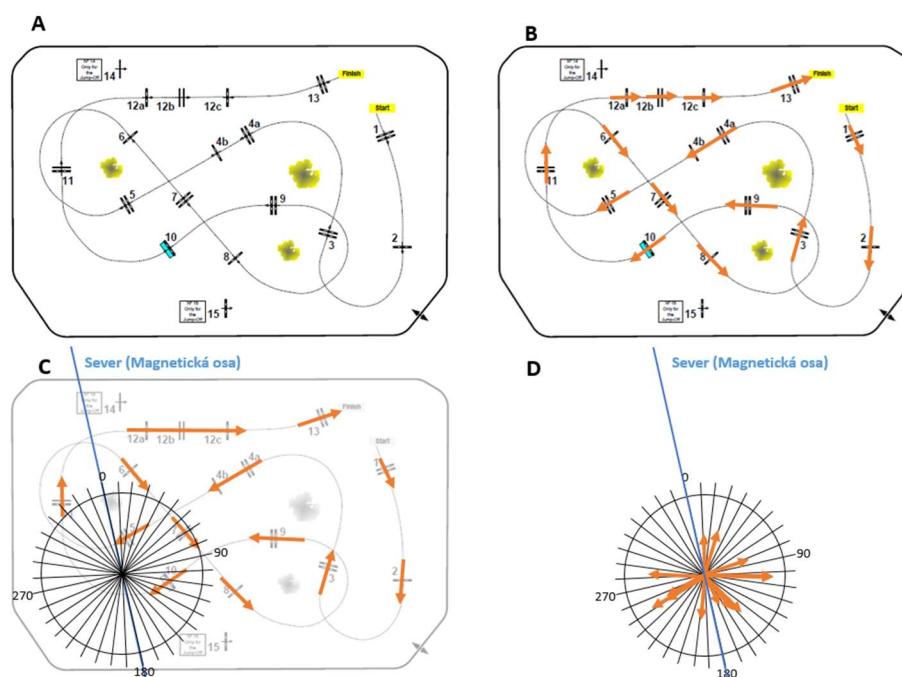
V rámci Longines Global Champions Tour 2018 soutěžilo 96 jezdců, kteří se od sebe lišili ve věku (průměrný věk 39 let), pohlaví, počtu startů v kariéře, počtu vítězství a umístění v Longines Ranking žebříčku. Jezdci závodili se 156 koňmi, jejichž průměrný věk byl 14,37 let. U koní bylo zaznamenáno jejich pohlaví, zbarvení, plemenná příslušnost a počet startů a vítězství v kariéře.

Tabulka 2 Longines Global Champions Tour 2018

Datum konání	Místo	Soutěžících jezdců	Počet překážek	Počet skoků	Délka trasy (m)	Povolený čas (s)	Časový limit (s)
24. 3. 2018 16:15	Mexico City	33	13	16	510	82	164
7. 4. 2018 17:20	Miami Beach	35	13	16	470	76	152
5. 5. 2018 18:45	Madrid	35	14	17	520	84	168
12. 5. 2018 15:45	Hamburg	35	13	16	520	84	168
7. 7. 2018 19:15	Paris	35	13	16	480	77	154
4. 8. 2018 17:15	London	34	13	16	500	80	160
10. 11. 2018 17:45	Doha	34	13	16	480	77	154
15. 12. 2018 20:30	Prague	16	12	16	450	72	144
Suma	x	257	x	x	x	x	x

Zaměření magnetorecepce

Pro zaměření směru magnetického pole Země pro jednotlivé soutěže byly zjišťovány informace z jednotlivých plánek soutěží a umístění arény na mapě v dané lokalitě. Následně byla spočítána magnetická deklinace pomocí online kalkulačky na internetovém portálu: <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml> dle GPS polohy arény.



Graf 7 Nákres trasy parkuru s překážkami vůči magnetickému směru Země. A nákres trasy soutěže, B Nákres trasy soutěže dle jednotlivých překážek, C zobrazení magnetické osy Země (S = sever), D Zakreslení jednotlivých překážek dle jejich směru vůči magnetické ose.

4.4. Projekt: Směrové preference u dostihových koní

Autoři studie: Klára Ničová, Jitka Bartošová

Stav: Analýza dat, rukopis v přípravné fázi

4.4.1. Úvod a metodika

Dostihy vznikly již v 17. století a v průběhu uplynulých let jsme mohli sledovat narůstající zájem o tuto jezdeckou disciplínu, která patří nedomyslitelně k anglických plnokrevníků. Dostihy nejsou jen soutěží prokazující aktuální výkon dvojice, ale jsou důležité i z pohledu chovatelské praxe jako selekční ukazatel sloužící ke zkvalitňování chovu. Na základě aktuálních vědeckých poznatků a stavu poznání ve studované oblasti směrové preference byl navržen počáteční sběr dat na zhodnocení, hypotézy H4. Konkrétně tedy zda levostranně dominantní koně mají rychlejší časy na levostranných dostihových drahách. K výzkumu

směrových preferencí u koní a dalších faktorů ovlivňujících úspěšnost koní bylo zvoleno sledování rovinových dostihů v České republice.

K získání potřebných dat byly využity volně dostupné online výsledkové listiny Jockey clubu (www.jockeyclub.cz) z proběhlých rovinových dostihů v České republice v roce 2019. Součástí projektu byla i analýza volně dostupných videí na webové stránce youtube či záznamů ČT sport. U rovinových dostihů byly sledovány časy doběhnutí a také směr, ve kterém závod probíhal, tedy zda byl dostih levostranný či pravostranný. Pro vyhodnocení výsledků byly zaznamenány i bližší informace o jednotlivých dostizích jako je například lokalita dostihu (Praha-Velká Chuchle, Brno, Karlovy Vary, Most, Pardubice, Slušovice, Mimoň, Netolice, Lysá nad Labem, Kolesa), kategorie dostihu (I, II, III, IV, V, L, Gd-3), stav trati (2,4 – 4,8), typ dostihu (2 letí – 4 letí koně), handicap (ano/ ne), cena (ano / ne), start z boxů (ano / ne), délka trati (1 000 – 3 300 m), rychlost a čas (s). Zároveň byly shromážděny informace o jednotlivých koních a jejich jezdcích účastnících se těchto dostihů (pořadí, jméno koně, pohlaví koně, datum narození koně, věk koně, počet startů a vítězství v kariéře koně, jméno jezdce, pohlaví jezdce, titul jezdce, váha jezdce, počet startů a vítězství v kariéře jezdce, výrok, trenér, pořadí na startu, evq). Celkově se jednalo o 2640 startů dvojice účastníci se rovinových dostihů v této sezóně, z nichž 582 startů bylo na levotočivých drahách a 2058 na pravotočivých. Podrobnější výsledky budou brzy statisticky zpracovány.

K porovnání s nasbíranými daty bude využito cíleného pozorování a sběru dat při přípravě dostihových koní plemene anglický plnokrevník do následující sezony v lokálních stájích. Ke sběru dat bude využito moderních technologií, například zařízení Polar, které slouží pro měření srdečního tepu a doby rekonvalescence. Pro získání informací o napětí na otěžích a vztahu k stranové asymetrii koní bude využito Rein tension device. Tento přístroj je schopný určit nejenom maximum a minimum napětí na otěžích, ale také rozdíl tlaků mezi oběma otěžemi v závislosti na trase, pohybu či předváděném cviku. Současně budou pořízeny fotografie hlav koní při pohledu zpředu, a to z důvodu analýzy polohy chlupových víru v oblasti čelní na spojnicí očí. Umístění chlupových vírů je možným indikátorem laterality u koní (Murphy & Arkins 2008).

4.5. Další projekty týkající se behaviorálních tendencí a preferencí koní

V průběhu doktorského studia byla věnována pozornost i dalším oblastem výzkumu behaviorálních tendencí a preferencí koní tématicky souvisejícím s kognicí, smyslovým vnímáním a welfare koní.

4.5.1. Projekt: Jak koně vnímají stálost objektů?

Název studie: Horses' (*Equus caballus*) ability to solve visible but not invisible displacement tasks is associated with frustration behavior and heart rate

Autoři studie: Rørvang, M. V., Ničová, K., Sassner, H., Nawroth, C.

Stav: publikováno - *Frontiers in Behavioral Neuroscience*

Původní článek: Rørvang, M. V., Ničová, K., Sassner, H., & Nawroth, C. (2021).

Horses' (*Equus caballus*) ability to solve visible but not invisible displacement tasks is associated with frustration behavior and heart rate. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 317.

Abstrakt

V minulosti se již mnoho studií zabývalo kognitivní vývojovou teorií stálosti objektu (Object permanence) u člověka a různých dalších druhů, otázkou zůstávalo jak je tomu u koní. Studie se také zabývala tím, jak individuální charakteristiky jednotlivce jako je pohlaví či například úroveň výcviku u koní, stejně jako psychické faktory, jako je frustrace, vzrušení či rozrušení ovlivňují výkon v těchto úlohách. Prezentovaná studie zkoumala schopnosti řešit tyto úlohy u islandských koní ($n = 39$) ve věku 2 - 25 let na různé úrovni výcviku. Koně byli vystaveni třem úlohám: 1) výběrovém testu (Choice test, $n = 37$), 2) úloze s viditelně přemístěným objektem z místa na místo, který byl následně zakryt (Visible displacement task, $n = 35$) a 3) úlohu se zakrytým a přemístěným objektem z místa na místo (Invisible displacement Task, $n = 31$). V rámci studie byly hodnoceny také související specifické ontogenetické, behaviorální a fyziologické faktory. Z celkového počtu koní jich 27 uspělo ve výběrovém testu a 8 koní v úloze s viditelně přemístěným objektem z místa na místo, který byl následně. Výsledky v těchto 2 úlohách dopadly výrazně lépe, než bylo náhodně očekáváno, zatímco v úloze se zakrytým a následně přemístěným objektem z místa na místo nebyl úspěšný ani jeden z koní. Celkově skupina koní byla úspěšná nad míru náhody v první a druhé úloze,

naopak v třetí si skupina vedla výrazně hůře, než se náhodně očekávalo. Bylo sledováno, že si koně vytrvale vybírali stranu, kde naposledy viděli sledovaný target v úloze (Obrázek 1). Žádná z individuálních charakteristik zahrnutých do studie neměla vliv na úspěšnost koní v jednotlivých úlohách. Ale bylo zjištěno, že neúspěšní koně měli vyšší tepovou frekvenci a projevovali více chování svědčícího o frustraci, pravděpodobně kvůli jejich neschopnosti vyřešit danou úlohu.

Z praktického hlediska můžeme očekávat, že koně budou následovat a pamatovat si předchozí umístění viditelných objektů ve svém prostředí, ale nemůžeme očekávat, že koně budou tyto objekty následovat, pokud se přemístí. Výsledky studie také ukazují, že koně projevují jak behaviorální, tak fyziologické známky frustrace, když nejsou schopni vyřešit danou úlohu. Zvýšená frustrace či rozrušení by tak mohla vést k negativní smyčce zpětné vazby, která může brzdít výkon koní v následující úloze. To zdůrazňuje potřebu přizpůsobení úloh, ale také cviků, které po koních požadujeme v průběhu manipulace, testů či výcviku k tomu abychom zajistili, že je budou schopni vyřešit.

Video z experimentu najdete zde: <https://www.youtube.com/watch?v=Elbe-CIIsiU>



Obrázek 1 Target training koní (M. V. Rørvang)

4.5.2. Projekt: Chování odpuzující hmyz u koní ve vztahu k prevalenci hmyzu a přístupu k přístřešku

Název: Insect-repelling behaviour in horses in relation to insect prevalence and access to shelters

Autoři studie: Janne Winther Christensen, Christina Gudim Strøm, Klára Ničová, Clotilde Lafaiage de Gaillard, Peter Sandøe, Henrik Skovgård

Stav: publikováno - Applied Animal Behaviour Science

Původní článek: Christensen, J. W., Strøm, C. G., Nicová, K., de Gaillard, C. L., Sandøe, P., & Skovgård, H. (2022). Insect-repelling behaviour in horses in relation to insect prevalence and access to shelters. Applied Animal Behaviour Science, 105560.

