

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Ekologická a evoluční biologie



Valérie Chocholová

Efekt domestikace na strukturu a komplexitu mozku u savců a ptáků

Effect of domestication on structure and complexity of the brain in birds and mammals

Bakalářská práce

Školitel: doc. Mgr. Pavel Němec, Ph.D.

Praha, 2024

Poděkování

V první řadě bych ráda poděkovala svému školiteli doc. Mgr. Pavlu Němcovi, Ph.D. za odborné vedení práce, jeho cenné rady a čas, který mi věnoval. Dále bych ráda poděkovala své rodině a nejbližším za podporu při studiu a psaní této práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 05. 08. 2024

Valérie Chocholová

Abstrakt

Domestikace, neboli člověkem prováděná cílená selekce na užitkovost a snadnost chovu zvířat, ovlivňuje nejen jejich morfologické, ale také behaviorální a fyziologické vlastnosti. Domestikace má rovněž vliv na stavbu nervové soustavy, běžným důsledkem je zmenšení mozku. Tato změna je přičítána snížené potřebě zvířat zpracovávat rozmanité podněty z prostředí, ale do určité míry je také artefaktem relativní velikosti mozku odvozené z alometrického vztahu mezi velikostí těla a mozku. Pokud bereme v potaz i absolutní velikost mozku, změna zpravidla není tak výrazná, u některých domestikantů se mozek dokonce zvětšuje, avšak pomaleji než tělo. Také kognitivní schopnosti domestikovaných zvířat nejsou ovlivněny tak významně, jak se po dlouhou dobu předpokládalo. Cílem této práce je shrnout dostupná data o změnách velikosti mozku a jeho jednotlivých částí a změnách v kognitivních schopnostech u vybraných druhů domestikovaných ptáků a savců. Zabývám se také vlivem feralizace na nervový systém domestikantů. Pozorované změny diskutuji v kontextu typu a délky umělé selekce.

Klíčová slova: velikost mozku, domestikace, feralizace, evoluce, kognice

Abstract

Domestication, i.e., artificial selection carried out by humans to increase yield and ease of breeding of animals, affects not only their morphological but also behavioral and physiological characteristics. Domestication can also impact the structure of the nervous system, often leading to a reduction in relative brain size. This change is attributed to the animals' reduced need to process diverse environmental stimuli, but is also, at least to some extent, an artifact of utilizing relative brain size derived from the allometric relationship between body and brain size. If the absolute size of the brain is also considered, the change is usually not so pronounced; in some domesticated animals, the brain size even increases, but more slowly than the body size. Also, the cognitive abilities of domesticated animals are not affected as severely as has long been assumed. The aim of this work is to summarize the available data on changes in the size of the brain and its individual parts and changes in cognitive abilities in selected species of domesticated birds and mammals. I also deal with the effect of feralization on the nervous system of domesticated animals. The observed changes are discussed in the context of the type and duration of artificial selection.

Keywords: brain size, domestication, feralization, evolution, cognition

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Domestikace.....	1
2.1	Domestikační syndrom.....	1
2.1.1	Morfologické změny	2
2.1.2	Fyziologické změny	2
2.1.3	Behaviorální změny.....	2
2.2	Feralizace	3
3	Ptáci.....	3
3.1	Kur domácí (<i>Gallus gallus f. domestica</i>)	3
3.1.1	Historie domestikace	3
3.1.2	Mozek.....	3
3.1.3	Kognitivní schopnosti	4
3.2	Holub domácí (<i>Columba livia f. domestica</i>)	6
3.2.1	Historie domestikace	6
3.2.2	Mozek a související změny v kognitivních schopnostech.....	6
3.2.3	Feralizace	7
3.3	Kachna domácí (<i>Anas platyrhynchos f. domestica</i>)	7
3.3.1	Historie domestikace	7
3.3.2	Mozek.....	8
3.3.3	Kognitivní schopnosti	9
3.4	Husa domácí (<i>Anser anser f. domestica</i>).....	9
3.4.1	Historie domestikace	9
3.4.2	Mozek.....	9
3.4.3	Behaviorální kontext změn.....	10
3.5	Krocán domácí (<i>Meleagris gallopavo f. domestica</i>)	10
3.5.1	Historie domestikace	10

3.5.2	Mozek.....	10
3.5.3	Behaviorální kontext změn.....	11
4	Savci.....	11
4.1	Myš laboratorní (<i>Mus musculus</i> var. <i>alba</i>).....	11
4.1.1	Historie domestikace	11
4.1.2	Mozek.....	11
4.1.3	Kognitivní schopnosti	12
4.2	Potkan laboratorní (<i>Rattus norvegicus</i> f. <i>domestica</i>)	13
4.2.1	Historie domestikace	13
4.2.2	Mozek.....	13
4.2.3	Kognitivní schopnosti	14
4.3	Morče domácí (<i>Cavia aperea</i> f. <i>porcellus</i>)	15
4.3.1	Historie domestikace	15
4.3.2	Mozek.....	15
4.3.3	Kognitivní schopnosti	16
4.4	Norek americký (<i>Mustela vison</i> f. <i>domestica</i>).....	16
4.4.1	Historie domestikace	16
4.4.2	Mozek.....	16
4.4.3	Feralizace	17
4.5	Prase domácí (<i>Sus scrofa</i> f. <i>domestica</i>).....	17
4.5.1	Historie domestikace	17
4.5.2	Mozek.....	18
4.5.3	Kognitivní schopnosti	18
4.5.4	Feralizace	18
4.6	Koza domácí (<i>Capra aegagrus</i> f. <i>hircus</i>).....	19
4.6.1	Historie domestikace	19
4.6.2	Mozek.....	19

4.6.3	Kognitivní schopnosti	20
4.7	Ovce domácí (<i>Ovis orientalis f. aries</i>)	20
4.7.1	Historie domestikace	20
4.7.2	Mozek.....	20
4.7.3	Kognitivní schopnosti	21
4.8	Liška jako modelový organismus domestikace.....	21
4.9	Pes domácí (<i>Canis lupus f. familiaris</i>)	22
4.9.1	Historie domestikace	22
4.9.2	Mozek.....	23
4.9.2.1	Porovnání s vlkem.....	23
4.9.2.2	Rozdíly mezi plemeny.....	23
4.9.3	Kognitivní schopnosti	24
4.9.3.1	Porovnání s vlkem.....	24
4.9.3.2	Rozdíly mezi plemeny.....	25
4.9.4	Feralizace	25
4.10	Další tradiční domestikanti.....	26
4.10.1	Kočka domácí (<i>Felis catus</i>).....	26
4.10.2	Kůň domácí (<i>Equus ferus f. caballus</i>).....	26
4.10.3	Tur domácí (<i>Bos primigenius f. taurus</i>)	27
5	Závěr.....	27
6	Seznam použité literatury	29
7	Příloha	40

1 Úvod

S domestikací započal člověk již v období Neolitu, kdy byli domestikováni první savci jako pes a později dobytek jako je kráva, prase nebo koza a ovce. Symbiotický vztah se zvířaty lidem umožnil usadit se a získávat obživu jen za pomoci hospodářské a zemědělské činnosti. Od té doby domestikanti výrazně ovlivňují vývoj lidstva. V dnešní době díky pokročilým technologiím a genetickým metodám si již zvířata šlechtíme k obrazu svému, a tak pozorujeme obrovský nárůst v počtu různých plemen a jejich specializaci.

Blízký vztah s člověkem a selekce na určité atributy zvířete pozměnili jeho fenotypové vlastnosti, mezi něž patří i změny týkající se nervové soustavy. Nejen menší potřeba domestikovaného zvířete se hýbat a zpracovávat stimuly spojené například s hledáním partnera, získáváním potravy, predací nebo s životem v sociální skupině vede pravděpodobně ke sníženým nárokům na kognitivní funkce a ve svém důsledku ke zmenšení mozku. Také převládající použití relativní velikosti mozku, odvozené ze vztahu mezi velikostí mozku a těla, vede k obecné představě o zmenšení mozku a jeho struktur u domestikantů. I když se najdou druhy, u kterých se s domestikací absolutní velikost mozku zvětšuje, po přepočítání změny za pomoci alometrie dojdeme opět k závěru, že je mozek u domestikanta, kvůli neúměrně velkému tělu, menší. Poslední dobou se však zjišťuje, že redukce mozku nemá na kognitivní schopnosti zvířete tak velký vliv, jak se dříve předpokládalo. Roli v tom může hrát zmenšení jen těch oblastí, které zvíře nepotřebuje využívat v plné míře, nebo zachování absolutního počtu neuronů u domestikantů.

V této práci se zaměřuji na shrnutí dostupných dat o velikosti mozku a jeho jednotlivých částí u vybraných druhů domestikovaných ptáků a savců v porovnání s jejich divokými předky. Dále pak tato zjištění dávám do kontextu s behaviorálními vlastnostmi a kognitivními schopnostmi zvířat. V práci se také zmiňuji o feralizaci a shrnuji vliv tohoto procesu na mozek. Omezují se jen na druhy, u kterých byl tento fenomén studován. Závěrem pak diskutuji příčiny těchto výrazných změn způsobených umělou selekcí.

2 Domestikace

2.1 Domestikační syndrom

Souhrn fyzických a behaviorálních změn, které se objevují u zvířat i rostlin pod vlivem antropogenní činnosti nazýváme syndromem domestikace. Soubor těchto vlastností popsal již

samotný Darwin (Darwin, 1868), avšak s pojmem domestikační syndrom přišel jako první Karl Hammer (Hammer, 1984). Nicméně ne každý domestikovaný organismus musí nutně vykazovat všechny znaky obvykle spojované s domestikací (Wilkins a kol., 2014). Různí domestikanti reagují na chov v lidských rukách různě, podle toho, jaké kvality a vlastnosti jsou při chovu selektovány. Jako příklad si vezměme krávu, kdy různé její domestikační formy vypadají jinak v závislosti na tom, jestli je chována pro maso, mléko, kůži nebo k jiným účelům (Signer-Hasler a kol., 2017).

2.1.1 Morfologické změny

Vlivem domestikace dochází k četným morfologickým změnám, mezi které můžeme zařadit depigmentaci, zejména objevování bílých a hnědých skvrn, svěšené uši a redukce jejich velikosti. Dalšími znaky je zkracování čumáku a bylo pozorováno zmenšení zubů. U některých druhů se objevuje zatočený ocas (Darwin, 1868; Belyaev, 1979; Clutton-Brock, 1999; Arbuckle, 2005; Trut a kol., 2009). Některé morfologické změny dodávají domestikovaným zvířatům juvenilní vzhled, což může být pro lidi silný emoční faktor. Zvířata s mláděcím vzhledem v dospělosti mívají větší fitness (Wilkins a kol., 2014). V neposlední řadě se vlivem domestikace zmenšuje mozkovina a mozek, což má za následek i změny v chování a vice versa (Kruska, 2005).

2.1.2 Fyziologické změny

Po domestikaci se u zvířat objevují změny v reprodukčních cyklech. U samic savců pozorujeme častěji se opakující estrální cykly, u jedinců obou pohlaví savců a ptáků pak pozorujeme dřívější sexuální dospívání (Darwin, 1868; Arbuckle, 2005; Kruska, 2005; Trut a kol., 2009). Další změnou je rozdílná diferenciací buněk z neurální lišty u domestikovaných a divokých jedinců. Spekuluje se, že umělá selekce na krotkost ovlivňuje i geny, které jsou zapojeny do fenotypového projevu znaků charakteristických pro domestikační syndrom (Wilkins a kol., 2014; Wilkins, 2020).

2.1.3 Behaviorální změny

Kromě již zmíněného juvenilního vzhledu se domestikanti vyznačují také prodlouženou dobou juvenilního chování (E. O. Price, 1999; Trut, 1999). Dospělci zůstávají delší dobu zvědaví, nemají strach ze zkoušení nového jídla, nebojí se lidí a snáze chápou jejich instrukce (Diamond, 2002). Zároveň se u nich neobjevuje neofobie z prostředí a celkově si o dost méně všimají svého okolí než divocí jedinci (Diamond, 2002; E. O. Price, 1999). Projevování strachu a agresivity vůči lidem v menší míře, a naopak větší poslušnost a poddajnost jsou právě jedny z těch

vlastností, které umožnily ochočení divokých předků nyní domestikovaných zvířat (Belyaev, 1979; Trut, 1999; Trut a kol., 2009).

