

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Barevná realita koňského vidění

Diplomová práce

Bc. Hedvika Hejhalová

Management zdraví a welfare zvířat

Ing. Cyril Neumann, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Barevná realita koňského vidění" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 4.2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé práce Ing. Cyrilu Neumannovi, Ph.D. za trpělivost a odborné poradenství, které provázelo vznik této diplomové práce. Zároveň bych ráda poděkovala své rodině, za poskytnuté zázemí a podporu, bez které by nebylo možné tuto práci vytvořit.

Barevná realita koňského vidění

Souhrn

Otázka barevného vidění u koní je v posledních letech stále více pokládána nejen v odborných kruzích, ale díky vzestupu oblíbenosti jezdeckého sportu také u široké veřejnosti. Již několik studií prokázalo, že neporozumění přirozených reakcí koní na různé podněty vedlo k narušení mezidruhové interakce mezi člověkem a koněm a vytvářelo mnohdy stresové a nebezpečné situace. Pro pochopení aspektů koňského vidění byla v této práci shrnuta již zjištěná fakta o fyziologických možnostech koňského vidění, zejména základní anatomie oka a jeho umístění, které má zásadní význam na rozsah zorného pole a zahrnuje monokulární vidění i binokulární překrytí. Zjištění, získaná z předešlých studií, potvrdila barevné vidění u koní, ale zároveň díky dichromatické skladbě oka předpokládají rozdíl v barevném spektru, zejména pokud se týká červené a zelené barvy. Experiment proto měl za cíl potvrdit či vyvrátit předpokládané mínění, že i přes omezení barevného rozsahu, dovedou koně rozlišit červenou barvu od dalších základních barev, konkrétně od zelené, žluté a modré. V souvislosti s tímto cílem vyvstalo také mnoho dalších otázek, na které přinesl experiment nové poznatky. Podle všeobecného předpokladu koňské barevné spektrum obsahuje zejména různé odstíny šedé, přičemž zelená barva, stejně jako barva červená není v dichromatickém vidění prezentována stejně, jako u druhů s trichromatickým barevným viděním. Pro experiment bylo využito 6 minikoní plemene falabella (tři klisny a tři hřebci), kterým byla dána možnost volby ze čtyř stejných kbelíků různých barev: červená, zelená, žlutá a modrá, přičemž oblíbené granule byly vždy pouze ve kbelíku červené barvy. Před začátkem experimentu byli minikoně trénováni na granule umístěné v kbelíku červené barvy a na akustický stimul v podobě chrastících granulí vsypávaných do červeného kbelíku. Experiment byl rozdělen na dvě části, kdy první část byla zaměřena na schopnost rozlišit červený kbelík v řadě mezi zeleným, žlutým a modrým. Druhá část experimentu měla zjistit rozsah paměťové stopy, tedy zda minikoně dovedou rozpoznat kbelík červené barvy i za 30 dní po ukončení první části experimentu. Obě části byly prováděny v uzavřeném prostoru, do kterého byli minikoně postupně přiváděni experimentátorem. První část experimentu trvala šest po sobě jdoucích dní. V prvních třech dnech bylo cílem naučit minikoně na řadu barevných kbelíků a na granule v červeném z nich. Každý minikůň absolvoval po tyto dny vždy šest pokusů. Experimentátor zastavil s testovaným minikoněm ve vchodu do uzavřeného prostoru proti řadě kbelíků červené, zelené, žluté a modré barvy. Asistentka upoutala pozornost minikoně akustickým podnětem, v tomto případě chrastěním nádoby s granulemi. Následně tyto granule hlasitě vsypala do kbelíku červené barvy. Experimentátor minikoně vypustil a sledoval, zda minikůň zamíří přímo ke kbelíku červené barvy, nebo zda bude hledat granule i ve kbelících ostatních barev. Při každém pokusu bylo rozložení kbelíků pozměněno. Čtvrtý, pátý a šestý den minikoně absolvovali vždy pouze po čtyřech pokusech, přičemž neměli možnost sledovat asistentku, jak granule do kbelíku červené barvy vsypává a nebyl jim poskytnut ani žádný akustický podnět. Experimentátor dovedl minikoně do vchodu, kde ho vypustil a sledoval, zda minikůň zamíří přímo ke kbelíku červené barvy, nebo zda bude hledat granule i ve kbelících dalších barev. Pokus byl považován za ukončený v okamžiku, kdy testovaný kůň našel granule v kbelíku červené barvy. Před každým pokusem byl minikůň

vyveden mimo prostor, aby nemohl sledovat záměnu umístění a neslyšel vsypávání granulí do kbelíku červené barvy. Zjištěné výsledky byly zpracovány pomocí statistické metody dvouvýběrového párového t-testu a potvrdily, že minikoně dovedou rozlišit kbelík červené barvy v 72,92 % započítaných pokusů. V druhé části experimentu bylo testováno, zda minikoně dovedou rozeznat kbelík červené barvy i za 30 dní. Po dobu tří po sobě jdoucích dní absolvovali totožní minikoně stejný test, jako čtvrtý, pátý a šestý den první části experimentu. Ze 72 provedených pokusů byly granule nalezeny bez prověření dalších barev v 66,67 %. Tento výsledek sice vykazoval o 6,25 % nižší úspěšnost oproti první části experimentu, ale i tak se má za prokázané, že minikoně dovedou rozlišit kbelík červené barvy i po 30 dnech. Průběh experimentu také vykazoval horší motivaci hřebců k provedení úkolu oproti klisnám. I když hřebci věnovali více pozornosti okolí, nevykazovali však výrazně nižší úspěšnost oproti klisnám.

Klíčová slova: zrak, kůň, dichromatické vidění, paměť

The colorful reality of horse vision

Summary

In recent years, the question of color vision in horses has been increasingly asked not only in professional circles but also among the general public thanks to the rise in popularity of equestrian sports. Several studies have already shown that the misunderstanding of the natural reactions of horses to various stimuli has led to disruption of the interspecies interaction between man and horse and has often created stressful and dangerous situations. In order to understand the aspects of equine vision, this work summarized the already established facts about the physiological possibilities of equine vision, especially the basic anatomy of the eye and its location, which is of fundamental importance for the scope of the field of vision and includes monocular vision as well as binocular overlap. Findings obtained from previous studies confirmed color vision in horses, but at the same time, due to the dichromatic composition of the eye, they assume a difference in the color spectrum, especially when it comes to red and green colors. The aim of the experiment was therefore to confirm or refute the assumed opinion that, despite the limitation of the color range, horses can distinguish red from other basic colors, specifically from green, yellow, and blue. Many other questions also arose in connection with this goal, on which the experiment brought new knowledge. According to the general assumption, the horse's color spectrum mainly contains various shades of gray, while the color green, as well as the color red, is not presented in dichromatic vision in the same way as in species with trichromatic color vision. For the experiment, 6 mini-horses of the Falabella breed (three mares and three stallions) were used and were given the opportunity to choose from four identical buckets of different colors: red, green, yellow, and blue, while the favorite granules were always only in the red bucket. Before the start of the experiment, the miniature horses were trained on pellets placed in a red bucket and on an acoustic stimulus in the form of rattling pellets poured into the red bucket. The experiment was divided into two parts, with the first part focused on the ability to distinguish a red bucket in a row between green, yellow, and blue. The second part of the experiment was to determine the extent of the memory trace, i.e. whether the mini horses can recognize the red bucket even 30 days after the end of the first part of the experiment. Both parts were performed in a closed space, into which the mini horses were gradually brought by the experimenter. The first part of the experiment lasted for six consecutive days. In the first three days, the aim was to teach the mini-horses to a series of colored buckets and to the granules in the red one. Each mini-horse completed six trials during these days. The experimenter stopped the tested miniature horse at the entrance to an enclosed area against a row of red, green, yellow, and blue buckets. The assistant attracted the mini-horses attention with an acoustic stimulus, in this case, the rattling of the granule container. She then loudly poured these granules into a bucket of red paint. The experimenter released the mini-horse and observed whether the mini-horse would head straight for the red bucket, or whether it would look for pellets in the buckets of the other colors as well. In each trial, the distribution of the buckets was changed. On the fourth, fifth, and sixth day, the mini-horses graduated after only four attempts, while they did not have the opportunity to watch the assistant pour the red granules into the bucket and were not provided with any acoustic stimulus.

The experimenter led the mini-horse to the entrance, where he released it and observed whether the mini-horse would head straight for the red bucket, or whether it would look for pellets in buckets of other colors as well. The trial was considered finished when the test horse found the pellets in the red bucket. Before each trial, the miniature horse was taken out of the area so that it could not observe the confusion of location and hear the pellets being poured into the red bucket. The obtained results were processed using the statistical method of the two-sample paired t-test and confirmed that the mini-horses can distinguish the red bucket in 72.92% of the counted attempts. In the second part of the experiment, it was tested whether mini-horses can recognize a bucket of red color even after 30 days. For three consecutive days, the same mini-horses completed the same test as on the fourth, fifth, and sixth days of the first part of the experiment. Of the 72 attempts made, granules were found without checking other colors in 66.67%. Although this result showed a 6.25% lower success rate compared to the first part of the experiment, it is still considered proven that mini-horses can distinguish a red bucket even after 30 days. The course of the experiment also showed a worse motivation of the stallions to perform the task compared to the mares. Even though the stallions paid more attention to their surroundings, they did not show a significantly lower success rate than the mares.

Keywords: sight, horse, dichromatic vision, memory

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	11
3 Literární rešerše	12
3.1 Smyslové vnímání rodu Equus	12
3.2 Zrak jako součást smyslového vnímání	12
3.3 Vizuelní schopnosti koní.....	13
3.4 Anatomie oka koně.....	24
3.5 Vyvolání paměťové stopy.....	27
3.6 Motivace koní při učení.....	29
4 Metodika	31
4.1 Popis metodiky pokusu	31
4.2 Průběh pokusu.....	33
4.3 Analýza výsledků	36
5 Výsledky	37
5.1 První část experimentu	37
5.2 Druhá část experimentu.....	41
6 Diskuze	45
7 Závěr	50
8 Literatura.....	51
9 Samostatné přílohy.....	I

1 Úvod

Vidění koní je i nadále předmětem zájmu jak vědecké komunity, tak koňského průmyslu. Z vědeckého hlediska se tento zájem soustředí na shromáždění co největšího množství dat o konkrétní smyslové schopnosti daného druhu, která pak koňské veřejnosti poskytuje důležité informace o zrakových schopnostech jejich zvířat. Takto začíná studie Evelyn B. Hanggi z roku 2012, ve které mimo jiné upozorňuje na skutečnost, že pochopení toho, co koně vidí a jeho přirozené reakce na to co vidí, vede ke zlepšení interakce člověka a koně. Rørvang (2020) popisuje vztah člověka a koně jako ne vždy uspokojivý, neboť nepochopení a mylné představy o vnímání koně často vedou k nesprávnému či špatnému zacházení s tímto zvířetem. Jako příklad uvádí trestání koní jezdci za lekání se věcí, které však člověk není schopen se svým zrakem detekovat. Tito jezdci velmi často nedokáží akceptovat, že kůň není neposlušný, ale jen přirozeně reaguje na nový podnět. Tímto nepochopením pak vznikají stresující a někdy i nebezpečné situace. Prostřednictvím výzkumu a vzdělávání však lidé zlepšují své porozumění ke svým koňským společníkům a objevují harmoničtější metody pro manipulaci a výcvik (Rørvang 2020).

Cílem rešeršní části této práce je shrnutí všeobecných poznatků barevné reality koňského vidění, včetně jeho dopadu na mezidruhový vztah člověka a koně. Brian Timney (2001) otázku barevného vidění, kterou považuje za jednu z nejčastějších a která ale nemusí mít jednoznačnou odpověď, shrnul do třech dimenzí a to na odstín, jas a sytost a to i přes to, že termín barevného vidění je obecně vyhrazen pro schopnost rozlišovat odstíny na rozdílech v jasu nebo sytosti. Hanggi (2012) cituje Boydovo shrnutí, ve kterém jsou koně po většinu své evoluční historie kořistí predátorů žijících na zemi. Dodnes zůstává predace běžným zdrojem úmrtnosti mladých divokých koní, zejména hříbat, která zabíjejí horští lvi, vlci, hyeny, příležitostně kojoti a dokonce i divocí psi mohou být hrozbou pro novorozená hříbata. Dobrá zraková ostrost v celém panoramatickém poli proto nabízí koni podstatné výhody v podobě detekce a identifikace predátorů (Hanggi 2012). I když dnešním koním většinou hrozba predace nehrozí, jejich reakce na různé vizuální vjemy zůstává zachována. Podobně jako u lidí, mnoho zvířat používá barevné vidění k detekci, rozlišování a rozpoznávání objektů; to může zahrnovat zdroje potravy, partnery, orientační body nebo jejich domovy (Kelber 2010). Studium smyslových schopností zvířat a jejich důsledků pro chování je ústřední nejen pro etologii, ale také pro dobré životní podmínky zvířat. Smyslové schopnosti, vnímání a chování spolu úzce souvisí (Rørvang 2020).

Druhá část práce se pomocí neinvazního experimentu, provedeném se šesti koňmi plemene falabella a při zachování jejich welfare, zaměřuje na rozlišovací možnosti koní v souvislosti s červenou barvou. Mnohé studie, například Yildirim z roku 2020, se shodují, že dichromatické barevné vidění disponuje nedostatkem červeno-zelené barvy, což koním značně omezuje barevný rozsah vidění oproti trichromatickému barevnému prostoru. Položená hypotéza: „Koně dokáží rozlišit červenou barvu mezi ostatními“ má tedy za cíl potvrdit či vyvrátit schopnost, při dichromatickém vidění koní, rozlišit červenou barvu mezi čtyřmi základními, tedy červenou mezi žlutou, modrou a zelenou. Pomocí čtyř různě barevných kbelíků shodné velikosti, tvaru a použitého materiálu, přičemž oblíbené krmivo minikoně mohou nalézt vždy pouze ve kbelíku červené barvy, je možné posoudit zda, případně s jakou pravděpodobností dovedou minikoně rozlišit kbelík červené barvy, ale také poměr preferencí ostatních barev. V rámci druhé hypotézy je hledána odpověď týkající se dlouhodobé paměťové

stopy, tedy zda si minikoně dovedou udržet v paměti skutečnost, že granule byly vždy pouze ve kbelíku červené barvy, i za více než 30 dní.

Zjištěné výsledky byly zpracovány pomocí statistické metody dvouvýběrového párového t-testu a potvrdily, že minikoně dovedou rozlišit kbelík červené barvy a to i za 30 dní.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Práce si klade za cíl zhodnocení reality zpracování světelné informace v bichromatickém vidění koně. Shrnuje základní poznatky o zrakových možnostech rodu equus a poukazuje na jejich odlišnosti s člověkem. Současně v rámci experimentu ověří systém ukládání informací v dlouhodobé paměti.

Stanovené vědecké hypotézy:

H1: Kone dokáže rozlišit červenou barvu mezi ostatními barvami.

H2: Dlouhodobá paměť koně dokáže paměťovou stopu po třech dnech nácviku udržet více jak 30 dní.

3 Literární rešerše

Zrak, sluch, čich, chuť a dotek tvoří senzorycké modality většiny obratlovců. Těmito smysly zvíře přijímá informace o svém prostředí. To, jak jsou tyto informace organizovány, interpretovány a prožívány, se nazývá vnímání. Takto začíná studie Marie Vilain Rørvang (2020) věnující se senzoryckým schopnostem koní a jejich významu pro jezdeckví. Studie upozorňuje, že senzorycké schopnosti, vnímání a chování spolu úzce souvisí. Koně a lidé sdílejí pět nejčastějších smyslových modalit, jejich rozsahy a kapacity se však liší, takže je nepravděpodobné, že by koně vnímali své okolí stejným způsobem jako lidé. Pochopení koňských vjemových schopností a jejich rozdílů je důležité při interakci koní a člověka, protože tyto schopnosti jsou klíčové pro reakci koně na jakékoli změny v jeho okolí (Rørvang 2020).

3.1 Smyslové vnímání rodu Equus

Podrobněji se jednotlivými smysly koní zabývá studie Carol A. Saslow (2002), ve které poukazuje nejen na fyziologickou rozdílnost základních smyslových vjemů, ale především na evoluční vývoj, který vnímání těchto smyslových vjemů přizpůsobil pro konkrétní potřeby daného živočišného druhu. Zdá se, že kůň vyvinul vizuální systém zvláště citlivý na tlumené světlo a pohyb, může nebo nemusí mít slabou formu barevného vidění v části sítnice, má malé binokulární překrytí a jeho nejlepší ostrost je omezená na horizontální pás, který je zaměřen především pohyby hlavy / krku. Nicméně, celkové zorné pole je velmi velké. Celkově, jak by se dalo očekávat u kořistního zvířete, se zdá, že se vidění koně vyvinulo více pro detekci přiblížení predátora z jakéhokoli úhlu, než pro přesnou vizuální identifikaci stacionárních objektů, zejména těch, které jsou vidět na dálku. Je pravděpodobné, že stejně jako u většiny savců kromě primátů se koně při vytváření pohledu na svůj svět více spoléhají na ostatní smysly. Vysokofrekvenční sluch koní přesahuje v ultrazvukových frekvencích sluch lidí, ale koně mohou být méně schopni lokalizovat původ zvuku o velmi krátké vlnové délce. Schopnost koně pro chemorepci a jeho spoléhání se na chemické informace pro identifikaci se může více podobat psovi než člověku. Jeho hmatová citlivost je vysoká, a schopnost jeho mozku a těla regulovat vnímání bolesti se zdá být podobná jako u jiných savců.

Kůň, který potencionálně vykazuje špatné chování, může pouze přirozeně reagovat na stimul, který dokáže vnímat, zatímco člověk tento stimul vnímat nedokáže (Egyed 2017).

3.2 Zrak jako součást smyslového vnímání

Ve své srovnávací studii se Murphy (2009) zmiňuje o častých diskuzích v souvislosti s vizuálními schopnostmi koní, kdy nejstarší známé dílo bylo napsáno již před třiatvaceti stoletími. Xenofón v něm spojuje nápadné oko se schopností koně vidět na velké vzdálenosti. Zrakový systém koní zobrazuje přizpůsobení konkrétním podmínkám prostředí a zdůrazňuje ty rysy, které jsou nejdůležitější pro přežití tohoto býložravého druhu kořisti (Murphy 2009). Vizuální informace jsou klíčem k vedení vhodného chování u mnoha druhů, včetně vyhýbání se hrozbám a orientaci (Paul 2020). Lina SV Roth (2007) ve své studii upozorňuje na skutečnost, že savci mají aktivně noční předky a jejich přežití pravděpodobně záviselo i na jiných smyslech než na zraku. Zároveň uvádí, že to pravděpodobně vysvětluje, proč většině savců zůstaly pouze dva ze čtyř typů čípků starověkých obratlovců a vysoký poměr tyčinek k

čípku na jejich sítnici. Také Carroll (2001) ve své studii cituje: Koně, stejně jako ostatní kopytníci, jsou aktivní ve dne, za soumraku, svítání a noci; a mají oči vyvinuté tak, aby měly jak vysokou citlivost pro vidění v šeru, tak dobrou zrakovou ostrost při vyšších úrovních osvětlení (Walls 1944). Carroll (2001) také popisuje oči koní jako největší pozemské oči. Ačkoli v poměru k velikosti těla mají někteří savci větší oči než kůň, v absolutních rozměrech jsou oči koně největší (Murphy 2009).