Abstrakt

Přístup na pastviny je klíčový pro naplňování přirozeného chování koní a též z důvodu zajištění jejich životní pohody. Během léta však může štípající hmyz působit koním nepohodlí až stres a vést ke zdravotním problémům souvisejícím s přenosem nemocí a alergií. Abychom změřili úroveň diskomfortu a nepohodlí bylo sledováno chování koní na pastvinách v Dánsku, na kterých neměli nebo měli přístup do přístřešku či jiných vnitřních prostor. Právě možnost schování se do přístřešků by mohla koním pomoci před obtěžujícím hmyzem. Ve studii jsme sledovali 39 koní, z nichž 21 mělo volný přístup do vnitřních prostor/přístřešků (pět skupin) a 18 koní tuto možnost nemělo a byli chováni jen na pastvinách (čtyři skupiny). U sledovaných koní byla zaznamenána pozice koně (např. uvnitř nebo venku) v rámci pastviny, projevy chování odpuzující hmyz (např. švihání ocasem a pohazování hlavou, Obrázek 2), povětrnostní podmínky v daný den sledování, byly také analyzovány metabolity kortizolu v trusu koní (FCM) jednotlivých koní a sledován byl i výskyt hmyzu prostřednictvím nachytných vzorků hmyzu v 3 typech pastí. Data byla shromažďována jeden den v týdnu v dané skupině po dobu osmi týdnů během léta 2019.

Nejčastěji zaznamenaným chováním koní bylo švihání ocasem (průměrná četnost: $29,4 \pm 1,1$ za minutu) a třes kůže (průměrná četnost: $13,8 \pm 0,6$ za minutu). Celková frekvence chování, kterým se koně snaží zbavit obtěžujícího hmyzu v jejich okolí, byla ovlivněna typech pastviny, tedy tím, zda koně měli přístup do vnitřních prostor / přístřešku či nikoliv. Zároveň byla frekvence tohoto chování ovlivněna i množstvím hmyzu nachytném v pastích ($F_{(1, 281)} =$

8,08, $p = 0,005$), protože častější projevy chování koně vykazovali bez možnosti přístupu dovnitř a s rostoucí prevalencí tabanidů. Koně s přístupem do vnitřních prostor / přístřešků byli uvnitř v 69 % sledování ve dnech s vysokou prevalencí tabanidů vs. 14 % ve dnech s nízkou prevalencí tabanidů. Koncentrace metabolitů kortizolu v trusu se mezi dny s nízkou vs. vysokou prevalencí nelišily.

Následující rok byla provedena menší navazující studie na 13 koních, z nichž 6 koní mělo přístup do vnitřních prostor a 7 koní nemělo. V této studii bylo sledováno chování koní a koním byly pravidelně odebírány vzorky slin pro rozbor kortizolu ve vybraných 2 letních dnech s nízkou nebo 2 dnech s vysokou prevalencí hmyzu. V dnech s vysokých prevalencí hmyzu se kortizol ve slinách významně zvýšil u koní bez možného přístupu do vnitřních prostor / přístřešku, což naznačuje, že obtěžování štípavým hmyzem se odráží v koncentracích kortizolu ve slinách nikoliv v metabolitech kortizolu v trusu. Došli jsme k závěru, že přístup do přístřešků nebo jiných vnitřních prostor v létě snižuje četnost chování, kterým se koně brání štípavému hmyzu. Proto je vhodné koním umožnit schovat se do krytých prostor během takových to dní.



Obrázek 2 Fotografie z probíhajícího sledování koní v Dánsku (K. Ničová)

4.5.3. Projekt: Čichové schopnosti koní

Název: Testing olfaction in equids: Age and gestational stage affects olfactory interest

Autoři studie: Rørvang, M. V., Ničová, K., Yngvesson J.

Stav: Rukopis je v recenzním řízení v časopise Scientific reports

Abstrakt

Navzdory vysoce vyvinutému čichovému aparátu koní, který značí vysokou adaptivní hodnotu, je u koní výzkum čichu poměrně neprobádaným tématem. Navíc omezená schopnost člověka vnímat rozdílné pachy a jejich nuance, může představovat možné riziko, že chování koně nebude odpovídat lidskému očekávání. Více znalostí o tomto smyslu tak může být přínosné hned ze dvou hledisek: 1) může pomoci porozumět chování koně a tím snížit riziko nebezpečných situací, 2) může nabídnout nevyužitý potenciál použití pachů v praktických situacích, kdy lidé interagují s koňmi.

V rámci této studie byly sledovány čichové schopnosti a chování 35 islandských koní. Ti byli vystaveni Habituation/Dishabituation testu (Yang & Crawley 2009; Obrázek 3) se 4 pachy: máta peprná, pomeranč, levandule a cedrové dřevo. Proměnnými byly doby trvání očichávání prezentovaného pachu a behaviorální reakce (lízání, kousání, frkání a couvání) na prezentovaný pach. Data byla analyzována s ohledem na potenciální vliv věku, pohlaví a stádia březosti klisen. Výsledky studie ukázaly, že koně byli schopni detekovat a rozlišovat mezi všemi čtyřmi pachy. A vykazovali zvýšený zájem (výrazně delší doba očichávání) o mátu peprnou (párový Wilcoxonův test: pomeranč vs máta peprná: $V = 68$, $P < 0,001$; levandule vs máta peprná: $V = 20$, $P < 0,001$; cedrové dřevo vs máta peprná: $V = 47$, $P < 0,001$). Více koní mělo tendenci olizovat daný pachový vzorek, když prezentovaným vzorkem byla máta peprná ve srovnání s cedrovým dřevem a levandulí (Fisherův exaktní test: máta peprná vs levandule & máta peprná vs cedrové dřevo: $OR = 4,40$, $P = 0,0068$). Mladí koně (ve věku od 0 - 5 let) očichávali cedrové dřevo déle než starší koně (ANOVA: $F = 10,03$, $P = 0,004$). Březí klisny očichávaly levanduli mnohem méně než nebřezí klisny (párový Wilcoxonův test: březí vs nebřezí klisny: $W = 93$, $P = 0,02$). Vliv pohlaví nebyl prokázán (párový Wilcoxonův test: $P = 0,4$).

Závěrem lze říci, že Habituation/Dishabituation test se jeví jako jednoduchá a sofistikovaná metoda pro hodnocení čichových schopností u koní. Tato studie tak přidává důležité informace k základním znalostem a chápání čichu u koní. Výsledky mohou přispět k porozumění behaviorálních reakcí koní na různé pachy. Otevírají se tak nové možnosti pro využití pachů například jako zdroj obohacení prostředí, nebo jako možné zklidňující odoranty či k praktickému využití v rámci výcviku koní.



Obrázek 3 Probíhající Habituation/Dishabituation test (M. V. Rørvang)

5. Diskuze

Výcvik a využívání koní má v dnešní době mnohé formy a podoby. Jednotlivé metody výcviku se od sebe liší. Společný je však jednotně deklarovaný cíl výcviku. V jezdeckví by kůň a jeho jezdec měli spolupracovat jako pár, i když se v mnohých ohledech od sebe liší (FEI 2019a). Ne vždy je tohoto výsledku docíleno, a tak je možné pozorovat u koní konfliktní chování, stres, nervozitu, fyzickou i psychickou nepohodu, která může vést v extrémních případech až k devastaci, či riziku poranění jezdce (Górecka-Bruzda et al. 2015; Smiet et al. 2014). Důvodem k nedosažení určitých cílů výcviku a tréninku může být neznalost či podceňování základní biologie, biomechaniky pohybu a welfare koní.

Při pozorování koní je možné si u každého jedince povšimnout charakteristické fyzické asymetrie, tedy určité stranové dysbalance (Byström et al. 2021; Clayton 2016). Tu je možné vidět jak při stání zvířete, tak při jeho pohybu s jezdcem či při pohybu ve volnosti. Tělesná asymetrie je odrazem svalových a kosterních predispozic každého jedince. Tělesná asymetrie je předmětem zájmu trenérů, kteří využívají různé metody výcviku a tréninku k vyrovnání těchto dysbalancí (Castejon-Riber et al. 2017; Mills & McDonnell 2005).

Při výcviku koní by měla brána v potaz i funkční asymetrie mozku neboli lateralizace mozkových hemisfér. Dříve bylo téma lateralizace mozku předmětem studia spíše neurologů a neuropsychologů v rámci lidské medicíny. Jeví se však, že lateralita není unikátní charakteristikou pro člověka, ale je široce rozšířenou vlastností napříč celou skupinou živočichů (Vallortigara et al. 1999; Rogers 2002). Proces lateralizace vedl ke specializaci jednotlivých částí mozku a odlišení jejich funkčních vlastností. Funkční lateralizace mozku byla prokázána u obojživelníků, ptáků, ryb, savců (Robins et al. 1998; Deckel 1995; Rogers & Andrew 2002), včetně koní (Austin & Rogers 2012; Rogers 2002; Larose et al. 2006; McGreevy & Rogers 2005). Funkční lateralizace mozku vypovídá o tom, že informace přijímaná zrakem, je u koní analyzována v závislosti na příslušné straně zorného pole. Přijímané informace jsou pravděpodobně zpracovávány kontralaterální hemisférou. Což znamená, že podněty přijímané levým okem, jsou vedeny pomocí přenosu signálů do pravé mozkové hemisféry, kde jsou tyto informace zpracovány (Austin & Rogers 2007), a naopak. Principiálně příslušné hemisféry zodpovídají za jednotlivé činnosti a reakce organismu. Levá hemisféra mozku zodpovídá za rutinní úkony, rozeznávání, rozlišování předmětů a zodpovídá také za fixaci chování pomocí učení. Naopak pravá hemisféra je důležitá pro okamžité reakce v případě agonistického

chování, jako je obrana, útok či ohrožení. Tato hemisféra je též využívána k analyzování nových předmětů v okolí. Pravá hemisféra tak zodpovídá za reakce na rychlé změny v prostředí. Udržuje organismus v neustále obezřetnosti, bdělosti a ostražitosti (Rogers & Andrew 2002; Austin & Rogers 2014; MacNeilage et al. 2009).

Studie zabývající se lateralitou od sebe rozlišují senzoryckou a motorickou lateralizaci. Pokud se blíže zaměříme na senzoryckou lateralitu, koně se jeví jako velmi zajímavý model. Široké zorné pole je podmínkou úspěchu života druhů, které se recentně vyvíjeli převážně v otevřené krajině. Zrak se do dnešní podoby u koní vyvinul z důvodu výhodnosti periferně detekovat predátory, kteří se k nim přibližovali z různých směrů. Umístění očí na anterolaterální oblasti hlavy umožňuje koním vidět široké zorné pole. Monokulární zorné pole se pohybuje průměrně v rozsahu hodnot 190 - 195°. Vertikální rozsah zrakového pole dosahuje až 178°. Svě prostředí koně analyzují jak pomocí monokulárního vidění, tak viděním binokulárním. Zrakové pole tak má podobu téměř sférického obrazu. Až na místa, která se označují jako slepé oblasti. Tyto oblasti jsou dvě a první z nich se nachází před čelní linií hlavy. Druhá oblast je prostor přímo za zádi koně (Hanggi & Ingersoll 2012).

Motorická lateralita neboli lateralizace pohybového chování koní byla námětem mnohých studií (McGreevy & Rogers 2005; Murphy et al. 2005; Williams & Norris 2007; Wells 2003). S využitím různých indikátorů pohybových tendencí byli pozorováni koně při jejich volném pohybu při pastvě nebo například při výběru iniciační zadní končetiny při přechodu do cvalu. Mnohé studie se zabývají interspecifickými interakcemi ve vztahu predátor a kořist, kde se nejčastěji zaměřují na preferenci zorného pole či směru útěku kořisti, což se vztahuje jak k senzorycké, tak motorické lateralitě (Lippolis et al. 2002; Lippolis et al. 2005). V rámci studií lateralit byl také prokázán vliv na celkový sportovní výkon koní (Byström et al. 2021; Clayton 2016).

Předmětem výzkumů byl také vztah lateralit a emocionálních projevů zvířat, a to například při pozorování prvotního kontaktu s novým objektem. Koně vykazovali vyšší reaktivitu na nový podnět v jejich okolí, pokud byl tento podnět v levém monokulárním zorném poli (Austin & Rogers 2007). Výsledky studie McGreevy & Rogers (2005) vypovídají o stranové preferenci při kontaktu s novým objektem pomocí čichu. U mladých koní (do věku 4 let) byla nalezena preference využití pravé nozdry při očichávání nového předmětu. Sledováním starších koní nebyla tato preference potvrzena.

Jak se senzorická a motorická lateralita u koní v průběhu života vyvíjí, mění a zda je například ovlivněna zkušenostmi či managementem koní, bylo předmětem dalších studií (Larose et al. 2006; Farmer et al. 2010). Na ontogenetický vývoj lateralizace u hříbat při kojení poukázala studie s prokazatelnými rozdíly u jednotlivců. U 35,4 % hříbat došlo k projevu preference jedné strany (levé či pravé) při kojení. Tyto stranové preference u hříbat sílily s věkem a jsou pravděpodobně založené na motorické lateralizaci (Komárková & Bartošová 2013). Z pozorování a porovnání pohybů mladých koní a hříbat v kruhové ohradě byl zjištěn prokazatelný rozdíl stupně vývoje stranové preference, a to na základě zkracování či vypadávání ve směru pohybu dovnitř obíhaného kruhu. Byl tak prokázán určitý efekt věku na vývoj motorické laterality (Lucidi et al. 2013).