2.2 Feralizace

Proces, kterým se domestikovaná zvířata samovolně navracejí zpět do volné přírody nazýváme feralizace. Rychlost tohoto procesu se liší mezi jednotlivými druhy, ale také mezi populacemi stejného druhu (Daniels & Bekoff, 1989). Například záleží na tom, zda se ferální zvířata stále zdržují blízko lidských obydlí nebo se od nich zcela oprostí a jsou nuceni si potravu obstarávat sami (E. Price, 1984). Podle McKnighta se za ferální jedince považují ti, jejichž rozmnožování již není kontrolováno člověkem, nikdo se o ně záměrně nestará a které nikdo nevlastní (McKnight, 1976).

Feralizace však není opačný proces domestikace. Ačkoliv u ferálních jedinců pozorujeme fenotypové a behaviorální změny, zpravidla nejsou tak velké, aby zvrátily efekt domestikace a umělé selekce (Zeder, 2012). Proces feralizace je často asociován s efektem zakladatele, jelikož se jen část domestikantů dokáže uchytit a přežít ve volné přírodě, tudíž tato malá genetická diverzita může způsobit relativně stabilní vzhled a chování zvířat (Gering a kol., 2015).

3 Ptáci

3.1 Kur domácí (*Gallus gallus f. domestica*)

3.1.1 Historie domestikace

Kur domácí je v dnešním světě nejhojněji se vyskytujícím domestikovaným druhem (Eda, 2021). Po celém světě jsou žádanou komoditou především maso a vejce, kvůli kterým probíhala a stále probíhá selekce na fenotyp co největších produktů, které z těchto zvířat dostáváme tzn. velkého těla a snášení velkých vajec (Gjøen a kol., 2023). Asi před 8 000 lety byl kur bankivský (*Gallus gallus*) domestikován v Indii a jihovýchodní Asii, kde ho volně žijícího můžeme potkat i dnes (Tixier-Boichard a kol., 2011), avšak zřejmě se kříží s domestikovaným kurem (Peterson & Brisbin, 1998).

3.1.2 Mozek

Bereme-li v potaz relativní velikost mozku odvozenou od alometrického vztahu mezi velikostí těla a mozku, i u kura domácího platí, že se relativní velikost mozku zmenšuje (Henriksen a kol., 2016). Henriksen a kolegové ve své práci uvádějí, že antropogenní selekcí došlo ke zvětšení těla celkově o 85 %, kdežto na zvětšení mozku žádná selekce neproběhla a mozek se

tedy zvětšil jen o 15 %. Hodnotíme-li velikost absolutní, můžeme prohlásit, že kur domácí má větší mozek než kur bankivský (Henriksen a kol., 2016).

Hlavními strukturami, které se při domestikaci kura domácího v rámci mozku relativně zvětšují jsou především mozeček a mozkové hemisféry, na rozdíl od struktur jako je třeba mozkový kmen nebo tektum středního mozku (Henriksen a kol., 2016). To je překvapivé, protože koncový mozek (tvořící mozkovou hemisféru) je typicky u domestikovaných ptáků zmenšen například u kachen (Ebinger, 1995), krocanů (Ebinger a kol., 1989) nebo holubů (Ebinger & Löhmer, 1984). Koncový mozek se naopak zmenšil u kura bankivského selektovaného po pět generací na krotkost (Agnvall a kol., 2017).

Zároveň pozorujeme změny i ve struktuře mozku, kdy se mozek nezvětšil jen hmotností, ale narostl v něm i počet buněk (Henriksen a kol., 2016). U mozečku byl popsán větší počet granulárních a Purkyňových buněk, přičemž u buněk granulárních byla zároveň naměřena větší velikost jejich perykaria (buněčného těla) (Racicot a kol., 2021). Zvětšení cerebella je tedy způsobeno větším množstvím neuronů a většími těly granulárních buněk. Zároveň je ale dodrženo škálování mozečku a proporčně k jeho velikosti mají domácí i divoký kur stejný počet nervových buněk, není tedy signifikantně ovlivněna jejich hustota (Racicot a kol., 2021).

Ukazuje se, že změny probíhající při domestikaci týkající se velikosti mozku a těla jsou pravděpodobně úzce provázány s mírou krotkosti (Gjøen a kol., 2023). Při selekci kura bankivského na menší strach z lidí se výsledky shodovaly s fenotypovými projevy domestikačního syndromu. Vyselektované skupině drůbeže, která se lidí bála nejméně se relativně zmenšil mozek, ale naopak se relativně zvětšil mozeček (Agnvall a kol., 2017).

Pro jeho popularitu mezi konzumenty je kur domácí vyšlechtěn do různých plemen, kterých je v dnešní době již přes 250 (Mehlhorn & Caspers, 2021). Kvůli probíhající dlouhodobé selekci můžeme pozorovat rozdíly i mezi těmito plemeny (Rehkamper a kol., 2003). Rehkamper v několika svých studiích zkoumal rozdíl ve velikosti a struktuře mozku mezi různými plemeny domácího kura, mezi nimiž byla Polská kuřata s bílým chocholem, která měla relativně větší mozek než plemena ostatní a také výrazně zvětšenou mozkovou komoru, jelikož má toto plemeno kuřat výčnělek na lebce. Ve výdutí tohoto výčnělku se nachází koncový mozek, který je zúženou částí spojený se zbytkem mozku. (Frahm & Rehkämper, 1998).

3.1.3 Kognitivní schopnosti

Kuřata jsou široce používaným modelem pro testování základních kognitivních funkcí, jakými jsou například asociativní učení, imprinting a zraková percepce (souhrnné články viz např.

Vallortigara, 2012; Marino, 2017). Někteří autoři uvádějí, že absolutní zvětšení koncového mozku může souviset se zvýšenou sociální komplexitou prostředí, ve kterém kuřata žijí. V zajetí žije kur v početnějších skupinách na menším prostoru než jeho divoký předek, tudíž se u něj nejspíše musela objevit vyšší tolerance k ostatním jedincům stejně jako komplexnější řešení sociálních vztahů (Henriksen a kol., 2016). Tuto hypotézu potvrzuje i behaviorální pokus zkoumající sociální kognici, konkrétně sociální učení, při němž si jedinci kura domácího vedli lépe než jedinci kura bankivského (Rutkauskaite & Jensen, 2022). Překvapivé výkony kuřat v sociální doméně zahrnují rovněž kontextuálně závislou sociální signalizaci (Smith a kol., 2011) a taktické podvádění (Gyger & Marler, 1988).

Stejným výkonem obou druhů skončil pokus testující prostorovou paměť, kdy obě skupiny uměly používat distální a lokální prostorová vodítka při orientaci a najít viditelný cíl, kterým bylo žrádlo. Domestikanti jsou však při snaze získat tuto nedosažitelnou odměnu více vytrvalí (Bessa Ferreira a kol., 2022). Avšak v jiných studiích testujících prostorovou orientaci byl naopak divoký předek úspěšnější (Lindqvist a kol., 2007; Lindqvist & Jensen, 2009). V těchto studiích byl cíl schován mimo zrak subjektů, kteří zároveň museli mimo distální prostorová vodítka používat i egocentrickou orientaci. Tyto rozdíly mohly způsobit lepší výkony divokého předka. Horší orientace kura domácího pak může být nejspíše způsobena sníženou komplexitou prostředí, ve kterém žije (Agnvall a kol., 2017). Zároveň si narozdíl od domestikantů musí divoká zvířata umět obstarávat potravu, proto mají větší potřebu aktivně zkoumat prostředí (Lindqvist a kol., 2002).

Lepších výsledků dosahovala mláďata kura bankivského při testování imprintingu. Byla více flexibilní ve schopnosti vtisknout si různorodé předměty a následně s nimi interagovat, mláďata kura domácího se dokázala imprintovat jen na jeden z testovaných předmětů (Kirkden a kol., 2008).

Mozeček se s domestikací také zvětšil. V etologickém kontextu by tato změna mohla být propojena se sníženým strachem a snadnější habituací na neznámé stimuly (Stingo-Hirmas a kol., 2022).

3.2 Holub domácí (*Columba livia f. domestica*)

3.2.1 Historie domestikace

V Evropě, Severní Africe a střední a jižní Asii je holub skalní (*Columba livia*) původním druhem. První zmínky o pravděpodobné domestikaci tohoto druhu můžeme datovat již do Pleistocénu (asi 10 000 let zpět), kde byl lidmi využíván jako zdroj potravy. S určitostí však můžeme říct, že se holub jako domestikované zvíře objevil v Egyptě před 4 000 lety a sloužil k obřadním a kulinářským účelům (Shapiro & Domyan, 2013). V pozdějších stoletích se holubi hojně používali na posílání vzkazů a dnes jsou především využíváni jako laboratorní zvířata (Mench & Blatchford, 2013), ale také k velice populárnímu sportu, kterým jsou závody poštovních holubů (*Českomoravský svaz chovatelů poštovních holubů, OS CHPH Zlín, 2024*).

3.2.2 Mozek a související změny v kognitivních schopnostech

I mozek holuba byl ovlivněn domestikací tak, že jeho celková relativní velikost byla zmenšena o 6,86 % (Ebinger & Löhmer, 1984), avšak jednotlivé jeho části byly ovlivněné do větší či menší míry, nebyly ovlivněné vůbec, nebo dokonce byly i zvětšeny (Rehkämper a kol., 2007). Proporcčně celému mozku je zmenšen telencephalon domestikovaných holubů – o 7 % (Ebinger & Löhmer, 1984). Výjimkami jsou dvě jeho části, jejichž změny jsou odvislé na plemeni domestikovaných holubů (Cnotka, Möhle, a kol., 2008). První je hipokampus, který je u plemen vyšlechtěných pro svůj vzhled přesně velký, jak bychom čekali u dané velikosti těla. U poštovních holubů vyšlechtěných k rychlému navrácení do místa svého domovského holubníku je abnormálně zvětšený (Rehkämper a kol., 1988, 2007). Zároveň však bylo zjištěno, že velikost hipokampu neovlivňuje jen samotná domestikace, ale také zkušenosti, které jedinci získají před dosažením dospělosti (Cnotka, Möhle, a kol., 2008). Cnotka s kolegy ve své studii dovolili jedné skupině létat v prostoru holubníku a účastnit se závodů, zatímco druhá skupina byla po celou dobu svého života zavřena v holubníku. Po prozkoumání velikosti hipokampu obou skupin zjistili, že byl o 11,2 % větší u jedinců, kterým bylo dovoleno nasbírat v období dospívání navigační zkušenosti (Cnotka, Möhle, a kol., 2008). Druhou je čichový lalok, který hraje nezastupitelnou roli v čichové navigaci holubů (Ioalè a kol., 2008; Wallraff, 2005). Čichový lalok je u poštovních holubů stejně velký jako u holuba divokého, ale zmenšuje se u ostatních plemen, která jsou vyšlechtěna primárně pro svůj vzhled (Rehkämper a kol., 2007).

Obdobně, struktury mozku zapojené ve zrakovém vnímání, konkrétně *tectum opticum*, bylo zmenšeno o 12,05 % (Ebinger & Löhmer, 1984) ve všech plemenech holuba domácího až na vyšlechtěné poštovní holuby a saské voláče, u kterých jeho velikost zůstává nezměněna

(Rehkämper a kol., 2007). Pro poštovní holubi je zrak velice důležitý, jelikož kromě jiných vodítek (magnetický a sluneční kompas, čichová navigace) hraje zrak významnou roli při navigaci holubů (Lipp a kol., 2004). Zraková vodítka (dobře viditelné body v krajině, ale i silnice a dálnice) se uplatňují především při orientaci ve známém prostředí, pro které mají vytvořenou kognitivní mapu.

Poměrně málo zmenšenou strukturou je mozeček zabezpečující jemné řízení motoriky. Ten se zmenšuje o 3,76 % (Ebinger & Löhmer, 1984). Výrazně se naopak zmenšuje diencephalon, kde pozorujeme zmenšení až o 10,38 % (Ebinger & Löhmer, 1984). Diencephalon je složen ze 3 hlavních částí. Thalamu, který přepojuje smyslové a motorické informace do pallia, subthalamu, který přijímá signály z mozečku a je zapojen do správného fungování motorického systému, a hypothalamu, který je řídicím centrem mnoha vegetativních funkcí (viz např. Boron & Boulpaep, 2017). Kontroluje například tělesnou teplotu, řídí kardiiovaskulární systém, nebo je zapojen do základních fyziologických potřeb, jako je hlad a žízeň, nebo sexuální vyladění. Neurony v této struktuře syntetizují nespočet hormonů, které přispívají ke správnému řízení endokrinního systému.

Část mozku, jejíž velikost zůstává nezměněna, je tegmentum (Rehkämper a kol., 2007). Tato struktura je zapojena do řízení základních biologických funkcí, tudíž se dá spekulovat, že ani redukována být nemůže (Stephan a kol., 1991).