Murphy (2009) poukazuje také na to, že kůň je jedinečný svým vztahem k člověku. I když možná nikdy nebude možné vidět svět očima koně, porovnáním aspektů koňského a lidského vidění lze prozkoumat podobnosti a rozdíly (Murphy 2009). Murphy dále uvádí, že adaptace savčího oka se vždy přizpůsobily konkrétním potřebám tak, aby zajistili přežití druhu. Upozorňuje na výsledky většiny srovnávacích studií, které porovnávaly lidskou a koňskou vizuální zkušenost. Zjištění těchto studií naznačují, že zraková schopnost koně je obecně horší než lidská, zejména co se týká ostrosti a rozlišení barevného spektra. Existuje mnoho rozdílů mezi koňským a lidským zrakovým systémem, včetně umístění a optiky oka a anatomie a fyziologie sítnice (a vyšších zrakových center), které přispívají k rozdílům mezi zrakovou kapacitou a zkušenostmi koně a lidí (Carroll 2001). Vizuální informace jsou klíčem k tomu, kolik zvířat interaguje se svým prostředím, a mnoho výzkumů zkoumalo, jak zvířata reagují na informace o barvě a jasů v přirozeném světě. Pochopení viditelnosti rysů v antropogenním prostředí a toho, jak na ně zvířata reagují, je také důležité, v neposlední řadě pro dobré životní podmínky a bezpečnost zvířat a lidí, s nimiž koexistují, ale dostalo se mu poměrně menší pozornosti (Paul 2020). Na jednu stranu by se zdálo, že koni nejlépe poslouží systém, který dokáže hlídat všechno „napůl oka“, zatímco člověk má prospěch ze zaměření na specifitější aspekty vizuálního pole (Murphy 2009). Murphy dále uvádí, že individuální odchylky ve zrakových schopnostech, které se běžně vyskytují u lidí, se zřejmě vyskytují také u koní a mohou tudíž ovlivnit výkonnost koní, zejména v moderním jezdeckví. Podle Saslow (2002) existují v současné době v oblasti experimentální psychologie dva zásadní problémy týkající se aktuálních znalostí o vnímání koní. Jednak spočívá v mezerách, které má behaviorální a neurofyziologický výzkum a to z důvodu nevhodnosti koně jakožto laboratorní subjektu, ale také skutečnost, kdy kůň byl blízkým společníkem lidí po mnoha tisíciletí a z toho vzešlá zakořeněná moudrost, často těžko oddělitelná od vědeckých poznatků.

3.3 Vizuální schopnosti koní

Existuje všeobecná shoda, že koně mají dichromatické barevné vidění s podobnými schopnostmi jako lidé, s nedostatkem červeno-zelené barvy (Yildirim 2020). Trichromatické barevné vidění se vyskytuje pouze u primátů a nejběžnější formou barevného vidění u savců, kteří nejsou primáty, je dvojbarevnost (Jacobs 1993). Snížení počtu typů čípků ze tří na dva má za následek dichromatické barevné vidění a enormní snížení počtu různých barev (Carroll 2001). Paul (2020) upřesňuje dichromatické barevné vidění, kdy jeden typ čípků je citlivý na krátké vlnové délky (428 nm) zatímco druhý typ čípků na střední vlnové délky (539 nm). Yildirim (2020) ve své studii uvádí závěr svých kolegů, kteří na základě typů čípků zjištěných u koní tvrdí, že koně nemohou rozlišovat mnoho barev a jejich barevné vidění je tedy oproti lidem snížené. Dále upřesňuje čípkové pigmenty na citlivé vlnové délky blízko středu spektra,

což zahrnuje barvy jako je žlutá či zelená a jeden maximálně citlivý na vlnové délky na krátkém konci viditelného spektra tedy na barvu modrou.

Lina SV Roth (2007) ve své studii o vnímání barev v dichromátu potvrzuje, že většina savců má dichromatické barevné vidění založené na dvou různých typech čípků: čípek citlivý na krátkou vlnovou délku a čípek citlivý na dlouhé vlnové délky. Upozorňuje také na obtížnost určit, jak dichromanti vnímají barvy ve svém barevném prostoru a to i přes skutečnost, že mnoho behaviorálních studií potvrdilo barevné vidění koní. Odkazuje se také na studii Jonese z roku 2001, podle které v trichromatickém barevném prostoru jsou šedé odstíny interpretovány jako kvalitativně odlišné od chromatických barev, jako je zelená a červená. Ve své další studii z roku 2008 se zaměřujeme na barevné vidění koní ve snížených světelných podmínkách. Velké oko koně není přizpůsobeno nočnímu barevnému vidění. Místo toho pravděpodobně upřednostňuje achromatické tyčové vidění za šera, kde jsou velké oči a zornice výjimečně dobré při zachycení světla a kde sumace signálů pravděpodobně zvyšuje citlivost bez přílišné ztráty prostorového rozlišení. S nyní potvrzenou schopností barevného vidění při intenzitě měsíčního svitu funguje barevné vidění koní i při největších změnách barvy osvětlení, ke kterým dochází během období západu slunce a soumraku. Při slabších intenzitách světla může být nejdůležitějším zrakovým úkolem schopnost detekovat pohyby možných predátorů, a proto lze upřednostňovat achromatické vidění (Roth 2008). Za zmínku také stojí i schopnost světloodrazivé vrstvy mezi sítnicí a cévnatkou, která odrazí světlo zpět na světločivné buňky sítnice, čímž umožňuje v noci jasnější vidění. Její význam je pozorován u různých druhů zvířat. Jak dále uvádí ve své studii z roku 2004 FJ Ollivier: Obecně se má za to, že souvisí s přítomností nitrooční reflexní struktury, tzv. tapetum lucidum. Tapetum lucidum je biologický odrazivý systém, který je běžným rysem v očích obratlovců. Normálně funguje tak, že poskytuje světlocitlivým retinálním buňkám druhou příležitost ke stimulaci fotonových fotoreceptorů, čímž se zvyšuje zraková citlivost při nízkých úrovních osvětlení (Ollivier 2004). Jak Ollivier dále zmiňuje, některé druhy, jako například primáti či veverky, tuto strukturu nemají. Jedná se obvykle o denní nikoli noční zvířata. U obratlovců tapetum lucidum vykazuje různorodou strukturu, členění a složení.

Porovnáním signálu ze dvou typů kuželů vzniká jednorozměrný chromatický prostor, když je vyloučen jas. Takzvaný „neutrální bod“ označuje vlnovou délku, kterou zvíře nemůže rozlišit od achromatického světla, jako je bílé nebo šedé, protože stimuluje oba typy čípků stejně (Roth 2007). Roth (2007) proto pokládá zásadní otázky: Jak vnímají dichromanti svůj chromatický prostor? Mají souvislou škálu barev nebo neutrální bod rozděluje jejich chromatický prostor na dvě barevné kategorie, tedy na barvy buď krátkých, nebo dlouhých vlnových délek? Také Carroll (2001) ve své studii zmiňuje existenci spektrálního neutrálního bodu uprostřed spektra, který se jeví jako achromatický. Které vlnové délky světla odpovídají achromatické bílé, závisí na polohách spektrálních vrcholů dvou typů čípků a na preretinální absorpci čočkou (Carroll 2001).

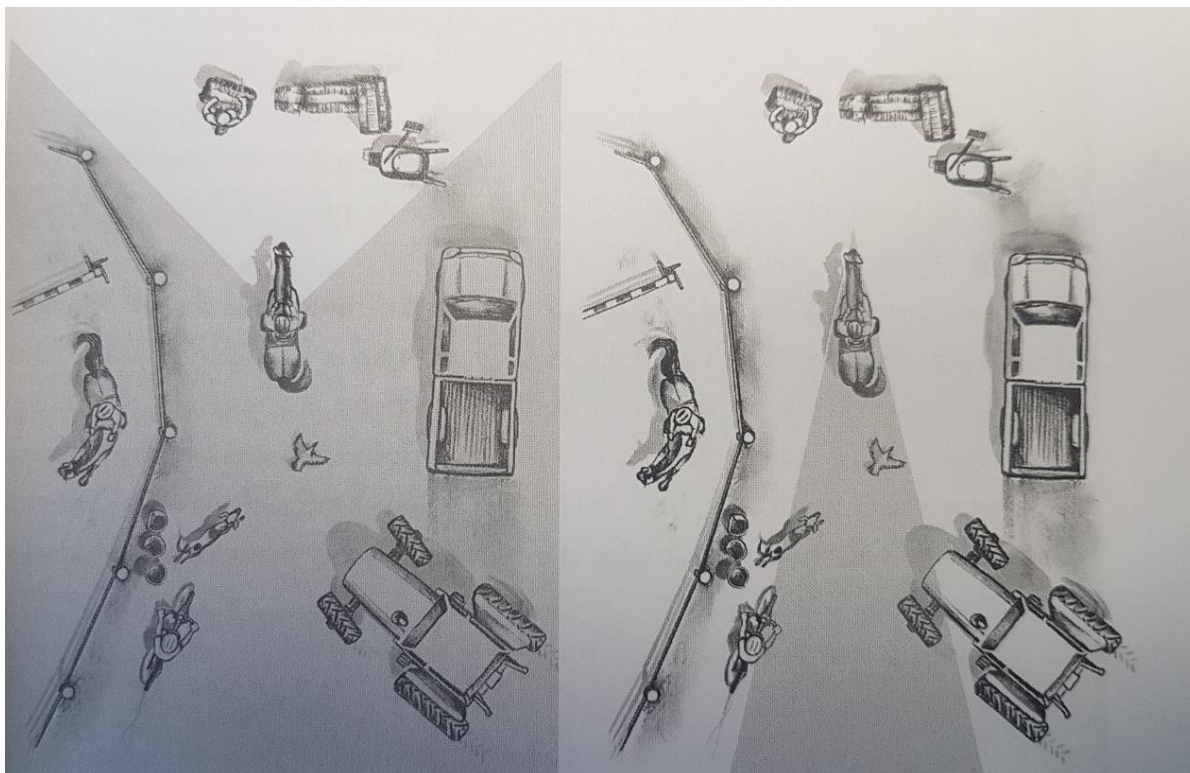
Koňské oko je velké a výrazné a je umístěno v uzavřených očních umístěných laterálně v lebce. Spolu s velikostí a zakřivením rohovky, velikostí a horizontálním tvarem zornice a úhlovým rozsahem sítnice to koni poskytuje rozsáhlé monokulární vidění. Zejména z anatomického hlediska výrazné prodloužení nosní sítnice vpřed poskytuje koni široké zorné pole (Murphy 2009). Murphy dále uvádí, že poloha koňského oka oproti čelnímu umístění oka lidského poskytuje řadu výhod, kdy důsledkem binokulárního překrytí a tedy současného

příjmu podobných vizuálních informací ze dvou očí je zvýšení zrakové ostrosti. Upozorňuje také, že řada divokých savců, jakožto druh kořisti, má sklon k dalekozrakosti, což jim poskytuje výhodu vidět vzdálené předměty jasněji. Ve své studii si všímá též času, který věnují divocí koně pasení, tedy pozici se sklopenou hlavou. Potřebné množství vláknitých rostlin roste na otevřených loukách, kde jsou koně ohroženi predátory, mezi které patří nejčastěji vlci, lvi a hadi. Koně proto ke svému přežití potřebují zrakové podněty na úrovni země, zatímco podněty ze vzduchu nejsou životně důležité, neboť vzdušná predace je nízká až nulová. Riziko predace navíc není omezeno na denní světlo, neboť kůň, stejně jako noho větších šelem i dalších kopytníků jsou aktivní ve dne i v noci. Životnímu stylu koně tedy lépe vyhovuje zraková citlivost při nízké hladině osvětlení na úkor schopnosti vidět předměty ve velkém detailu. Světlo vstupuje do koňského oka přes horizontální zornici, která sice umožňuje koni široké zorné pole, ale nezlepšuje rozlišení a pomalu se přizpůsobuje různým úrovním světla (Murphy 2009). V noci, kdy je světlo slabé, je životně důležité, aby oko zachytilo co nejvíce fotonů, aby byl umožněn silný vizuální signál. Běžné optické adaptace u zvířat aktivních v noci jsou následně velké oči s velkými zorničkami a krátkou ohniskovou vzdáleností (tedy nízké clonové číslo), aby se řídké fotony soustředily na méně fotoreceptorů (Roth 2008). Clonové číslo udává poměr ohniskové vzdálenosti a velikost vstupního otvoru, tedy zornice, kterou prochází světlo do oka. Obecně platí, že čím menší je clona, tím větší je rozsah vzdáleností, které se budou jevit jako zaostřené, a jak se velikost zornice zmenšuje, hloubka ostrosti se zvyšuje (Murphy 2009). Roth dále uvádí, že nutnost oka fungovat při obrovském rozsahu intenzity světla na něj klade vysoké nároky. Z toho důvodu má většina obratlovců duplexní sítnice s více typy čípků, které mohou přispívat k barevnému vidění při intenzitách denního světla, a tyčinky velmi citlivé na světlo pro vidění za šera.

Schopnost využívat vizuální podněty k posouzení prostorových vztahů mezi objekty byla spojena s pohyby hlavy. U lidí, když se hlava pohybuje ze strany na stranu, zdá se, že předměty, které jsou pozorovány z různých vzdáleností, mění vzájemnou polohu. Čelní umístění lidských očí při současném omezení celkového zorného pole poskytuje výhodu širšího rozsahu binokulárního překrytí. Stereopse je schopnost vidět hloubku na základě binokulární disparity a byla uváděna jako jedna z výhod spojených s frontálním umístěním oka. Nicméně, bez ohledu na laterální umístění jejich očí, bylo také prokázáno, že koně mají celou škálu stereoskopických dovedností (Murphy 2009). Protože kůň má oči po straně hlavy, vnímá dění na obou stranách. Každé oko koně je schopno individuálně pokrýt velké zorné pole. Binokulární – souběžné – vidění je jen v úzkém prostoru, ve kterém se části zorného pole překrývají. Monokulární vidění při nestejném spatření objektu oběma očima též způsobuje lekavost (Dušek 2007). Koňské oči jsou posazeny na stranu hlavy a dopředu. Zornému poli brání pouze tělo a tvar hlavy. Kromě úzké slepé oblasti za sebou, v oblouku asi 10 stupňů, kůň vidí téměř všech 360 stupňů kolem sebe v horizontální rovině. Ve vertikální rovině je zorné pole sítnice téměř 180 stupňů (Burton 1999). Burton dále uvádí, že koně musí při pastvě pouze mírně otočit hlavu, aby zkontrolovali, zda za nimi nejsou známky nebezpečí. I když mají koně bočně umístěné oči, existuje oblast před 60-70 stupni (v závislosti na plemeni), ve které se obě oči mohou zaměřit na předměty - zhruba poloviční než u člověka a typických predátorů. Dále Burton (1999) popisuje výhodu tohoto binokulárního způsobu vidění, která umožňuje mozku kombinovat dva mírně odlišné obrazy k posouzení vzdálenosti objektu, což je proces zvaný stereopse. U koně je binokulární oblast omezena nosem, který zakrývá cokoli přímo pod ním a až čtyři stopy před

ním. Proto musí být kůň schopen otočit nebo sklopit hlavu, aby viděl, kam šlape, a bezpečně procházel překážkami. To stojí za to mít na paměti při jízdě a zejména při skákání. Dále upozorňuje na potřebu určité volnosti koně, aby mohl pohybovat hlavou, aby získal dobrý výhled na skok ve fázi přiblížení a také aby viděl, kam jeho přední nohy dopadnou. Jones (2021) popisuje zorné pole koně, které sahá od vnější strany jeho nosu až po imaginární linii táhnoucí se od kyčle dozadu. Několik posledních stupňů zorného pole u jeho zadních nohou a kyčlí už ale vidí velmi špatně. Celkově zorné pole koně Jones uvádí 340 stupňů. V porovnání s člověkem vidí koně téměř čtyřikrát větší výseč kruhu kolem sebe, viz obrázek 1.

Obrázek 1

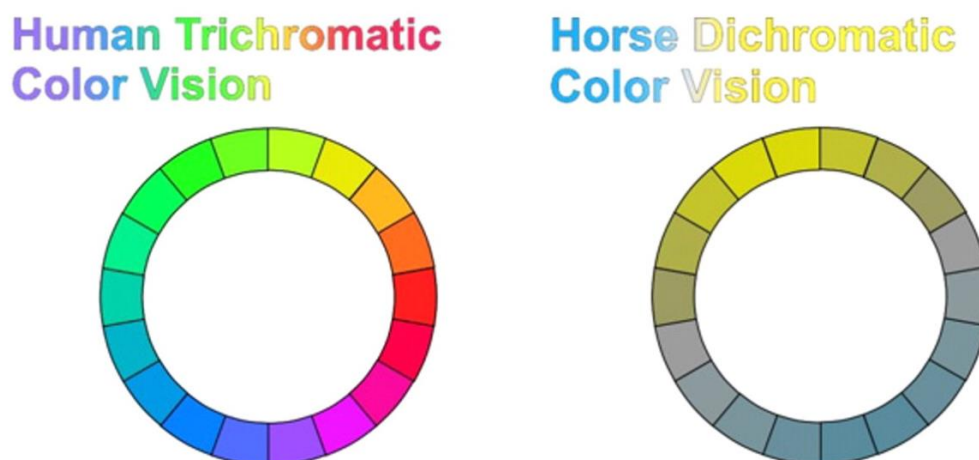


Zdroj: Jones 2021

Carroll (2001) si ve své studii Photopigment basis for dichromatic color vision in the horse položil otázku: Jaké je barevné vidění koně ve srovnání s viděním jiných savců? Uvedl, že normální lidští trichromanti vidí čtyři základní jedinečné odstíny: červenou, zelenou, modrou a žlutou, což dokládá výzkumem Hurvicha z roku 1981. Vidí také kontinuum přechodných odstínů, které lze pojmout jako simultánní vjem dvojic jedinečných odstínů v řadě proporcí. Příklady jsou modrozelená a žlutozelená, stejně jako jednobarevné barvy, jako je oranžová, kterou lze považovat za žlutočervenou a fialovou, červenomodrou. Celkem může normální trichromát rozlišit asi 100 různých jemných variací odstínu. Carroll popisuje také zkušenosti s lidskými dichromáty, kteří zdělili červeno-zelené vady barevného vidění, ukazují, že místo čtyř základních barev mají pouze dva odstíny, ty nejvíce analogické modré a žluté, což dokládá společným výzkumem s Neitzem z roku 2001. Dále jeho studie upozorňuje na oblast u dichromátů - spektrální neutrální bod (uprostřed spektra), která se jeví jako achromatická. Které vlnové délky světla odpovídají achromatické bílé, závisí na polohách spektrálních vrcholů dvou

typů čípků a na preretinální absorpci čočkou. Na obrázku 2 pak Carroll simuluje, jak by mohla celá škála barev vypadat u koně.

Obrázek 2



Zdroj: Carroll 2001

Ve své srovnávací studii *What Horses and Humans See: A Comparative Review* porovnával Murphy (2009) řadu zjištění svých kolegů. Podle Grzimka (1952) koně dokážou nejlépe rozlišit žlutou barvu, následně zelenou a modrou. Potíže nastali u červené. Subjekty, které testoval Pick (1994) zase dokázali spolehlivě rozlišit modrou a červenou od šedé barvy, narazil ale na potíže s barvou zelenou. Macuda (1999) ve svém výzkumu potvrdil schopnost koní rozlišit modrou a červenou od šedé, jím testovaní koně ale nedokázali rozlišit od šedé zelenou ani žlutou barvu. Oproti tomu Smith (1999) našel určité rozdíly ve schopnostech koní rozlišit červenou a modrou barvu. Závěr studie Blackmore (2008) potvrzují předchozí studie, které naznačují koně jako dichromatického, který dokáže rozlišit žlutou a modrou barvu, ale může mít nedostatky v rozlišení červené a zelené barvy.

Další studie zkoumající barevné vidění u koní zkoumala schopnost odlišit spektrum různých barev od barev šedých pomocí hodnot pro maximální citlivost fotopigmentů koně (429 a 545 nm). Hall (2006) ve své studii na *Cone excitation ratios correlate with color discrimination performance in the horse (Equus caballus)* potvrdil korelaci mezi účinkem barvy a schopností koně rozlišit testované barvy od šedé. Šest koní, které použil ve studii, bylo schopno využít chromatické informace a odlišit od šedé nejlépe oranžovou, žlutou a modrou. Koně ale nedokázali tak snadno rozlišit od šedé barvy červenou.

Rozlišováním barev se věnovala také studie *Color discrimination in horses*, ve které Smith (1999) testoval čtyři arabské koně a jednoho plnokrevníka na jejich schopnost rozlišovat mezi šedou a čtyřmi jednotlivými barvami: červenou (617 nm), žlutou (581 nm), zelenou (538 nm) a modrou (470 nm). Tři koně byli testováni na všechny čtyři barvy, z nichž dva dokázali barvy rozlišit, třetí kůň rozlišil dobře pouze červenou a modrou barvu, zatím co se zelenou a žlutou měl problém, tyto barvy rozlišoval spíše náhodně. Čtvrtý kůň byl testován pouze na barvy žlutou a zelenou, se kterými neměl problém, stejně tak pátý kůň dokázal rozlišovat barvu modrou, na kterou byl testován. Výsledky naznačují, že koně mají barevné vidění, které je

přinejmenším dichromatické, ačkoli u některých jedinců se může objevit částečná barvoslepost (Smith 1999).