Námi předložená studie se věnovala tématu mozkové a senzorické lateralitě u sportovních koní. Výsledky studie ukazují, že chyby v prvním kole a v rozeskakování nebyly rozděleny náhodně. Chybovost byla ovlivňována různými faktory, rozdílnými pro každé z kol soutěží. Obecnými faktory mající vliv na výsledek v soutěži byly zkušenosti jezdce a to, zda se jednalo o samostatnou překážku nebo skok, který byl součástí kombinace. Jak v prvním kole, tak v rozeskakování, bylo k vidění více chyb na skocích v kombinaci než na samostatně umístěných překážkách v rámci kurzu parkuru. Největší chybovost byla zaznamenána na prvním skoku z kombinace. Typ překážky byl vlivným faktorem pouze pro první kolo soutěží, v rozeskakování již nehrál významnou roli. Nejvyšší pravděpodobnost chyby byla sledována na kolmých skocích s vodou. Naopak nejnižší chybovost byla zjištěna na triplebarech a zdích. V rozeskakování se pravděpodobnost chyby snižovala s vyšší celkovou rychlostí dvojice.

Jezdci, kteří v průběhu své kariéry absolvovali více startů v soutěžích, dosahovali v obou kolech lepších výsledků. Zkušenosti jezdců pravděpodobně souvisejí s lepším odhadem k odrazu skoku, snazší adaptací na různé trasy soutěží (Stachurska et al. 2002) a také s lépe vybalancovanou pozicí těla ve skoku ve srovnání s méně zkušenými jezdci (Patterson et al. 2010). Bylo také zjištěno, že čím je vyšší úroveň soutěže, tím narůstá i riziko zranění dvojice (Murray et al. 2005). Ale jsou to právě zkušenosti a vzdělání jezdce, významně snižují riziko zranění (Hasler et al. 2011). K pochopení rozvoje dovedností jezdců je zapotřebí více studií zaměřených na vliv zkušenosti na celkový výkon v parkuru. Dříve byly často spojovány s chybami v parkurových soutěžích také faktory jako výška překážek, jejich počet v trase parkuru, typ a uspořádání v trase parkuru nebo také směr nájezdu či věk koně nebo plemeno (Marlin & Williams 2020; Stachurska et al. 2002). Výsledky studie naznačují, že chyby jsou

způsobeny různými faktory v různých kolech soutěží, včetně různých délek tras, povrchů arény, umístění soutěže (venku/v hale) nebo psychologických faktorů, jako je rivalita jezdců.

Z výsledků naší studie vychází, že koně chybovali v 7,85 % z 9 114 skoků ve výškách od 1,40 m do 1,60 m. V porovnání s výsledky z regionální soutěže v Polsku (609 soutěžních kol; do 1,40 m), zde byla výrazně vyšší chybovost od 11,22 % do 18,69 % na 5 639 skocích (Stachurska et al. 2002). Jiná studie uvedla, že chybovost v European FEI Nations Cup 2017 vycházela celkově na 6,4 % chyb, studie se ale zaměřovala pouze na skoky v kombinacích v 2. kole soutěže (Marlin & Williams 2020).

Z výsledků naší studie vyplývá, že čím byla překážka umístěna později v rámci trasy v prvním kole parkuru, tím vyšší byla pravděpodobnost, že na ní dvojice udělá chybu. Tato pravděpodobnost měla tendenci narůstat i v rozeskakování, což odpovídá výsledkům dříve zmiňované studie, kde chybovost byla 2,8 krát častější během druhé poloviny trasy 2. kola European FEI Nations Cup (Marlin & Williams 2020). Na druhou stranu v regionální soutěži byla nejčastější chyba zaznamenána na 3. a 4. překážce trasy parkuru (přes 20 %). Zatímco 1., 10. a další překážky umístěné na trase parkuru patřily k těm, na kterých soutěžící nejméně chybovali (Stachurska et al. 2002). Zjištěné informace mohou odrážet cíl designerů a stavitelů trati umístit na konec tras nižších úrovní soutěží jednodušší a příjemnější typy překážek, aby koně namotivovali k dalšímu výkonu.

Cílem stavitelů a designérů v parkurových soutěžích je zajistit, aby každé kolo odpovídalo technické úrovni soutěže, zároveň ale obsahovalo specifické uspořádání dekorací a typů překážek (FEI 2019b). Čímž je zajištěno, že pozornost publika nebude upřena pouze na dvojici soutěžících (kůň-jezdec), ale také esteticky příjemné a zajímavé prostředí kola soutěže. K nejčastějším chybám na parkuru dochází na kolmých překážkách s vodou (Murray et al. 2004; Murray et al. 2005). Voda se v i naší studii jevila jako náročný element pro vrcholové sportovní koně, jak v případě kolmých překážek, tak oxeřů s vodou. Důvodem k četným chybám na těchto překážkách může být strach vyvolaný odleskem a stínem vody pod překážkou, což může pro koně představovat komplikaci při odhadu odskoku přes překážku (Murray et al. 2004; Murray et al. 2005). Jiným důvodem může být také kontrast samotné překážky s povrchem arény nebo barva překážky (Stachurska et al. 2002), což nebylo námětem naší studie.

Zásadní otázkou mezi trenéry a jezdci stále zůstává, jaký typ překážky je pro koně nejtěžší? Kolmé překážky se obecně zdají být nejrizikovější do počtu chyb na nich získaných na regionální úrovni (Stachurska et al. 2002), v European FEI Nations Cup (Marlin & Williams 2020) a stejně tak dle výsledků naší studie. Bylo zjištěno, že vyšší počet trestných bodů získaných sražením břevna byl na výškových skocích a oxerech (Stachurska et al. 2002). Podle pravidel FEI (FEI 2019b) mohou mít oxery buď stoupající tendenci nebo paralelní výšku obou linií břeven, šířka oxerů se mění stejně jako výška a právě tyto faktory mohou mít také vliv na celkový výkon parkurové dvojice. Stejný počet trestných bodů jako za shovení břevna může soutěžící získat za vyhnutí se překážce, což bylo nejčastěji pozorováno při nájezdu na skok přes zeď (Stachurska et al. 2002). V porovnání s naší studií bylo zaznamenáno nejméně trestných bodů u zdí a triplebarů. Zdá se, že mohutné překážky v podobě zdí mohou přitahovat pozornost koní stejně jako usnadňovat odhad skoku u dobře trénovaných elitních koní, zatímco méně zkušené koně se této překážky mohou bát a odmítat ji skočit. Zdi a triplebary vypadají jako snáze překonatelné v porovnání s jinými typy překážek, které vyžadují přesnou trajektorii skoku a vyšší rychlost pro úspěšné překonání (Clayton 1996). Z 5639 skoků v regionálních soutěžích byl zaznamenán pouze jedno vyhnutí se triplebarů v již zmíněné studii (Stachurska et al. 2002).

Při porovnání dvou studií zaměřených na parkurovou výkonnost koní a jezdců na regionální úrovni a úrovni the European FEI Nations Cup se četnost chyb liší mezi samostatně umístěnými překážkami v trase a parkuru a těmi překážkami umístěnými v kombinaci. V naší studii soutěžící nejčastěji chybovali na první překážce dvojskoku (13,02 %), zatímco nejnárodněji se jevila samostatně umístěná překážka (6,65 %). Vyšší chybovost na překážkách v kombinaci (41 %) byla zaznamenána také v European FEI Nations Cup (Marlin & Williams, 2020). Na regionální úrovni bylo nejméně chyb zjištěno na 2. překážce v kombinacích, zatímco nejvíce (přes 20 %) se vyskytlo na 3. překážce trojskoku (Stachurska et al. 2002). Samostatné překážky a 1. překážka v kombinaci byly podobně obtížné pro účastníky v regionálních soutěžích. Vyšší soutěžní úrovně zahrnují více skoků v kombinacích, které pravděpodobně vyžadují větší svalovou námahu a energetickou náročnost pro koně, aby dokončil soutěž bez trestných bodů (Clayton 1996).

Mezi celkovou rychlostí a pravděpodobností získání trestných bodů v prvním kole soutěží nebyla nalezena žádná souvislost. Zajímavé, ale bylo zjištění, že pravděpodobnost chybovat klesala s rostoucí rychlostí dvojice v rozeskakování. Vyšší rychlost dvojice, tak

pravděpodobně nevede ke zhoršenému odhadu skoku, ba dokonce umožňuje překonat větší skok v rozhodující fázi soutěže. Vztah mezi celkovou rychlostí a chybami při rozeskakování se vztahuje k dané soutěži, takže čím lepší čas dvojice, tím lepší konečné umístění v soutěži. Nicméně, je vhodné nad rychlostí uvažovat jako nad nekonstantní v průběhu kola soutěže, takže celková rychlost nemusí nutně odpovídat skutečné rychlosti v okamžiku přiblížování se dvojice k překážce. Rychlost se může v určitých částech trasy parkuru lišit v závislosti na taktice jízdy nebo jejím samotném průběhu. Detailní studie rychlosti koní jednotlivých částech parkuru by mohla být zajímavým tématem k dalšímu výzkumu.

V rozeskakování soutěží dvojice běželi v průměru o 1 m/s rychleji než v prvním kole ($7,03 \pm 0,49$ m/s vs. $6,09 \pm 0,43$ m/s). Rychlost v prvním kole byla mírně vyšší než doporučený čas pro první kolo soutěží v halách (5,83 m/s; 350 m/min) (FEI 2019b). Vyšší rychlost mohla být způsobena fyzickou dispozicí koně a také jejich připraveností do elitních parkurů. Zároveň by neměla být ani opomenuta touha jezdce vyhrávat danou soutěž, které musí předcházet kvalitní trénink (Art et al. 1990) a psychická připravenost dvojice, která se odráží na vzájemné komunikaci mezi jezdcem a koněm v průběhu soutěže (Williams & Tabor 2017; Patterson et al. 2010).

Z výsledků studie nebyla zjištěna významná korelace mezi rychlostí v rozeskakování a prvním kolem soutěží, která by se dala očekávat kvůli charakteristickému tempu pro každého koně. V rozeskakování se projeví klisny jako rychlejší v porovnání s valachy a hřebci. Předpokládali jsme, že výkonnost klisen bude v průběhu celé ligy ovlivněna biologickými rytmy, které jsou charakteristické pro dané roční období, tak jak to bylo popsáno ve studii (Lewczuk, 2020), kde zejména v březnu byla výkonnost klisen ovlivněna hormonálním profilem, což může ovlivnit i celkovou úroveň soustředění a spolupráci s jezdcem (Place et al. 2010). V naší studii se výkonnost klisen nijak nelišila, protože soutěž probíhala od října do února. Případné rozdíly mezi pohlavími a jejich interakce s úspěšností v parkuru by mohly být námětem k dalšímu sledování.

Vzhledem k tomu, že soutěže Western European League začínaly v říjnu 2017 a končily v únor následujícího roku (2018), očekávali jsme více neúspěchů na začátku ligy, kdy koně ještě nejsou zvyklí na halové prostředí soutěží, stejně jako na konci celé ligy, kde by mohla být důvodem zvýšená únava a vyčerpání koní i jezdců. Z výsledků, ale přesto bylo zjištěno, že všechna kola soutěží byla pro dvojice (jezdec-kůň) stejně náročná. Tento výsledek nejspíš odráží vyrovnanou úroveň mezi závodníky a skvělou kondici, kterou si dokážou udržet po celou

dobu roku, potažmo v průběhu ligy. Koně na této úrovni soutěží jsou dobře připraveni vyrovnat se s možnými sezónními klimatickými vlivy a také různým skokovým prostředím. Z celkového hlediska je tak možné soutěže Western European League hodnotit jako dobře propracovaný systém, který je navržen zkušenými staviteli a designery poskytující trasy parkurů podobné obtížnosti během celé ligy.