3.2.3 Feralizace

První feralizovaní holubi se objevili v Severní Americe před více jak 400 lety. V dnešní době jsou rozšířeni na všech kontinentech vyjma Antarktidy (Shapiro & Domyan, 2013). Díky přírodnímu výběru se ferální holubi morfologicky zpátky připodobnili divokému holubovi skalnímu známému ze starého světa (Shapiro & Domyan, 2013). Morfologická změna zasáhla i mozkovnu, kdy se stejně jako zbytek těla velikostí připodobnila holubu skalnímu. Zároveň morfologie lebky nevykazuje takovou variabilitu napříč jedinci jako u domestikovaných holubů, ale je o něco větší než u divokých holubů (Young a kol., 2017).

3.3 Kachna domácí (*Anas platyrhynchos f. domestica*)

3.3.1 Historie domestikace

Za divokého předka kachny domácí je tradičně považována kachna divoká (*Anas platyrhynchos*) (Delacour, 1964). Kachna divoká je proto používána ke srovnání s kachnou

domáci ve všech dosud publikovaných studiích porovnávajících domestikanty a divoké jedince (Ebinger, 1995; Guay & Iwaniuk, 2008). Linie vrubozobých vedoucí k domnělým předkům kachny divoké diverzifikovala během posledního glaciálu, přibližně před 70 tisíci lety a dala vzniknout i dnešním divokým druhům – kachně divoké (*Anas platyrhynchos*) a kachně čínské (*Anas zonorhyncha*) (Guo a kol., 2021; Liu a kol., 2020). Na základě molekulárních dat se zdá, že se od nich oddělila domácí kachna před 38, respektive 54 tisíci let, tedy dávno před tím, než došlo k domestikaci kachny domácí (Guo a kol., 2021). Skutečným předkem je tedy pravděpodobně jiný, již vyhynulý druh divoké kachny (Guo a kol., 2021). Z archeologických nálezů víme, že domestikace kachny domácí započala v Číně před 2 200 lety a krátce po této události lidé začali šlechtit různá plemena, která měla sloužit buď ke snášení vajec, poskytování masa či k obojímu (Z. Zhang a kol., 2018).

3.3.2 Mozek

U domestikované kachny bylo naměřeno, že má o 14,3 % relativně menší mozek než kachna divoká, přičemž celková redukce rhombencephala (16,3 %) proběhla ve větší míře než redukce prosencephala (13,5 %) (Ebinger, 1995). Pokud se týká podrobnějšího členění mozku, Ebinger zjistil, že domestikací byly všechny dílčí části negativně ovlivněny. Nejvíce redukované struktury jsou optický trakt (34,45 %) a *tectum opticum* (23,42 %), ostatní optické struktury oproti tomu byly zmenšeny jen o 13,27 %. Dalšími zmenšenými strukturami jsou pak diencephalon, který byl zmenšen o 18,35 %, mozeček o 16,63 % nebo prodloužená mícha zmenšená o 13,92 %. Nejméně byl zmenšený koncový mozek (o 12,84 %) a limbické struktury mezi které patří například hipokampus (11,14 %). U čichových struktur nebyl naměřen rozdíl mezi domestikanty a divokými jedinci (Ebinger, 1995).

Redukce mozku je prokázána i u divokých druhů vrubozobých, kteří jsou v zajetí jen chováni a neproběhla u nich záměrná selekce. Zmenšení absolutní velikosti mozku bylo mezi všemi druhy zprůměrováno na 4 %, u relativní velikosti se pak jednalo o průměrnou hodnotu 7 %. Jak je již patrné, u domestikované kachny došlo k větší redukci celého mozku než u divokých druhů chovaných v zajetí (Guay & Iwaniuk, 2008).

Stejně jako u jiných domestikantů existuje variabilita i napříč jednotlivými plemeny kachny domácí. Nejvýraznější rozdíl týkající se mozku můžeme pozorovat u kachen, které mají na hlavě typický výběžek pokrytý peřím. Genetická mutace těchto plemen podporuje tvorbu tukových těles v mozku, z nichž některá vystupují otvorem v lebce ven a tvoří již zmíněný chochol (Frahm a kol., 2001). Absolutní velikost mozku u těchto plemen je větší než u

ostatních, která chochol nemají. Tuková tělesa však zabírají 0,3 % až 41 % celkové velikosti mozku (Cnotka, Tiemann, a kol., 2008), tudíž po odstranění těchto struktur je mozek u chocholatých plemen menší. Signifikantně zmenšené jsou mozeček, hyperpallium, tegmentum a čichový lalok. Zmenšení těchto mozkových struktur však negativně ovlivňuje pohyb a jeho koordinaci (Cnotka, Tiemann, a kol., 2008; Frahm a kol., 2001).

3.3.3 Kognitivní schopnosti

Podrobné studie srovnávající kognitivní schopnosti domestikovaných a divokých kachen nejsou k dispozici. U mláďat divokých jedinců probíhal imprinting lépe a rychleji než u mláďat kachny domácí (Cheng a kol., 1979).

3.4 Husa domácí (*Anser anser f. domestica*)

3.4.1 Historie domestikace

Dnes známe dva druhy domestikovaných hus, u kterých tento proces proběhl zcela nezávisle – na odlišném území a z jiného druhu husy. Husa domácí (*Anser anser f. domestica*) vznikla na území Evropy před 7 500 lety domestikací husy divoké (*Anser anser*). Druhý domestikovaný druh husy, husa čínská (*Anser cygnoides f. domestica*), jejíž divokým předkem je husa labutí (*Anser cygnoides*), byla domestikována o něco později před 3 500 lety v Asii (Chen a kol., 2023; Wen a kol., 2023). Z těchto dvou domestikovaných druhů pak lidé postupem času vyšlechtili něco kolem 180 plemen (Rischkowsky & Pilling, 2007). Jelikož se tyto dva domestikované druhy kříží se svými divokými předky, nesledujeme tak rapidní změny například v chování (Wen a kol., 2023). Dnes je husa domácí využívána k produkci hospodářských komodit jako je maso, peří, či vejce (Hawkins a kol., 2001).

3.4.2 Mozek

Vlivem domestikace došlo ke zmenšení relativní velikosti mozku i u husy domácí a to o 16,1 % (Ebinger & Löhmer, 1987), avšak pokud bereme v potaz velikost absolutní, oba druhy (domestikant i divoký předek) mají mozek stejně velký (Kalisińska, 1997). Tento fenomén můžeme vysvětlit vlivem umělé selekce na velikost těla kvůli masu, kdy husa domácí, vážící 10 kg (Pingel, 2000) má v průměru o 300 % větší tělo než husa divoká, která váží 3-4 kg (Crawford 1993).

Jelikož došlo k relativnímu zmenšení mozku, tuto změnu pozorujeme i v jeho jednotlivých částech. Zmenšení předního mozku o 18,8 % je větší než změna velikosti zadního mozku, který

se zmenšil jen o 9 %. Další výrazně redukované jsou optické struktury – *tectum opticum* (21,8 %) a optický trakt (37,3 %). Zmenšena byla také část pallia (ventrální hyperpallium o 26,1 %, dále také arcopallium o 22,4 % a hipokampus o 31 % (Ebinger & Löhmer, 1987).

3.4.3 Behaviorální kontext změn

S domestikací a později v důsledku selekce na produkci vajec vymizelo u některých plemen chování v podobě ukončení snášení vajec a připravenost sedět na nich a inkubovat je (Pingel, 2000). Ovšem husa domácí si zachovala spoustu vlastností divokého předka. Například nemají tak vysokou toleranci k životu ve velkých skupinách jako třeba slepice (Rauch a kol. 1993) a jsou zpravidla více nervózní, než ostatní drůbež (Hawkins a kol., 2001). Husa domácí si také zachovala instinkt migrovat, ale ztratila schopnost létat, a tedy i migrovat (Pingel, 2000).

3.5 Krocán domácí (*Meleagris gallopavo f. domestica*)

3.5.1 Historie domestikace

Domestikace krocana divokého (*Meleagris gallopavo*), ze kterého krocán domácí vznikl, začala kolem roku 200 před naším letopočtem v Mexiku (Crawford, 1992). V 15. století se pak se španělskými mořeplavci dostala domestikovaná forma až do Evropy, kde se tento druh ujal, stejně jako v Americe, jako zdroj masa (Schorger, 1966). Díky jeho průmyslovému využití se krocán domácí uměle selektoval na neúměrně veliké tělo, které je až 3x větší než u krocana divokého (Stover, Weinreich, a kol., 2018). Dalším šlechtitelským odvětvím je selekce na rozlišně barevné a jinak atraktivní druhy (Savage, 1990). Toto rozmanité využití člověkem vyústilo ve vznik nespočtu různých plemen (Strillacci a kol., 2019).

3.5.2 Mozek

Rozdílná velikost mozku mezi pohlavími je jen u divokého krocana, kde velikost mozku samce a samice se liší o 17,9 % ve prospěch samců. Mozek samce krocana domácího byl relativně zmenšen o 35,2 % (Ebinger a kol., 1989), avšak v novější studii byla redukce spočítána na 29 % (Ebinger & Röhrs, 1995), u samice byl pak mozek zmenšen o 23,8 % (Ebinger a kol., 1989; Ebinger & Röhrs, 1995). U domestikantů zmizel sexuální dimorfismus a s ním i rozdíl ve velikosti mozku, tím pádem pozorujeme extrémnější zmenšení této struktury u samců krocana domácího, jelikož měli větší mozek než samice, jenž má tendenci být redukován ve větší míře (Ebinger a kol., 1989).

I u tohoto druhu pozorujeme zmenšení jednotlivých částí mozku do různé míry. Prosencephalon byl u samců redukován o 35 %, u samic o 30 %, což je více než rhombencephalon, který byl u samců redukován o 21 % a u samic o 14 %. Vizuální struktury byly zmenšeny o 25 % u samců a 22 % u samic, přičemž terciární oblasti jsou zmenšeny do větší míry než oblasti primární a sekundární. Další relativně zmenšenou strukturou je telencephalon (Ebinger & Röhrs, 1995).

3.5.3 Behaviorální kontext změn

Kvůli extrémně velikému tělu krocana domácího a vůči němu neúměrně krátkým končetinám (Stover, Weinreich, a kol., 2018), můžeme u tohoto druhu pozorovat změnu v motorických schopnostech v porovnání s krocanelem divokým. Nejenže byli domestikanti v chůzi pomalejší, ale zároveň dělali kratší a rychlejší kroky a jejich končetiny se pohybovaly více do stran, což má za následek typickou kolébavou chůzi (Stover, Brainerd, a kol., 2018).

4 Savci

4.1 Myš laboratorní (*Mus musculus* var. *alba*)

4.1.1 Historie domestikace

Myš domácí (*Mus musculus*) je jedním z prvních druhů, který začal žít synantropně (Weissbrod a kol., 2017). Nejednalo se však o pravou domestikaci, kdy by šlo mezi člověkem a myší o mutualistický vztah a člověk by cíleně myš choval a selektoval (Purugganan, 2022). Spíše se jednalo o komenzální styl života, který započal s prvními známkami usedlého života lidí před 15 000 lety na blízkém východě (Weissbrod a kol., 2017).

Postupem času myš domácí následovala migraci člověka a rozšířila se do celého světa. V Evropě se objevila asi před 3 000 lety, kde diverzifikovala na 3 dnes známé poddruhy, které na tomto území žijí (Jing a kol., 2014). Jedná se o (*M. m. domesticus*, *M. m. musculus* a *M. m. casaneus*), z kterých pak křížením před 100 lety vznikl pravý domestikant – myš laboratorní (Frazer a kol., 2007). Ta je dnes společně s laboratorním potkanem (*Rattus norvegicus*) nejvíce využívaným savcím modelem v laboratořích (Gerlai, 2002).

4.1.2 Mozek

Dnes je stále aktuální pohled, že se myši laboratorní nezmenšuje celková relativní velikost mozku (Frick & Nord, 1963). V této studii však byla porovnána laboratorní myš s divokým poddruhem *M. m. domesticus*. Otázka je, jestli by výsledky vypadaly jinak, kdyby se porovnával domestikant i s dalšími dvěma divokými poddruhy *M. musculus*.

Podporu této teorie můžeme zkusit najít, když se podíváme, jak se mění optický systém po domestikaci. U druhů jako je pes domácí nebo norek americký pozorujeme zmenšení počtu retinálních gangliových buněk (Peichl, 1992; Steffen, 2000). Avšak u myši laboratorní oproti myši domácí nebyl tento fenomén objeven. Struktura a velikost oka byla zachována, tudíž bychom z tohoto mohli vyvodit, že ani příslušná část mozku nebyla s domestikací nijak změněna (Shupe a kol., 2006).