Yildiz (2020) zkoumal preferenci kbelíků na vodu u koní v souvislosti s dichromatickým barevným viděním. Ve studii použil 12 kbelíků šesti různých barev (2 kbelíky od každé barvy). Kbelíky byli stejného tvaru, materiálu i velikosti. Výsledky ukázaly, že z kbelíků tyrkysové barvy bylo koňmi spotřebováno výrazně více vody (74 l) než z ostatních barev. Bylo také pozorováno, že světlé tónované barvy jako je tyrkysová či světle modrá byly preferovány před tmavými barvami jako zelená, žlutá a červená. Yildiz doporučil používat na vodu kbelíky tyrkysové či modré barvy, ale také upozornil na potřebu dalších studií, které by osvětlily vztah mezi spotřebou vody a barevným viděním koní.

Oproti studii Yildize se Paul ve své práci na téma Horse vision and obstacle visibility in horseracing z roku 2020 se zaměřil na viditelnost překážek v dostizích. Konstatoval, že vzhled současných britských dostihových překážek je navržen především pro lidské vnímání. Tradiční oranžové značení, je pro koně špatně viditelné ve srovnání se žlutou, modrou nebo bílou barvou, přičemž míra relativního kontrastu se liší podle vegetace nebo typu pozadí. Paul dále uvádí, že barva plotu ovlivňovala jak úhel skoku, tak skákané vzdálenosti. Jasně modrá vytvořila větší úhel vzletu a skoky přes fluorescenčně žluté ploty měly kratší přistávací vzdálenosti ve srovnání s oranžovou. Bílá byla jedinou barvou, která ovlivňovala vzdálenosti vzletu, přičemž koně skákající přes bílé ploty měli větší vzdálenost vzletu. Díky rozdílu mezi lidským zrakem a viděním zvířat používaných v soutěžích nemusí být důležité prvky navrženy pro samotné ohniskové zvíře. Korelací mezi dichromatickým barevným viděním a skokovým výkonem koní se zabýval ve své studii také Spaas (2014). Zkoumal, jaký může být pro koně rozdíl v podnětu při překonávání překážek se zelenými a modrými bariérami. V sítnici savců je barevné rozlišení zprostředkováno neurony, které reagují s opačnou polaritou na signály z krátkých (S, modrá) a delších vlnových délek (M, zelená nebo L, červená) čípků (Mills 2014). Spaas ve své studii uvedl, že i když se ukázalo, že většina koní je schopna rozlišit modrou barvu od šedé, mají většinou potíže se zelenou. Zkoumal proto tmavě modrou a tmavě zelenou barvu, které se často vyskytují na skokových soutěžích v Belgii a Nizozemsku. Výsledkem jeho zkoumání bylo zjištění, že ve vnitřní aréně s bílým pískovým povrchem, tedy s kontrastní barvou, chybovali koně výrazně častěji na modrých překážkách oproti překážkám zeleným. Při opakování pokusu na venkovní travnaté ploše již nebyly mezi barvami žádné výrazné rozdíly. Spaas to vysvětluje zeleným povrchem venkovní arény, který snížil kontrast mezi povrchem a překážkami. Předchozí studie naznačovaly, že dichromatické vidění je lepší než trichromatické při detekci maskování, když existuje barevná shoda mezi cílem a pozadím (Morgan 1992).

Vizuální laterální

Většina koní má stranu, na které se s nimi snáze manipuluje, a směr, který preferují při práci na kruhu. Nedávné studie naznačily korelaci mezi emocemi a vizuální laterální, když koně pozorují neživé předměty (Farmer 2010). Ve své studii nazvané Visual laterality in the domestic horse (*Equus caballus*) Kate Farmer zkoumala, zda koně vykazují tuto lateraritu i v interakci s člověkem a zda tyto případné preference koní mohou být ovlivněny jejich výcvikem, kdy jezdci nasedají i sesedají z levé strany koně. Tuto dlouhodobou praxi, vysvětloval již v roce 1886 ve svém díle Gustav Steinbrecht, stejně jako později Alois Podhajsky, a to tradicí spojenou s vojenskými účely. Výzbroj v podobě šavle měl voják připnutou na levé noze, a proto bylo

nasedání zleva pro koně i jezdce bezpečnější. Podhajsky tedy předpokládal, že tuto tradici jednoduše převzali moderní jezdci, kteří nadále nasedají, vedou a manipulují s koněm převážně zleva, protože je to považováno za „správné“. Uvádí také, že i v běžném klasickém tréninku koní byla pozorována při práci na lonži větší ochota koní z levé strany, resp. na levou ruku, oproti ochotě pracovat na pravé straně, resp. na pravé ruce. Právě na tuto stranu se mnoho koní zdráhá, zvláště zpočátku, vůbec lonžovat (Podhajsky 1967). Farmer také vychází ze zjištění mnoha dalších novějších studií, které vysvětlují tuto lateralitu tradičním vychýlením jezdce a to na čistě motorické úrovni.

Dále se ve své studii zabývá zjištěním Larose a kol., z roku 2006, podle něhož se zvyšuje tendence koně dívat se na nový předmět levým okem s jeho úrovní emocionality. Cituje také poznatky De Boyer Des Roches a kol., z roku 2008, kde bylo zjištěno, že koně preferují levé oko pro sledování předmětů s pozitivní i negativní asociací, zatím co pravým okem sledují neutrální podněty. Larose a jeho kolektiv našli korelaci mezi emocionalitou koně a jeho tendencí používat levé oko k prohlížení nového předmětu, přičemž pravé oko častěji používají koně s nižším indexem emocionality (Farmer 2010). Asymetrické reakce na neznámé, neživé předměty byly také široce pozorovány: typicky se kůň naučí přijímat předmět na jedné straně a poté se chová, jako by jej nikdy předtím neviděl, když je prezentován na druhé straně. Dříve to bylo přisuzováno nedostatečné komunikaci mezi dvěma hemisférami mozku, ale nyní je známo, že mezioční přenos se u koní skutečně vyskytuje a že objekt naučený a rozpoznávaný monokulárně je rozpoznán i druhým okem (Hanggi 1999).

Na základě těchto zjištění Kate Farmer zajímalo, zda lateralizace pozorovaná u neživých předmětů platí i v souvislosti s člověkem, nebo zda je omezena na emocionální situace. Na domácích koních různých plemen ve věku od 2 do 23 let, testovala hypotézu, že neexistuje žádná významná preference pro levé ani pro pravé oko na přítomnost člověka či neutrální prostředí bez člověka. Pro svůj výzkum využila 14 koní trénovaných klasicky, jejichž jezdci nasedali a sesedali z levé strany a 12 koní, kteří byli trénováni tak, aby znali manipulaci, nasedání a sesedání z obou stran. Každý z koní absolvoval 15 pokusů bez přítomnosti člověka – tedy za neutrálních podmínek a 15 pokusů v přítomnosti cizího člověka. V případě koní, trénovaných klasicky, preferovalo za neutrálních podmínek, tedy bez přítomnosti člověka, levé oko před pravým 13 ze 14 koní, zatímco pravé oko pouze 1 kůň. Preference levého oka, byla v přítomnosti člověka silnější - ale celkovou preferenci levého oka to nezměnilo. Skutečnost, že preference levého oka zůstala i v neutrálních podmínkách, by mohla naznačovat, že preference levého oka není pouze otázkou emocionality, jak se zdálo v předchozích studiích, ale může souviset i s hodnocením prostředí (Farmer 2010).

Z druhé skupiny koní, kteří byli naučení na manipulaci z obou stran, preferovalo levé oko v neutrálním prostředí 9 z 12 koní, ale významně laterální byli pouze dva koně, z čehož jeden doleva a druhý na pravou stranu. Farmer po zpracování výsledů došla k závěru, že koně, trénovaní na obou stranách vykazovali slabší reakci levého oka než koně trénovaní konvenčně. Připomněla však studii Austina a Rogerse, kteří v roce 2007 zjistili vyšší reakci na děsivý podnět, pokud byl prezentován vlevo. Silná populační lateralita, kterou jsme a jiní našli, by mohla mít pro zvířata, jakožto kořist, výhodu při přežití, kdy mohla lépe ovlivňovat synchronizaci stáda a zlepšit tak reakci na útěk (Sovrano et al. 1999).

Paulo Baragli s kolektivem zveřejnil v roce 2021 studii zaměřenou na lateralizační preferenci koní s názvem *Horses show individual level lateralisation when inspecting an*

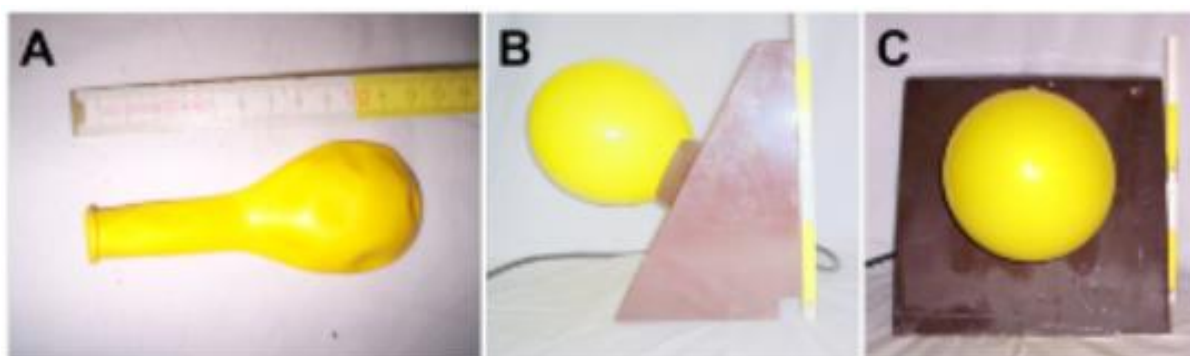
unfamiliar and unexpected stimulus. Podle něj musí zvířata vyhodnocovat mnoho podnětů ze svého prostředí, přičemž emocionální valence a významnost podnětu může ovlivnit jeho zpracování v mozku. Uvádí, že mnoho druhů se přednostně věnuje negativně valentním podnětům pomocí smyslových orgánů na levé straně těla, a tedy pravé hemisféry svého mozku. Baragli nejprve shrnuje poznatky LJ Rogerse a ND Cooka: mozky zvířat vykazují anatomické a funkční asymetrie. Cituje také další autory, kteří prokázali specializaci pravé a levé hemisféry na různé úkoly, zvláště v lateralizaci sensorických systémů, včetně zraku, sluchu a čichu.

Levá hemisféra se podle těchto studií podílí na analytické kategorizaci podnětů, zatímco pravá hemisféra má často přednost při reakci na hrozby, při detekci a útěku před predátory a při emočním hodnocení. Zdá se tedy, že v emocionální pozornosti dominuje pravá hemisféra, přičemž silná reakce je vyvolána podnětem, který přitáhl pozornost zvířete (Baragli 2021).

V poslední době došlo k významnému nárůstu studií o lateralizaci u kopytníků, částečně kvůli přítomnosti podobných anatomických výhod. Mezi kopytníky je nepochybně nejbližší zkoumaným druhem kůň (*Equus caballus*), pravděpodobně kvůli jeho rekreační a sociální roli v lidské společnosti. Na rozdíl od výše zmíněné podpory převahy levého oka a pravé hemisféry pro zpracování negativně emocionálně valentních podnětů bylo několik zpráv o protichůdných výsledcích (Leliveld 2019). Baragli dále vysvětluje tyto nesourodé nálezy variací motivace nebo pozornosti u zvířat, což může ovlivnit vyjádření sensorické laterality. U koní mohou lateralizaci chování ovlivnit také aspekty managementu, jako je trénink a historie manipulace.

Jako další proměnnou, která může ovlivnit míru kontroly reakci pravé hemisféry na stresové podněty, vidí samotnou povahu použitého podnětu, neboť ne každý podnět je možné definovat jako stresor. Definuje proto stresor jako nekontrolovaný či nepředvídatelný podnět. Baragli ve své studii zkoumal preferenci oka při prohlížení nového, nepředvídatelného vizuálního stimulu u devadesáti osmi jezdeckých koní. Ve známém prostředí boxu byl vyvolán náhlý neznámý podnět v podobě nafouknutého žlutého balónku o průměru 13 cm, který byl umístěn na kovovém panelu 40 x 40 cm viz obrázek 3, kde A je nenafouknutý balónek, B nafouknutý balónek při pohledu z laterální perspektivy a C nafouknutý balónek při pohledu z čelní perspektivy.

Obrázek 3



Zdroj: Baragli 2021

Panel byl umístěn v boxu a kůň byl na tento předmět aklimatizován. V panelu byl umístěn balónek, který bylo možné nafouknout ukrytou desetimetrovou hadicí se stlačeným vzduchem za 6 sekund. Baragli se svým týmem měřil dobu, po kterou kůň pozoroval nafouknutý balónek

jedním okem – monokulární vyšetření a to během pětiminutového testu. Za monokulární považovali stav, kdy ušní boltec byl nasměrován k balónku, viz obrázek 4, který znázorňuje: A pohled levým okem, B pohled pravým okem nebo C oběma očima současně.

Obrázek 4



Zdroj: Baragli 2021

Baragli došel k závěru, že koně reagovali na neočekávaný podnět jeho sledováním spíše pomocí binokulárního zorného pole, přičemž většina z nich jasně preferovala jedno oko před druhým. Na rozdíl od predikce nebylo použití levého oka (promítající převážně do pravé hemisféry) pravděpodobnější (Baragli 2021). Zároveň bylo studií zjištěno, že koně nepreferovali pravé nebo levé oko, ale nerozhodovalo ani pohlaví či věk. Koně také vykazovali klesající preferenci používání jednoho oka před druhým ke kontrole stimulu v průběhu pokusu, což naznačuje, že si koně mohli na stimul zvyknout. Baragli proto usuzuje, že historie tréninku není převládajícím kauzálním faktorem při určování zrakové laterality u koně a považuje vykazující se laterality za individuální nikoli populační.

Nežádoucí reakce domácího koně na podněty prostředí mohou být problematické při výcviku a vedení. Zaváhání a poplašné reakce na vizuální rysy země se mohou objevit jak při jízdě, tak při manipulaci s koňmi. Schopnost předvídat reakci koně na různé podněty je důležitým faktorem při jejich řízení a výcviku (Hall 2006). Zjištění, jaký vliv může na koně mít různobarevná podlaha, bylo cílem studie Carol Ann Halla z roku 2006 nazvané *An investigation into the effect of floor colour on the behaviour of the horse*. Jak Hall uvádí v úvodu své studie již Grandin v roce 1989 konstatoval, že vizuální vzhled podlahy způsobuje váhavost a poplašné reakce nejen u koní, ale i u dalších druhů zvířat. Zejména barva či struktura podlahy nakládacích ramp může být u přepravovaných zvířat příčinou jejich váhání či zastavení. Cituje také závěr Lucase z roku 1999, který vysvětloval neochotu některých koní vcházet do stájí či přepravníků nikoli vstupem do uzavřeného prostoru, ale barvou či strukturou podlahy, přes kterou museli koně přejít.

Určité rysy koňského zrakového systému mohou pomoci vysvětlit tuto citlivost koně na podněty ze země. Tapetum lucidum zvyšuje citlivost sítnice odrazem světla zpět přes vrstvu fotoreceptorů. U koně je tato reflexní vrstva umístěna v horní polovině sítnice, čímž se zvyšuje citlivost na světlo, zejména na světlo odražené od země (Ollivier 2004).

Hall navazoval na své předchozí výzkumy barevného vidění u koní a v této studii testoval behaviorální reakce šestnácti různých jezdeckých koní (6 klisen a 10 valachů) na barevné podněty, umístěné buď na zemi, nebo na stěně. Jako podněty bylo použito osm barevných rohoží (černá, bílá, šedá, hnědá, modrá, zelená, žlutá, červená) o rozměru 1,5 m x 2

m umístěných v uličce, kterou koně procházeli. Každý absolvoval dva po sobě jdoucí testy obou kombinací barva/pozice. Při druhém testu bylo také pozorováno, zda chování v reakci na barvu bylo ovlivněno návykem na podnět. Všechny studie byly provedeny za denního světla a behaviorální reakce byla zaznamenávána pomocí bodového skóre od 1 do 6, kdy skóre 1 znamenalo překonání bez zaváhání, zatím co skóre 6 definovalo zastavení a následné couvání či otočení koně. Hall při vyhodnocení výsledků konstatoval, že rohože zaregistrovalo (skóre 2 a více) 51,37 % koní, nežádoucí reakce (skóre 3 a více) proběhla u 16,02 % koní. Pouze jeden kůň se v obou pokusech zastavil a odmítl pokračovat a to v případě žluté rohože na zemi. Potvrdil také závěry studie Saslowa z roku 1999, ve které byla odezva na barevné rohože na zemi větší, když se s jednotlivými barvami setkali poprvé. Jakmile testování koně přešli přes podložku, druhý pokus vedl ke snížení váhání a demonstroval tak rychlost, s jakou si koně dovedou zvyknout na nové podněty, pokud nenastanou žádné nepříznivé důsledky.

Hall dále zjistil, že nepříznivé behaviorální reakce na podložky na zemi se vyskytovaly častěji u určitých barev, zejména u vysoce kontrastních (černobílé) nebo nejbarevnějších (modré a žluté). Nejpriznivější barvou se jevila červená, dále zelená či hnědá. Nejsilnější reakce byla na žlutou barvu na zemi, na kterou v prvním pokusu reagovalo 87,5 % koní, na modrou pak 81,25 % koní. Červená barva, i když nepatří mezi základní barvy koně, nevyvolává nežádoucí reakce, což, jak ve studii uvádí, odpovídá zjištění Wyldeho z roku 2004 o schopnosti koně rozlišovat barvy od šedé, kdy červená se pro koně nejeví tak barevná jako pro lidský trichromát. Rozsáhlejší studie o schopnosti koně vnímat barvy však prokázala jejich schopnost využívat chromatické informace z celého viditelného spektra, přičemž žlutá a modrá je pro ně nejsnadnější odlišit od šedé (Wylde 2004). Hall také zjistil, že vizuální podněty na úrovni země, jsou pro koně výraznější, než ty na jiných úrovních.

Zorné pole

Zorné pole koně je dalším aspektem vidění koní, který byl předmětem určité diskuse. Velké oči koně jsou umístěny anterolaterálně, což jim poskytuje mnohem širší zorné pole než organismy s očima umístěnými zepředu (Hanggi 2012). Kompletní popis vizuálně účinného zorného pole vyžaduje, aby bylo měřeno behaviorálně, kdy je třeba určit rozsah pozic hlavy, ve kterých může zvíře reagovat na vizuální podnět (Timney 2001). Timney dále uvádí, že pokud je mu známo, taková měření nebyla u koní prováděna a odhady zorných polí, které jsou k dispozici, se liší, stejně tak způsoby měření. Cituje také Rochon-Duvigneauda, podle kterého je maximální rozsah unikulárního pole mezi 215° a 228°, ačkoliv udává také průměr 190° až 195°. Výše uvedená unikulární pole představují celkové zorné pole jedním okem. Segment od každého z těchto polí je viditelný i druhým okem, což umožňuje oblast binokulárního překrytí.

Také odhady týkající se binokulárního překrytí se liší, ale je obecně přijímáno, že velikost binokulárního překrytí je mezi 55° a 65°. Koně mají také poměrně velkou oblast binokulárního přesah pod hlavu, sahající dolů přibližně 75° (Timney 2001). Je zajímavé, že nepřítomnost meziočního přenosu (tj. schopnost přivyknout si na podnět pozorovaný pouze jedním okem) u koní byla neoficiálně zaznamenána mnoha trenéry koní, nicméně výzkum je omezený a rozporuplný (Rørvang 2020). Jak Rørvang dále uvádí, právě výzkumu zrakové laterality u koní se v posledních letech dostává zvýšené pozornosti. Studie Evelyn B. Hanggi z roku 2012 *Lateral vision in horses: A behavioral investigation* poskytuje nová data o chování, která ukazují, že koně dokáží detekovat zobrazené objekty v téměř plně obklopujícím kruhu a jsou schopni

identifikovat objekty ve většině (ale ne v celém) svém panoramatickém zorném poli. Právě umístění velkých očí poskytuje koním mnohem širší zorné pole, než jiným druhům s očima umístěnými zepředu. Výsledky z této studie naznačují, že koně, kteří drží hlavu ve vodorovné poloze, mají k dispozici téměř kruhové zorné pole.