Zvláštní pozornost ve studii byla věnována vlivům lateralit, bohužel ale nepřinesla uspokojivé výsledky, protože na populační úrovni nebyla prokázána souvislost mezi četností chyb a směrem nájezdu na překážku na této sportovní úrovni. Naše očekávání, že koně budou chybovat častěji při skocích z pravého oblouku nájezdu než levého oblouku vlivem lateralizace (Vallortigara & Rogers 2005), se nepotvrdilo. Nájezd na překážku z levého oblouku by měl být spojený s aktivací pravé hemisféry (levé oko), která pomáhá organismu se aktivně vyrovnat s prostředím soutěže, jelikož podněcuje k větší opatrnosti a ostražitosti. Zatímco levá mozková hemisféra je více spojena s „rutinou“. Důvodem k nepotvrzení naší hypotézy je pravděpodobně kvalita koní a jezdců, kteří se účastní těchto soutěží. Proto zde lateralita může být určitým způsobem překryta zkušeností, tělesnou flexibilitou a celkovou selekcí koní do těchto soutěží. V rámci tohoto projektu byla úroveň soutěží vybrána cíleně a to proto, že se jevila jako optimální z hlediska omezení vlivu obvykle variabilních vlastností souvisejících s individualitou jezdecké dvojice na nižších úrovních soutěží (délka a úroveň výcviku koně, zkušenosti koně a jezce apod.). Pro budoucí studie lateralit u skokových koní a jezdců by bylo zajímavé využít skoku koní ve volnosti s odlišným směrem nájezdu pomocí nájezdové trasy v daném směru (levý oblouk, pravý oblouk, rovně). Pouze tak bude možné od sebe oddělit i další působící faktory na skokové schopnosti koní. Zjištěné informace z toho projektu mohou být vhodné pro stavitelky a designery skokových soutěží a k přípravě návrhů adekvátních tréninkových plánů pro koně.

Zkušenosti a úroveň tréninku koní soutěžících ve Western European League by však mohla vysvětlovat celkově malý počet chyb související s lateralitou. Zdá se, že dvojice soutěžících (jezdec a kůň), kteří mají vyrovnané stranové preference, mají v soutěžích výhodu oproti dvojicím s výraznou jednostrannou preferencí (Murphy et al. 2005). Je také známo, že vrozená stranová preference koní je jezdcem běžně potlačována. Zkušení jezdci mohou zmenšit asymetrické projevy koní pomocí rovnoměrného posilování svalů na obou stranách koňského těla. Zatímco, méně zkušení jezdci mohou neúmyslně jednostrannou preferenci koně prohlubovat (Byström et al. 2020). Zdá se, že četnost chyb na této úrovni více souvisí s úhly

nájezdu a odskoku a celkovou biomechanikou pohybu dvojice (Marlin & Williams 2020; Byström et al. 2020).

Schopnost úspěšně skákat překážky ze všech směrů nájezdu je pravděpodobně součástí komplexních vlastností, které jsou charakteristické pro kvalifikované desítky dvojic soutěžících na elitní úrovni z 35 563 registrovaných skokových jezdců v databázi FEI (2021). Z praxe je známé, že vrcholoví sportovci jsou trénováni podle specifických sportovních požadavků (Santamaría et al. 2005), takže některé tendence v chování, jako je právě vrozená fyzická nebo mozková laterální, mohou být tréninkem potlačeny. Menší chybovost byla zjištěna na překážkách s přímým (rovným) nájezdem na překážku ($13,65 \pm 1,88$; LSM \pm st. chyba) ve srovnání s překážkami s nájezdem z pravého či levého oblouku ($16,29 \pm 2,14$; LSM \pm st. chyba) na regionální úrovni soutěží (Stachurska et al. 2002). Během soutěže European FEI Nations Cup bylo více chyb sledováno na přímých nájezdech na překážku (7,9 %) ve srovnání se skoky najížděnými z levé nebo pravé strany (3,8 % až 6,2 % podle úhlu nájezdu) (Marlin & Williams 2020). Současná literatura poskytuje protichůdné výsledky a poměrně nedostatečné informace k tomuto tématu, proto se domnívám, že laterální a tělesná asymetrie u sportovních koní by měly být podrobeny dalšímu zkoumání.

Další proměnné, jako jsou věk koně a jezdeck, plemeno, pohlaví koně nebo pohlaví jezdce a zkušenost koně neovlivnily výkonnost a úspěšnost dvojice (kůň-jezdec) v prvních kolech a stejně tak v rozeskakování. Identifikace hlavních faktorů ovlivňující parkurový výkon vrcholových sportovních koní může přispět ke zlepšení výkonnosti a bezpečnosti při použití vhodného tréninkového zaměření a adekvátního tréninkového plánu pro sportovní koně.

Druhým stěžejním tématem práce byla magnetorecepce. Ta byla prvně sledována v šedesátých letech, kdy byla publikována studie zabývající se pasivní orientací bakterií (*Magnetospirillum magnetotacticum*) ve směru dle magnetického pole (Frankel 2009). Nyní je známo, že magnetické pole je vnímáno mnohými živočichy, například ploštěnci, plži, korýši či hmyzem, ale také i mnohými druhy obratlovců. Byla pozorována chování zvířat, která vypovídala o jejich snaze se určitým způsobem orientovat, rovnat se a pohybovat dle působení magnetického pole Země. Příkladem mohou být pohyby zvířat po pastvině, směr stání při pasení, směr vzletu a přistávací směr ptáků, směr skoku lišek při lovu, směr podzemních tunelů rypošů, ale také směr zvířat při odpočinku (Wiltschko et al. 2005; Walker et al. 2002; Begall et al. 2013; Červený et al. 2011; Burda et al. 2009). Terénním sledováním jeleních a srnčích zálehů na sněhové pokrývce a sledováním volně dostupných snímků vyhledávače Goole Earth z

oblastí, kde se volně pase skot, bylo zjištěno, že tito býložravci preferují polohu, při které jejich osa těla leží v severojižním směru. Jedinci vykazovali preferenci rovnání osy těla v daném směru nežli umístění osy těla náhodně (Begall et al. 2013). Nedávný znovu vzkříšený zájem o magnetorecepci vyvolal nové otázky a podněty k výzkumu. S ohledem na aktuální vědeckou literaturu týkající se směrové preference, která se větší míře zabývá spíše menšími druhy živočichů, bude zajímavé se zaměřit na sledování magnetorecepce u koní, kde prozatím nebyly zjištěny žádné podrobnější informace. A pouze z výsledků jedné studie víme, že se u koní neprojevila konzistentní tendence rovnat osu těla dle působení magnetického pole při pasení v rámci skupinového ustájení na pastvinách (Begall et al. 2013).

Lateralita i směrová preference tématicky spadají pod kognitivní schopnosti, které jsou specifické pro každý druh. Jejich úroveň vývoje se odvíjí od důležitosti daného smyslu dle životní strategie druhu. Získané informace, které koně přijímají pomocí smyslů z vnitřního i vnějšího prostředí jsou následně procesovány a využity při vzájemné komunikaci, během sociálního, reprodukčního chování i agonistického chování, stejně jako při orientaci koně v prostoru nebo při kontaktu s člověkem. Neporozumění těmto schopnostem vede k přeceňování či podceňování koní. V rámci disertační práce jsou předloženy výsledky dalších projektů, které se týkají jiných behaviorálních tendencí a preferencí. Z výsledků studie, která je aktuálně v recenzním řízení o (Rørvang et al. 2022) čichových schopnostech koní se prokázalo, že Habituation/Dishabituation test se jeví jako jednoduchá a sofistikovaná metoda pro hodnocení čichových schopností u koní. To může naznačovat nové možnosti pro využití pachů například jako zdroj obohacení prostředí, nebo jako možné zklidňující odoranty či k praktickému využití v rámci výcviku koní.

Ze studie zabývající se vnímáním stálosti objektů (Rørvang et al. 2021) u koní můžeme do praxe přenést zjištěné informace o tom, že u koní můžeme očekávat, že budou následovat a pamatovat si předchozí umístění viditelných objektů/podnětů ve svém prostředí. Bylo ale zjištěno, že v případě zakrytí a přemístění objektu z místa na místo, koně nebyli pravděpodobně schopni toto přemístění chápat. A z behaviorálních sledování bylo vidět, že očekávali umístění objektu na původním místě. Výsledky studie o stálosti objektů také ukazují, že koně projevují jak behaviorální, tak fyziologické známky frustrace, když nejsou schopni vyřešit danou úlohu. To zdůrazňuje potřebu přizpůsobení úloh, ale také cviků, které po koních požadujeme.

S cílem zlepšit welfare koní na pastvině v letních měsících byla designována studie (Christensen et al. 2022), ve které jsme došli k závěru, že přístup do přístřešků nebo jiných

vnitřních prostor v létě snižuje četnost chování, kterým se koně brání štípavému hmyzu. Projevy tohoto chování koně stojí energii a přítomnosti hmyzu může často vyvolávat nepříjemná štípnutí a nemoci s tím související. Proto je vhodné koním umožnit schovat se do krytých prostor během takových to dní.

6. Závěr a doporučení pro využití poznatků v praxi

Ze souhrnu prezentovaných studií a projektů vyplývá, že smyslové vnímání jako součást kognitivních schopností koní hraje důležitou roli v každodenní manipulaci a práci s koňmi. Každý jezdec či trenér, by měl brát v potaz mnohé rozdíly ve vnímání podnětů, kterými se koně od člověka liší. Příkladem obecných doporučení z nastudované literatury o lateralitě zní:

- z levé strany kůň reaguje bouřlivěji a prudčeji
- cíleně je možné využít této znalosti při manipulaci, učení a výcviku koní či nasedání
- seznamovat koně s jakýmkoli novým / neznámým podnětem v jeho okolí vždy nejprve z pravé strany, čímž zamezíme možným rizikům úrazů člověka či koně

Z praktických výsledků projektu věnující se mozkové a senzorické lateralitě u sportovních koní vyšlo, že chybovost dvojice není náhodná a je ovlivňována 4 různými faktory, rozdílnými pro každé z kol soutěží:

- směr nájezdu se neprokázal jako faktor zvyšující chybovost či jako projev lateralit koní na této úrovni
- zkušenosti jezdce hrála významnou roli, jak v prvním kole, tak rozeskakování
- umístění překážky jako samostatný skok v trase parkuru nebo jako součást kombinace
- více chyb bylo k vidění na skocích v kombinaci než na samostatně umístěných překážkách v rámci kurzu parkuru jak v prvním kole, tak v rozeskakování
- typ překážky byl vlivným faktorem pouze pro první kolo soutěží, v rozeskakování již nehrál významnou roli
- v rozeskakování se pravděpodobnost chyby snižovala s vyšší celkovou rychlostí dvojice

Identifikace faktorů ovlivňující chybovost a celkový úspěch v parkurových soutěžích založených na předem stanovené trase parkuru, může napomoci při stanovení a plánování odpovídajícího výcvikového plánu sportovních atletů. Souvislost mezi lateralitou a směrovou preferencí (magnetorecepci) u koní stále čeká na prozkoumání a nabízí široké pole k výzkumu. V práci jsou uvedeny i dalších studie týkající se smyslového vnímání a chování koní. Ze zjištěných informací celkově vyplývá, že porozumění kognitivním schopnostem koní vede ke zlepšení výcvikových metod, managementu a welfare.

6. Literatura

- Adámková, J., Benediktová, K., Svoboda, J., Bartoš, L., Vynikalová, L., Nováková, P., Hart, V., Painter, M. S. & Burda, H. 2021. Turning preference in dogs: north attracts while south repels. *Plos one*, 16, e0245940.
- Annett, M. 2013. *Handedness and brain asymmetry: the right shift theory*, psychology press.
- Anthony, D. W. & Brown, D. R. 2000. Eneolithic horse exploitation in the eurasian steppes: diet, ritual and riding. *Antiquity*, 74, 75-86.
- Art, T., Amory, H., Desmecht, D. & Lekeux, P. 1990. Effect of show jumping on heart rate, blood lactate and other plasma biochemical values. *Equine veterinary journal*, 22, 78-82.
- Artelle, K. A., Dumoulin, L. K. & Reimchen, T. E. 2011. Behavioural responses of dogs to asymmetrical tail wagging of a robotic dog replica. *Laterality*, 16, 129-135.
- Austin, N. P. & Rogers, L. J. 2014. Lateralization of agonistic and vigilance responses in Przewalski horses (*Equus przewalskii*). *Applied Animal Behaviour Science*, 151, 43-50.
- Austin, N. & Rogers, L. J. 2012. Limb preferences and lateralization of aggression, reactivity and vigilance in feral horses, *equus caballus*. *Animal behaviour*, 83, 239-247.
- Austin, N. P. & Rogers, L. J. 2007. Asymmetry of flight and escape turning responses in horses. *Laterality: asymmetries of body, brain and cognition*, 12, 464-474.
- Austin, N. P. & Rogers, L. J. 2014. Lateralization of agonistic and vigilance responses in przewalski horses (*equus przewalskii*). *Applied animal behaviour science*, 151, 43-50.
- Avens, L. & Lohmann, K. J. 2003. Use of multiple orientation cues by juvenile loggerhead sea turtles *caretta caretta*. *Journal of experimental biology*, 206, 4317-4325.
- Baraud, I., Buytet, B., Bec, P. & Blois-Heulin, C. 2009. Social laterality and 'transversality' in two species of mangabeys: influence of rank and implication for hemispheric specialization. *Behavioural brain research*, 198, 449-458.
- Bartoš, L., Bartošová, J. & Starostová, L. 2008. Position of the head is not associated with changes in horse vision. *Equine veterinary journal*, 40, 599-601.
- Basile, M., Boivin, S., Boutin, A., Blois-Heulin, C., Hausberger, M. & Lemasson, A. 2009. Socially dependent auditory laterality in domestic horses (*equus caballus*). *Animal cognition*, 12, 611-619.
- Bazalova, O., Kvicalova, M., Valkova, T., Slaby, P., Bartos, P., Netusil, R., Tomanova, K., Braeunig, P., Lee, H.-J. & Sauman, I. 2016. Cryptochrome 2 mediates directional magnetoreception in cockroaches. *Proceedings of the national academy of sciences*, 113, 1660-1665.
- Begall, S., Malkemper, E. P., Červený, J., Nemeč, P. & Burda, H. 2013. Magnetic alignment in mammals and other animals. *Mammalian biology*, 78, 10-20.
- Begall, S., Červený, J., Neef, J., Vojtěch, O. & Burda, H. 2008. Magnetic alignment in grazing and resting cattle and deer. *Proceedings of the national academy of sciences*, 105, 13451-13455.