Předpokládejme tedy, že se u domestikanta nemění velikost mozku. Jak je to ale s jeho strukturou? I když neexistují studie, které by se zaměřovaly na porovnávání struktury mozku mezi laboratorní myší a přímo jejím divokým předkem, v jiné studii (West, 1990) zkoumající strukturu koncového mozku mezi několika druhy napříč savčí fylogenezí se autor zaměřil mimo jiné na porovnání této struktury mezi myší laboratorní a dvěma divoce žijícími příbuznými druhy *Micromys* a *Apodemus*. Divoké myši mají relativně větší telencephalon, stejně tak jako relativně větší procento z této struktury zabrané hipokampem než laboratorní myš. Ta má tedy menší hipokampus, než by se čekalo na danou velikost těla (West, 1990). Minimálně jedna laboratoř se v současné době podrobným srovnáním velikosti mozku a počtu neuronů u laboratorních a divokých myší zabývá, výsledky však zůstávají nepublikované.

Zajímavé však je, že u laboratorních hlodavců jako je myš či potkan dobrovolné běhání podporuje a zvyšuje neurogenezi hipokampu (Klaus & Amrein, 2012).

4.1.3 Kognitivní schopnosti

Navzdory neměnicí se velikosti mozku však u myši laboratorních pozorujeme fenomén domestikačního syndromu týkající se chování a fyziologie. Mezi fyziologické změny můžeme zařadit rychlejší dospívání, četnost potomstva na jeden vrh je větší, ale jedinci mají kratší dobu dožití (Miller a kol., 2002). Zároveň se domestikanti méně bojí, což můžeme podložit sníženou intenzitou a rychlostí reakce na stimuly (Bárdos a kol., 2024) a ve zmenšené míře kousají, když dojde na manipulaci s nimi (Miller a kol., 2002). V čem naopak více vynikají myši divoké je síla a mrštnost, nebo také explorativní chování, které se u nich projevuje ve větší míře (Bárdos a kol., 2024).

Co se týče kognitivních schopností, v prostorové orientaci podává divoký předek lepší výkony než laboratorní myš, v úlohách zahrnující vyhýbání se negativnímu podnětu (slabý elektrický šok) se učili rychleji laboratorní myši (Ferreira a kol., 2023). Avšak díky vlivu přírodních faktorů mají divoké myši přizpůsobené nervové mechanismy tak, aby se lépe vyrovnaly s

náročným prostředím, což následně zlepšuje jejich schopnost učení a paměti (Zhao a kol., 2009).

4.2 Potkan laboratorní (*Rattus norvegicus f. domestica*)

4.2.1 Historie domestikace

Potkan obecný (*Rattus norvegicus*) je nejspíše původní oblasti jihozápadní Číny a Mongolska (Hulme-Beaman a kol., 2021). Do Evropy se dostal mezi 16. – 18. stoletím, odkud se pak díky lodní dopravě rozšířil až do Ameriky (Castle, 1947). Stejně tak jako u myši domácí, styl života potkana obecného můžeme považovat za synantropní, kdy je jeho přítomnost spíše nežádaná a považujeme ho za škůdce (Modlinska & Pisula, 2020).

Domestikace tohoto druhu nejspíše započala na více místech, z nichž jedno bylo Japonsko kolem roku 1650, kde se potkani šlechtili pro okrasné účely jako mazlíčci (Hulme-Beaman a kol., 2021). V Evropě se kolem roku 1828 začali odchytávat bíle zbarvení potkani a začali se používat v laboratořích jako pokusná zvířata. Od té doby vzniklo nespočet plemen, které jsou hojně využívané jak v laboratořích, mezi nimiž jsou dva kmeny, které svou četností využívání vynikají a sice Wistar a Sprague Dawley potkani (Castle, 1947), tak pro rekreační chov jako domácí mazlíčci (Modlinska & Pisula, 2020).

4.2.2 Mozek

Relativní velikost mozku se u laboratorního potkana ve srovnání s divokým potkanem zmenšila (Kruska, 2005). Ebinger (1972) uvádí zmenšení o 8,7 %. U tmavě zbarveného kmene Dark Agouti se mozek zmenšil o 12 % (Kruska unpubl., cit. dle Kruska 2005), u bílého kmene Wistar o 8 % (Kruska, 1975).

Také změny jednotlivých částí mozku jsou specifické pro různé laboratorní kmeny potkanů. Mozeček u kmene Wistar byl zmenšen o 10 % vůči tělu (Kruska, 2005). Stejně tak u kmene Long Evans (LE) došlo k absolutnímu i relativnímu zmenšení mozečku oproti divokému předkovi, avšak u kmene Sprague Dawley (SD) k absolutnímu zmenšení nedošlo, jen k relativnímu, jelikož velikost těla u domestikovaných potkanů je větší než u potkanů divokých (Williams a kol., 2017). Kmen LE má zároveň v mozečku absolutně menší počet neuronů i jejich hustotu, zatímco kmen SD se počtem ani hustotou neuronů od divokého předka neliší (Williams a kol., 2017).

Redukovány byly různé části koncového mozku. Objem mozkové kůry byl signifikantně zmenšen u kmene LE (Williams a kol., 2017). Tento rozdíl je však do značné míry kompenzován vyšší hustotou neuronů. Oba studované laboratorní kmeny (LE a SD) tak mají srovnatelný absolutní počet neuronů v mozkové kůře, jako divoký potkan. Ve srovnání s potkanem obecným je u laboratorních potkanů relativně větší sluchová kůra (Campi a kol., 2011). Kruska uvádí, že limbické struktury byly u laboratorního potkana redukovány o 10 %, z nichž hipokampus o 12 % (Kruska, 2005). Zmenšená byla u laboratorních zvířat i amygdala a zároveň byl v této struktuře nalezen menší počet neuronů (Koizumi a kol., 2018). Čichové struktury byly u kmene Wistar zmenšené vůči tělu o 6 % (Kruska, 2005). Naopak Williams a kolegové (2017) naměřili, že divoký potkan má čichový lalok menší než domestikanti, avšak malá velikost je opět kompenzována vyšší hustotou neuronů. Ve výsledku má kmen LE absolutně méně neuronů v čichovém laloku než kmen SD a divoký potkan (Williams a kol., 2017).

Zraková centra se u kmene Wistar zmenšila pouze o 4 % (Kruska, 2005).

4.2.3 Kognitivní schopnosti

Je velice zajímavé, že ve všech testech srovnávajících kognitivní schopnosti divokých a laboratorních potkanů uspěli laboratorní potkani stejně dobře nebo lépe než divocí potkani (Ferreira a kol., 2023). Mláďata kmene LE, která vyrůstají s vrstevníky a mají možnost se zapojovat do hry s nimi, mají lepší sociokognitivní schopnosti než mláďata, která vyrůstají pouze s dospělci, kteří s nimi tímto způsobem neinteragují. Avšak stejný pokus aplikovaný na divoké potkany žádný rozdíl v sociokognitivních schopnostech mezi dvěma skupinami mláďat nepotvrdil, neboť dospělí divocí potkani více iniciovali a zapojovali se do her s mláďaty (Pellis a kol., 2019). Laboratorní potkani skáčou méně než potkani divocí bez ohledu na to, jestli jsou chováni v běžné malé kleci, nebo ve větším obohaceném prostředí (Huck & Price, 1975). Schopnost šplhat u domestikantů závisí na tom, jestli jsou chováni v kleci, která jim tuto činnost umožňuje, či nikoliv. U divokých potkanů tomu tak není (Huck & Price, 1976). Poznámáníhodné je, že u laboratorních potkanů zároveň nebyla pozorována snížená neofobie (Modlinska a kol., 2015).

4.3 Morče domácí (*Cavia aperea f. porcellus*)

4.3.1 Historie domestikace

Počátky domestikace morčete můžeme zaznamenat již před 6 000 lety v Jižní Americe, kde bylo chováno pro maso. S rozvojem mořeplavby o pár tisíciletí později bylo do Evropy dovezeno v 16. století s myšlenkou, aby sloužilo jako domácí mazlíček. V dnešní době se u původního využití setrvává jen u tradičních osad v oblasti And (Hirst, 2019). V moderním světě je morče domácí vyšlechtěno jako domácí mazlíček či laboratorní zvíře (Taylor & Lee, 2012).

4.3.2 Mozek

Stejně jako u dalších domestikovaných savců, také u morčete domácího pozorujeme morfologické rozdíly ve velikosti a struktuře mozku v porovnání s morčetem divokým (*Cavia aperea*) a to konkrétně celkové zmenšení mozku o 14 % (Kruska, 2014). Toto můžeme uvést do souvislosti se zmenšením mozkovny o 16 % a zkrácením lebky jako takové (Kruska & Steffen, 2013). Změna velikosti však neprobíhala u všech částí mozku stejně (Kruska, 2014).

Nejméně ovlivněnou strukturou vlivem domestikace je koncový mozek, kde pozorujeme zmenšení o 13,7 %, z něhož byl neokortex zmenšen o 10,7 %, kdežto allokortex (zahrnující čichové struktury, hipokampus, schizokortex a *septum telencephali*) o 20,9 % (Kruska, 2014). U neokortexu byl zjištěn rozdíl ve velikosti bílé a šedé mozkové hmoty, kdy hmotnost bílé hmoty byla zmenšena téměř dvakrát více než hmotnost hmoty šedé. Vysvětlením může být ztráta neuronů, kdy oblast šedé hmoty, kde najdeme těla těchto buněk je ovlivněna do menší míry než oblast bílé hmoty, kterou tvoří myelinizované axony nervových buněk, které díky své délce zaujímají v součtu větší objem (Kruska, 2014).

Poměrně málo jsou zmenšeny také sekundární struktury související s čichem (*regio retrobulbaris*, *tuberculum olfactorium*) a to o 11 %. Primární centrum čichu, tedy čichový lalok, byl zmenšen až o 41 %, což ho činí nejvíce redukovanou částí mozku. Také byl redukován čichový allokortex o 17 %. Další smyslové struktury byly ovlivněny v menší míře, konkrétně sluchová centra (*nukleus cochlearis*) o 12 %. Struktury spojené se zrakem také zaznamenaly zmenšení, konkrétně optický trakt o 35 % a *corpus geniculatum laterale* o 18 % (Kruska, 2014). Všechny tyto struktury jsou propojeny se smysly, které zvíře v zajetí nevyužívá tak intenzivně, jako by muselo ve volné přírodě.

Horší paměť a snížená schopnost pohybu v prostoru, ale naopak větší kontrola nad emocemi a menší reaktivnost (Bannerman a kol., 2004, 2012) souvisejí se zmenšením struktur tvořící

limbický systém jako je hipokampus, u kterého došlo ke zmenšení o 27 %, a schizokortex (entorhinální kůra, pre- a parasubiculum), který se zmenšil o 26 % (Kruska, 2014). Mozeček a prodloužená mícha byly zmenšeny o 13 %, mezimozek o 10 %, střední mozek o 20 %. Střední mozek je tedy nejvíce zmenšenou částí mozku (Kruska, 2014).

4.3.3 Kognitivní schopnosti

Tak jak už to bylo popsáno i u jiných domestikantů, morče domácí vykazuje méně agresivní chování v porovnání s jeho divokým předkem (Brust & Guenther, 2015). V návaznosti na to je morče domácí více snášenlivé vůči ostatním jedincům (Kaiser a kol., 2015). Naopak divoká morčata jsou odvážná a více explorují, ale vykazují také více úzkostlivé chování a věnují více pozornosti svému okolí v otevřeném terénu (Zipser a kol., 2014). Zmenšený koncový mozek sice naznačuje zhoršené kognitivní schopnosti, avšak opak je pravdou. Při učení prostorové mapy a orientaci v ní (úkon závislý na hipokampu) se morče domácí dokázalo úkon naučit rychleji a zároveň použít metodu asociace objektů, kdežto morče divoké tento problém vyřešilo za pomoci jiných metod a pomaleji (Lewejohann a kol., 2010). Další změnu v chování pozorujeme u mladých jedinců. Mezi morčetem divokým a domácím se poměr hraní neliší, ale u domestikantů přetrvává do dospělosti, kde se objevuje častěji (Kaiser a kol., 2015).

4.4 Norek americký (*Mustela vison f. domestica*)

4.4.1 Historie domestikace

Domestikace norka amerického intenzivně započala kolem roku 1920, kdy se začal komerčně chovat na kožešinových farmách pro svoji jemnou srst (Pohle a kol., 2023). V porovnání s ostatními druhy se jedná o novodomestikanta, který žije v zajetí velice krátce. I přes to však pozorujeme vliv domestikace a selekce jak na velikost těla, tak na strukturu a velikost mozku (Kruska, 1996).