Zraková ostrost

Názory na přesnou povahu slepých oblastí koně se různí, ale především mezi ně patří slepá skvrna vyčnívající dopředu kolmo k čelu koně, jedna pod nosem a druhá přímo dozadu (Hanggi 2012). Klidový úhel hlavy koně je přibližně 50° k vodorovné rovině. Proto slepá oblast je v tuto chvíli téměř přímo nad hlavou a mírně vpředu (Timney 2001). V souvislosti s viděním koně se také studie Hanggi zmiňuje o zajímavých zjištěních Timneye a Keila z roku 1992, ve které autoři dospěli k závěru, že ostrost koně pro frontální vidění byla podle Snellenovy stupnice překvapivě 20/30. Tato stupnice se používá k základnímu měření zrakové ostrosti u lidí již od roku 1862. Jedná se o tabulku o jedenácti řádcích umístěnou ve vzdálenosti 6 metrů (20 stop). Při normální ostrosti zraku, tedy v případě rozpoznání všech jedenácti, postupně se zmenšujících řádků, jsou obě čísla stejná a v případě člověka je udávána zraková ostrost pomocí zlomku 6/6 nebo také 20/20. Jak popisuje American Academy of Ophthalmology (2023) stav zrakové ostrosti udávaný ve zlomcích udává levým údajem v podobě čitatele testovací vzdálenost, zatím co vpravo jmenovatel uvádí velikost písmen ve vztahu k písmenům na jednotlivých řádcích. Rozpoznaná písmena, případně znaky, 20/100 jsou tedy 5krát větší než u výsledku 20/20. Údaj 20/200 je pak považován za kritérium slepoty.

Jak dále studie popisuje zjištění Timneye a Keila, v porovnání s člověkem, který v případě normálního zraku vykazuje sledovanou ostrost 20/20 je sice ostrost zraku koně o něco horší (20/30), ale v porovnání s jinými druhy, jako je pes (20/50) nebo kočka (20/75 až 20/100), vykazuje frontálně lepší zrakovou ostrost na testované vzdálenosti. Vznikla tedy potřeba dalšího behaviorálního měření, které může přispět k pochopení efektivního zorného pole včetně polohy hlavy, při kterých může kůň efektivně reagovat za vizuální podněty. Předchozí studie prokázaly dostatečné přední vidění u koní, které umožňuje rozlišení široké škály podnětů, včetně přírodních objektů i složitých počítačově generovaných podnětů.

Studie z roku 2012 měla tedy za cíl posoudit monokulární vidění při prohlížení předmětů objevujících se v bočních polích a to pomocí úvazu nedovolujícímu otáčení hlavy koně. Toto krátkodobé omezení znemožnilo sledování předmětů oběma očima zároveň. Její závěr nejprve potvrdil tendenci koní otáčet hlavu, aby se podívali oběma očima na objekty zájmu ve svém okolí, což však Hanggi považuje mezi koňskou komunitou za všeobecně známé. Zejména reakci na předměty, které se objevují v jejich laterálním zorném poli, což může naznačovat dobrou zrakovou ostrost nejen zepředu, ale i ze strany. Podle výsledků studie bylo dále poprvé prokázáno, že koně jsou schopni rozlišit alespoň určité předměty ve svém bočním zorném poli a jsou schopni detekovat objekty prezentované v téměř úplném kruhu horizontálního vidění. Pouze u předmětů vzadu za koněm, měli koně potíže s jejich rozlišením.

Z této studie se zdá, že koně mohou vidět předmět nebo pohyb zepředu, ale možná budou muset otočit hlavu alespoň trochu, aby identifikovali zdroj. Tato zjištění doplňují fyziologické údaje o laterálním vidění koní a poskytují nové informace o tom, jak dobře koně vidí a chápou svět kolem sebe (Hanggi 2012). V diskusi autor tvrdí, že koně mohou podávat lepší výkony, pokud mohou používat přirozené držení hlavy, přičemž fyzické pohodlí by mělo zlepšit učení

koní a to nejen v prostředí upraveném pro vědecký výzkum, ale i při každodenních interakcích mezi člověkem a koněm.

U domácích druhů byl vliv očního kontaktu na interakci člověka a zvířete studován u psů a ovcí. U psů a dravých druhů je akceptováno, že přímý oční kontakt od lidí může pes vnímat jako hrozbu, která vyvolává únik nebo agresi (Verrill 2008). Takto uvádí Sarah Verrill svoji studii *Equal Outcomes with and without Human-to-Horse Eye Contact When Catching Horses and Ponies in an Open Pasture* zaměřenou na oční kontakt člověka s koněm, při chytání koní a poníků na otevřené pastvině. Jak uvádí, účinek očního kontaktu člověka a zvířete při manipulaci není dosud dobře pochopen. I přes chybějící vědecké informace řada známých trenérů zdůrazňuje důležitost konkrétních typů očního kontaktu, ale současné nauky nejsou konzistentní a ve skutečnosti se někdy zjevně neshodují. Někteří lidé pracující s koňmi naopak tvrdí, že by se jezdcí měli přímému očnímu kontaktu vždy vyhýbat, zvláště pokud pracují s bojácným koněm. Verrill toto vysvětluje druhem koně jakožto kořisti, kdy vnímají signály přímého očního kontaktu od predátora jako ohrožující nebo pronásledující chování. Někteří trenéři pracující s koňmi využívají očního kontakt člověka s koněm k vytvoření a udržení statusu „dominantního společníka ve stádě“ nad koněm. Ve studii bylo použito 104 domácích a polodivokých koní a poníků, které na pastvině odchytil stejný člověk a to buď standardním způsobem tj. s udržováním očního kontaktu člověka se zvířetem, nebo bez tohoto očního kontaktu, kterému se člověk vyhýbal. Výsledná data naznačují, že mladší i starší koně a poníci nebyli testovanými podmínkami očního kontaktu ovlivněni. Téměř všechny subjekty byly buď trvale přístupné, nebo naopak nepřístupné bez ohledu na způsob očního kontaktu (Verrill 2008).

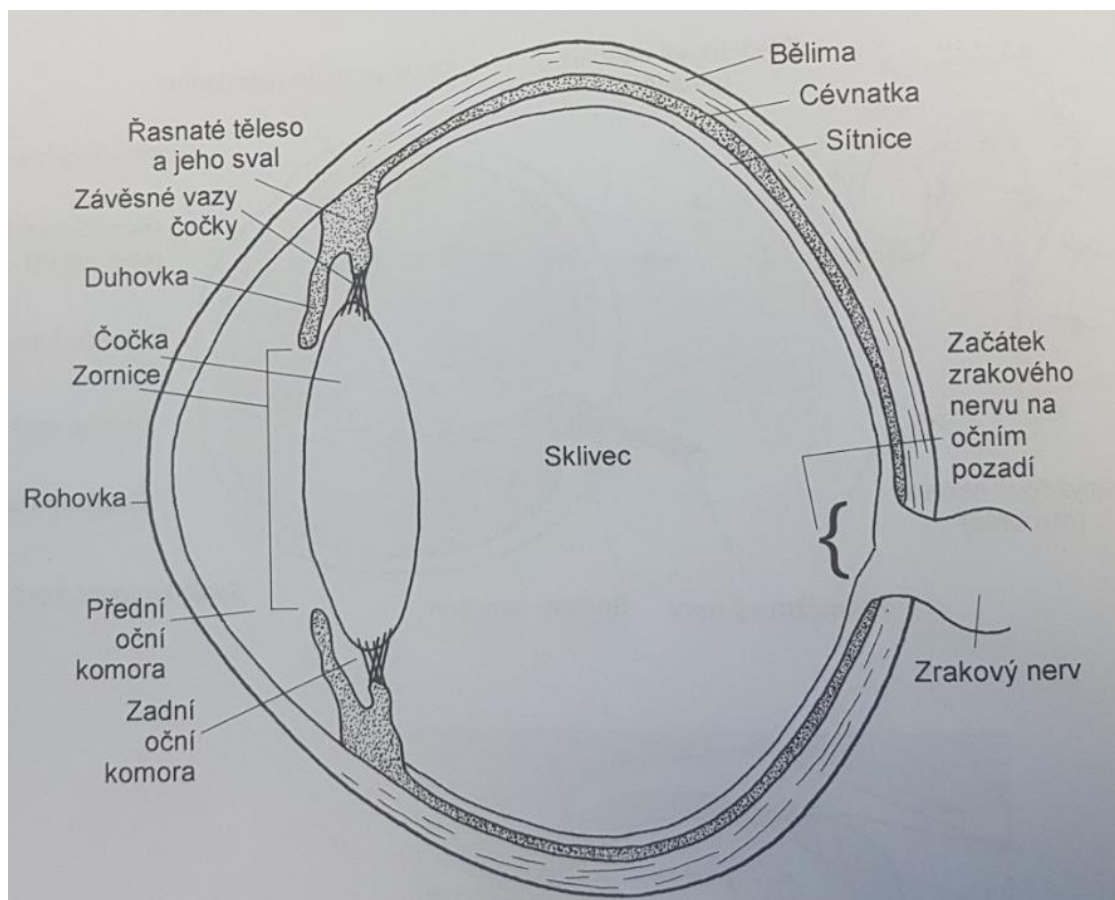
3.4 Anatomie oka koně

Oči soustřeďují paprsky světla z vnějších objektů a vytvářejí převrácený obraz na vrstvě v zadní části oka nazývané sítnice. Zde fotoreceptory (buňky citlivé na světlo) přeměňují obraz na vzor nervových impulsů, které jsou přenášeny optickým nervem do mozku (Burton 1999). Podle Jacobse tedy absorpce světla fotopigmenty zahajuje sled nervových dějů, které vrcholí ve vidění zvířat (Jacobs 2018).

Sandmeyer (2022) ve svém článku popisuje oko jako složitý a elegantně navržený orgán, který zachycuje světlo, přeměňuje ho na elektrický stimul, který je přenášen do mozku a interpretován do vidění. Světlo vstupuje do oka průchodem přes jasné struktury rohovky, komorové vody, čočky a sklivce. Tyto struktury jsou refrakční, což znamená, že ohýbají světlo tak, že je zaostřeno na sítnici. Světlo prochází sítnicí, kde se přeměňuje na elektrický impuls, který opouští oko v optickém nervu, jež se táhne od sítnice, otvorem v lebce až do mozku, kde je interpretován do vidění.

Oko se skládá z oční koule (bulbu), zrakového nervu a přídatných orgánů, které zahrnují oční víčka, spojivky, slzné ústrojí a okoohybné svaly (Reece 2011) viz obrázek 5.

Obrázek 5



Zdroj: Reece 2011

Reece (2011) popsal ve své knize Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat složení oční koule, která se skládá ze tří odlišných vrstev. První vrstvou je vazivový obal, v jehož přední části se nachází rohovka, která přechází v tuhou bílou blánu zvanou bělima. Rohovka umožňuje vstup světla do nitra oční koule. Web veterinární kliniky ScarsdaleVets pak prostřednictvím MVDr. Southornové popisuje přední část rohovky jako 3 mm silnou a čirou, neboť lipidová povrchová vrstva a slané slzy ji udržují ve stavu dehydratace. V případě poškození povrchu, rehydratace změní rohovku na neprůhlednou. Druhou respektive střední vrstvu oční koule tvoří cévní obal složený z cévnatky, řasnatého tělesa a duhovky. Vnitřní vrstvu pak tvoří sítnice. Podle článku MVDr. Junghansové (2022) obsahuje sítnice, krom dalších struktur, vrstvu dvou typů buněk, které mění světlo na nervový impulz. Ten je následně pomocí optického nervu posílán na zpracování do mozku.

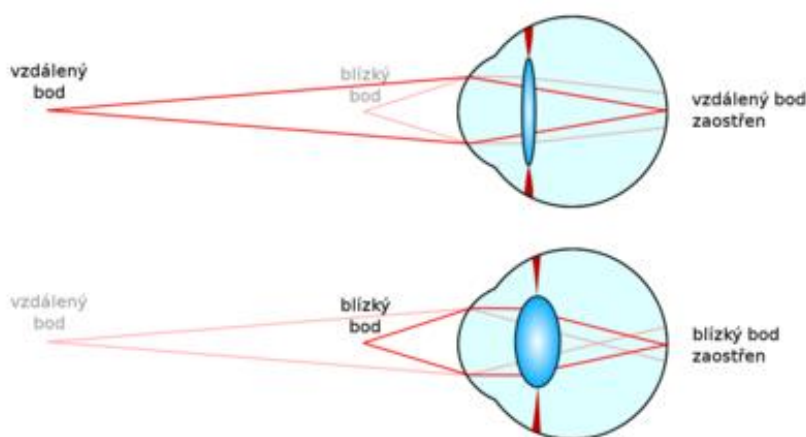
V koňské i lidské sítnici jsou přítomny dva typy fotoreceptorů: tyčinky a čípky. Tyčinkové buňky jsou citlivější na světlo nízké intenzity, ale neposkytují žádnou informaci o jeho vlnové délce (barvě). Jsou tedy vhodnější pro noční vidění. Kuželové buňky potřebují k aktivaci více světla, reagují také odlišně na různé barvy v závislosti na fotopigmentu přítomném v buňce (Burton 1999). Buňky typu tyčinek tedy umožňují černobílé vidění a vidění za horších světelných podmínek zatímco kuželovité čípky umožňují vidění barevné. Během posledních

několika let došlo k významnému nahromadění informací o fotopigmentech a jejich vizuálních důsledcích u širokého spektra zvířat (Jacobs 2018).

Schopnosti koně zaostřit obrazy na různé vzdálenosti je ovlivněna velikostí otvoru (zornice), kterou světlo prochází do oka. Obecně platí, že čím menší je clona, tím větší je rozsah vzdáleností, které se budou jevit jako zaostřené, a jak se velikost zornice zmenšuje, hloubka ostrosti se zvyšuje (Murphy 2009). Noční zvířata ve srovnání se zvířaty denními mají relativně větší plochu rohovky (Reece 2011). Reece dále uvádí, že rohovka je jednou z nejcitlivějších tkání v těle a její průhlednost závisí na stupni její hydratace.

Velkou část nezbytného ohýbání světelných paprsků zajišťuje zakřivený povrch průhledné rohovky. Změny v ohnisku jsou způsobeny kontrakcí ciliárních svalů, které táhnou za elastickou čočku umístěnou směrem k přední části oka. Když jsou tyto svaly uvolněné a čočka je kulovitější, oko se zaměřuje na vzdálené předměty – koně jsou tedy přirozeně „dlouhozrací“ (Burton 1999). Čočka je uložena mezi rohovkou a sklivcem, je upevněna pomocí závěsného aparátu na řasnaté těleso, které zesiluje směrem k cévnatce (Reece 2011). Zaostření čočky na vzdálený či blízký bod zajišťuje proces akomodace. WikiSkripta, aktualizovaná v roce 2019, popisují akomodaci jako proces, který zvětšuje zakřivení čočky a pomáhá k zaostření blízkých předmětů na sítnici oka. Je vyvolána kontrakcí řasnatého svalu, který je součástí řasnatého tělíska. Tato činnost je umožněná vlastnosti čočky, jako je poddajnost jádra a elasticita obalu viz obrázek 6.

Obrázek 6



Zdroj: wikiskripta.eu

Vyklenutá čočka má kratší ohniskovou vzdálenost a konverguje světelné paprsky (to je potřebné pro dalekozraké oko). Tím se mění bod, ve kterém se vytvoří obraz. Tento proces je nutný pro vidění blízkých a vzdálených předmětů (Reece 2011). Lidské oko je vynikající v zaměření na jeden detail v zorném poli. Svaly držící pružnou čočku na místě za ni zatáhnou, aby se zakulatila a tím se mohla zaměřit na předměty blízko oka. Koně však mají ciliární svaly příliš slabé, aby stáhly čočku do konvexnějšího tvaru pro lepší zaostření (Jones 2021).

Množství světla, které může do oka proniknout je řízeno duhovkou, její otvor o různé velikosti se nazývá zornice (Reece 2011). Zornice koní je velmi pohyblivá a může se značně roztáhnout, aby v noci zachytila řídké fotony (Roth 2008). Barvy duhovky se obecně mění od tmavě hnědé přes zlatohnědou až po žlutou, příležitostně modrou nebo bílou (Murphy 2009)

Reece (2011) dále popisuje prostor před čočkou, který je rozdělen duhovkou na dvě části, přední oční komoru a zadní oční komoru. Tyto prostory jsou vyplněny komorovou vodou, jejíž tvorba probíhá neustále a musí proto být neustále odváděna. Jejím cílem je poskytnout neprokrvené čočce a rohovce výživu, dále odplavuje odpadní produkty metabolismu a také vyplňuje prostor očních komor, což udržuje normální tvar oční koule a zvyšuje její pevnost. Pokud komorová voda nemůže samovolně resorpcovat, dochází ke zvýšení nitroočního tlaku (zelený zákal), což může vést až k oslepnutí. Za průhlednou čočkou se nachází sklivec, který zaujímá největší objem v oční kouli a je želatinové konzistence.

3.5 Vyvolání paměťové stopy

Zvířata mají základní schopnost kódovat, ukládat a získávat informace o okolním světě, což je klíčové pro jejich přežití. Předpokládá se, že počáteční tvorba paměti závisí na aktivaci neuronů napříč více oblastmi mozku. Tato sada neuronů – aktivovaná během zkušenosti a reaktivovaná po vyvolání – se běžně označuje jako paměťová stopa nebo engram (Ravena 2021). Domácí koně zaplňují jedinečné místo v lidských kulturách, protože téměř všichni projdou během svého života nějakým typem rozsáhlého výcviku (Hausberger 2008). Moderní domestikovaní koně žijí v podmínkách, které jsou v příkrém rozporu s jejich divokými předky, a často podléhají výcviku a technikám řízení, které jsou v rozporu s jejich biologickými motivy typickými pro daný druh (Goodwin 2007). To zahrnuje požádání koně, aby ignoroval svou přirozenou tendenci utíkat ze situací, které pro ně mohou být strašné (tj. práce s koňmi v novém a stresujícím prostředí, jako je práce v kočáru nebo veterinární nemocnice), a aby komunikoval a spolupracoval s jiným druhem, který by jinak mohl být kategorizován jako predátor: lidé (Brubaker 2016). Na koně jsou kladena nespravedlivá očekávání, zejména během výcviku, kdy se předpokládá, že zvířata mají mentální schopnosti, které jsou ve skutečnosti mimo ně (McLean 2004). Koně a lidé jsou často úzce spjati, dokonce až do té míry, že někteří lidé popisují svůj vztah s jejich koněm jako synchronní s nimi, zejména v kontextu ježdění (Birke 2007). Vzhledem k rozmanitosti lidských životních stylů není žádným překvapením, že existuje široká škála názorů na to, jak by měli být koně trénováni, čemu jsou schopni porozumět a jak různé tréninkové metodiky ovlivňují jejich pohodu a vztah s lidmi (Brubaker 2016).

Paměť místa, schopnost zapamatovat si místa, je rysem mnoha živočišných druhů. Paměť se projevuje v chování zvířat při hledání potravy a byla studována v mnoha různých druzích laboratorních prostorových úloh (Whishaw 2021). Paměť v mozku je organizována do více paměťových systémů, které provádějí různé paměťové funkce a mají různé neurologické substráty (Poldrack 1997). Podle názoru Milana Valenty z publikace Katalog posuzování míry speciálních vzdělávacích potřeb Část II., vydané v roce 2012 Univerzitou Palackého v Olomouci, se dnes paměť nejčastěji rozděluje z hlediska její funkčnosti na několik základních typů. Při prvním rozdělení respektujeme tři všeobecně platná a daná stadia paměti: kódování, tj. umístění do paměti, uchování, tj. uložení do paměti, a vybavování, jehož ekvivalentem je vzpomínání neboli ožívání paměti. Valenta dále upozorňuje, že paměť je dále možno dělit podle druhů uchovávaných informací. Rozdělení z hlediska krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé paměti se řídí především časovou délkou uchovávaných informací. Valenta se dále odkazuje na většinové pojetí odborníků, kteří popisují krátkodobou paměť v čase několika

sekund, střednědobou paměť jakožto podržení informací v rozsahu od několika minut do několika hodin a dlouhodobou paměť až do relativního nekonečna, tedy po celou dobu života.

Nedílnou součástí úspěchu téměř každé kognitivní operace je úloha paměti. Bez krátkodobé a dlouhodobé paměti (LTM) by řešení problémů na vyšší úrovni (nemluvě o nejzákladnějším učení) u zvířat nebylo možné (Hanggi 2009). Výzkum, který je k dispozici, naznačuje, že koně velmi úspěšně plní řadu kognitivních úkolů včetně rozlišovacího učení, zapamatování a vytváření konceptů (Thomas 1986). Výzkum také naznačuje, že koně dokážou rozpoznat a zapamatovat si jednotlivé jezdce a trenéry a zda minulé interakce s těmito jedinci byly pozitivní nebo negativní (Sankey 2010).