- Benediktová, K., Adámková, J., Svoboda, J., Painter, M. S., Bartoš, L., Novakova, P., Vynikalova, L., Hart, V., Phillips, J. & Burda, H. 2020. Magnetic alignment enhances homing efficiency of hunting dogs. *Elife*, 9, e55080.
- Blakemore, R. 1975. Magnetotactic bacteria. *Science*, 190, 377-379.
- Bordes, C. N., Ceacero, F. & Kotrba, R. 2018. Cues and mechanisms for lateral exposure preference in the common eland (*taurotragus oryx*). *Behavioral ecology and sociobiology*, 72, 1-9.
- Böye, M., Güntürkün, O. & Vauclair, J. 2005. Right ear advantage for conspecific calls in adults and subadults, but not infants, california sea lions (*zalophus californianus*): hemispheric specialization for communication? *European journal of neuroscience*, 21, 1727-1732.
- Brines, M. L. & Gould, J. L. 1982. Skylight polarization patterns and animal orientation. *Journal of experimental biology*, 96, 69-91.
- Broca, P. 1861. Perte de la parole, ramollissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche du cerveau. *Bull soc anthropol*, 2, 235-238.
- Brooks, D. E. & Matthews, A. 2005. *Equine ophthalmology*, citeseer.
- Brooks, D., Komaromy, A. & Källberg, M. 1999. Comparative retinal ganglion cell and optic nerve morphology. *Veterinary ophthalmology*, 2, 3-11.
- Brown, D. & Anthony, D. 1998. Bit wear, horseback riding and the botai site in kazakstan. *Journal of archaeological science*, 25, 331-347.
- Burda, H., Begall, S., Hart, V., Malkemper, E. P., Painter, M. S. & Phillips, J. B. 2020. 7.24 - magnetoreception in mammals. In: fritzsch, b. (ed.) *The senses: a comprehensive reference (second edition)*. Oxford: elsevier.
- Burda, H., Begall, S., Červený, J., Neef, J. & Němec, P. 2009. Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106, 5708-5713.
- Byström, A., Clayton, H. M., Hernlund, E., Roepstorff, L., Rhodin, M., Bragança, F. S., Engell, M. T., Van Weeren, R., Weishaupt, M. A. & Egenvall, A. 2021. Asymmetries of horses walking and trotting on treadmill with and without rider. *Equine veterinary journal*, 53, 157-166.
- Byström, A., Clayton, H., Hernlund, E., Rhodin, M. & Egenvall, A. 2020. Equestrian and biomechanical perspectives on laterality in the horse. *Comp. Exerc. Physiol*, 16, 35-45.
- Cameron, E. Z., Setsaas, T. H. & Linklater, W. L. 2009. Social bonds between unrelated females increase reproductive success in feral horses. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106, 13850-13853.
- Carroll, J., Murphy, C. J., Neitz, M., Ver Hoeve, J. N. & Neitz, J. 2001. Photopigment basis for dichromatic color vision in the horse. *Journal of vision*, 1, 2-2.
- Caspar, K. R., Moldenhauer, K., Moritz, R. E., Nemeč, P., Malkemper, E. P. & Begall, S. 2020. Eyes are essential for magnetoreception in a mammal. *Journal of the royal society interface*, 17, 8.
- Castejon-Riber, C., Riber, C., Rubio, M. D., Agüera, E. & Muñoz, A. 2017. Objectives, principles, and methods of strength training for horses. *Journal of equine veterinary science*, 56, 93-103.

- Clayton, H. M. 2016. Core training and rehabilitation in horses. *Veterinary clinics of north america: equine practice*, 32, 49-71.
- Clayton, H. M. 1996. Time-motion analysis of show jumping competitions. *Journal of equine veterinary science*, 16, 262-266.
- Clutton-Brock, J. 1999. *A natural history of domesticated mammals*, cambridge university press.
- Corballis, P. M. & Gratton, G. 2003. Independent control of processing strategies for different locations in the visual field. *Biological psychology*, 64, 191-209.
- Costa, H., Fragoso, S. & Heitor, F. 2019. The relevance of affiliative relationships in horses: review and future directions. *Pet behaviour science*, 11-26.
- Christensen, J. W., Strøm, C. G., Nicová, K., de Gaillard, C. L., Sandøe, P., & Skovgård, H. 2022. Insect-repelling behaviour in horses in relation to insect prevalence and access to shelters. *Applied Animal Behaviour Science*, 105560.
- Červený, J., Begall, S., Koubek, P., Nováková, P. & Burda, H. 2011. Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. *Biology letters*, 7, 355-357.
- Daglis, I. A. 2001. *Space storms and space weather hazards*, springer science & business media.
- De Boyer Des Roches, A., Richard-Yris, M.-A., Henry, S., Ezzaouïa, M. & Hausberger, M. 2008. Laterality and emotions: visual laterality in the domestic horse (*equus caballus*) differs with objects' emotional value. *Physiology & behavior*, 94, 487-490.
- Deckel, A. W. 1995. Laterality of aggressive responses in anolis. *Journal of experimental zoology*, 272, 194-200.
- Deuel, N. & Lawrence, L. 1987. Laterality in the gallop gait of horses. *Journal of biomechanics*, 20, 645-649.
- Draaisma, R. 2020. *Scentwork for horses*, crc press.
- Ellis-Quinn, B. A. & Simony, C. A. 1991. Lizard homing behavior: the role of the parietal eye during displacement and radio-tracking, and time-compensated celestial orientation in the lizard *sceloporus jarrovi*. *Behavioral ecology and sociobiology*, 28, 397-407.
- Evander, R. L. Phylogeny of the family equidae. The evolution of perissodactyls, 1989. 109-127.
- Farmer, K., Krueger, K. & Byrne, R. W. 2010. Visual laterality in the domestic horse (*equus caballus*) interacting with humans. *Animal cognition*, 13, 229-238.
- Feh, C. 2005. Relationships and communication in socially. *The domestic horse: the origins, development and management of its behaviour*, 83.
- Fei 2019a. Dressage rules 26th edition. Fédération equestre internationale.
- Fei 2019b. Jumping rules, 26th edition. Fédération equestre internationale.
- Fleischmann, P. N., Grob, R. & Rössler, W. 2020. Magnetoreception in hymenoptera: importance for navigation. *Animal cognition*, 23, 1051-1061.
- Formicki, K., Korzelecka-Orkisz, A. & Tański, A. 2019. Magnetoreception in fish. *Journal of fish biology*, 95, 73-91.

- Frankel, R. B. 2009. The discovery of magnetotactic/magnetosensitive bacteria. *Chinese journal of oceanology and limnology*, 27, 1.
- Frasnelli, E., Vallortigara, G. & Rogers, L. J. 2012. Left–right asymmetries of behaviour and nervous system in invertebrates. *Neuroscience & biobehavioral reviews*, 36, 1273-1291.
- Frisch, K. V. 1967. Dance language and orientation of bees.
- Gannon, P. J., Holloway, R. L., Broadfield, D. C. & Braun, A. R. 1998. Asymmetry of chimpanzee planum temporale: humanlike pattern of wernicke's brain language area homolog. *Science*, 279, 220-222.
- Gaunitz, C., Fages, A., Hanghøj, K., Albrechtsen, A., Khan, N., Schubert, M., Seguin-Orlando, A., Owens, I. J., Felkel, S. & Bignon-Lau, O. 2018. Ancient genomes revisit the ancestry of domestic and przewalski's horses. *Science*, 360, 111-114.
- Geschwind, N. & Levitsky, W. 1968. Human brain: left-right asymmetries in temporal speech region. *Science*, 161, 186-187.
- Gilbert, C. D. & Sigman, M. 2007. Brain states: top-down influences in sensory processing. *Neuron*, 54, 677-696.
- Gilbert, W. 1958. *De magnete*, courier corporation.
- Glatzmaier, G. A. & Roberts, P. H. 1995. A three-dimensional convective dynamo solution with rotating and finitely conducting inner core and mantle. *Physics of the earth and planetary interiors*, 91, 63-75.
- Goodwin, D. 2007. Horse behaviour: evolution, domestication and feralisation. *The welfare of horses*. Springer.
- Goodwin, D. 1999. The importance of ethology in understanding the behaviour of the horse. *Equine veterinary journal*, 31, 15-19.
- Górecka-Bruzda, A., Kosińska, I., Jaworski, Z., Jezierski, T. & Murphy, J. 2015. Conflict behavior in elite show jumping and dressage horses. *Journal of veterinary behavior*, 10, 137-146.
- Górecka, A., Słoniewski, K., Golonka, M., Jaworski, Z. & Jezierski, T. 2006. Heritability of hair whorl position on the forehead in konik horses. *Journal of animal breeding and genetics*, 123, 396-398.
- Grandin, T., Deesing, M., Struthers, J. & Swinker, A. 1995. Cattle with hair whorl patterns above the eyes are more behaviorally agitated during restraint. *Applied animal behaviour science*, 46, 117-123.
- Grimm, S., Beck, J., Schuepbach, D., Hell, D., Boesiger, P., Bermpohl, F., Niehaus, L., Boeker, H. & Northoff, G. 2008. Imbalance between left and right dorsolateral prefrontal cortex in major depression is linked to negative emotional judgment: an fmri study in severe major depressive disorder. *Biological psychiatry*, 63, 369-376.
- Groves, C. P. & Ryder, O. A. 2000. Systematics and phylogeny of the horse. *The genetics of the horse*, 1-24.
- Gruber, B. & Henle, K. 2004. Linking habitat structure and orientation in an arboreal species *gehyra variegata* (gekkonidae). *Oikos*, 107, 406-414.

- Güntürkün, O., Diekamp, B., Manns, M., Nottelmann, F., Prior, H., Schwarz, A. & Skiba, M. 2000. Asymmetry pays: visual lateralization improves discrimination success in pigeons. *Current biology*, 10, 1079-1081.
- Guo, K., Meints, K., Hall, C., Hall, S. & Mills, D. 2009. Left gaze bias in humans, rhesus monkeys and domestic dogs. *Animal cognition*, 12, 409-418.
- Hanggi, E. B. & Ingersoll, J. F. 2012. Lateral vision in horses: a behavioral investigation. *Behavioural processes*, 91, 70-76.
- Harman, A. M., Moore, S., Hoskins, R. & Keller, P. 1999. Horse vision and an explanation for the visual behaviour originally explained by the 'ramp retina'. *Equine veterinary journal*, 31, 384-390.
- Harrison, C. 1987. Marine magnetic anomalies--the origin of the stripes. *Annual review of earth and planetary sciences*, 15, 505-543.
- Hart, V., Malkemper, E. P., Kusta, T., Begall, S., Novakova, P., Hanzal, V., Pleskac, L., Jezek, M., Policht, R., Husinec, V., Cerveny, J. & Burda, H. 2013a. Directional compass preference for landing in water birds. *Frontiers in zoology*, 10.
- Hart, V., Nováková, P., Malkemper, E. P., Begall, S., Hanzal, V., Ježek, M., Kušta, T., Němcová, V., Adámková, J., Benediktová, K., Červený, J. & Burda, H. 2013b. Dogs are sensitive to small variations of the earth's magnetic field. *Frontiers in zoology*, 10, 80.
- Hart, V., Kušta, T., Němec, P., Bláhová, V., Ježek, M., Nováková, P., Begall, S., Červený, J., Hanzal, V. & Malkemper, E. P. 2012. Magnetic alignment in carps: evidence from the czech christmas fish market. *Plos one*, 7, e51100.
- Hasler, R. M., Gyssler, L., Benneker, L., Martinolli, L., Schötzau, A., Zimmermann, H. & Exadaktylos, A. K. 2011. Protective and risk factors in amateur equestrians and description of injury patterns: a retrospective data analysis and a case-control survey. *Journal of trauma management & outcomes*, 5, 1-8.
- Hauser, M. D. & Akre, K. 2001. Asymmetries in the timing of facial and vocal expressions by rhesus monkeys: implications for hemispheric specialization. *Animal behaviour*, 61, 391-400.
- Hauser, M. D. 1993. Right hemisphere dominance for the production of facial expression in monkeys. *Science*, 261, 475-477.
- Hein, C. M., Engels, S., Kishkinev, D. & Mouritsen, H. 2011. Robins have a magnetic compass in both eyes. *Nature*, 471, e1-e1.
- Herron, M., Martin, J. & Joyce, J. 1978. Quantitative study of the decussating optic axons in the pony, cow, sheep, and pig. *American journal of veterinary research*, 39, 1137-1139.
- Hopkins, W. D. & Fernandez-Carriba, S. 2002. Laterality of communicative behaviours in non-human primates: a critical analysis. *Comparative vertebrate lateralization*, 445, 479.
- Hopkins, W. D. & Leavens, D. A. 1998. Hand use and gestural communication in chimpanzees (pan troglodytes). *Journal of comparative psychology*, 112, 95.
- Houpt, K. A. 2005. Maintenance behaviours. *The domestic horse: the evolution development and management of its behaviour*. Cambridge university press, cambridge, uk, 94-109.