4.4.2 Mozek

Přestože, jak již bylo zmíněno, se jedná o celkem nového domestikanta, pozorujeme u norka amerického chovaného v zajetí zmenšení nejen v celkové velikosti mozku, ale i v jednotlivých jeho částech, které se měnily v odlišné míře, ve shodě s teorií mozaikové evoluce mozku (Barton & Harvey, 2000). I za tak krátkou dobu a navzdory faktu, že lasicovití (*Mustelidae*) mají nízkou úroveň encefalizace, se celková velikost mozku zmenšila až o 20 % (Kruska,

1996). Je však nutno zmínit, že jde o hodnotu relativní, kterou může ovlivňovat umělá selekce na větší tělo kvůli většímu množství kožešiny, které by se dalo získat z jednoho jedince.

Norci byli na kožešinových farmách chováni v uzavřených klecích, kde jim byla odepřena jakákoliv možnost volného pohybu. To mohlo mít za následek zmenšení mozečku, a to dokonce o celých 25 % (Kruska, 1996). Další výrazně zmenšenou strukturou, a to o 19 %, je mezimozek (Kruska, 1996). Velikost koncového mozku se zmenšila o 18 %. I v rámci koncového mozku můžeme sledovat asymetrickou změnu jeho částí, konkrétně celkové zmenšení neokortexu proběhlo v menší míře než zmenšení allokortexu (Kruska, 1996). U norka amerického došlo ke zmenšení hipokampu, což může souviset s chovem v malých klecích, a tedy sníženou potřebou orientace v prostoru (Kruska, 1996). Až o 30 % byl zmenšen střední mozek (Kruska, 1996), prodloužená mícha o 17 % (Kruska, 1996). V největší míře jsou tedy ovlivněné struktury, které jsou asociované s pohybem a základními smysly zvířete.

4.4.3 Feralizace

Domestikovaný norek americký uprchl z kožešinových farem do volné přírody před přibližně 90 lety (Bonesi & Palazón, 2007). U ferálních jedinců bylo zjištěno, že dochází k opětovnému zvětšení mozkovny. Jednou z teorií, která může vysvětlit tento fenomén je, že poté, co s domestikací došlo ke zvětšení těla, mozkovna se zvětšila jen minimálně. Tím pádem, když se feralizovaným norkům v přírodě opětovně zmenšilo tělo, velikost mozkovny zůstala stejná, což způsobilo její relativní zvětšení (Pohle a kol., 2023).

4.5 Prase domácí (*Sus scrofa f. domestica*)

4.5.1 Historie domestikace

Přibližně před 10 000 lety bylo na blízkém východě domestikováno prase divoké (*Sus scrofa*) a vznikl poddruh, který je dnes rozšířen po celém světě (Caliebe a kol., 2017). Prase domácí je v dnešní době chováno primárně jako zdroj masa, ale také se pro svoji podobnost s lidmi používá pro biomedicínské pokusy a experimentální léčbu (Minervini a kol., 2016; Meurens a kol., 2012). Není tedy divu, že za tak dlouhou dobu ovlivnil chov prasete v zasetí jeho kognitivní schopnosti a ruku v ruce velikost mozku.

4.5.2 Mozek

Stejně jako u jiných domestikovaných druhů se ukazuje, že i u domácího prasete se zmenšuje relativní velikost mozku, a to dokonce o 34 % původní váhy, kterou najdeme u prasete divokého (Minervini a kol., 2016).

Mozeček se kromě jiných funkcí účastní řízení motoriky, je důležitý například pro správné držení těla a koordinaci pohybu (Minervini a kol., 2016). I přes důležitost této struktury a skutečnost, že se jedná o nejméně zmenšenou část vlivem domestikace, byla redukována o 27 % (Kruska, 2005). Zároveň byla v této struktuře nalezena menší hustota Purkyňových buněk a menší velikost jejich těl, což patrně odráží sníženou potřebu využívat motorické schopnosti domestikovaného zvířete (Pirone a kol., 2022).

Dalšími strukturami, u kterých došlo ke změně velikosti je čichový lalok a primární sluchová kůra. U obou případů se jedná o redukci o 30 % (Kruska, 2005). Čichový lalok je velmi stará struktura se zachovalou morfologií napříč všemi druhy savců. Její velikost pozitivně koreluje s velikostí rypáku. U domestikovaných prasat můžeme pozorovat zkrácení rypáku, což má pravděpodobně za následek snížení plochy čichové sliznice a již zmíněné zmenšení čichového laloku. Tyto změny pravděpodobně souvisejí s menší potřebou čich aktivně používat (Ritter a kol., 2023). Nejvíce zmenšenými strukturami jsou hipokampus (o 41 %) a vizuální struktury jako optický trakt (o 49 %) (Kruska, 2005).

4.5.3 Kognitivní schopnosti

Ačkoliv má prase domácí menší mozek než prase divoké, ukazuje se, že oba druhy podávají v mnoha kognitivních úlohách srovnatelné výkony. Při pokusech, jestli dokáže zvíře získat odměnu ve formě jídla za pomoci sociálních a fyzických nápověd od člověka, nebyl znatelný rozdíl mezi testovanými skupinami (Albiach-Serrano a kol., 2012). Můžeme tedy říci, že ke zmenšení mozku vlivem domestikace dochází jen u těch struktur, které zvíře v novém prostředí nevyužije tolik, jako jeho divoký předek. Prase domácí je ochuzeno o stimuly spojené například s hledáním partnera, získáváním potravy, predací nebo s životem v sociální skupině, což se promítá i na zmenšení mozkových struktur, které jsou k těmto kognitivním úkonům potřeba.

4.5.4 Feralizace

Podle dostupných dat se u prasat feralizovaných před 70 až 140 lety na Galapágách ukazuje, že mozek zůstává stejně velký jako u domestikovaných prasat (Kruska & Röhrs, 1974). Na tyto ostrovy byla prasata introdukována člověkem, aby sloužila jako zdroj masa. Jedinci se nechali volně pohybovat v přírodě a člověk je jakožto jediný predátor loví (Kruska, 2005). Zajímavé

však je, že pravděpodobně kvůli jinému životnímu stylu zvířete došlo ke změně ve struktuře mozku (Kruska & Röhrs, 1974).

Koncový a střední mozek zůstávají nezměněné, avšak allokortex, zahrnující čichové a limbické struktury, je větší o 11 %, mezimozek o 6,5 %, prodloužená mícha se zvětšila o 10 %. Tyto struktury jsou potřeba ke správnému řízení motorického systému, stejně jako se účastní zpracování smyslových vjemů. Feralizované zvíře pravděpodobně potřebuje tyto dovednosti ovládat tak, aby dokázalo přežít v prostředí divoké přírody a uniknout před predátory. Zmenšení mozečku, jakožto hlavní struktury koordinující pohyb o 11 % je však s tímto faktem v rozporu (Kruska & Röhrs, 1974). Vysvětlení bychom mohli hledat v menším objemu svalové hmoty, které mohlo mít za následek integrovat informace z menšího množství svalových jednotek (Powell a kol., 2015).

Čichový lalok byl zvětšen o 28 %, čímž se dostal na stejnou velikost jako u druhu prasete divokého žijícího v Evropě. Tento jev můžeme vysvětlit tím, že čich je pro prase žijící ve volné přírodě důležitým smyslem pro vyhledávání potravy nebo sexuálního partnera. Další částí mozku, u které došlo ke zvětšení je hipokampus (Kruska & Röhrs, 1974). Zvětšení této struktury může mít za následek silnější projevy úzkosti a agrese, ale naopak lepší paměť (Bannerman a kol., 2004) a schopnost kognitivní koordinace (Olypher a kol., 2006) stejně jako pohybu v prostoru (Bannerman a kol., 2012), což v kombinaci s ostatními změnami zvyšuje fitness feralizovaného prasete domácího v novém prostředí (Kruska, 2005).

4.6 Koza domácí (*Capra aegagrus f. hircus*)

4.6.1 Historie domestikace

V období Neolitu, asi před 10 500 lety (Zima, 2019), vzniklo v oblasti jihovýchodní Asie postupnou domestikací kozy bezoárové (*Capra aegagrus*) dnes hojně rozšířené domácí zvíře, koza domácí (Naderi a kol., 2008). Dnes je koza domácí rozšířena po celém světě s více jak 300 známými plemeny (Naderi a kol., 2008), která jsou chována především pro maso, mléčné produkty, vlnu nebo třeba kůži (Anaeto a kol., 2010).

4.6.2 Mozek

Bohužel zatím neexistují studie, které by srovnávaly ať už relativní či absolutní velikost mozku a jeho jednotlivých struktur kozy domácí a kozy bezoárové. Avšak můžeme zde zmínit studie, které se zabývaly srovnáním velikosti lebky (Balcarcel a kol., 2022, 2024). U domestikantů

došlo ke zmenšení endokrania o 15 % (Balcarcel a kol., 2022), zároveň u nich můžeme pozorovat i jiné známky domestikačního syndromu jako je zkracování délky zubní řady nebo mírné zkracování rostra. U domácích koz také najdeme větší rozmanitost tvaru a vzhledu obličejové části lebky stejně tak jako celé lebky, avšak disparita ve stavbě lebky pozorovaná u kozích plemen nedosahuje takového rozsahu, jakou můžeme pozorovat u ostatních domácích zvířat, na které působí silnější umělá selekce (Balcarcel a kol., 2024).

4.6.3 Kognitivní schopnosti

Koza domácí při řešení kognitivně náročného úkolu používá sociálního učení, kdy si v testech vedou lépe jedinci, kteří měli možnost řešení odpozorovat od člověka (Nawroth, Baciadonna, a kol., 2016; Nawroth, Brett, a kol., 2016). Také se ukazuje, že má tento druh výbornou dlouhodobou paměť (Briefer a kol., 2014). Zároveň se u domácích koz objevuje stejné sociální chování (interakce s člověkem za účelem získání potravy, navázání očního kontaktu s lidmi, kteří jsou otočeni ke zvířeti čelem) jako například u psů (Nawroth, Brett, a kol., 2016).

4.7 Ovce domácí (*Ovis orientalis f. aries*)

4.7.1 Historie domestikace

Divokým předkem ovce domácí je s největší pravděpodobností muflon (*Ovis orientalis musimon*) (Hiendleder a kol., 2002). Domestikace stejně jako u kozy domácí započala v době Neolitu asi před 11 000 lety v jihovýchodní Asii primárně pro poskytování potravy lidem. Později se však z domácích ovcí začala získávat vlna, což vedlo k vyšlechtění různých plemen tomuto určených (Ryder, 1983).

4.7.2 Mozek

Jelikož je ovce domácí starým domestikovaným druhem a dlouhodobě na něj působí umělá selekce, můžeme pozorovat poměrně velkou redukci mozku a jeho struktur. Relativní velikost mozku byla ve srovnání s muflonem zmenšena o 24 % (Ebinger, 1974). Koncový mozek byl redukován o 26 %, přičemž nejvíce zmenšený je allokortex (o 29 %), následovaný neokortexem (o 26 %) a bazálními ganglii (o 21 %) (Ebinger, 1974). U neokortexu byl však vyzorován rozdíl mezi zmenšením šedé a bílé hmoty, kdy šedá hmota byla u domestikantů zmenšena o 24,9 %, kdežto bílá hmota o 28,9 % (Ebinger, 1975). Allokortex můžeme rozdělit na čichové a limbické struktury. Čichová kůra byla redukována o 23 %, čichový lalok o 9,7 %, struktury limbického systému o 35 %. Hipokampus, který je částí limbického systému, se zmenšil až o

41 % (Ebinger, 1974). Dalšími zmenšenými strukturami mozku jsou mezimozek (o 21 %), střední mozek (o 22 %), mozeček (o 16 %) a prodloužená mícha (o 13 %) (Ebinger, 1974).

Zraková centra byla zmenšena o téměř 26 %, z nichž byla největší redukce zjištěna u primární zrakové kůry (*area striata*) (30,2 %), jádro talamu přepojující zrakové informace ze sítnice do primární zrakové kůry – *nucleus geniculatum laterale* o 25,4 %, optický trakt o 20,6 %, nejméně byl zmenšen *colliculus superior* a sice o 12,6 % (Ebinger, 1975).

Stejně jako u dalších domestikantů, u ovce domácí můžeme najít fenotypové rozdíly, včetně velikosti mozku, mezi jednotlivými plemeny. Například se zjistilo, že plemeno německá vřesovištní ovce (*North German Moorland Sheep*), což je historicky původnější, a tedy starší plemeno, má o 8 % větší mozek než černohlavá ovce (*Blackhead Sheep*), které dosahují větší velikosti těla, jelikož se více chovají na maso a je zde tedy znatelná silnější umělá selekce. Ve studii se však poměřovali stejně velcí jedinci, tudíž velikost těla neměla na relativní velikost mozku vliv (Ebinger, 1974).