Další oblastí, které byla věnována určitá pozornost, je schopnost lidí komunikovat s koňmi pomocí gest (Brubaker 2016). Brubaker popisuje test Marose z roku 2008, který testoval schopnost dvaceti koní najít kousky jablek v jednom ze dvou kbelíků – přičemž „správný“ byl ten, na který experimentátor poukázal. Byly použity čtyři různé metody ukazování: distální dynamicky udržované (napřážená ruka experimentátora ukazovala správným směrem, zatím co kůň prováděl svoji volbu), distální dynamicko-momentální (experimentátor spustil ruku tak, aby nebyla zvednutá, když kůň prováděl volbu), proximální momentální ukazování (experimentátorova ukazovací ruka byla deset centimetrů od kbelíku) a proximální dynamické ukazování s upřeným pohledem. Koně excelovali ve všech polohovacích úlohách kromě distálního dynamicko-momentálního ukazování. To odráží zjištění u jiných zvířat, protože se má za to, že distální dynamicko-momentální ukazování je mnohem náročnější na kognitivní funkce než jiné styly ukazování (Maros 2008).

Mathilde Valenchon (2013) zkoumala vliv temperamentu koní v kontextu s dlouhodobým přivoláním a vymizení dvou instrumentálních úkolů u 26 koní. Po dvaceti dvou měsících nebyl pozorován žádný vliv temperamentu v souvislosti s přivoláním, ani s opakováním úkolů. Naproti tomu při absenci pozitivních nebo negativních stimulů byla schopnost koní správně reagovat na kterýkoli úkol velmi proměnlivá. Valenchon ve svém závěru potvrzuje rozsáhlé schopnosti dlouhodobé paměti u koní a naznačuje, že temperament bude mít vliv na jiné procesy učení, než je akvizice.

Hanggi (2010) ve své studii o krátkodobé paměti u domácích koní studoval, zda si čtyři koně dokážou vybavit umístění potravinového cíle. Během testování byli koně na omezeném stanovišti a pozorovali vložení 30 g obilí do jedné ze dvou nádob. Následně bylo koním umožněno za 5, 10, 15, 20 a 30 sekund přejít k nádobám. Výsledky ukázaly, že koně si zapamatovali správný cíl nejen za podmínek okamžitého vypuštění, ale při vypuštění se zpožděním. Pozorovací údaje byly také shromážděny tak, aby se zjistilo, zda se koně při řešení problémů se zpožděnou reakcí skutečně spoléhali na paměť, nebo zda používali orientační vodítka k udržení pozornosti na správnou nádobu. Tato data ukázala, že koně neudržovali vizuální kontakt s objektem během mnoha zkoušek; místo toho se věnovali radě rozptýlení v okolí. Experiment zaměřený na nádoby s obilím provedl také Baker (1986), který se snažil zjistit, zda se kůň může naučit polohu kbelíku s obilím tím, že bude sledovat jiného koně, který kbelík nalezne. Vybrané koně plemene quater rozdělil na dvě skupiny: experimentální a kontrolní. Experimentální koně mohli třikrát denně sledovat koně demonstrátora, jak vybírá mezi černým a bílým vědrem, přičemž obilí bylo umístěno vždy pouze v jednom vědru. Kontrolní koně mohli demonstrátora sledovat pouze po dobu 3 minut a vždy až když byly odstraněny obě vědra. Sledování probíhalo po dobu 15 po sobě jdoucích dnů a každá skupina

koní – experimentální i kontrolní absolvovala vždy pět pokusů. Při vyhodnocení výsledků dospěl Baker se svým týmem k závěru, že nedošlo k žádnému pozorovacímu učení, neboť nebyl pozorován významný rozdíl mezi experimentálními a kontrolními pokusy.

V dřívější studii s názvem Long-term memory for categories and concepts in horses (*Equus caballus*) se Hanggi (2009) zabýval dlouhodobou pamětí koní (LTM). Ve svém experimentu testoval tři koně, kteří se v minulosti zúčastnili kognitivních úkolů, včetně diskriminačního učení a ve třech samostatných experimentech vyhodnocoval jejich dlouhodobou paměť. Experiment 1 testoval LTM na diskriminační učení, ke kterému došlo před 6 lety. Bylo použito pět druhů stimulů, při kterých dva testovaní koně nevykázali žádné snížení výkonu ve čtyřech z nich, ale oba při jednom stimulu neuspěli. Experiment 2 zkoumal dlouhodobou kategorizační paměť 10 let poté, co koně prokázali schopnost provádět výběr podnětů na základě sdílených charakteristik v rámci dané kategorie. Kůň testovaný LTM po desetiletém intervalu okamžitě a důsledně aplikoval dříve naučené pravidlo kategorizace nejen na známé, ale i nové sady podnětů. Experiment 3 testoval dalšího koně pro LTM pro koncept relativní velikosti. Tento kůň původně demonstroval použití pravidel konceptu k výběru stimulů na základě jejich vzájemné relativní velikosti. O více než 7 let později a bez dalšího tréninku tento kůň spolehlivě aplikoval dříve zavedený koncept velikosti na známé i nové sady podnětů. Tato zjištění jsou prvními zprávami o dlouhodobé kategorické a koncepční paměti u koní a jsou v souladu s pozorováními domácích a divokých koní, která naznačují, že behaviorální a ekologické události si lze pamatovat po dlouhou dobu (Hanggi 2009).

3.6 Motivace koní při učení

Koně byli trénováni již více než před 4 tisíciletími (Levine 2005). Věda o procesech učení zvířat je však relativně nedávná a objevila se v polovině 20. století (McLean 2017). V lidské psychologii je známo, že motivace hraje klíčovou roli pro učení (DeCaro 2015) a je pravděpodobné, že motivace ovlivňuje učení i u zvířat. Při výcviku zvířat se k odměňování požadovaných reakcí používají dva hlavní typy posilování: pozitivní posílení (tj. přidání příjemného podnětu, jako je krmivo) a negativní posílení, tj. odstranění nepříjemného podnětu, jako je tlak, (Olczak 2018). Učení lze definovat jako proces adaptivních změn v individuálním chování v důsledku zkušenosti (Thorpe 1956). Stejně jako ostatní savci se i koně učí přímočarými a předvídatelnými způsoby, a proto je lidé mohou trénovat a komunikovat s nimi tak efektivně. Pochopení a aplikace teorie učení může pomoci trenérům koní pracovat s jejich koňmi způsobem, který umožňuje a urychluje učení a přitom udržuje pohodu koně jako prvořadou (McLean 2017). Některé specifické interakce kůň/kůň mají odpovídající interakci kůň/člověk, z nichž některé mohou být pro koně přímo přínosné, zatímco jiné mohou být neobvyklé nebo dokonce abnormální (McGreevy 2009). Koně jsou vrozeně neofobní (bojí se neznámého) a často shledávají charakteristiky různých podnětů averzní: velikost, novinka, blízkost, náhlý výskyt, pohyb postupující směrem ke koni (Christensen 2013). Učení však vyžaduje mírně zvýšenou úroveň vzrušení, za kterou je učení omezeno. To bylo popsáno jako vztah obráceného U mezi učením a vzrušením, jak se odráží v Yerkes-Dodsonově zákoně (Mendl 1999). Optimální úroveň vzrušení pro konkrétní úkol souvisí s tím, jak náročný úkol pro jednotlivce je, jednodušší úkoly lze úspěšně provádět i při vysokých

úrovních vzrušení, zatímco náročné úkoly se obvykle provádějí úspěšněji při nižších úrovních vzrušení (Starling 2013)

Připisování schopností připomínajících lidské koním (antropomorfizace) podporuje neprokázané a škodlivé přesvědčení, že koně si uvědomují minulé chování, a proto jsou vinni. Tento předpoklad přímo usnadňuje použití tréninkových systémů založených na trestech a také použití odložených odměn. Ty mají významný dopad na bezpečnost interakcí koně/člověk a welfare koně (McLean 2017). Jedním z důvodů, proč kůň vyhovuje požadavkům jezdce, je „*ochota potěšit*“ (Skipper 1999). Ačkoli je pro některé majitele koní přitažlivý, hlavní problém tohoto přístupu se točí kolem požadavku na vyšší kognitivní schopnosti koně, aby k tomu došlo. Je také sporné, zda jsou koně motivováni potěšit (na rozdíl od usmírování) s jiným koněm, natož s lidmi, nebo zda lidské projevy potěšení dokážou koně správně interpretovat. Proč by si měl kůň přát přinášet potěšení sobě nebo svému jezdcovi skákáním přes plot, když jeho druhově specifickou reakcí je prostě se tomu vyhnout? (McGreevy 2009)

Motivace ke krmivu může ovlivnit výkon zvířete v učebních úkolech odměňovaných jídlem. Potrava se však často používá jako pozitivní posilovač při výukových úkolech ke zkoumání kognitivních schopností hospodářských zvířat a k testování účinků různých léčebných postupů, jako je obohacení prostředí při poznávání zvířat. (Olczak 2018) Existuje několik proměnných, které mohou ovlivnit sílu posilovačů, např. věk a fyziologický stav zvířete, životní zkušenosti a chemické faktory (Toates 2004).

4 Metodika

Experiment si kladl za cíl odpovědět na dvě stanovené hypotézy:

H1: Koně dokáží rozlišit červenou barvu mezi ostatními barvami.

H2: Dlouhodobá paměť koně dokáže paměťovou stopu po třech dnech nácviku udržet více jak 30 dní.

4.1 Popis metodiky pokusu

Celý experiment probíhal v krytém, ohraničeném prostoru, který testovaní koně dobře znali. Tento prostor byl ještě pomocí osmi ohradnickových panelů o rozměru 183 cm délky a 110 cm výšky zmenšen, přičemž rozevřením přední části ohradnickových panelů vznikl průchod o šířce 85 cm pro testovaného koně. K testu byly použity čtyři barevné plechové kbelíky, které byly postaveny v řadě proti vstupnímu otvoru a to 80 cm od zadní stěny vytvořené ohrádky. Rozteč mezi jednotlivými kbelíky byla stanovena na 65 cm. Asistentka, která doplňovala odměny do kbelíku a vydávala akustické podněty (volání koně jménem a navyknutým slovem „pojď“, dále chrastěním uzavřené nádoby s granulemi), stála u stěny za řadou kbelíků, viz obrázek 7.

Obrázek 7



Zdroj: vlastní zpracování

Experimentu se zúčastnilo 6 minikoní plemene falabella. Minikoně byli ve vlastnictví jednoho majitele, byli různého pohlaví (3 klisny a 3 hřebci) a různého věku (v rozmezí 9 až 19) viz tabulka 1.

Tabulka 1 – Soupis testovaných koní

<i>Jméno testovaného minikoně</i>	<i>pohlaví</i>	<i>věk</i>
Lisandra Przechwozd	klisna	9
Falabella La Ina	klisna	19
Falabella Maxima	klisna	19
Macaco Przechwozd	hřelec	10
Manoa Przechwozd	hřelec	12
Michell Przechwozd	hřelec	13

Zdroj: vlastní zpracování

Experiment byl rozdělen na dvě části. První část probíhala šest po sobě jdoucích dní, přičemž bylo testováno, zda je opticko-akustická informace u minikoně schopna uvědomění toho, kde se granule aktuálně nachází a současně navykala minikoně na červenou barvu. Proto byla první část rozdělena na dvě fáze, kdy první až třetí den byli koně navykáni na odměnu v červeném kyblíku a byli opticky i akusticky motivováni, zatím co čtvrtý až šestý den byli koně motivováni pouze akustickými signály. V druhé části, která byla provedena po 30-ti dnech od ukončení první části, bylo testováno, zda dlouhodobá paměť koně dokáže udržet po třech dnech nácviku a třech dnech prověřování, paměťovou stopu i za 30 dní od ukončení první části experimentu.

K provedení experimentu, pro obě hypotézy byly použity čtyři kbelíky stejného typu, materiálu a rozměru, ale různých barev: červený, zelený, modrý a žlutý - obrázek 8. K zaujetí pozornosti testovaných koní bylo použito oblíbené granulované krmivo, které bylo v malých dávkách vkládáno pouze do kbelíku červené barvy - obrázek 9.

Obrázek 8



Zdroj: vlastní archiv

Obrázek 9



Zdroj: vlastní archiv

Pro zápis výsledků jednotlivých minikoní byla používána následující terminologie:

- Nepovedený pokus = kůň neprojeví zájem o kbelíky do 2 minut.
- Prověření = kůň strčil hubu do kbelíku. Pokud kůň prověřil v rámci jednoho pokusu jednu barvu vícekrát, je toto počítáno za jedno prověření.
- Neúspěšný pokus = kůň prověřil před červeným kbelíkem i kbelík jiné barvy.
- Úspěšný pokus = kůň prověřil vždy jako první červený kbelík.

Má se za to, že pokus je považován za ukončený v okamžiku, kdy kůň nalezne krmivo v červeném kbelíku. Takovýto pokus je považován za ukončený a to i přes to, že kůň nebyl v hledání úspěšný hned, ale prověřil nejprve kbelík či kbelíky jiné barvy.

4.2 Průběh pokusu

H1: Koně dokáží rozlišit červenou barvu mezi ostatními barvami:

Experiment probíhal v připraveném a uzavřeném prostoru, aby se co nejvíce zabránilo rušivým vlivům, které by mohly zaujmout pozornost minikoní. Výchozí pozici určoval vstup do ohraničeného prostoru, ve kterém byla umístěna testovací řada kbelíků, viz obrázek 10 a obrázek 11. Experimentátor přivedl testovaného minikoně za ohlávku až ke vchodu, kde bylo místo vypuštění. Vzdálenost od bodu vypuštění k řadě barevných kbelíků byla pro minikoně dobře dohledová a měřila 390 cm. Experiment byl v této části rozdělen na dvě fáze. Cílem první fáze bylo za opticko-akustické informace navyknout testovaného minikoně na skutečnost, že granule se nachází vždy pouze ve kbelíku červené barvy, zatím co druhá fáze poskytovala minikoním pouze vzdálenou akustickou informaci o tom, že do kbelíku jsou opět vsypány granule, ale neměl optickou informaci, do jakého kbelíku a na které pozici asistentka granule umístila. Cílem bylo sledovat, jak rychle testovaný jedinec zpracuje novou optickou situaci, tedy zda rovnou zamíří ke kbelíku červené barvy nebo zda bude granule hledat. Pro zhodnocení rychlosti zvládnutí úkolu byl měřen čas a to od doby vypuštění do doby nalezení potravy v červeném kbelíku.

Obrázek 10



Zdroj: vlastní archiv

Obrázek 11



Zdroj: vlastní archiv

Část první, fáze první: Experimentátor přivedl testovaného minikoně na ohlávce a zastavil s ním v bodě vypuštění tj. ve vchodu do uzavřeného prostoru ohraničeném panely, jak ukazuje obrázek č. 12. Asistentka na sebe minikoně akusticky upozornila protřepáním zásobníku s granulemi.

Obrázek 12



Zdroj: vlastní archiv

Obrázek 13



Zdroj: vlastní archiv

Po získání optického kontaktu s testovaným minikoněm vsypala asistentka hlasitě hrst granulí do plechového kbelíku červené barvy umístěného na pozici číslo 1 – počítáno z pohledu minikoně zleva doprava – tabulka 2 a následně s tímto kbelíkem a granulemi potřesením zvýšila akustickou a optickou pozornost minikoně. Po upoutání zájmu testovaného minikoně asistentka červený kbelík s granulemi položila zpět na místo a ustoupila od řady kbelíků do své základní pozice, která se nacházela u stěny ve vzdálenosti 80 cm od řady kbelíků a zároveň proti výchozí pozici minikoně. Experiment sledoval, zda minikoně zamíří přímo ke kbelíku s granulemi, nebo nejprve prověří některé z ostatních kbelíků, tedy, zda bude granule hledat, viz obrázek 13. Tato část se opakovala v testovaný den s každým testovaným minikoněm 6x, kdy pozice umístění kbelíků byly asistentkou za optické a akustické informace minikoně zaměňovány viz tabulka 2, přičemž asistentka při každém pokusu doplnila granule do červeného kbelíku. První fáze první části experimentu probíhala po dobu tří po sobě jdoucích dní.

Tabulka 2 - Umístění testovaných kbelíků v první fázi experimentu:

pokus	1.- 3. den			
1	1	2	3	4
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4
4	1	2	3	4
5	1	2	3	4
6	1	2	3	4

Zdroj: vlastní zpracování

Část první, fáze druhá: Experimentátor přivedl testovaného minikoně na ohlávce a zastavil s ním za dřevěným hrazením mimo testovaný prostor. Asistentka na sebe minikoně akusticky upozornila protřepáním zásobníků s granulemi. Následně hlasitě vložila granule do červeného kbelíku. Minikůň neměl optický kontakt ani s asistentkou, ani s řadou kbelíků. Po upoutání pozornosti minikoně na akustický podnět od asistentky, dovedl experimentátor minikoně do testovaného prostoru a v místě vstupu do ohrádky s řadou kbelíků jej vypustil. Po nalezení granulí v červeném kbelíku experimentátor minikoně odvedl opět mimo testovaný prostor, tak aby minikůň neměl žádný vizuální kontakt s asistentkou ani s řadou kbelíků. Asistentka zaměnila umístění kbelíků, doplnila granule do červeného kbelíku a následně opět akusticky upoutala pozornost minikoně protřepáním zásobníku s granulemi. Tato fáze probíhala po dobu dalších tří dnů, přičemž každý den absolvoval každý minikůň čtyři pokusy, při kterých docházelo ke změnám v umístění kbelíků, viz tabulka 3.

Tabulka 3 - Umístění testovaných kbelíků v druhé fázi experimentu:

pokus	4. den				pokus	5. den				pokus	6. den			
1	1	2	3	4	1	1	2	3	4	1	1	2	3	4
2	1	2	3	4	2	1	2	3	4	2	1	2	3	4
3	1	2	3	4	3	1	2	3	4	3	1	2	3	4
4	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	1	2	3	4

Zdroj: vlastní zpracování

H2: Dlouhodobá paměť koně dokáže paměťovou stopu po třech dnech nácviku udržet více jak 30 dní.

Druhá část experimentu byla uskutečněna 30 dní po ukončení první části. Experiment sledoval, jak se měnila úspěšnost nalezení krmiva po 30-ti dnech. Zda minikůň zamířil přímo ke kbelíku červené barvy, nebo zda granule hledal. Četnost provedených pokusů i její průběh byl totožný s druhou fází první části, rozmístění kbelíků viz tabulka 3. Tato část probíhala po dobu tří po sobě jdoucích dní a s každým minikoněm byly provedeny každý testovací den čtyři

pokusy. Byla totožná s druhou fází první části, tj. experimentátor přivedl minikoně mimo testovací prostor, kde měl s asistentkou a testovanou řadou kbelíků pouze akustické spojení. Po upoutání minikoně dovedl experimentátor minikoně ke vstupu do ohraničeného prostoru s řadou kbelíků a minikoně vypustil, viz obrázek 14. V období mezi první a druhou částí neměli minikoně žádný kontakt s testovanými kbelíky, ani se nesetkali s podobou situací.

Obrázek 14



Zdroj: vlastní archiv

4.3 Analýza výsledků

K vyhodnocení získaných dat byl použit program Excel a statistická metoda – dvouvýběrový párový t-test, který pracoval s aritmetickým průměrem a směrodatnou odchylkou výběrového souboru. Hladina významnosti byla stanovena, dle principu významnosti biologických dat na $\alpha = 0,05$. Pro ověření výsledků byl použit program Statistica.

Všechny části experimentu proběhly se souhlasem majitelů minikoní a byly při něm dodrženy zásady welfare koní. Testovaní minikoně byli zdravotně způsobilí, v tělesné kondici odpovídající jejich věku a projevovali aktivní zájem o spolupráci s výzkumníky a jejich asistenty. Nebyla vyžadována žádná povolení ani schválení žádné etické komise.

V rámci potvrzení či zamítnutí H1: Koně dokáží rozlišit červenou barvu mezi ostatními barvami: bylo počítáno s daty získanými za 5. a 6. den, neboť cílem 1. až 4. dne bylo naučit koně, že v červeném kbelíku se nachází oblíbené krmivo. Pro potvrzení či zamítnutí H2: Dlouhodobá paměť koně dokáže paměťovou stopu po třech dnech nácviku udržet více jak 30 dní, bylo počítáno s daty za všechny tři dny, ve kterých se druhá část experimentu prováděla.

5 Výsledky

Experiment byl rozdělen na dvě části, při každé bylo využito stejných šest minikoní plemene falabella.