- Hugdahl, K. 2005. Symmetry and asymmetry in the human brain. *European review*, 13, 119-133.
- Chernetsov, N., Pakhomov, A., Kobylkov, D., Kishkinev, D., Holland, R. A. & Mouritsen, H. 2017. Migratory eurasian reed warblers can use magnetic declination to solve the longitude problem. *Current biology*, 27, 2647-2651. E2.
- Jansen, A., Lohmann, H., Scharfe, S., Sehlmeier, C., Deppe, M. & Knecht, S. 2007. The association between scalp hair-whorl direction, handedness and hemispheric language dominance:: is there a common genetic basis of lateralization? *Neuroimage*, 35, 853-861.
- Jansen, T., Forster, P., Levine, M. A., Oelke, H., Hurler, M., Renfrew, C., Weber, J. & Olek, K. 2002. Mitochondrial dna and the origins of the domestic horse. *Proc natl acad sci u s a*, 99, 10905-10.
- Johnsen, S. & Lohmann, K. J. 2005. The physics and neurobiology of magnetoreception. *Nature reviews neuroscience*, 6, 703-712.
- Karenina, K. & Giljov, A. 2018. Mother and offspring lateralized social behavior across mammalian species. *Progress in brain research*. Elsevier.
- Karenina, K., Giljov, A. & Malashichev, Y. 2018. Lateralization of mother-infant interactions in wild horses. *Behavioural processes*, 148, 49-55.
- Karenina, K., Giljov, A., Ingram, J., Rowntree, V. J. & Malashichev, Y. 2017. Lateralization of mother–infant interactions in a diverse range of mammal species. *Nature ecology & evolution*, 1, 1-4.
- Kilian, A., Von Fersen, L. & Güntürkün, O. 2005. Left hemispheric advantage for numerical abilities in the bottlenose dolphin. *Behavioural processes*, 68, 179-184.
- Koboroff, A., Kaplan, G. & Rogers, L. J. 2008. Hemispheric specialization in australian magpies (*gymnorhina tibicen*) shown as eye preferences during response to a predator. *Brain research bulletin*, 76, 304-306.
- Komárková, M. & Bartošová, J. 2013. Lateralized suckling in domestic horses (*equus caballus*). *Animal cognition*, 16, 343-349.
- Krueger, K. & Heinze, J. 2008. Horse sense: social status of horses (*equus caballus*) affects their likelihood of copying other horses' behavior. *Animal cognition*, 11, 431-439.
- Lampe, J. F. & Andre, J. 2012. Cross-modal recognition of human individuals in domestic horses (*equus caballus*). *Animal cognition*, 15, 623-630.
- Lanier, J. L., Grandin, T., Green, R., Avery, D. & Mcgee, K. 2001. A note on hair whorl position and cattle temperament in the auction ring. *Applied animal behaviour science*, 73, 93-101.
- Lanza, R. & Meloni, A. 2006. *The earth's magnetic field*, springer.
- Larose, C., Richard-Yris, M.-A., Hausberger, M. & Rogers, l. J. 2006. Laterality of horses associated with emotionality in novel situations. *Laterality*, 11, 355-367.
- Laska, M. & Tutsch, M. 2000. Laterality of tail resting posture in three species of new world primates. *Neuropsychologia*, 38, 1040-1046.

- Lau, A. N., Peng, L., Goto, H., Chemnick, L., Ryder, O. A. & Makova, K. D. 2009. Horse domestication and conservation genetics of przewalski's horse inferred from sex chromosomal and autosomal sequences. *Molecular biology and evolution*, 26, 199-208.
- Levine, M. A. 2005. Domestication and early history of the horse. *The domestic horse: the origins, development and management of its behaviour*, 5-22.
- Lewczuk, D. 2020. Towards the best young horse performance – variability of behavior and performance related traits in polish warmbloods during years 2002-2017. *Journal of veterinary behavior*.
- Librado, P., Khan, N., Fages, A., et al. 2021. The origins and spread of domestic horses from the western eurasian steppes. *Nature*, 598, 634-640.
- Librado, P., Fages, A., Gaunitz, C., Leonardi, M., Wagner, S., Khan, N., Hanghøj, K., Alquraishi, S. A., Alfarhan, A. H. & Al-Rasheid, K. A. 2016. The evolutionary origin and genetic makeup of domestic horses. *Genetics*, 204, 423-434.
- Lippolis, G., Westman, W., Mcallan, B. & Rogers, L. 2005. Lateralisation of escape responses in the stripe-faced dunnart, *smynthopsis macroura* (dasyuridae: marsupialia). *Laterality: asymmetries of body, brain, and cognition*, 10, 457-470.
- Lippolis, G., Bisazza, A., Rogers, L. J. & Vallortigara, G. 2002. Lateralisation of predator avoidance responses in three species of toads. *Laterality: asymmetries of body, brain and cognition*, 7, 163-183.
- Llaurens, V., Raymond, M. & Faurie, C. 2009. Why are some people left-handed? An evolutionary perspective. *Philosophical transactions of the royal society b: biological sciences*, 364, 881-894.
- Lohmann, K. J. 2007. Sea turtles: navigating with magnetism. *Current biology*, 17, r102-r104.
- Lohmann, K. J., Lohmann, C. M. F. & Putman, N. F. 2007. Magnetic maps in animals: nature's gps. *Journal of experimental biology*, 210, 3697-3705.
- Lohmann, K., & Lohmann, C. 1994. Detection of magnetic inclination angle by sea turtles: a possible mechanism for determining latitude. *The Journal of experimental biology*, 194(1), 23-32.
- Lorenz, K. 1981. *The foundations of ethology*. Springer verlag.
- Lucidi, P., Bacco, G., Sticco, M., Mazzoleni, G., Benvenuti, M., Bernabò, N. & Trentini, R. 2013. Assessment of motor laterality in foals and young horses (*equus caballus*) through an analysis of derailment at trot. *Physiology & behavior*, 109, 8-13.
- Macfadden, B. J. 1994. *Fossil horses: systematics, paleobiology, and evolution of the family equidae*, cambridge university press.
- Macneilage, P. F. 2013. Vertebrate whole-body-action asymmetries and the evolution of right handedness: a comparison between humans and marine mammals. *Developmental psychobiology*, 55, 577-587.
- Macneilage, P. F., Rogers, L. J. & Vallortigara, G. 2009. Origins of the left & right brain. *Scientific american*, 301, 60-67.
- Marlin, D. & Williams, J. 2020. Faults in international showjumping are not random. *Comparative exercise physiology*, 16, 235-241.

- Mcdowell, L. J., Wells, D. L., Hepper, P. G. & Dempster, M. 2016. Lateral bias and temperament in the domestic cat (*Felis silvestris*). *Journal of comparative psychology*, 130, 313.
- Mcgreevy, P. D., Harman, A., Mclean, A. & Hawson, L. 2010. Over-flexing the horse's neck: a modern equestrian obsession? *Journal of veterinary behavior*, 5, 180-186.
- Mcgreevy, P. & Rogers, L. 2005. Motor and sensory laterality in thoroughbred horses. *Applied animal behaviour science*, 92, 337-352.
- Mclean, A. N. & Christensen, J. W. 2017. The application of learning theory in horse training. *Applied animal behaviour science*, 190, 18-27.
- Mead, G. D. 1964. Deformation of the geomagnetic field by the solar wind. *Journal of geophysical research*, 69, 1181-1195.
- Meij, H. & Meij, J. 1980. Functional asymmetry in the motor system of the horse. *South african journal of science*, 76, 552.
- Merrill, R. T. & Mcelhinny, M. W. 1983. *The earth's magnetic field: its history, origin and planetary perspective*, academic press london.
- Meyer, C. G., Holland, K. N. & Papastamatiou, Y. P. 2005. Sharks can detect changes in the geomagnetic field. *Journal of the royal society interface*, 2, 129-130.
- Miklosi, A., Andrew, R. & Savage, H. 1997. Behavioural lateralisation of the tetrapod type in the zebrafish (*Brachydanio rerio*). *Physiology & behavior*, 63, 127-135.
- Mills, D. S. & McDonnell, S. M. 2005. *The domestic horse: the evolution, development and management of its behaviour*, cambridge, cambridge university press.
- Mitchell, R. L. & Crow, T. J. 2005. Right hemisphere language functions and schizophrenia: the forgotten hemisphere? *Brain*, 128, 963-978.
- Monteil, C. L. & Lefevre, C. T. 2020. Magnetoreception in microorganisms. *Trends in microbiology*, 28, 266-275.
- Moritz, R. E., Burda, H., Begall, S. & Němec, P. 2007. Magnetic compass: a useful tool underground. *Subterranean rodents*. Springer.
- Mouritsen, H. 2018. Long-distance navigation and magnetoreception in migratory animals. *Nature*, 558, 50-59.
- Murphy, J. & Arkins, S. 2008. Facial hair whorls (trichoglyphs) and the incidence of motor laterality in the horse. *Behavioural processes*, 79, 7-12.
- Murphy, J., Sutherland, A. & Arkins, S. 2005. Idiosyncratic motor laterality in the horse. *Applied animal behaviour science*, 91, 297-310.
- Murphy, P. A. 1981. Celestial compass orientation in juvenile american alligators (*Alligator mississippiensis*). *Copeia*, 638-645.
- Murray, J. K., Singer, E. R., Morgan, K. L., Proudman, C. J. & French, N. P. 2005. Risk factors for cross-country horse falls at one-day events and at two-/three-day events. *The veterinary journal*, 170, 318-324.
- Murray, J. K., Singer, E. R., Morgan, K. L., Proudman, C. J. & French, N. P. 2004. Memory decay and performance-related information bias in the reporting of scores by event riders. *Preventive veterinary medicine*, 63, 173-182.