4.7.3 Kognitivní schopnosti

Soužití s lidmi vedlo u domestikovaných ovcí k rozvoji některých sociálně-kognitivních schopností. Domácí ovce byly například schopné na fotografiích rozlišit známe tváře od cizích a mezi známými osobami identifikovat svého chovatele; dokonce byly schopné rozpoznat danou osobu, i když se jednalo o černobílou fotografii, nebo měl člověk na sobě jiný účes (Knolle a kol., 2017). Ovce, kterým chovatelé věnovali pozornost a více s nimi navazovali oční kontakt, byly více aktivní, více chovatele pozorovaly a měly povědomí o svém okolí a chování člověka, na rozdíl od jedinců, kterým chovatelé žádnou pozornost nevěnovali a vůbec se na ně nedívali. Dlouhý oční kontakt ovce zpočátku považovaly za varování, po čase však na něj přivykly (Beausoleil a kol., 2006).

4.8 Liška jako modelový organismus domestikace

I když není liška domestikant v pravém slova smyslu, tento druh zde uvádím, jelikož na něm v minulosti Belyaev, Trut a další prováděli známý „domestikační“ experiment. Tito autoři demonstrovali, že již po několika generacích v zajetí lze na liškách pozorovat znaky, které nazýváme jako domestikační syndrom (Belyaev, 1979; Trut, 1999). Zároveň lze díky těmto výzkumům rekapitulovat domestikaci psa domácího a demonstrovat, jak domestikace ovlivňuje

velikost a strukturu mozků u psových šelem (Belyaev, 1979; Trut, 1999; Huang a kol., 2015; Hecht, Kukekova, a kol., 2021).

U krotkých jedinců, kteří byli předmětem umělé selekce, bylo zaznamenáno zmenšení lebky stejně jako vymizení sexuálního dimorfismu (samci divokých lišek mívají zpravidla větší lebku než samice) (Trut, 1999). Krotcí jedinci však neměli redukovanou velikost mozku (Hecht, Kukekova, a kol., 2021), a byla u nich dokonce pozorována vyšší neurogeneze v hipokampu, konkrétně v *gyrus dentatus* (Huang a kol., 2015). Je velmi zajímavé, že stejné zvýšení objemu šedé hmoty bylo pozorováno u lišek selektovaných na povahu ležící na opačné straně spektra. Šedá hmota byla zvětšena jak u krotkých jedinců, tak i u jedinců agresivních, na rozdíl od skupiny lišek, která nebyla pod tlakem umělé selekce na chování. Zvětšené oblasti u obou selektovaných skupin zahrnovaly také amygdalu, hipokampus, mozeček, prefrontální, motorickou a somatosensorickou kůru (Hecht, Kukekova, a kol., 2021).

4.9 Pes domácí (*Canis lupus f. familiaris*)

4.9.1 Historie domestikace

Nejznámější domestikant a neodmyslitelný přítel člověka, pes domácí, se objevil již před asi 30 000 lety v oblasti Eurasie (Freedman a kol., 2014; Wang a kol., 2016), což ho činí úplně prvním doposud zjištěným domestikovaným druhem. Jeho divoký předek, vlk obecný (*Canis lupus*) se zdržoval u lidského obydlí jako synantropní druh, kde si postupem času s člověkem vypěstoval pouto a mutualistický vztah, který vyústil až v domestikaci (Herbeck a kol., 2022).

Z počátku se umělá selekce zaměřovala hlavně na množení krotkých a přátelštějších jedinců (Range & Marshall-Pescini, 2022), přičemž k domestikaci ale přispěla i ekologická adaptace na nově dostupné potravní zdroje spjaté s lidskou činností (Marshall-Pescini a kol., 2017). Poté však začali lidé šlechtit plemena k různým účelům, což zapříčinilo jejich obrovskou fenotypovou diverzitu od morfologických znaků, přes fyziologické až po ty behaviorální (American Kennel Club, 1992; Lindblad-Toh a kol., 2005). Některé zdroje uvádí, že dnes známe až přes 400 plemen (Parker, 2012; Parker a kol., 2017), které nám pomáhají v každodenním životě, ať už se jedná o psi asistenční, lovecké, pastevecké, policejní či záchranářské, nebo třeba jen ty, kteří nám přinášejí radost svou každodenní přítomností (Serpell & Duffy, 2014).

4.9.2 Mozek

4.9.2.1 Porovnání s vlkem

U domácích psů byla naměřena redukce relativní velikosti mozku o 29 % oproti vlku obecnému (Röhrs & Ebinger, 1978). Zmenšila se i lebka. Při porovnání lebky vlka a německého ovčáka můžeme s domestikací pozorovat zmenšení (Coli a kol., 2022). Psi mají také oproti vlku redukovaný čich, alespoň tak lze usuzovat z velikosti dírkované ploténky kosti čichové (*lamina cribrosa ossis etmoidalis*), kterou prochází čichové nervy do čichového laloku (Bird a kol., 2021). Zajímavé také je, že psi mají v mozku více neuronů než jiné šelmy, avšak do studie bohužel nebyl zařazen žádný zástupce vlka (Jardim-Messeder a kol., 2017). S domestikací se nemění četnost mozkových závitů, míra gyrifikace je tedy u psů úměrná velikosti mozku, ale je více variabilní než u ostatních divokých šelem (Grewal a kol., 2020).

4.9.2.2 Rozdíly mezi plemeny

S velikostí těla se také zmenšuje velikost mozku, což znamená, že menší plemena mají logicky menší absolutní velikost mozku. Pokud tedy chceme zkoumat rozdíl této struktury mezi psími plemeny, musíme vzít v potaz alometrický vztah mozek-tělo. Překvapivě relativní velikost mozku odvozená z alometrického vztahu je napříč všemi plemeny téměř stejná (Garamszegi a kol., 2023). Rovněž velikost mozečku, předního mozku a mozkové kůry lze úspěšně odvodit z alometrických vztahů (Thames a kol., 2010). Ačkoliv se velikost dírkované ploténky kosti čichové mezi plemeny signifikantně neliší, psi vyšlechtění pro stopování a hledání mají tendenci mít tuto kost větší než ostatní plemena (Bird a kol., 2021).

Stejně tak se ale mozek mezi plemeny liší šířkou a tvarem, kdy menší plemena mají mozek širší a více zaoblený (Roberts a kol. 2010; Hecht a kol., 2019). Je zajímavé, že většina změn ve tvaru a vnitřní struktuře mozku se udála v koncových větvích psího fylogenetického stromu, což naznačuje recentní silnou selekci u jednotlivých plemen (Hecht a kol., 2019). Dostupná data též naznačují, že plemena se liší absolutním počtem neuronů. Například mozková kůra zlatého retrívra má 627 milionů neuronů, u menšího psa neznámého plemene obsahuje jen 429 milionů neuronů (Jardim-Messeder a kol., 2017). Zajímavé také je, že plemena fylogeneticky bližší vlku mají menší mozek, než plemena fylogeneticky mladší (Carreira, 2016; Garamszegi a kol., 2023).

4.9.3 Kognitivní schopnosti

4.9.3.1 Porovnání s vlkem

Stejně jako ostatní domestikovaná zvířata, pes domácí je více krotký než jeho divocí příbuzní. Co však může být překvapivé je, že psi nejsou vůči jedincům stejného druhu méně agresivní než vlci, ale více se vyhýbají konfliktům. Když však ke střetu dojde, vyeskaluje mnohem více než u vlků, u kterých sice ve skupině ke konfliktům dochází častěji, ale většinou se obejdou bez fyzického kontaktu (Marshall-Pescini a kol., 2017). Dále jsou psi ve stejných situacích méně tolerantní, například dominantní pes si jídlo brání více agresivně a s větší úspěšností než dominantní vlk (Range a kol., 2015).

Základem úspěšné domestikace je mimo jiné schopnost spolupráce s člověkem, tudíž schopnost mezidruhové tolerance a spolupráce. Toto pravidlo se potvrzuje i u psů, kteří jsou lépe než vlci zvyklí přijímat signály od lidí stejně jako tvořit s nimi sociální skupinu a učit se od nich (Hare a kol., 2002; Virányi a kol., 2008; Nagasawa a kol., 2015). Ve studii, kde se sledovalo, jak jedinci obou druhů budou přistupovat k nevyřešitelnému úkolu, se ukázalo, že psi při tomto úkonu více hledí na lidi s vidinou pomoci či nápovědy, naopak vlci si člověka téměř nevšímají (Miklósi a kol., 2003). Tento pokus je ve shodě s podobnými experimenty a naznačuje, že u psů proběhla umělá selekce na schopnost komunikovat s lidmi (Miklósi a kol., 2000). Změny psiho fenotypu související s domestikací limitují ve srovnání s vlky použití mimiky pro komunikaci (Hobkirk & Twiss, 2024), navzdory jejich dobře vyvinutým očním svalům (*levator anguli oculi medialis*), které naopak pomáhají psům více zapojovat obočí (Kaminski a kol., 2019). Proto si psi více pomáhají vokalizací, což je fenomén, který se u vlků neobjevuje v takové míře (Hobkirk & Twiss, 2024).

Jak už tedy bylo zmíněno výše, vlci více vynikají vnitrodruhovou spoluprací v jedné smečce, kdežto psi berou jako svoji sociální skupinu lidi a zvyknou si na jejich přítomnost snáze než vlci (Scott & Marston, 1950; Klinghammer & Goodmann, 1987). Když však oba druhy přijmou člověka za svého sociálního partnera, rozdíl ve schopnosti kooperace a chápání signálů mezi zvířetem a člověkem je menší, než se původně myslelo (Range & Virányi, 2013). Co se týče kognitivních schopností, i zde můžeme najít menší rozdíly mezi psem a vlkem, než se kvůli redukci velikosti mozku předpokládalo. V některých oblastech vyniká více vlk, v jiných zase pes a při některých pokusech se rozdíl nedal najít (více viz. Ferreira a kol., 2023). Například v testech zaměřených na fyzickou kognici si vedli lépe vlci (Lampe a kol., 2017; Range a kol., 2014), avšak u studií testující uvědomění si přetrvávání objektu za překážkou (*object permanence*) (Fiset & Plourde, 2013) a nejlepší řešení, jak dosáhnout cíle (*means-end*

connections) (Range a kol., 2012) podávali psi stejné výkony jako vlci. Řešit problémy zvládli lépe vlci (Frank, 2011; Udell, 2015), až na testování aktivní sebekontroly, tam si vedli lépe psi (Frank, 2011; Marshall-Pescini a kol., 2015; Range a kol., 2020).

I když jsou psi sociální zvířata a byli cíleně na tuto povahu selektováni, na vnitrodruhové úrovni lépe spolupracují vlci (Marshall-Pescini a kol., 2017). Pes byl nejspíše selektován na komunikaci a spolupráci s člověkem, proto je v některých studiích v tomto ohledu lepší než vlk (Hare a kol., 2002; Á. Miklósi a kol., 2003), avšak větší množství studií ukazuje stejný kognitivní výkon u obou druhů (Ferreira a kol., 2023).

4.9.3.2 *Rozdíly mezi plemeny*

Behaviorální rysy jako je agrese, úzkost či trénovatelnost se liší napříč psími plemeny, přičemž se ukazuje, že menší plemena bývají více agresivní (Hecht, Zapata, a kol., 2021) a plemenům s velkými mozky se lépe daří při sebekontrolě a v testech krátkodobé paměti (Horschler a kol., 2019). Tento rozdíl v kognitivních schopnostech může být způsoben jiným škálováním struktur mozku u různě velkých plemen. Trénovatelnost je spojována se zvětšením oblastí neokortexu, a naopak agrese a jiné problémové vlastnosti jsou spojeny se zvětšením subkortikálních oblastí, konkrétně mozkového kmene a středního mozku (Hecht, Zapata, a kol., 2021). Jelikož se se zvětšováním mozku proporcčně zmenšují oblasti vznikající brzy v ontogenezi (střední mozek a mozkový kmen) a naopak zvětšují oblasti vyvíjející se později (neokortex a mozeček) (Finlay a kol., 2001), u plemen s malým mozkem je tedy zadní a střední mozek relativně velký vůči neokortexu. Zvýšenou reaktivitu a sníženou sebekontrolu je tedy třeba přičítat spíše menšímu neokortexu než větší relativní velikosti mozkového kmene a středního mozku. Naopak u plemen s velkým mozkem je neokortex relativně větší, což jim dovoluje lepší integraci informací a kontrolu reakcí (Hecht, Zapata, a kol., 2021). Problémové a nežádoucí chování se však nemusí objevovat jen u malých plemen, ale také u těch, která jsou na tyto povahové rysy cíleně selektována. Například agrese se objevuje u ochránářských psů nebo pronásledování kořisti je běžné u psů loveckých (Serpell & Duffy, 2014).