5.1 První část experimentu

Zjištěná data byla přepsána do tabulek 4, 5, 6 a následně statisticky zpracována. Tyto tabulky zobrazují zápis zjištěných dat, přičemž tabulka 4, umístěná v příloze, udává zjištěná data za pátý a šestý den pro všechny testované minikoně bez ohledu na pohlaví a jejich celkovou úspěšnost v %, zatím co tabulka 5 obsahuje výsledky a úspěšnost v % u klisen, tabulka 6 pak výsledky a úspěšnost u hřebců. Experiment sledoval nejen úspěšnost jednotlivých koní zejména v počtu možných prověření z celkových 192 možností, ale především počet úspěšných a neúspěšných pokusů, tedy v jakém poměru minikoně našli oblíbené krmivo bez prověření kbelíků jiných barev. Zároveň dále sledoval, zda některou z ostatních barev budou minikoně prověřovat častěji. Ve dvou sledovaných dnech měl každý minikůň celkem 8 pokusů. Experiment také sledoval, zda v rámci stereotypu budou minikoně prověřovat pozici, na které byl v předchozím pokusu umístěn červený kbelík s granulemi. Pozorováním bylo zjištěno, že ze 13 neúspěšných pokusů v 7 případech minikůň prověřil kbelík jiné barvy umístěný na předchozí pozici červeného kbelíku.

Tabulka 5

Klisy 5.a 6. den		Lisandra Przechwozd		Falabella La Ina		Falabella Maxima		celkem	v %
		5. den	6. den	5. den	6. den	5. den	6. den		
Celkem možných prověření: (4 kbelíky * 4 pokusy)		16	16	16	16	16	16	96	100,00%
Počet chybných prověření:		1	1	1	2	0	0	5	5,21%
z toho:	modrý	0	1	0	1	0	0	2	2,08%
	zelený	1	0	1	1	0	0	3	3,13%
	žlutý	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Celkem pokusů:		4	4	4	4	4	4	24	100,00%
z toho:	úspěšných	3	3	3	3	4	4	20	83,33%
	neúspěšných	1	1	1	1	0	0	4	16,67%
Prověření předchozí pozice:		0	1	0	1	0	0	2	8,33%
Počet kontaktů asistentky:		0	1	0	0	0	0	1	4,17%
Zvládnuto v průměrném čase:		7,77	10,62	7,7	10,34	6,42	7,05	49,9	8,32

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 6

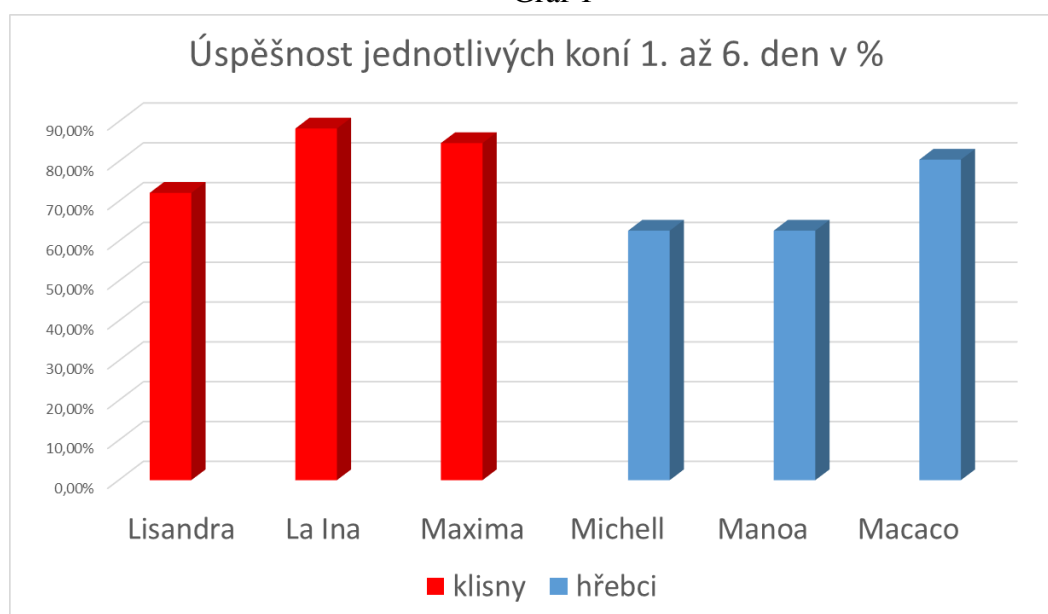
Hřebci 5. a 6. den			Michell Przechwozd		Manoa Przechwozd		Macaco Przechwozd		celkem	v %
			5. den	6. den	5. den	6. den	5. den	6. den		
Celkem možných prověření: (4 kbelíky * 4 pokusy)			16	16	16	16	16	16	96	100,00%
Počet chybných prověření:			3	2	3	2	0	1	11	11,46%
	z toho:	modrý	2	0	2	0	0	1	5	5,21%
		zelený	1	1	1	1	0	0	4	4,17%
		žlutý	0	1	0	1	0	0	2	2,08%
Celkem pokusů:			4	4	4	4	4	4	24	100,00%
	z toho:	úspěšných	2	2	2	2	4	3	15	62,50%
		neúspěšných	2	2	2	2	0	1	9	37,50%
Prověření předchozí pozice:			1	1	1	1	0	1	5	20,83%
Počet kontaktů asistentky:			1	0	1	0	0	0	2	8,33%
Zvládnuto v průměrném čase:			9,87	7,91	28,1	15,73	4,28	7,16	65,89	10,98

Zdroj: vlastní zpracování

Celkový počet provedených pokusů s celkem šesti minikoňmi za všech šest dní experimentu byl 180, z čehož 1 pokus byl označen jako nepovedený. V tomto případě se nepodařilo zaujmout minikoně ve stanoveném čase do 2 minut. Vzhledem k tomu, že k nepovedenému pokusu došlo první den experimentu a jelikož výsledky byly započítávány pouze za pátý a šestý den, nepovedený pokus tedy konečné výsledky nijak neovlivnil.

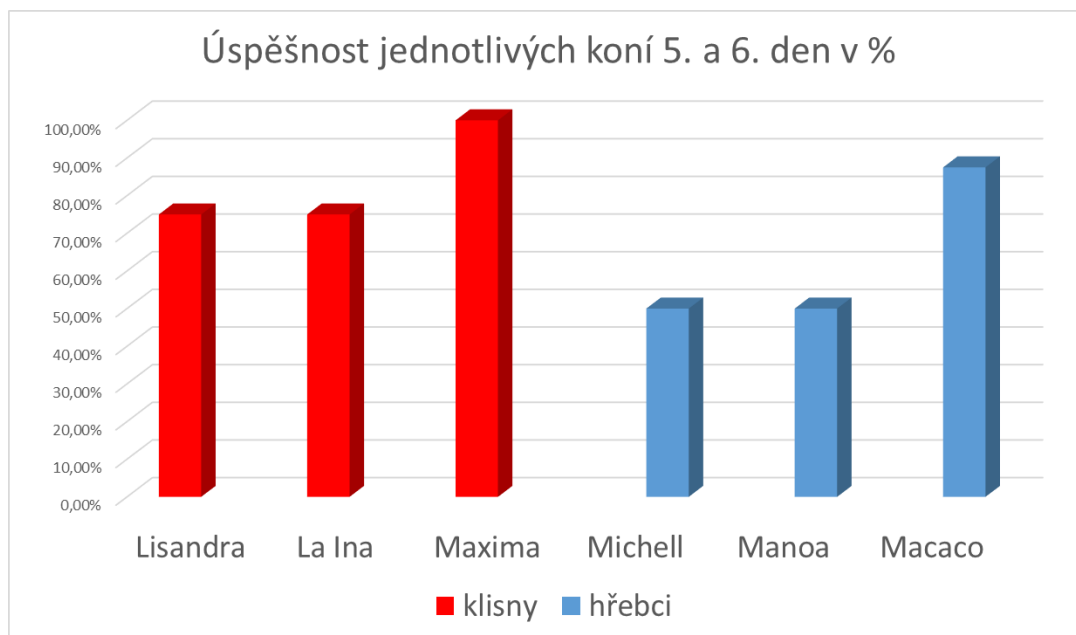
Úspěšnost jednotlivých koní se pohybovala v rámci všech šesti dní od 62,67 do 88,33 %, což je patrné z grafu 1, zatím co v započítané dny tj. pátý a šestý byla úspěšnost od 50 do 100 %, viz graf 2, přičemž pátý a šestý den došlo k poklesu průměru úspěšnosti o 2,25 %. Porovnání úspěšnosti jednotlivých koní v rámci celého experimentu a posledních dvou významných dní ukazuje graf 3.

Graf 1



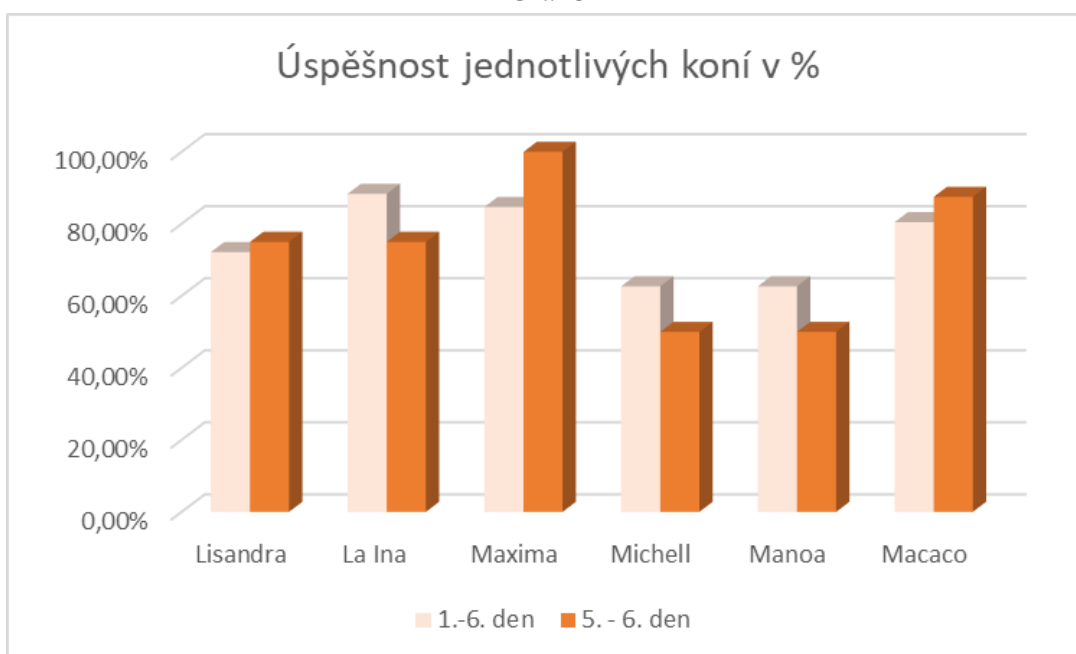
Zdroj: vlastní zpracování

Graf 2



Zdroj: vlastní zpracování

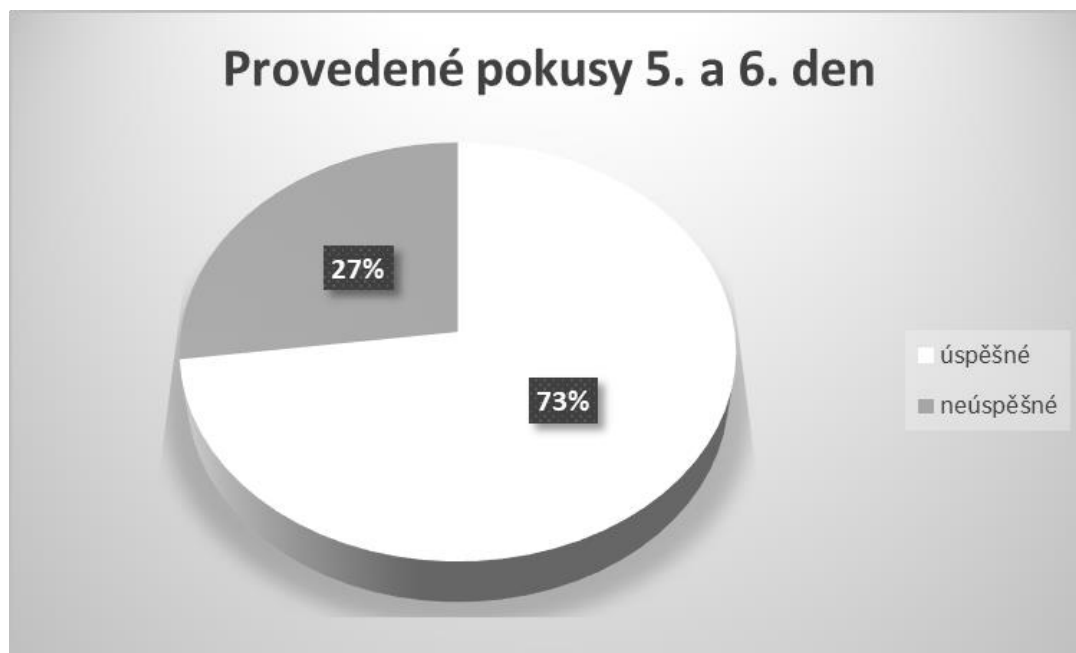
Graf 3



Zdroj: vlastní zpracování

V průběhu pátého a šestého dne bylo provedeno celkem 48 pokusů, z čehož 72,92 % bylo správných, tj. minikoně našli červený kbelík na první pokus a 27,08 % chybných, kdy došlo nejprve k prověření jednoho či více kbelíků jiné barvy a teprve pak k nalezení krmiva v kbelíku barvy červené - graf 4.

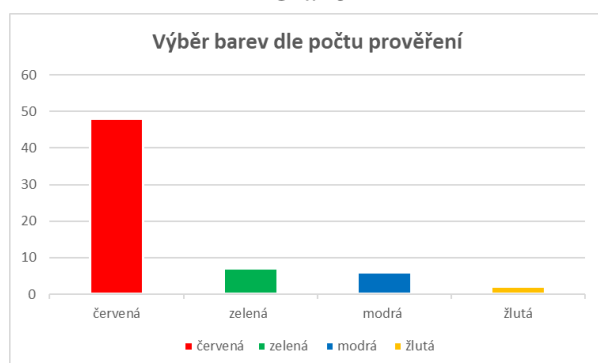
Graf 4



Zdroj: vlastní zpracování

V rámci uskutečněných 48 pokusů minikoně krom červeného kbelíku nejvíce prověřovali kbelík zelené barvy a dále kbelík modré barvy. Nejméně prověřovali kbelík žluté barvy. Tyto výsledky prezentuje graf 5, na kterém je patrný výběr barev. Graf 6 pak znázorňuje procentuální vyjádření jednotlivých barevných preferencí minikoní.

Graf 5



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 6



Zdroj: vlastní zpracování

Při porovnání v rámci pohlaví, kdy se experimentu zúčastnili 3 klisny a 3 hřebci, vykazovaly klisny výrazně vyšší procento úspěšně provedených pokusů a to 83 % oproti hřebcům, kteří dosáhli výsledku 60 % úspěšných pokusů.

Na základě zjištěných dat a statistických výpočtů, viz tabulka 7, byla hodnota testu t vypočtena na 2,803059553, zatím co hodnota pravděpodobnosti P dosáhla výsledku 0,037856735. Tato hodnota byla zároveň nižší než stanovená hladina významnosti 0,05. Aritmetický průměr úspěšnosti vykázal poměr 5,83 úspěšných pokusů ku 2,17 neúspěšným.

Tabulka 7 – Dvouvýběrový párový t-test pro H1

	aritmetický průměr	směrodatná odchylka	t	P	α
úspěšný	5,83333333	1,60208198	2,80305955	0,03785673	0,05
neúspěšný	2,16666667				

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky první části experimentu potvrzují H1: Koně dokáží rozlišit červenou barvu mezi ostatními barvami.

5.2 Druhá část experimentu

V této části experimentu byly započítány výsledky za všechny tři testované dny. Pozornost minikoní byla upoutána pouze akustickým podnětem, který vydávala asistentka, minikoně s ní však neměli žádný vizuální kontakt. Umístění kbelíků v jednotlivých dnech a pokusech bylo totožné s druhou fází první části experimentu, tj. 1. a 2. den byl kbelík červené barvy umístován zrcadlově, 3. den bylo pořadí kbelíků zcela náhodné, jak dokládá tabulka 8, která z pohledu testovaného minikoně udává umístění jednotlivých barevných kbelíků v každém ze čtyř pokusů a to v rámci tří testovaných dnů.

Tabulka 8

pokus	1. den				pokus	2. den				pokus	3. den			
1	1	2	3	4	1	1	2	3	4	1	1	2	3	4
2	1	2	3	4	2	1	2	3	4	2	1	2	3	4
3	1	2	3	4	3	1	2	3	4	3	1	2	3	4
4	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	1	2	3	4

Zdroj: vlastní zpracování

Zjištěná data byla přepsána do tabulky stejného typu jako v první části experimentu viz tabulky 9, 10 a 11, přičemž tabulka 9, umístěná v příloze, zobrazuje zápis zjištěných dat a jejich úspěšnost/neúspěšnost v % u všech testovaných minikoní, tedy bez ohledu na pohlaví. Tabulka 10 obsahuje zjištěná data a celkovou úspěšnost/neúspěšnost v % u klisen, tabulka 11 pak totéž u hřebců.

Tabulka 10 - výsledky klisny – druhá část experimentu

		Lisandra			La Ina			Maxima			klisny	
den		1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.		
Celkový počet možných prověření: (4 kbelíky * 4 pokusy)		16	16	16	16	16	16	16	16	16	144	100,00%
Počet chybných prověření:		1	1	2	1	3	1	2	2	2	15	10,42%
z toho:	modrý	1	0	1	1	0	1	1	1	0	6	4,17%
	zelený	0	1	1	0	2	0	1	1	2	8	5,56%
	žlutý	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,69%
chyby koně		8,33%			10,42%			12,50%			10,42%	10,42%
úspěšnost koně		91,67%			89,58%			87,50%			89,58%	
Počet pokusů:		4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100,00%
z toho:	úspěšných	3	3	2	3	3	3	3	3	2	25	69,44%
	neúspěšných	1	1	2	1	1	1	1	1	2	11	30,56%
chyby koně		33,33%			25,00%			33,33%				100,00%
úspěšnost koně		66,67%			75,00%			66,67%				
Počet prověření předchozí pozice:		1	0	1	1	0	1	1	0	0	5	13,89%
Počet kontaktů asistentky:		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Zvládnuto v průměrném čase		7,93	8,23	7,25	7,61	9,59	8,04	10,28	9,59	6,97	8,39	

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 11 - výsledky hřebci – druhá část experimentu

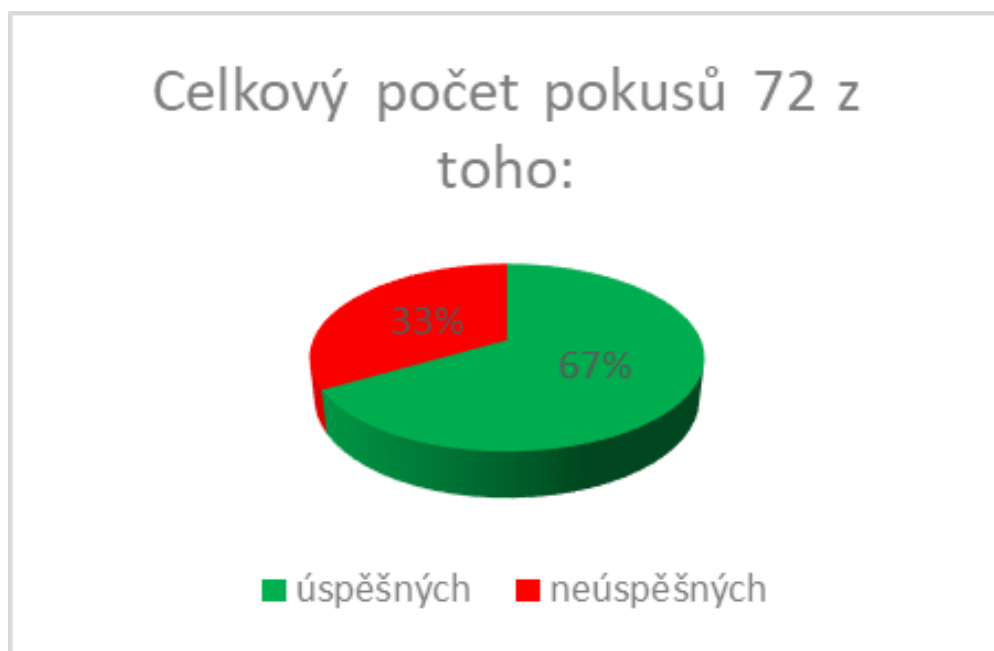
		Michell			Manoa			Macaco			hřebci	
den		1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.		
Celkový počet možných prověření: (4 kbelíky * 4 pokusy)		16	16	16	16	16	16	16	16	16	144	100,00%
Počet chybných prověření:		4	2	3	1	2	1	2	1	0	16	11,11%
z toho:	modrý	2	1	2	1	1	0	1	1	0	9	6,25%
	zelený	1	1	1	0	1	1	0	0	0	5	3,47%
	žlutý	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1,39%
chyby koně		18,75%			8,33%			6,25%			11,11%	11,11%
úspěšnost koně		81,25%			91,67%			93,75%			88,89%	
Počet pokusů:		4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100,00%
z toho:	úspěšných	2	2	2	3	2	3	2	3	4	23	63,89%
	neúspěšných	2	2	2	1	2	1	2	1	0	13	36,11%
chyby koně		50,00%			33,33%			25,00%				100,00%
úspěšnost koně		50,00%			66,67%			75,00%				
Počet prověření předchozí pozice:		0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	5,56%
Počet kontaktů asistentky:		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
Zvládnuto v průměrném čase		7,01	8,29	11,50	11,09	10,10	6,28	11,09	10,10	6,28	9,08	

Zdroj: vlastní zpracování

V této části experimentu bylo provedeno se šesti minikoněmi celkem 72 pokusů, přičemž u všech minikoně nalezli krmivo v červeném kbelíku do stanovení časového limitu 2 minut. Všechny pokusy proto mohly být považovány za povedené. Kontakt s asistentkou v této části experimentu neprovedl žádný minikůň.