- Nicholls, M. E., Ellis, B. E., Clement, J. G. & Yoshino, M. 2004. Detecting hemifacial asymmetries in emotional expression with three-dimensional computerized image analysis. *Proceedings of the royal society of london. Series b: biological sciences*, 271, 663-668.
- Niimura, Y., Matsui, A. & Touhara, K. 2014. Extreme expansion of the olfactory receptor gene repertoire in african elephants and evolutionary dynamics of orthologous gene groups in 13 placental mammals. *Genome research*, 24, 1485-1496.
- Nimpf, S., Nordmann, G. C., Kagerbauer, D. et al. 2019. A putative mechanism for magnetoreception by electromagnetic induction in the pigeon inner ear. *Current biology*, 29, 4052-4059.e4.
- Noonan, M. & Axelrod, S. 1989. Behavioral bias and left-right response differentiation in the rat. *Behavioral and neural biology*, 52, 406-410.
- Nordmann, G. C., Hochstoeger, T. & Keays, D. A. 2017. Magnetoreception—a sense without a receptor. *Plos biology*, 15, e2003234.
- Orlando, L., Ginolhac, A., Zhang, G., Froese, D., Albrechtsen, A., Stiller, M., Schubert, M., Cappellini, E., Petersen, B. & Moltke, I. 2013. Recalibrating equus evolution using the genome sequence of an early middle pleistocene horse. *Nature*, 499, 74-78.
- Outram, A. K., Stear, N. A., Bendrey, R., Olsen, S., Kasparov, A., Zaibert, V., Thorpe, N. & Evershed, R. P. 2009. The earliest horse harnessing and milking. *Science*, 323, 1332-1335.
- Patterson, M., Doyle, J., Cahill, E., Caulfield, B. & Persson, U. M. Quantifying show jumping horse rider expertise using imus. 2010 annual international conference of the ieee engineering in medicine and biology, 31 aug.-4 sept. 2010 2010. 684-687.
- Perez-Cruz, C., Simon, M., Flügge, G., Fuchs, E. & Czéh, B. 2009. Diurnal rhythm and stress regulate dendritic architecture and spine density of pyramidal neurons in the rat infralimbic cortex. *Behavioural brain research*, 205, 406-413.
- Phillips, C., Oevermans, H., Syrett, K., Jespersen, A. & Pearce, G. 2015. Lateralization of behavior in dairy cows in response to conspecifics and novel persons. *Journal of dairy science*, 98, 2389-2400.
- Pinzon-Rodriguez, A. & Muheim, R. 2017. Zebra finches have a light-dependent magnetic compass similar to migratory birds. *Journal of experimental biology*, 220, 1202-1209.
- Pla, P. & Larue, L. 2003. Involvement of endothelin receptors in normal and pathological development of neural crest cells. *International journal of developmental biology*, 47, 315-325.
- Place, N., McGowan, C., Lamb, S., Schanbacher, B., McGowan, T. & Walsh, D. 2010. Seasonal variation in serum concentrations of selected metabolic hormones in horses. *Journal of veterinary internal medicine*, 24, 650-654.
- Pluháček, J., Olléová, M., Bartošová, J., Pluháčková, J. & Bartoš, L. 2013. Laterality of suckling behaviour in three zebra species. *Laterality: asymmetries of body, brain and cognition*, 18, 349-364.

- Poremba, A., Malloy, M., Saunders, R. C., Carson, R. E., Herscovitch, P. & Mishkin, M. 2004. Species-specific calls evoke asymmetric activity in the monkey's temporal poles. *Nature*, 427, 448-451.
- Preibisch, C., Lanfermann, H., Wallenhorst, T., Walter, H. & Erk, S. 2009. Neuroanatomical correlates of visual field bias: a sensitive system for detecting potential threats? *Brain research*, 1263, 69-77.
- Prince, J. H., Diesem, C. D., Eglitis, I. & Ruskell, G. 1960. Anatomy and histology of the eye and orbit in domestic animals. *Anatomy and histology of the eye and orbit in domestic animals*.
- Proops, L., McComb, K. & Reby, D. 2009. Cross-modal individual recognition in domestic horses (*equus caballus*). *Proceedings of the national academy of sciences*, 106, 947-951.
- Prothero, D. R. & Schoch, R. M. 2002. *Horns, tusks, and flippers: the evolution of hoofed mammals*, jhu press.
- Prothero, D. R. & Schoch, R. M. 1989. *The evolution of perissodactyls*, oxford university press, usa.
- Quaranta, A., Siniscalchi, M. & Vallortigara, G. 2007. Asymmetric tail-wagging responses by dogs to different emotive stimuli. *Current biology*, 17, r199-r201.
- Raabymagle, P. & Ladewig, J. 2006. Lying behavior in horses in relation to box size. *Journal of equine veterinary science*, 26, 11-17.
- Randle, H. 1998. Facial hair whorl position and temperament in cattle. *Applied animal behaviour science*, 56, 139-147.
- Rebhun, W. C. 1992. Retinal and optic nerve diseases. *Veterinary clinics of north america: equine practice*, 8, 587-608.
- Roberts, S. M. 1992. Equine vision and optics. *Veterinary clinics of north america: equine practice*, 8, 451-457.
- Robins, A. & Phillips, C. 2010. Lateralised visual processing in domestic cattle herds responding to novel and familiar stimuli. *Laterality*, 15, 514-534.
- Robins, A. & Rogers, L. J. 2004. Lateralized prey-catching responses in the cane toad, *bufo marinus*: analysis of complex visual stimuli. *Animal behaviour*, 68, 767-775.
- Robins, A., Lippolis, G., Bisazza, A., Vallortigara, G. & Rogers, L. J. 1998. Lateralized agonistic responses and hindlimb use in toads. *Animal behaviour*, 56, 875-881.
- Robinson, T. E., Angus, A. L. & Becker, J. B. 1985. Sensitization to stress: the enduring effects of prior stress on amphetamine-induced rotational behavior. *Life sciences*, 37, 1039-1042.
- Rogers, L. J. 2017. A matter of degree: strength of brain asymmetry and behaviour. *Symmetry*, 9, 57.
- Rogers, L. J. & Vallortigara, G. 2015. When and why did brains break symmetry? *Symmetry*, 7, 2181-2194.

- Rogers, L. J., Rigosi, E., Frasnelli, E. & Vallortigara, G. 2013. A right antenna for social behaviour in honeybees. *Scientific reports*, 3, 1-4.
- Rogers, L. J. 2010. Relevance of brain and behavioural lateralization to animal welfare. *Applied animal behaviour science*, 127, 1-11.
- Rogers, L. J. 2009. Hand and paw preferences in relation to the lateralized brain. *Philosophical transactions of the royal society b: biological sciences*, 364, 943-954.
- Rogers, L. J. & Vallortigara, G. 2008. From antenna to antenna: lateral shift of olfactory memory recall by honeybees. *Plos one*, 3, e2340.
- Rogers, L. J., Zucca, P. & Vallortigara, G. 2004. Advantages of having a lateralized brain. *Proceedings of the royal society of london. Series b: biological sciences*, 271, s420-s422.
- Rogers, L. J. & Andrew, R. 2002. *Comparative vertebrate lateralization*, cambridge university press.
- Rogers, L. J. 2002. Lateralization in vertebrates: its early evolution, general pattern, and development. *Advances in the study of behavior*. Academic press.
- Rogers, L. & Kaplan, G. 1996. Hand preferences and other lateral biases in rehabilitated orang-utans, *Pongo pygmaeus pygmaeus*. *Animal behaviour*, 51, 13-25.
- Rørvang, M. V., Ničová, K., Sassner, H., & Nawroth, C. 2022. Horses' (*Equus caballus*) ability to solve visible but not invisible displacement tasks is associated with frustration behavior and heart rate. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 317.
- Rørvang, M. V., Nicova, K., & Yngvesson, J. 202). Testing olfaction in equids: Age and gestational stage affects olfactory interest. – v recenzním řízení
- Rørvang, M. V., Nielsen, B. L. & Mclean, A. N. 2020. Sensory abilities of horses and their importance for equitation science. *Frontiers in veterinary science*, 7, 633.
- Salva, O. R., Daisley, J. N., Regolin, L. & Vallortigara, G. 2009. Lateralization of social learning in the domestic chick, *Gallus gallus domesticus*: learning to avoid. *Animal behaviour*, 78, 847-856.
- Sankey, C., Henry, S., Clouard, C., Richard-Yris, M.-A. & Hausberger, M. 2011. Asymmetry of behavioral responses to a human approach in young naive vs. Trained horses. *Physiology & behavior*, 104, 464-468.
- Sankey, C., Richard-Yris, M.-A., Leroy, H., Henry, S. & Hausberger, M. 2010. Positive interactions lead to lasting positive memories in horses, *Equus caballus*. *Animal behaviour*, 79, 869-875.
- Santamaría, S., Bobbert, M. F., Back, W., Barneveld, A. & Van Weeren, P. R. 2005. Effect of early training on the jumping technique of horses. *American journal of veterinary research*, 66, 418-424.
- Saslow, C. A. 2002. Understanding the perceptual world of horses. *Applied animal behaviour science*, 78, 209-224.
- Shivley, C., Grandin, T. & Deesing, M. 2016. Behavioral laterality and facial hair whorls in horses. *Journal of equine veterinary science*, 44, 62-66.

- Schore, A. N. 2009. Attachment trauma and the developing right brain: origins of pathological dissociation.
- Schulten, K., Swenberg, C. E. & Weller, A. 1978. A biomagnetic sensory mechanism based on magnetic field modulated coherent electron spin motion. *Zeitschrift für physikalische chemie*, 111, 1-5.
- Sigurjónsdóttir, H. & Haraldsson, H. 2019. Significance of group composition for the welfare of pastured horses. *Animals*, 9, 14.
- Siniscalchi, M., Quaranta, A. & Rogers, L. J. 2008. Hemispheric specialization in dogs for processing different acoustic stimuli. *Plos one*, 3, e3349.
- Slaby, P., Tomanova, K. & Vacha, M. 2013. Cattle on pastures do align along the north-south axis, but the alignment depends on herd density. *Journal of comparative physiology a-neuroethology sensory neural and behavioral physiology*, 199, 695-701.
- Smiet, E., Van Dierendonck, M. C., Sleutjens, J., Menheere, P. P. C. A., Van Breda, E., De Boer, D., Back, W., Wijnberg, I. D. & Van Der Kolk, J. H. 2014. Effect of different head and neck positions on behaviour, heart rate variability and cortisol levels in lunged royal dutch sport horses. *The veterinary journal*, 202, 26-32.
- Sobel, N., Supin, A. Y. & Myslobodsky, M. 1994. Rotational swimming tendencies in the dolphin (*tursiops truncatus*). *Behavioural brain research*, 65, 41-45.
- Southwood, A. & Avens, L. 2010. Physiological, behavioral, and ecological aspects of migration in reptiles. *Journal of comparative physiology b*, 180, 1-23.
- Sovrano, V. A. 2004. Visual lateralization in response to familiar and unfamiliar stimuli in fish. *Behavioural brain research*, 152, 385-391.
- Sperry, R. 1982. Some effects of disconnecting the cerebral hemispheres: nobel lecture, 8 december 1981. *Bioscience reports*, 2, 265-276.
- Stachurska, A., Śniadek, J. & Janczarek, I. 2017. First reaction of the heart rate in horses to different genres of music played in the stable. *Medycyna weterynaryjna*, 73, 500-504.
- Stachurska, A., Janczarek, I., Wilk, I. & Kędzierski, W. 2015. Does music influence emotional state in race horses? *Journal of equine veterinary science*, 35, 650-656.
- Stachurska, A., Pięta, M. & Nesteruk, E. 2002. Which obstacles are most problematic for jumping horses? *Applied animal behaviour science*, 77, 197-207.
- Strain, G. M. 1999. Congenital deafness and its recognition. *Veterinary clinics of north america small animal practice*, 29, 895-908.
- Sun, T. & Walsh, C. A. 2006. Molecular approaches to brain asymmetry and handedness. *Nature reviews neuroscience*, 7, 655-662.
- Thieltges, H., Lemasson, A., Kuczaj, S., Böye, M. & Blois-Heulin, C. 2011. Visual laterality in dolphins when looking at (un)familiar humans. *Animal cognition*, 14, 303-308.
- Timney, B. & Macuda, T. 2001. Vision and hearing in horses. *Journal of the american veterinary medical association*, 218, 1567-1574.
- Timney, B. & Keil, K. 1999. Local and global stereopsis in the horse. *Vision research*, 39, 1861-1867.
- Timney, B. & Keil, K. 1992. Visual acuity in the horse. *Vision research*, 32, 2289-2293.

- Tomaz, C., Verburg, M. S., Boere, V., Pianta, T. F. & Belo, M. 2003. Evidence of hemispheric specialization in marmosets (*callithrix penicillata*) using tympanic membrane thermometry. *Brazilian journal of medical and biological research*, 36, 913-918.
- Tomkins, L. M., Thomson, P. C. & Mcgreevy, P. D. 2012. Associations between motor, sensory and structural lateralisation and guide dog success. *The veterinary journal*, 192, 359-367.
- Tong, L., Stewart, M., Johnson, I., Appleyard, R., Wilson, B., James, O., Johnson, C. & Mcgreevy, P. 2020. A comparative neuro-histological assessment of gluteal skin thickness and cutaneous nociceptor distribution in horses and humans. *Animals*, 10, 1-15.
- Toppino, T. C. & Long, G. M. 2005. Top-down and bottom-up processes in the perception of reversible figures: toward a hybrid model. *Dynamic cognitive processes*. Springer.
- Tumanski, S. 2016. *Handbook of magnetic measurements*, crc press.
- Valencia-Alfonso, C.-E., Verhaal, J. & Güntürkün, O. 2009. Ascending and descending mechanisms of visual lateralization in pigeons. *Philosophical transactions of the royal society b: biological sciences*, 364, 955-963.
- Valet, J.-P. & Meynadier, L. 1993. Geomagnetic field intensity and reversals during the past four million years. *Nature*, 366, 234-238.
- Vallortigara, G. & Rogers, L. J. 2005. Survival with an asymmetrical brain: advantages and disadvantages of cerebral lateralization. *Behavioral and brain sciences*, 28, 575-588.
- Vallortigara, G. 2000. Comparative neuropsychology of the dual brain: a stroll through animals' left and right perceptual worlds. *Brain and language*, 73, 189-219.
- Vallortigara, G., Rogers, L. J. & Bisazza, A. 1999. Possible evolutionary origins of cognitive brain lateralization. *Brain research reviews*, 30, 164-175.
- Vallortigara, G., Rogers, L. J., Bisazza, A., Lippolis, G. & Robins, A. 1998. Complementary right and left hemifield use for predatory and agonistic behaviour in toads. *Neuroreport*, 9, 3341-3344.
- Walker, M. M., Dennis, T. E. & Kirschvink, J. L. 2002. The magnetic sense and its use in long-distance navigation by animals. *Current opinion in neurobiology*, 12, 735-744.
- Wallner, B., Brem, G., Müller, M. & Achmann, R. 2003. Fixed nucleotide differences on the y chromosome indicate clear divergence between *equus przewalskii* and *equus caballus*. *Animal genetics*, 34, 453-456.
- Waring, G. 2003. *Horse behavior*, elsevier science.
- Waters, N. S. & Denenberg, V. H. 1994. Analysis of two measures of paw preference in a large population of inbred mice. *Behavioural brain research*, 63, 195-204.
- Wells, A. & Blache, D. 2008. Horses do not exhibit motor bias when their balance is challenged. *Animal*, 2, 1645-1650.
- Wells, D. L. 2003. Lateralised behaviour in the domestic dog, *canis familiaris*. *Behavioural processes*, 61, 27-35.
- Williams, D. & Norris, B. 2007. Laterality in stride pattern preferences in racehorses. *Animal behaviour*, 74, 941-950.