4.9.4 *Feralizace*

Tradičně se soudilo, že pes dingo (*Canis dingo*) vznikl feralizací rané formy psa domácího v jihovýchodní Asii, odkud migroval na jih, až se před 5 000 lety dostal do Austrálie. V této oblasti ho můžeme najít i dnes (S. Zhang a kol., 2018). Ovšem spekuluje se, jestli vůbec je dingo feralizovaný pes, nebo je to zcela unikátní druh, který byl v minulosti ochočen a poté zase zdivočel (Ballard & Wilson, 2019). Recentní genomická data naznačují, že mezi dingem

a moderními plemeny psů je limitovaný genový tok a hovoří spíše o jeho těsném fylogenetickém vztahu s novoguinejským zpívajícím psem (*Canis lupus hallstromi*) (Cairns a kol. 2023; Souilmi a kol. 2024).

Dingo sdílí morfologické znaky jak s vlkem, tak i psem (Niego & Benítez-Burraco, 2022). Co se týče mozku, pes dingo má relativně větší mozek než pes domácí. Toto ho více připodobňuje vlku, stejně jako malá variabilita mezi jedinci. Ukazuje se, že velikost mozku dinga je stejná jako u jiných stejně velkých divokých canidů (Smith a kol., 2018). Naopak co má pes dingo společného se psem domácím je pedomorfni lebka (Geiger a kol., 2017). Lze tedy říci, že dingo má více společného s vlkem, než má dnešní pes. Je však nejasné, zda je to možno přičítat feralizaci (proces opačný k domestikaci) nebo byla raná forma psa domácího ještě stále poměrně podobná vlku.

4.10 Další tradiční domestikanti

4.10.1 Kočka domácí (*Felis catus*)

Dříve se myslelo, že kočka domácí byla poprvé domestikována v Egyptě před 3600 lety a jejím divokým předkem byla kočka divoká (*Felis silvestris*). Dnes je však přijímána hypotéza, že k domestikaci došlo na Blízkém východě před cca 10 000 lety a za divokého předka je považována kočka plavá (*Felis silvestris lybica*) (O'Brien, 2009).

Mozek u kočky domácí byl zmenšen o 24 % (Röhrs & Ebinger, 1978). Kočky mají také menší mozkovnu. Zajímavé je, že hybridy kočky domácí a divoké mají mozkovnu menší než kočka divoká, ale zároveň větší než kočka domácí (Lesch, Kitchener, a kol., 2022). Tím se podobají feralizovaným druhům ostatních domestikantů.

4.10.2 Kůň domácí (*Equus ferus f. caballus*)

Kůň domácí byl domestikován na území euroasijských stepí před 5 500 lety. Jelikož je jeho divoký předek tarpan stepní (*Equus ferus*) vyhynulý (Warmuth a kol., 2012), používá se ve studiích jediná žijící divoká linie koní, jímž je kůň převalského (*E. przewalski*).

Redukce mozku v porovnání s koněm převalského byla spočítána na 15,8 %, přičemž mozkovna byla zmenšena o 13,9 % (Röhrs and Ebinger, 1998). Další studie zjišťovala rozdíl mezi domestikovaným koněm a ostatními divokými koňovitými (*Equidae*), kde měl kůň domácí zmenšený mozek o 16 % (Kruska, 1973).

4.10.3 Tur domácí (*Bos primigenius f. taurus*)

Domestikace tura domácího proběhla ve dvou různých obdobích, avšak oba poddruhy sdílí stejného předka, kterým byl pratur (*Bos primigenius*) (Vuure, 2002). První záznam domestikace je z období před 10 000 lety, kdy na Blízkém východě vznikl tur domácí (H. Zhang a kol., 2013). Druhá domestikace proběhla na území dnešní Indie před 8 000 lety a tato událost dala vzniknout druhému poddruhu, jímž je zebu indický (*Bos primigenius f. indicus*) (Pramod a kol., 2019).

Bohužel neexistuje moc studií, které by se zabývaly rozdílem mozku tura a jeho divokého předka, jelikož pratur byl v 17. století prohlášen za vyhynulého (Vuure, 2002). Jedna recentní však za pomoci velikosti lebek zjistila, že mozek tura domácího byl redukován v průměru o 25,6 %. Zároveň se liší velikost mozku i u různých plemen vyšlechtěných pro jiné účely. Nejvíce byl zmenšen mozek u hospodářských plemen poskytující mléko (o 30, 6 %) a maso (o 24,9 %). O polovinu menší redukci pozorujeme u bojových plemen, kde byla mozkovna redukována jen o 15,3 %. Tento trend můžeme vysvětlit tím, že větší redukci mozku pozorujeme u plemen, která jsou člověkem intenzivně selektována na větší velikost těla (Balcarcel a kol., 2021).

5 Závěr

Vzhledem k tomu, že velikost mozku se obvykle zvětšuje spolu s velikostí těla, předpokládá se, že jsou tyto dvě struktury během ontogenetického i evolučního vývoje úzce propojeny. Proto jsou studie na toto téma často založeny na korelaci těchto dvou veličin a zabývají se relativním poměrem, nikoli absolutní velikostí mozku. Změny velikosti mozku těla však nebyly dosud u domestikantů systematicky studovány fylogenetickými metodami. Výsledky používající pro výpočet relativní velikosti mozku alometrické vztahy mezi velikostí těla a mozku nemohou rozlišit, zda se reálně měnila velikost mozku či těla a mohou proto být do značné míry zavádějící. Dalším problémem u těchto studií může být špatná distinkce divokých a ferálních druhů. Ve volné přírodě totiž čím dál více nalézáme hybridy mezi těmito skupinami a ti následně mohli být použiti jako divoký předek ve studiích. U některých druhů také divoký předek už vůbec nežije nebo nebyl nalezen a identifikován. V některých studiích jsou domestikanti srovnáváni s domnělým předkem, jež byl recentními studiemi zpochybněn.

Na rozsah redukce mozku u savců má mimo jiné vliv velikost těla a míra encefalizace zvířete (Tabulka 1). Zatímco u malé myši laboratorní nepozorujeme žádnou redukci, jak postupujeme

k větším savcům jako je prase, tur či kůň, zmenšení mozku je čím dál větší. Proč však můžeme u malého zvířete jako je norek americký vidět stejně velkou redukci mozku jako u tura domácího nebo proč u psa a kočky, kteří také mají relativně menší tělo v porovnání například s koněm mají mozek zmenšen téměř nejvíce ze všech? A jak je možné, že je prase domácí druhem, u kterého byla zjištěna redukce úplně největší ze všech vybraných savců?

Ukazuje se, že druhy selektované po delší dobu tzn. starší domestikanti nebo také druhy, u kterých byla selekce více intenzivní na určitý atribut jako je velikost těla u norka či prasete nebo domácích druhů ptáků, zaznamenávají silnější redukci relativní velikosti mozku. V těchto případech může být relativní zmenšení velikosti mozku vysvětlitelné zvětšením těla domestikantů a nemusí tedy nutně mít významný vliv na jejich kognitivní schopnosti. Další věc, která mohla mít vliv na velikost mozku je intenzita kontaktu zvířete s lidmi. Příkladem může být již zmiňovaná rozdílná míra redukce mozku u plemen tura domácího a psa, který je v každodenní intenzivní interakci s člověkem.

Mozek je velice energeticky náročný orgán na údržbu, tudíž domestikace zvířatům mohla umožnit zmenšit méně potřebné struktury a energii přesunout na vývoj jiných orgánů jako je třeba trávicí soustava, což jim umožnilo přizpůsobit se na člověkem vytvořené prostředí, které klade na domestikanty jiné ekologické požadavky (Lesch, Kotrschal, a kol., 2022). Nejvíce zmenšenými částmi jsou struktury zpracovávající smyslové vjemy.

Další rozdíl, který pozorujeme mezi divokými zvířaty a domestikanty je zvýšená fenotypová variabilita napříč plemeny, což se týká i mozku. Příčinou opět může být rozdílná selekce na vlastnosti daného plemene.

Menší mozek domestikantů svádí k závěru, že domestikovaná zvířata mají horší kognitivní schopnosti než jejich divocí předci. V testech zaměřených na smyslové schopnosti a vnitrodruhovou kooperaci vskutku divocí předci domestikanty předčí, avšak v mnoha jiných kognitivních testech jsou výkony domestikantů a jejich divokých příbuzných srovnatelné. Pokud jde o mezidruhovou komunikaci a spolupráci, domácí zvířata dokonce vynikají nad svými divokými předky. Evidentně se jedná o kombinaci efektu umělého výběru pro potřeby člověka, mezi která patří i snadné ovládnutí a komunikace s domestikantem a adaptace zvířete na člověkem vytvořené prostředí, ve kterém se nemusí starat o hledání potravy, partnera nebo útěk před predátory.

Feralizace opět mozek zvětšuje, ale ne v takové míře, aby zvrátila efekty domestikace. Feralní jedinci mají mozek podobný domácím zvířatům, částečně proto, že často žijí v urbanizovaných

oblastech a vyplatí se jim být na toto prostředí adaptováni. Zároveň tento efekt může být spojen i s efektem zakladatele, kdy se v divoké přírodě uchytí jen nepatrné procento jedinců, kteří se už na počátku museli mírně podobat divokým předkům, aby zvládli ve volné přírodě přežít. Mezi ferálními jedinci jednoho druhu nepozorujeme tak vysokou variabilitu fenotypových vlastností jako u domestikantů, čímž se podobají divokým zvířatům, u kterých tuto variabilitu také nepozorujeme.

V budoucích studiích je třeba se zaměřit na fylogenetickou analýzu změn velikosti těla a mozku a jejich interakcí, na změny v absolutní velikosti mozku, a na změny v absolutních počtech neuronů a gliových buněk a tyto změny korelovat se změnami v kognitivních schopnostech domestikovaných zvířat a jejich divokých příbuzných.

6 Seznam použité literatury

- Agnvall, B., Béteky, J., & Jensen, P. (2017). Brain size is reduced by selection for tameness in Red Junglefowl—correlated effects in vital organs. *Scientific Reports*, 7(1), 3306. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03236-4>
- Albiach-Serrano, A., Bräuer, J., Cacchione, T., Zickert, N., & Amici, F. (2012). The effect of domestication and ontogeny in swine cognition (*Sus scrofa scrofa* and *S. s. Domestica*). *Applied Animal Behaviour Science*, 141(1), 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.07.005>
- American Kennel Club (with Internet Archive). (1992). The Complete dog book: The photograph, history, and official standard of every breed admitted to AKC registration, and the selection, training, breeding, care, and feeding of pure-bred dogs. New York : Howell Book House ; Toronto : Maxwell Macmillan Canada ; New York : Maxwell Macmillan International. <http://archive.org/details/completedogbook00amer>
- Anaeto, M., Adeyeye, Chioma, G., Olarinmoye, A., & Tayo, O. (2010). Goat Products: Meeting the Challenges of Human Health and Nutrition. *Agriculture and Biology journal of North America (Agric. Biol. J. N am.)*, 1, 1231–1236. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.6.1231.1236>
- Arbuckle, B. (2005). Experimental animal domestication and its application to the study of animal exploitation in prehistory. In *First Steps of Animal Domestication* (s. 18–33). Oxbow Books. https://www.academia.edu/921595/Experimental_animal_domestication_and_its_application_to_the_study_of_animal_exploitation_in_prehistory
- Balcarcel, A. M., Geiger, M., Clauss, M., & Sánchez-Villagra, M. R. (2022). The mammalian brain under domestication: Discovering patterns after a century of old and new analyses. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution*, 338(8), 460–483. <https://doi.org/10.1002/jez.b.23105>
- Balcarcel, A. M., Geiger, M., & Sánchez-Villagra, M. R. (2024). Cranial form differences in goats by breed and domestic status. *Scientific Reports*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50357-0>
- Balcarcel, A. M., Veitschegger, K., Clauss, M., & Sánchez-Villagra, M. R. (2021). Intensive human contact correlates with smaller brains: Differential brain size reduction in cattle types. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1952), 20210813. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.0813>
- Ballard, J. W. O., & Wilson, L. A. B. (2019). The Australian dingo: Untamed or feral? *Frontiers in Zoology*, 16(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s12983-019-0300-6>
- Bannerman, D. M., Bus, T., Taylor, A., Sanderson, D. J., Schwarz, I., Jensen, V., Hvalby, Ø., Rawlins, J. N. P., Seeburg, P. H., & Sprengel, R. (2012). Dissecting spatial knowledge from spatial choice by hippocampal NMDA receptor deletion. *Nature Neuroscience*, 15(8), 1153–1159. <https://doi.org/10.1038/nn.3166>
- Bannerman, D. M., Rawlins, J. N. P., McHugh, S. B., Deacon, R. M. J., Yee, B. K., Bast, T., Zhang, W.-N., Pothuizen, H. H. J., & Feldon, J. (2004). Regional dissociations within the hippocampus—Memory and anxiety. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 28(3), 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2004.03.004>
- Bárdos, B., Török, H. K., & Nagy, I. (2024). Comparison of the exploratory behaviour of wild and laboratory mouse species. *Behavioural Processes*, 217, 105031. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2024.105031>