Celkové procento úspěšnosti se v druhé části experimentu snížilo oproti první části o 6,25 % a to ze 72,92 % na 66,67 % viz graf 7, přičemž klisny byly v poměru úspěšných a neúspěšných pokusů úspěšnější oproti hřebcům jak ukazují grafy 8 a 9. V celkovém hodnocení však došlo ke zvýšení úspěšnosti oproti první části experimentu u hřebců a to z 60 % na 64 %, naproti tomu u klisen se úspěšnost snížila a to z 83 % na 69 %.

Graf 7



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 8



Zdroj: vlastní zpracování

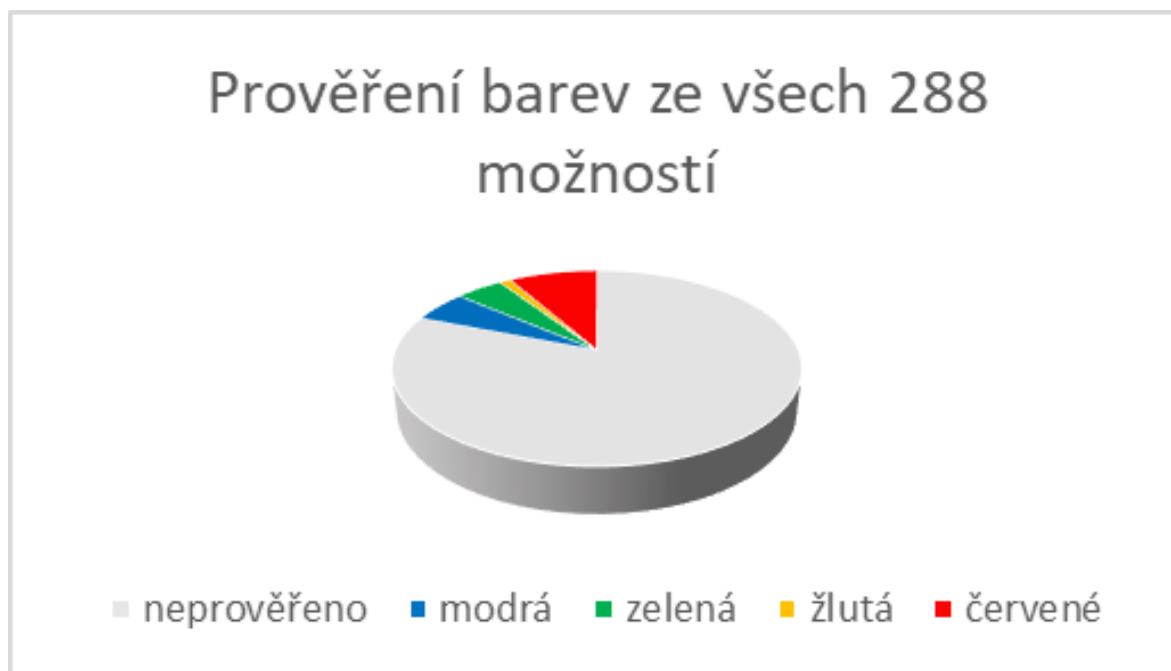
Graf 9



Zdroj: vlastní zpracování

V každém pokusu mohli minikoně prověřit čtyři různé barvy (červenou, zelenou, modrou a žlutou), což při počtu pokusů na jednoho minikoně (48) činilo pro šest minikoní 288 možností prověření. Z tohoto množství prověřili minikoně nejčastěji žádanou červenou barvu (72), jako další již nežádaná barva byla nejčastěji modrá (15) následovaná zelenou (13). Nejméně minikoně prověřovali barvu žlutou (3), což ukazuje graf 10.

Graf 10



Zdroj: vlastní zpracování

Na základě zjištěných dat a statistických výpočtů, viz tabulka 12, byla hodnota testu t vypočtena na 4,47213595, zatímco hodnota pravděpodobnosti P dosáhla výsledku 0,00656627. Tato hodnota byla zároveň nižší než stanovená hladina významnosti 0,05. Aritmetický průměr úspěšnosti vykázal poměr 8 úspěšných pokusů ku 4 neúspěšným.

Tabulka 12 – Dvouvýběrový párový t-test pro H_2

	aritmetický průměr	směrodatná odchylka	t	P	α
úspěšný	8,00000000	1,09544512	4,47213595	0,00656627	0,05
neúspěšný	4,00000000				

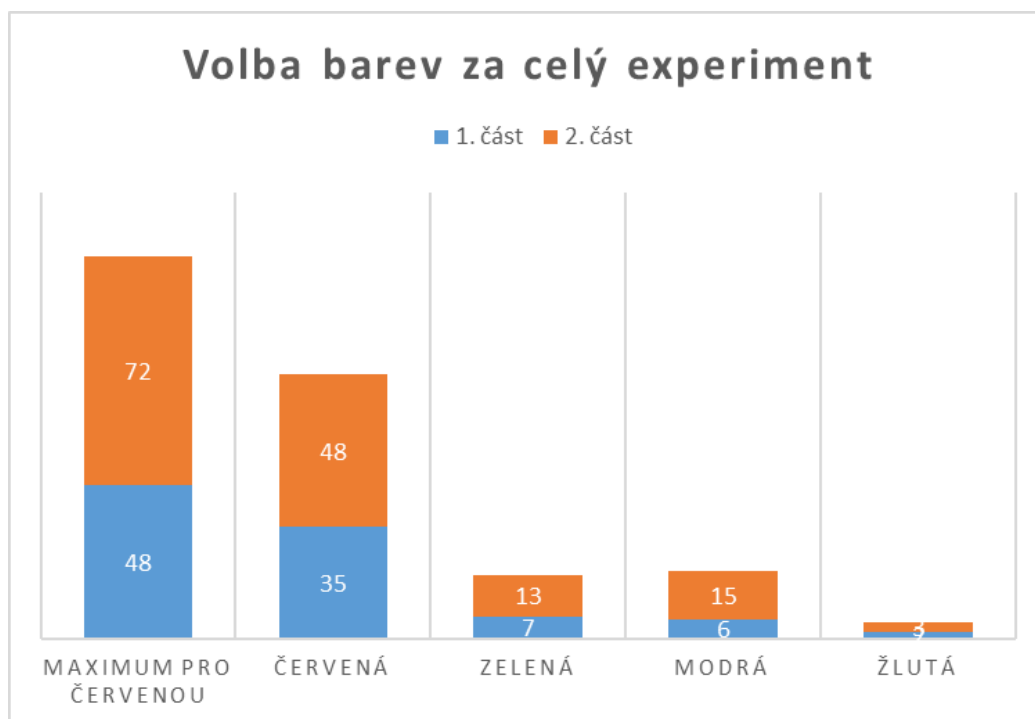
Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky druhé části experimentu potvrzují H_2 : Dlouhodobá paměť koně dokáže paměťovou stopu po třech dnech nácviku udržet více jak 30 dní.

6 Diskuze

Smith (1999) došel ve svém výzkumu k závěru, že někteří jím testovaní koně nedokázali rozlišit zelenou barvu od žluté. U čtyři testovaných barev uvádí jejich vlnové délky a to pro: červenou (617 nm), žlutou (581 nm), zelenou (538 nm) a modrou (470 nm). Námi testovaní minikoně vykazovali největší chybovost v prověřování u barev modrá (21 chybných prověření) a zelená (20 chybných prověření). Naopak kbelík žluté barvy byl pro testované minikoně nejméně zajímavý a k jeho prověření docházelo minimálně. Graf 11 porovnává preferenci jednotlivých barev v rámci první započitatelné části experimentu s druhou částí. První sloupec uvádí maximální počet správných možností, tedy stav, kdy by všichni minikoně našli krmivo v kbelíku červené barvy a to bez jakéhokoli prověření ostatních barev. Další sloupce pak ukazují preferenci při volbě jednotlivých barev, což v případě červené barvy znamená 35 správných voleb ze 48 možných v první části experimentu a 48 správných voleb ze 72 možných ve druhé části experimentu. Z hlediska preferencí různých kombinací dalších barev výsledek zjišťuje téměř shodný poměr mezi barvou zelenou a modrou. Žlutá barva se pak jeví jako nevýznamná.

Graf 11



Zdroj: vlastní zpracování

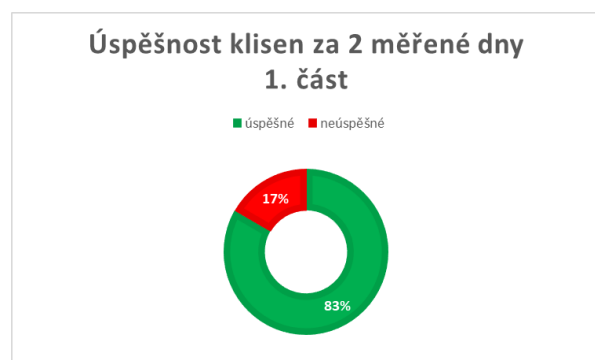
Experiment si kladl také otázku, zda přítomnost asistentky za testovací řadou kbelíků mohla ovlivnit soustředění minikoní a tím také konečný výsledek. Ze 48 možných započitatelných pokusů, v rámci pátého a šestého dne první části experimentu, kontaktovali minikoně asistentku ve 3 případech, tj. 6,25 %. V druhé části experimentu, tj. ze 72 možných pokusů, již nedošlo k žádnému kontaktu, což snižuje celkové % za obě části na 2,5 %. Tento výsledek je možné hodnotit jako málo významný. Další otázkou bylo zhodnocení, jaký vliv má na úspěšně či neúspěšně provedený pokus experimentátor, který koně vypouští a může mírně

ovlivnit počáteční směr, kterým se minikůň vydá. Posouzením všech videozáznamů z provedeného experimentu však bylo konstatováno, že vypuštění minikoně mohlo mít pouze zanedbatelný vliv na konečném výsledku.

Jak uvedl Saslow (2002), je pravděpodobné, že stejně jako u většiny savců kromě primátů se koně při vytváření pohledu na svůj svět více spoléhají na ostatní smysly. Nabízí se tedy další otázka, která by objasnila, jakou roli mohou hrát při rozhodování minikoní, ke kterému kbelíku se vydají, pachové vjemy. Murphy (2009) zase upozorňoval, že zraková ostrost u koně se bude do určité míry lišit podle řady různých faktorů, jako je plemeno, věk, předchozí zkušenosti a celkový zdravotní stav. Jelikož nebylo provedeno žádné odborné oftalmologické vyšetření testovaných minikoní, vliv na rozpoznání červeného kbelíku může mít mimo jiné u jednotlivých minikoní jejich individuální zraková dispozice. Na druhou stranu ale prověření kbelíku jiné barvy nemusí znamenat nerozlišení barvy, ale pouhé „ověření“, že se ve kbelících jiných barev krmivo opravdu nevyskytuje.

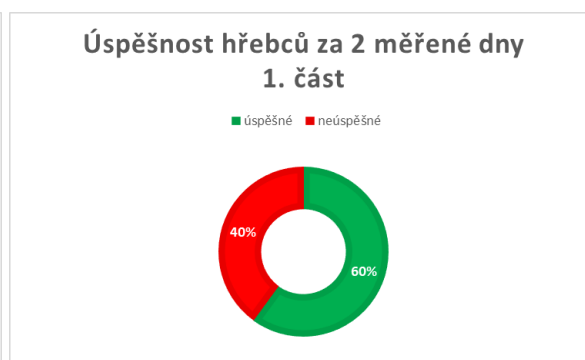
Při porovnání z hlediska pohlaví zaznamenal experiment nejvýraznější rozdíl mezi hřebci a klisnami v čase provedení. Hřebci se hůře motivovali a měli oproti klisnám horší průměrný čas provedení úkolu: hřebci 10,98 s, klisny 8,32 s. přičemž nejpomalejší průměrný čas hřebce byl 28,1 sekund, zatímco nejpomalejší průměrný čas klisny byl 10,62 sekund. Toto zjištění ale neznamená, že hřebci jsou všeobecně v plnění zadaného úkolu pomalejší, neboť nejrychlejší průměrný čas byl zaznamenán u hřebce a to 4,28 sekund. Nejrychlejší klisna zvládla úkol dokončit v průměrném čase 6,42 sekund. Výkon jednotlivých koní může být ovlivněn momentálním zaujetím buď pro zadaný úkol, nebo naopak jinými vnějšími vlivy. Čas měření tedy s největší pravděpodobností vypovídá především o motivaci minikoně o daný úkol. Vzhledem ke krátkému časovému intervalu a způsobu měření – ruční stopky, je získaný časový údaj pouze orientační, neboť pouhé zmáčknutí stopek (měřeno na setiny sekundy) mohlo ovlivnit měřený čas cca o několik setin vteřiny. Celkový poměr úspěšných pokusů v první a druhé části experimentu je vyjádřen v grafech 12,13,14 a 15, kde je patrný nejen rozdíl v úspěšnosti v souvislosti s pohlavím, ale také mezi první a druhou částí experimentu, což může být způsobeno časovým odstupem mezi oběma částmi experimentu. Graf 12 procentuálně porovnává úspěšnost a neúspěšnost klisen v první části započítatelných dní experimentu, kdy úspěšnost klisen byla zaznamána 83 %, zatímco graf 13 porovnává tytéž parametry u hřebců s úspěšností 60 %.

Graf 12



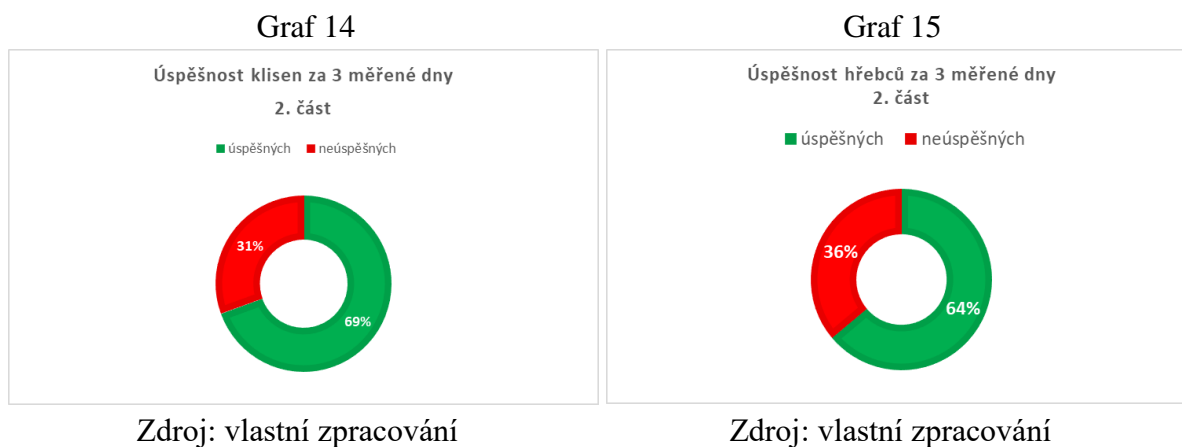
Zdroj: vlastní zpracování

Graf 13



Zdroj: vlastní zpracování

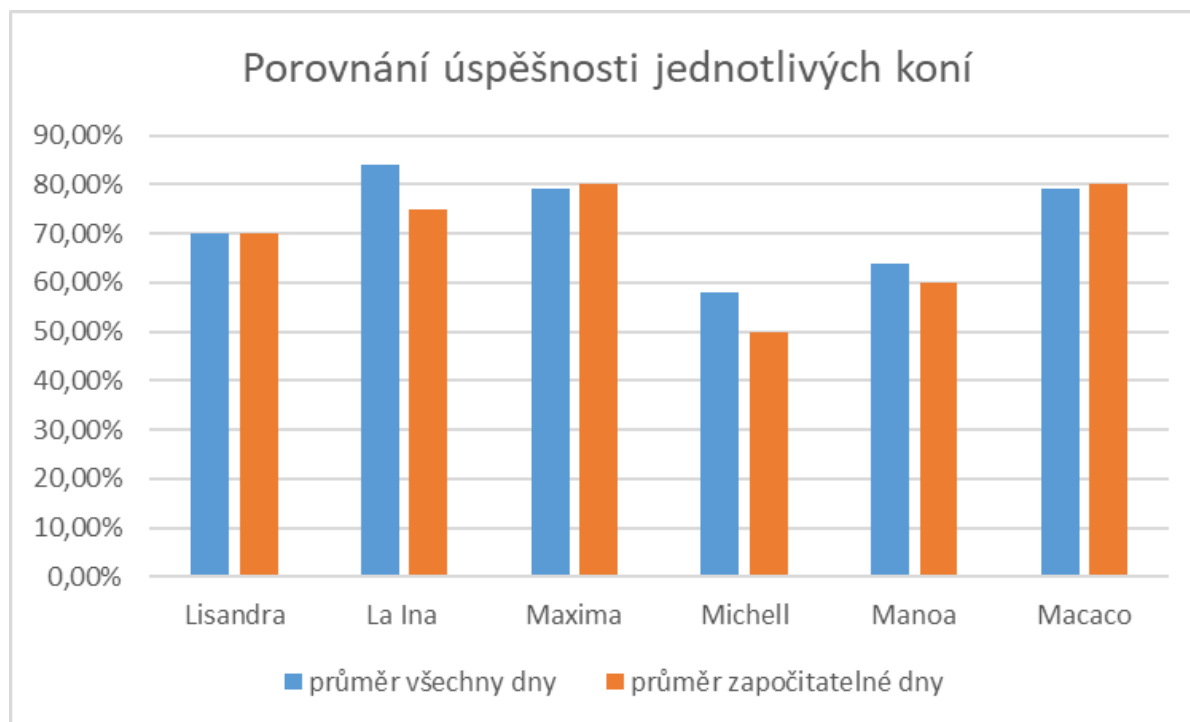
Graf 14 procentuálně porovnává úspěšnost a neúspěšnost klisen ve druhé části experimentu, kdy se úspěšnost klisen snížila na 69 %, zatímco graf 15 porovnává tytéž parametry u hřebců s navýšením úspěšnosti na 64 %.



Zda a případně jaký vliv mohl mít naučený stereotyp u minikoní při chybném prověření kbelíků ostatních barev je potřeba podrobněji prozkoumat v dalších studiích. Ze 120 provedených a započítatelných pokusů prověřili minikoně kbelík umístěný na stejném místě, na kterém se v předchozím pokusu nacházel červený kbelík s granulemi celkem 14 krát, což činí 11,67 %. Stereotyp tedy mohl ovlivnit rozhodnutí minikoně, při prověřování kbelíků jiných barev, i když nijak významně.

V rámci rozlišování barev byl experiment v první části rozdělen na první fázi, ve kterém se minikoně naučili, že oblíbené granule se nachází pouze ve kbelíku červené barvy. Tato fáze probíhala po dobu čtyř dní. Zda minikoně dokáží rozlišit kbelík červené barvy, bylo cílem druhé fáze a následně druhé části experimentu. Zajímavé zjištění poskytuje graf 16, který porovnává úspěšnost jednotlivých koní včetně navykání na kbelík červené barvy, tedy za všechny dny experimentu, s úspěšností při nalezení granulí v červeném kbelíku v započítatelných dnech. Výsledky nevykazují významný rozdíl, dá se říci, že 50 % minikoní bylo stejně, nebo s malou odchylkou do jednoho procenta úspěšných při navykání a následnému rozpoznání červeného kbelíku, přičemž u jednoho minikoně byl výsledek naprosto shodný a u dalších dvou minikoní došlo k mírnému zvýšení úspěšnosti (1 %). Druhá polovina tj. zbylých 50 % minikoní se lišila v rozdílu úspěšnosti do 9 %. U všech však došlo k poklesu úspěšnosti (4 %, 8 %, 9 %).