- Williams, J. & Tabor, G. 2017. Rider impacts on equitation. *Applied animal behaviour science*, 190, 28-42.
- Wiltschko, R. & Wiltschko, W. 2019. Magnetoreception in birds. *Journal of the royal society interface*, 16, 20190295.
- Wiltschko, R. 2012. *Magnetic orientation in animals*, springer science & business media.
- Wiltschko, R., Ritz, T., Stapput, K., Thalau, P. & Wiltschko, W. 2005. Two different types of light-dependent responses to magnetic fields in birds. *Current biology*, 15, 1518-1523.
- Wiltschko, W. & Wiltschko, R. 2005. Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *Journal of comparative physiology a-neuroethology sensory neural and behavioral physiology*, 191, 675-693.
- Wiltschko, W. & Wiltschko, R. 2002. Magnetic compass orientation in birds and its physiological basis. *Naturwissenschaften*, 89, 445-452.
- Wiltschko, W. & Wiltschko, R. 1995. Migratory orientation of european robins is affected by the wavelength of light as well as by a magnetic pulse. *Journal of comparative physiology a*, 177, 363-369.
- Wiltschko, W. & Wiltschko, R. 1978. A theoretical model for migratory orientation and homing in birds. *Oikos*, 177-187.
- Wiltschko, W. & Fw, M. 1971. Zugorientierung van dorngrasmucken (*sylvia communis*) im erdmagnetfeld. *Vogelwarte*, 26, 245-249.
- Wiltschko, W. 1968. Über den einfluß statischer magnetfelder auf die zugorientierung der rotkehlchen (*erithacus rubecula*). *Zeitschrift für tierpsychologie*, 25, 537-558.
- Winklhofer, M. 2010. Magnetoreception. The royal society.
- Wiśniewska, M., Janczarek, I., Wilk, I. & Wnuk-Pawlak, E. 2019. Use of music therapy in aiding the relaxation of geriatric horses. *Journal of equine veterinary science*, 78, 89-93.
- Wittling, W., Block, A., Schweiger, E. & Genzel, S. 1998. Hemisphere asymmetry in sympathetic control of the human myocardium. *Brain and cognition*, 38, 17-35.
- Wittling, W. & Pflüger, M. 1990. Neuroendocrine hemisphere asymmetries: salivary cortisol secretion during lateralized viewing of emotion-related and neutral films. *Brain and cognition*, 14, 243-265.
- Yang, M. & Crawley, J. N. 2009. Simple behavioral assessment of mouse olfaction. *Current protocols in neuroscience*, 48, 8.24. 1-8.24. 12.
- Zucca, P., Cerri, F., Carluccio, A. & Baciadonna, L. 2011. Space availability influence laterality in donkeys (*equus asinus*). *Behavioural processes*, 88, 63-66.

7. Seznam vědeckých příspěvků a odborně naučných článků

VĚDECKÉ PUBLIKACE S IF

Ničová K., Bartošová J. 2022. Still beyond a chance: Distribution of faults in elite show-jumping horses. Plos One

- Rukopis byl přijat k publikování 19. 2. 2022

Christensen, J. W., Strøm, C. G., **Ničová, K.**, de Gaillard, C. L., Sandøe, P., & Skovgård, H. 2022. Insect-repelling behaviour in horses in relation to insect prevalence and access to shelters. Applied Animal Behaviour Science. 105560.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168159122000181>

Rørvang M. V., **Ničová K.**, Sassner H. and Nawroth C. 2021. Horses' (Equus caballus) Ability to Solve Visible but Not Invisible Displacement Tasks Is Associated With Frustration Behavior and Heart Rate. Front. Behav. Neurosci. 15:792035. doi:

10.3389/fnbeh.2021.792035. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbeh.2021.792035/abstract>

Rørvang M. V., **Ničová K.**, Yngvesson J. 2022. Testing olfaction in equids: Age and gestational stage affects olfactory interest. Scientific Reports.

- Rukopis je v recenzním řízení

Ničová K., Bartošová J. 2022. Gender and sex effects in performance during top show jumping competition.

- Rukopis je v přípravě

RECENZOVANÉ VĚDECKÉ A ODBORNÉ PUBLIKACE

Ničová K., Jůvová L., Bartošová, J. Na prahu nového poznání: Epigenetika v chovu koní. *Náš chov*, 2022, roč. 81 (2), s. 36 - 38. ISSN 0027-8068.

Ničová, K. a Bartošová, J. Nejen nové stáje pro koně. *Náš chov*, 2019, roč. 79 (4), s. 89-90. ISSN: 0027-8068.

Ničová K. a Bartošová, J. Když matka selže: Odmítavé chování klisen k novorozeným hříbatům. *Náš chov*, 2020, roč. 80 (6), s. 77-78. ISSN.

KNIŽNÍ PUBLIKACE

Machová, K., Skoupá, L., Hypšová, D., Juričková, V., Čapková, K., **Ničová, K.**, Šámalová, M., Svobodová, I. Zapojení zvířat do zoorehabilitace. 2021. s 152. ISBN 978-80-213-3067-2.

Bartošová J., **Ničová K.** 2020. Využití teorie učení a biologických poznatků ve výcviku a využití koní. Česká technologická platforma pro zemědělství. Dostupné na: <https://www.ctpz.cz/publikace/vyuziti-teorie-uceni-a-biologickyh-poznatku-ve-vycviku-a-vyuziti-koni-721>.

KONFERENCE

Christensen J. W., Strøm, C. G., **Ničová K.**, Sandøe P., Skovgård H. Horse welfare during summer: shelter access reduces insect-avoidance behaviour in pastured horses in Denmark. 17th International Equitation Science Conference. Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, 2678, Australia. P 37. ISBN: 978-1-86-467400-2. <https://equitationsscience.com/conferences/>.

Ničová K., Yngvesson J., Rørvang M. V. The effect of age and pregnancy on olfactory interest in horses. 17th International Equitation Science Conference. Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, 2678, Australia. P 42. ISBN: 978-1-86-467400-2. <https://equitationsscience.com/conferences/>.

Rørvang M. V., Sassner H., Nawroth C., **Ničová K.** Horses ability to solve transposition tasks is not affected by age, sex, training level nor colour. 17th International Equitation Science Conference. Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, 2678, Australia. P 38. ISBN: 978-1-86-467400-2. <https://equitationsscience.com/conferences/>.

Ničová K., Bartošová J. Faktory ovlivňující úspěšnost ve vrcholových parkurových soutěžích. Vědecká konference doktorandů ČZU. Praha. 13. 5. 2019. s. 5. ISBN: 978-80-213-2943-0.

Ničová K., Bartošová, J. Factors influencing show-jumping performance of top sport horses. Proceedings of the 15th International Equitation Science Conference (ISES). Guelph, Canada. 19-21. August. P 36.

Ničová K., Bartošová, J. Genderové nerovnosti v top jezdeckém sportu. 46. Konference ČSETS Bratislava. 7. – 10. 11. 2019. s. 34.

Ničová K., Bartošová, J. 2018. Levá není pravá – tělo, mozek, smysly. 12. Konference České hiporehabilitační společnosti. Brno. 16. - 17. 2. 2018 (poster).

Ničová K., Bartošová, J. 2018. Lateralized show-jumping performance in top sport horses. Proceedings of the joint east and west central Europe ISAE regional meeting. Warsaw, Poland. 11. - 12. 6. P 19.

Ničová K., Bartošová, J. 2018. Lateralization in show-jumping performance of top sport horses. Proceedings of the 5th European Student Conference on Behaviour and Cognition (ESCBC) 5. -9. 9. 2018. P 54.

Ničová K., Bartošová, J. 2018. Faktory ovlivňující úspěšnost při překonávání překážek ve vrcholových parkurových soutěžích. 45. konference ČSETS Ostrava 9. - 12. 11. 2018, ČSETS, s. 74.

OSTATNÍ

Ničová K. 2021. Konference International Society for Equitation Science. ČZU. <https://www.af.czu.cz/cs/r-7181-aktuality-fappz/konference-international-society-for-equitation-science.html>

- Ničová K.**, Bartošová, J. Brösarp projekt & Hoof Step System. iKůň, 2021, roč. Audiovizuální tvorba(<https://ikun.cz/#!/aktualita?itemId=4052>), s. . ISSN 2021
- Ničová K.** 2022. Pro koněčesky.cz – Zbarvení koní III. Koně&Lidé, roč. 17. (2). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2022. Pro koněčesky.cz – Zbarvení koní II. Koně&Lidé, roč. 17. (1). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Zbarvení koní I. Koně&Lidé, roč. 16. (12). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Chlupové víry. Koně&Lidé, roč. 16. (11). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Cval. Koně&Lidé, roč. 16. (9). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Online Summit Koněčesky. Koně&Lidé, roč. 16. (8). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Klus. Koně&Lidé, roč. 16. (7). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Krok. Koně&Lidé, roč. 16. (6). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Trénink oka a horizontální rovnováha. Koně&Lidé, roč. 16. (5). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Trénink oka a vertikální rovnováha. Koně&Lidé, roč. 16. (4). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Kopyta a asymetrie. Koně&Lidé, roč. 16. (3). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Kopyto a jeho funkce. Koně&Lidé, roč. 16. (2). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2021. Pro koněčesky.cz – Kopyta koní. Koně&Lidé, roč. 16. (1). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** a Bartošová, J. Zavádění koní do startovacích boxů: Pohled vědy a teorie učení. iKůň, 2020, roč. 1 (7). 84 -87.
- Ničová K. 2021. Před lockdownem na sever. Zpravodaj ČSEtS. Praha: Česká a Slovenská etologická společnost, roč. 33. s. 19-21. ISSN.
- Ničová K.**, 2020. 15. Mezinárodní konference International Society for Equitation Science. Zpravodaj ČSEtS. Praha: Česká a Slovenská etologická společnost, roč. 32. s. 23-24. ISSN

- Ničová K.** 2020. Pro koněčesky.cz – Krk a hlava koně. Koně&Lidé, roč. 15. (12). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2020. Pro koněčesky.cz – Zadní končetiny koně a jejich asymetrie. Koně&Lidé, 2020, roč. 15. (11). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2020. Pro koněčesky.cz – Přední končetiny a jejich funkce. Koně&Lidé, roč. 15. (10). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2020. Pro koněčesky.cz – Hřbet koně. Koně&Lidé, roč. 15. (9). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2020. Pro koněčesky.cz – Syndrom křivého koně a rovnováha. Koně&Lidé, roč. 15. (8). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** 2020. Pro koněčesky.cz – Přirozená křivost koně. Koně&Lidé, roč. 15. (7). ISSN: 1801-965X
- Ničová K.** Huculové zpod sněhové peřiny. Jezdectví, 2019, roč. 67 (3). s. 52 - 53. ISSN: 1210-5406.
- Ničová K.** Moderní technologie I. Jezdectví, 2019, roč. 67(10), s. 64 - 67. ISSN: 1210-5406.
- Ničová K.** Moderní technologie II. Jezdectví, 2019, roč. (11), s. 42 - 45. ISSN: 1210-5406.
- Ničová K.** V sedle Hucula. V sedle, 2018, roč. 4 (3). s. 28 - 29. ISSN: 1210-5406.