Graf 16

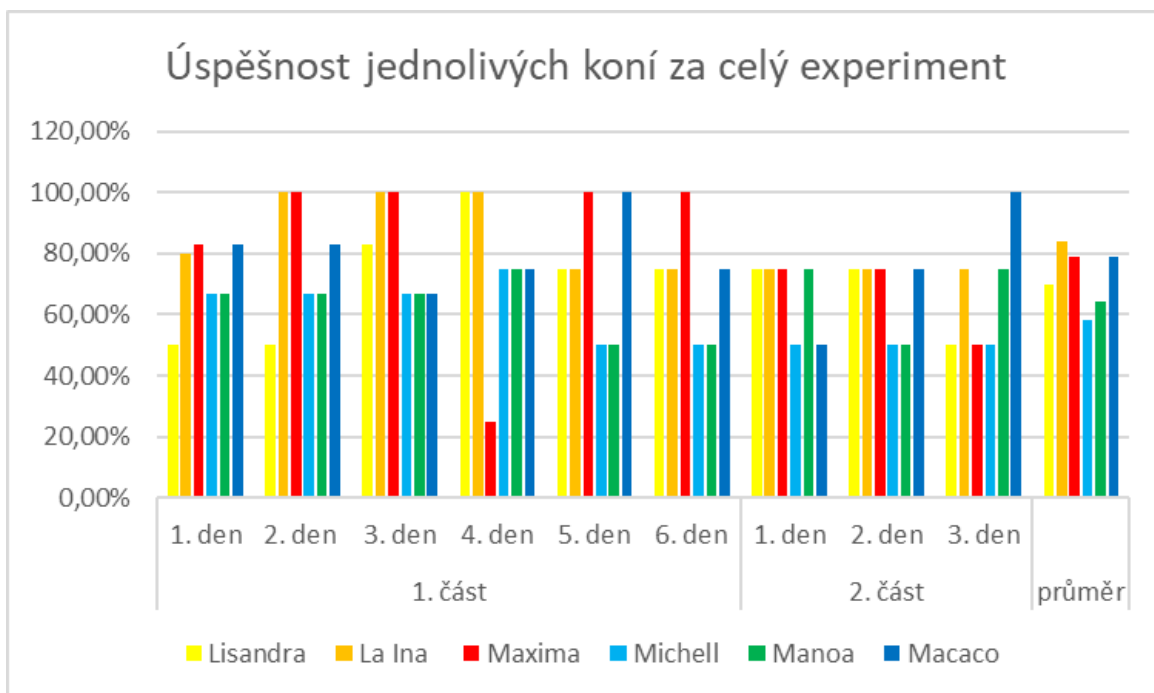


Zdroj: vlastní zpracování

Další významný podíl na poměru úspěšných a neúspěšných pokusů mohla mít potřeba jednotlivých minikoní ověřit si, zda skutečně žádné další barevné variace kbelíků neobsahují granule. V případě neúspěšného pokusu, tedy při prověření kbelíku jiné barvy, nemusel proto důvod souviset s nerozeznáním červeného kbelíku, ale důvodem mohlo být například ujistění, že ve kbelících ostatních barev se granule nenachází. Ze všech započítatelných pokusů (120) bylo úspěšných 69,17 % a neúspěšných 30,83 %. Druhá část experimentu vykazovala o 6,25 % více neúspěšných pokusů, což mohl způsobit časový odstup, kdy minikoně daný úkol nijak neprocvičovali.

Celkovou úspěšnost jednotlivých minikoní za všechny dny experimentu porovnává graf 17 a to včetně celkového průměru úspěšných pokusů jednotlivých minikoní. Z grafu je patrné, že celkově byly klisny v řešení úkolu oproti hřebcům o něco úspěšnější. Svoji roli v úspěšnosti jednotlivých minikoní mohlo hrát také momentální individuální rozpoložení jedince. To může dokládat například výsledek klisny Maximy, kdy ve čtvrtém dni první části experimentu byla její úspěšnost pouhých 25 %. Takto nízký výsledek úspěšnosti se již neopakoval a nebyl zaznamenán ani u jiných minikoní. Celkový průměrný výsledek za dny první části experimentu vykazoval u této klisny i přes tento výsledek úspěšnost 84,67 %, přičemž v případě nezapočtení tohoto dne, tedy v případě, že by bylo započítáno pouze 5 nejlepších výsledků ze šesti uskutečněných, by se její úspěšnost zvýšila na 96,6 %.

Graf 17



Zdroj: vlastní zpracování

7 Závěr

- Pro H1: Koně dokáží rozlišit červenou barvu mezi ostatními barvami, platí, že $P < t$, respektive $0,037856735 < 2,803059553$, což potvrzuje hypotézu H1 za **prokázanou**. Hladina pravděpodobnosti P byla zároveň nižší než hladina významnosti α , respektive $0,037856735 < 0,05$, což určuje stanovený výsledek jako významný.
- Pro H2: Dlouhodobá paměť koně dokáže paměťovou stopu po třech dnech nácviku udržet více, jak 30 dní platí, že $P < t$, respektive $0,006566272 < 4,472135955$, což potvrzuje hypotézu H2 za **prokázanou**. Hladina pravděpodobnosti P byla zároveň nižší než hladina významnosti α , respektive $0,006566272 < 0,05$, což určuje stanovený výsledek jako významný.

8 Literatura

- Akomodace. WikiSkripta [online]. Praha, c2022 [cit. 2022-10-25]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Akomodace>
- American Academy of Ophthalmology* [online]. c2023 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.aao.org/>
- Baker AEM, Crawford BH. 1986. Observational learning in horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 15(1), 7-13. ISSN 01681591. DOI:10.1016/0168-1591(86)90017-1
- Baragli P, Scopa C, Felici M, Reddon AR. 2021. Horses show individual level lateralisation when inspecting an unfamiliar and unexpected stimulus. *Plos one*, 16(8), e0255688.
- Birke L. 2007. Learning to speak horse": The culture of" Natural Horsemanship. *Society & Animals*, 15(3), 217-239.
- Blackmore TL, Foster TM, Sumpter CE, Temple W. 2008. An investigation of colour discrimination with horses (*Equus caballus*). *Behavioural Processes*, 78(3), 387-396. ISSN 03766357. DOI:10.1016/j.beproc.2008.02.003
- Brubaker L, Udell MAR. 2016. Cognition and learning in horses (*Equus caballus*): What we know and why we should ask more. *Behavioural Processes*, 126, 121-131. ISSN 03766357. DOI:10.1016/j.beproc.2016.03.017
- Burton F. THE HORSE'S WORLD. Ultimate Horse Care [online]. Ringpress Books, 1999 [cit. 2022-10-25]. ISSN 1860541860. Dostupné z: <https://www.gla.ac.uk/external/EBF/uhcc7.html>
- Carroll J, Murphy CJ, Neitz M, Ver Hoeve JN, Neitz J. 2001. Photopigment basis for dichromatic color vision in the horse. *Journal of Vision*, 1(2). ISSN 1534-7362. DOI:10.1167/1.2.2
- DUŠEK, Jaromír, 2007. Chov koní Praha: Brázda. ISBN 978-80-209-0352-5.
- Egyed A, Nagy K. 2017. The perceptual World of horses, and their place in the hierarchy of learning. Literature review. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 139(6), 323-335.
- Farmer K, Krueger K, Byrne RW. 2010. Visual laterality in the domestic horse (*Equus caballus*) interacting with humans. *Animal Cognition*, 13, 229-238.
- Christensen JW. 2013. Object habituation in horses: The effect of voluntary versus negatively reinforced approach to frightening stimuli. *Equine Veterinary Journal*, 45(3), 298-301.
- Grzime, B. 1952. Versuche über das Farbsehen von Pflanzensessern: I. Das farbige Sehen (und die Sehschärfe) von Pferden. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 9(1), 23-39.
- Goodwin D. 2007. Equine learning behaviour: what we know, what we don't and future research priorities. *Behavioural processes*, 76(1), 17-9.
- Hall CA, Cassaday HJ. 2006. An investigation into the effect of floor colour on the behaviour of the horse. *Applied Animal Behaviour Science*, 99(3-4), 301-314.

- Hall CA, Cassaday HJ, Vincent CJ, Derrington AM. 2006. Cone excitation ratios correlate with color discrimination performance in the horse (*Equus caballus*). *Journal of Comparative Psychology*, 120(4), 438.
- Hanggi EB. 1999. Interocular transfer of learning in horses (*Equus caballus*). *Journal of Equine Veterinary Science*, 19(8), 518-524.
- Hanggi EB. 2010. Short-term Memory Testing in Domestic Horses: Experimental Design Plays a Role. *Journal of Equine Veterinary Science*, 30(11), 617-623. ISSN 07370806. DOI:10.1016/j.jevs.2010.10.004
- Hanggi EB, Ingersoll JF. 2009. Long-term memory for categories and concepts in horses (*Equus caballus*). *Animal Cognition*, 12(3), 451-462. ISSN 1435-9448. DOI:10.1007/s10071-008-0205-9
- Hanggi EB, Ingersoll JF. 2012. Lateral vision in horses: A behavioral investigation. *Behavioural processes*, 91(1), 70-76.
- Hausberger M, Roche H, Henry S, Visser EK. 2008. A review of the human–horse relationship. *Applied animal behaviour science*, 109(1), 1-24.
- Jacobs GH. 1993. The distribution and nature of colour vision among the mammals. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 68(3), 413-471.
- Jacobs GH. 2018. Photopigments and the dimensionality of animal color vision, 86, 108-130. ISSN 01497634. DOI:10.1016/j.neubiorev.2017.12.006
- JONES, Janet L. *Košský mozek, lidský mozek. I. vydání.* Jihlava: Arcaro, 2021. ISBN 978-80-88452-00-3.
- Junghanosová K. Jak vidí kůň. Equichannel [online]. Praha, c1997 - 2022 [cit. 2022-10-25]. Dostupné z: <https://equichannel.cz/clanky/zdravi-a-veterinarni-pece/jak-vidi-kun>
- Kelber A, Lind O. 2010. Limits of colour vision in dim light. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30(5), 454-459.
- Larose C, Richard-Yris MA, Hausberger M, Rogers LJ. 2006. Laterality of horses associated with emotionality in novel situations. *Laterality*, 11(4), 355-367.
- Leliveld LM. 2019. From science to practice: a review of laterality research on ungulate livestock. *Symmetry*, 11(9), 1157.
- Levine MA. 2005. Domestication and early history of the horse. *The domestic horse: the origins, development and management of its behaviour*, 5-22.
- Macuda T, Timney B. 1999. Luminance and chromatic discrimination in the horse (*Equus caballus*). *Behavioural Processes*, 44(3), 301-307.
- Maros K, Pongrácz P, Bárdos G, Molnár C, Faragó T, Miklósi Á. 2008. Dogs can discriminate barks from different situations. *Applied Animal Behaviour Science*, 114(1-2), 159-167.
- McGreevy P, Oddie C, Burton FL, McLean AN. 2009. The horse–human dyad: Can we align horse training and handling activities with the equid social ethogram?. *The Veterinary Journal*, 181(1), 12-18.

- McLean AN. 2004. Short-term spatial memory in the domestic horse. *Applied Animal Behaviour Science*, 85(1-2), 93-105. ISSN 01681591. DOI:10.1016/j.applanim.2003.09.009
- McLean AN, Christensen JW. 2017. The application of learning theory in horse training. *Applied Animal Behaviour Science*, 190, 18-27.
- Mendl M. 1999. Performing under pressure: stress and cognitive function. *Applied animal behaviour science*, 65(3), 221-244.
- Mills SL, Tian LM, Hoshi H, Whitaker CM, Massey SC. 2014. Three distinct blue-green color pathways in a mammalian retina. *Journal of Neuroscience*, 34(5), 1760-1768.
- Morgan MJ, Adam A, Mollon JD. 1992. Dichromats detect colour-camouflaged objects that are not detected by trichromats. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 248(1323), 291-295.
- Murphy J, Hall C, Arkins S. 2009. What Horses and Humans See: A Comparative Review. *International Journal of Zoology*, 1-14. ISSN 1687-8477. DOI:10.1155/2009/721798
- Olczak K, Christensen JW, Klocek C. 2018. Food motivation in horses appears stable across different test situations. *Applied animal behaviour science*, 204, 60-65.
- Ollivier FJ, Samuelson DA, Brooks DE, Lewis PA, Kallberg ME, Komáromy AM. 2004. Comparative morphology of the tapetum lucidum (among selected species). *Veterinary ophthalmology*, 7(1), 11-22.
- Paul SC, Stevens M. 2020. Horse vision and obstacle visibility in horseracing. *Applied Animal Behaviour Science*, 222. ISSN 01681591. DOI:10.1016/j.applanim.2019.104882
- Pick DF, Lovell G, Brown S, Dail, D. 1994. Equine color perception revisited. *Applied Animal Behaviour Science*, 42(1), 61-65.
- Podhajsky A. 1967. *The complete training of horse and rider* (p. 287). London, UK: Harrap.
- Poldrack RA, Gabrieli JD. 1997. Functional anatomy of long-term memory. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 14(4), 294-310.
- Raven F, Aton SJ. 2021. The Engram's Dark Horse: How Interneurons Regulate State-Dependent Memory Processing and Plasticity. *Frontiers in Neural Circuits*, 15. ISSN 1662-5110. DOI:10.3389/fncir.2021.750541
- REECE, William O, 2011. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3282-4.
- Rørvang MV, Nielsen BL, McLean AN. 2020. Sensory Abilities of Horses and Their Importance for Equitation Science. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. ISSN 2297-1769. DOI:10.3389/fvets.2020.00633
- Roth LS, Balkenius A, Kelber A. 2007. Colour perception in a dichromat. *Journal of Experimental Biology*, 210(16), 2795-2800. ISSN 1477-9145. DOI:10.1242/jeb.007377
- Roth LS, Balkenius A, Kelber A. 2008. The Absolute Threshold of Colour Vision in the Horse. *PLoS ONE*, 3(11). ISSN 1932-6203. DOI:10.1371/journal.pone.0003711

- SANDMEYER, Lynne. Understanding Equine Vision and Eye Disease. *HORSE Journals* [online]. c2022 [cit. 2022-10-25]. Dostupné z: <https://www.horsejournals.com/horse-care/illness-injury/diseases/understanding-equine-vision-and-eye-disease>
- Sankey C, Richard-Yris MA, Henry S, Fureix C, Nassur F, Hausberger M. 2010. Reinforcement as a mediator of the perception of humans by horses (*Equus caballus*). *Animal cognition*, 13(5), 753-764.
- Saslow CA. 1999. Factors affecting stimulus visibility for horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 61(4), 273-284. ISSN 01681591. DOI:10.1016/S0168-1591(98)00205-6
- Saslow CA. 2002. Understanding the perceptual world of horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 78(2-4), 209-224. ISSN 01681591. DOI:10.1016/S0168-1591(02)00092-8
- Skipper L. 1999. Inside your horse's mind: a study of equine intelligence and human prejudice. Allen (JA) & Co. Ltd.
- Smith S, Goldman L. 1999. Color discrimination in horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 62(1), 13-25. ISSN 01681591. DOI:10.1016/S0168-1591(98)00206-8
- Southorn K. The Eye: A Window To The Soul. ScarsdaleVets [online]. c2022 [cit. 2022-10-25]. Dostupné z: <https://www.scarsdalevets.com/article/the-eye-a-window-to-the-soul>
- Sovrano VA, Rainoldi C, Bisazza A, Vallortigara G. 1999. Roots of brain specializations: preferential left-eye use during mirror-image inspection in six species of teleost fish. *Behavioural brain research*, 106(1-2), 175-180.
- Spaas J, Helsen WF, Adriaenssens M, Broeckx S, Duchateau L, Spaas JH. 2014. Correlation between dichromatic colour vision and jumping performance in horses. *The Veterinary Journal*, 202(1), 166-171.
- Starling MJ, Branson N, Cody D, McGreevy PD. 2013. Conceptualising the impact of arousal and affective state on training outcomes of operant conditioning. *Animals*, 3(2), 300-317.
- Thomas RK. 1986. Vertebrate intelligence: A review of the laboratory research. *Animal intelligence: Insights into the animal mind*, 37-56.
- Thorpe WH. 1956. Learning and instinct in animals.
- Timney B, Macuda T. 2001. Vision and hearing in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 218(10), 1567-1574.
- Toates F. 2004. Cognition, motivation, emotion and action: a dynamic and vulnerable interdependence. *Applied Animal Behaviour Science*, 86(3-4), 173-204.
- Valenchon M, Lévy F, Górecka-Bruzda A, Calandreau L, Lansade L. 2013. Characterization of long-term memory, resistance to extinction, and influence of temperament during two instrumental tasks in horses. *Animal Cognition*, 16(6), 1001-1006. ISSN 1435-9448. DOI:10.1007/s10071-013-0648-5

- VALENTA, Milan. Katalog posuzování míry speciálních vzdělávacích potřeb - část II. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta, 2012. ISBN 978-80-244-3055-3.
- Verrill S, McDonnell S. 2008. Equal outcomes with and without human-to-horse eye contact when catching horses and ponies in an open pasture. *Journal of Equine Veterinary Science*, 28(5), 309-312.
- Walls GL. 1944. The vertebrate eye and its adaptive radiation.
- Whishaw IQ, Burke CJ. 2021. Memory for surface objects in an arena by the horse (*Equus ferus caballus*) under saddle: Evidence for dual process theory of spatial representation. *Behavioural Processes*, 189. ISSN 03766357. DOI:10.1016/j.beproc.2021.104442
- Wyldes CA. 2004. Colour vision in the horse and its importance in management and training. Nottingham Trent University (United Kingdom).
- Yildirim F, Yildiz A. 2020. Water bucket colour preferences in horses. *Austral journal of veterinary sciences*, 52(2), 49-54. ISSN 0719-8132. DOI:10.4067/S0719-81322020000200049

9 Samostatné přílohy

Tabulka 4

5. a 6. den všichni	Lisandra Przechwozd		Falabella La Ina		Falabella Maxima		Michell Przechwozd		Manoa Przechwozd		Macaco Przechwozd		celkem	v %
	5. den	6. den	5. den	6. den	5. den	6. den	5. den	6. den	5. den	6. den	5. den	6. den		
Celkem možných prověření: (4 kbelíky * 4 pokusy)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	192	100,00%
Počet chybných prověření:	1	1	2	2	0	0	3	2	3	2	0	1	15	7,81%
z toho: modrý	0	1	0	1	0	0	2	0	2	0	0	1	6	3,13%
zelený	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	7	3,65%
žlutý	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	1,04%
Celkem pokusů:	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48	100,00%
z toho: úspěšných	3	3	3	3	4	4	2	2	2	2	4	3	35	72,92%
neúspěšných	1	1	1	1	0	0	2	2	2	2	0	1	13	27,08%
Prověření předchozí pozice:	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	7	14,58%
Počet kontaktů asistentky:	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	6,25%
Zvládnuto v průměrném čase:	7,77	10,62	7,7	10,34	6,42	7,05	9,87	7,91	28,1	15,73	4,28	7,16	115,79	19,30

Zdroj: vlastní zpracování

Tabula 9 - výpočty 1. až 3. den druhá část experimentu

	Lisandra			La Ina			Maxima			Michell			Manoa			Macaco			
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	
den																			
Celkový počet možných provedení: (4 kbelíky * 4 pokusy)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Počet chybných provedení:	1	1	2	1	3	1	2	2	2	4	2	3	1	2	1	2	1	0	0
z toho: modrý	1	0	1	1	0	1	1	1	0	2	1	2	1	1	0	1	1	0	0
zelený	0	1	1	0	2	0	1	1	2	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
žlutý	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Počet pokusů:	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
z toho: úspěšných	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	4	4
neúspěšných	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	0	0
Počet provedení předchozí pozice:	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Počet kontaktů asistentky:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zvládnuto v průměrném čase:	7,93	8,23	7,25	7,61	9,59	8,04	10,28	9,59	6,97	7,01	8,29	11,50	11,09	10,10	6,28	11,09	10,10	6,28	8,74

Zdroj: vlastní zpracování