- Barton, R. A., & Harvey, P. H. (2000). Mosaic evolution of brain structure in mammals. *Nature*, *405*(6790), 1055–1058. <https://doi.org/10.1038/35016580>
- Beausoleil, N. J., Stafford, K. J., & Mellor, D. J. (2006). Does direct human eye contact function as a warning cue for domestic sheep (*Ovis aries*)? *Journal of Comparative Psychology (Washington, D.C.: 1983)*, *120*(3), 269–279. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.120.3.269>
- Belyaev, D. K. (1979). Destabilizing selection as a factor in domestication. *Journal of Heredity*, *70*(5), 301–308. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a109263>
- Bessa Ferreira, V. H., Guesdon, V., Calandreau, L., & Jensen, P. (2022). White Leghorn and Red Junglefowl female chicks use distal and local cues similarly, but differ in persistency behaviors, during a spatial orientation task. *Behavioural Processes*, *200*, 104669. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2022.104669>
- Bird, D. J., Jacquemetton, C., Buelow, S. A., Evans, A. W., & Van Valkenburgh, B. (2021). Domesticating olfaction: Dog breeds, including scent hounds, have reduced cribriform plate morphology relative to wolves. *The Anatomical Record*, *304*(1), 139–153. <https://doi.org/10.1002/ar.24518>
- Bonesi, L., & Palazón, S. (2007). The American mink in Europe: Status, impacts, and control. *Biological Conservation*, *134*, 470–483. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.006>
- Boron, Walter F. a Boulpaep, Emile L. Medical physiology. Third edition. Philadelphia: Elsevier, 2017. ISBN 978-1-4557-4377-3
- Briefer, E. F., Haque, S., Baciadonna, L., & McElligott, A. G. (2014). Goats excel at learning and remembering a highly novel cognitive task. *Frontiers in Zoology*, *11*(1), 20. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-11-20>
- Brust, V., & Guenther, A. (2015). Domestication effects on behavioural traits and learning performance: Comparing wild cavies to guinea pigs. *Animal Cognition*, *18*(1), 99–109. <https://doi.org/10.1007/s10071-014-0781-9>
- Cairns, K.M. a kol. (2023) Genome-wide variant analyses reveal new patterns of admixture and population structure in Australian dingoes. *Molecular Ecology* *32*, 4133–4150
- Caliebe, A., Nebel, A., Makarewicz, C., Krawczak, M., & Krause-Kyora, B. (2017). Insights into early pig domestication provided by ancient DNA analysis. *Scientific Reports*, *7*(1), 44550. <https://doi.org/10.1038/srep44550>
- Campi, K. L., Collins, C. E., Todd, W. D., Kaas, J., & Krubitzer, L. (2011). Comparison of Area 17 Cellular Composition in Laboratory and Wild-Caught Rats Including Diurnal and Nocturnal Species. *Brain Behavior and Evolution*, *77*(2), 116–130. <https://doi.org/10.1159/000324862>
- Carreira, L. (2016). Using Bronson Equation to Accurately Predict the Dog Brain Weight Based on Body Weight Parameter. *Veterinary Sciences*, *3*(4), 36. <https://doi.org/10.3390/vetsci3040036>
- Castle, W. E. (1947). The Domestication of the Rat. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *33*(5), 109–117.
- Cipolla-Neto, J., Horn, G., & McCabe, B. J. (1982). Hemispheric asymmetry and imprinting: The effect of sequential lesions to the hyperstriatum ventrale. *Experimental Brain Research*, *48*(1), 22–27. <https://doi.org/10.1007/BF00239569>
- Clutton-Brock, J. (1999). *A Natural History of Domesticated Mammals*. Cambridge University Press.
- Cnotka, J., Möhle, M., & Rehkämper, G. (2008). Navigational Experience Affects Hippocampus Size in Homing Pigeons. *Brain, Behavior and Evolution*, *72*(3), 233–238. <https://doi.org/10.1159/000165102>
- Cnotka, J., Tiemann, I., Frahm, H. D., & Rehkämper, G. (2008). Unusual brain composition in Crested Ducks (*Anas platyrhynchos* f.d.)—Including its effect on behavior and genetic transmission. *Brain Research Bulletin*, *76*(3), 324–328. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2008.03.009>
- Coli, A., Prinetto, D., & Giannessi, E. (2022). Wolf and German shepherd dog skull: Morphometric changes due to domestication. *Dog Behavior*, *8*(3), Article 3. <https://doi.org/10.4454/db.v8i3.167>
- Crawford, R. D. (1992). Introduction to Europe and diffusion of domesticated turkeys from the America. *Archivos de Zootecnia*, *41*(154), 2.
- Crawford, R.D. (1993) Origin and history of poultry species, in: Crawford, R.D. (Ed.) *Poultry Breeding and Genetics*, pp. 1-41 (Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, Elsevier). Ex Kozák, 2019
- Českomoravský svaz chovatelů poštovních holubů, OS CHPH Zlín. (2024). Získáno 16. červenec 2024, z <https://holubi-oszlin.estranky.cz/>
- Daniels, T. J., & Bekoff, M. (1989). Feralization: The making of wild domestic animals. *Behavioural Processes*, *19*(1), 79–94. [https://doi.org/10.1016/0376-6357\(89\)90032-6](https://doi.org/10.1016/0376-6357(89)90032-6)
- Darwin, C. R. (1868). The variation of animals and plants under domestication (First edition). John Murray. <https://darwinonline.org.uk/content/frameset?pageseq=1&itemID=F877.1&viewtype=text>
- Delacour, J. (1964). The Waterfowl of the World. Country Life.
- Diamond, J. (2002). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, *418*(6898), 700–707. <https://doi.org/10.1038/nature01019>

- Ebinger, P. (1972). Vergleichend—Quantitative Untersuchungen an Wild- und Laborratten. *Zeitschrift Für Tierzüchtung Und Züchtungsbiologie*, 89(1–4), 34–57. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1972.tb01383.x>
- Ebinger, P. (1974). A cytoarchitectonic volumetric comparison of brains in wild and domestic sheep. *Zeitschrift Für Anatomie Und Entwicklungsgeschichte*, 144(3), 267–302. <https://doi.org/10.1007/BF00522811>
- Ebinger, P. (1975). Quantitative investigations of visual brain structures in wild and domestic sheep. *Anatomy and Embryology*, 146(3), 313–323. <https://doi.org/10.1007/BF00302177>
- Ebinger, P. (1995). Domestication and Plasticity of Brain Organization in Mallards (*Anas platyrhynchos*). *Brain Behavior and Evolution*, 45(5), 286–300. <https://doi.org/10.1159/000113557>
- Ebinger, P., & Löhmer, R. (1984). Comparative quantitative investigations on brains of rock doves, domestic and urban pigeons (*Columba l. Livia*). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 22(2), 136–145. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.1984.tb00652.x>
- Ebinger, P., & Löhmer, R. (1987). A volumetric comparison of brains between greylag geese (*Anser anser* L.) and domestic geese. *Journal Fur Hirnforschung*, 28(3), 291–299.
- Ebinger, P., & Röhrs, M. (1995). Volumetric analysis of brain structures, especially of the visual system in wild and domestic turkeys (*Meleagris gallopavo*). *Journal Fur Hirnforschung*, 36(2), 219–228.
- Ebinger, P., Röhrs, M., & Pohlenz, J. (1989). Veränderungen von Hirn- und Augengrößen bei wilden und domestizierten Truthühnern (*Meleagris gallopavo* L., 1758). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 27(2), 142–148. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.1989.tb00339.x>
- Eda, M. (2021). Origin of the domestic chicken from modern biological and zooarchaeological approaches. *Animal Frontiers*, 11(3), 52–61. <https://doi.org/10.1093/af/vfab016>
- Ferreira, V. H. B., Lansade, L., Calandreau, L., Cunha, F., & Jensen, P. (2023). Are domesticated animals dumber than their wild relatives? A comprehensive review on the domestication effects on animal cognitive performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 154, 105407. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105407>
- Finlay, B. L., Darlington, R. B., & Nicastro, N. (2001). Developmental structure in brain evolution. *The Behavioral and Brain Sciences*, 24(2), 263–278; discussion 278–308.
- Fiset, S., & Plourde, V. (2013). Object permanence in domestic dogs (*Canis lupus familiaris*) and gray wolves (*Canis lupus*). *Journal of Comparative Psychology*, 127(2), 115–127. <https://doi.org/10.1037/a0030595>
- Frahm, H. D., & Rehkämper, G. (1998). Allometric Comparison of the Brain and Brain Structures in the White Crested Polish Chicken with Uncrested Domestic Chicken Breeds. *Brain, Behavior and Evolution*, 52(6), 292–307. <https://doi.org/10.1159/000006574>
- Frahm, H. D., Rehkämper, G., & Werner, C. W. (2001). Brain Alterations in Crested Versus Non-Crested Breeds of Domestic Ducks (*Anas platyrhynchos* f.d.). *Poultry Science*, 80(9), 1249–1257. <https://doi.org/10.1093/ps/80.9.1249>
- Frank, H. (2011). Wolves, Dogs, Rearing and Reinforcement: Complex Interactions Underlying Species Differences in Training and Problem-Solving Performance. *Behavior Genetics*, 41(6), 830–839. <https://doi.org/10.1007/s10519-011-9454-5>
- Frazer, K. A., Eskin, E., Kang, H. M., Bogue, M. A., Hinds, D. A., Beilharz, E. J., Gupta, R. V., Montgomery, J., Morenzoni, M. M., Nilsen, G. B., Pethiyagoda, C. L., Stuve, L. L., Johnson, F. M., Daly, M. J., Wade, C. M., & Cox, D. R. (2007). A sequence-based variation map of 8.27 million SNPs in inbred mouse strains. *Nature*, 448(7157), 1050–1053. <https://doi.org/10.1038/nature06067>
- Freedman, A. H., Gronau, I., Schweizer, R. M., Vecchyo, D. O.-D., Han, E., Silva, P. M., Galaverni, M., Fan, Z., Marx, P., Lorente-Galdos, B., Beale, H., Ramirez, O., Hormozdiari, F., Alkan, C., Vilà, C., Squire, K., Geffen, E., Kusak, J., Boyko, A. R., ... Novembre, J. (2014). Genome Sequencing Highlights the Dynamic Early History of Dogs. *PLOS Genetics*, 10(1), e1004016. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1004016>
- Frick H, Nord HJ (1963) Domestikation und Hirngewicht. *Anat Anz* 113:307–316. Ex Kruska, 2005
- Galliano, E., Gao, Z., Schonewille, M., Todorov, B., Simons, E., Pop, A. S., D’Angelo, E., van den Maagdenberg, A. M. J. M., Hoebeek, F. E., & De Zeeuw, C. I. (2013). Silencing the Majority of Cerebellar Granule Cells Uncovers Their Essential Role in Motor Learning and Consolidation. *Cell Reports*, 3(4), 1239–1251. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2013.03.023>
- Garamszegi, L. Z., Kubinyi, E., Czeibert, K., Nagy, G., Csörgö, T., & Kolm, N. (2023). Evolution of relative brain size in dogs—No effects of selection for breed function, litter size, or longevity. *Evolution*, 77(7), 1591–1606. <https://doi.org/10.1093/evolut/qpaa063>
- Geiger, M., Evin, A., Sánchez-Villagra, M. R., Gascho, D., Mainini, C., & Zollikofer, C. P. E. (2017). Neomorphosis and heterochrony of skull shape in dog domestication. *Scientific Reports*, 7(1), 13443. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12582-2>

- Gering, E., Johnsson, M., Willis, P., Getty, T., & Wright, D. (2015). Mixed ancestry and admixture in Kauai's feral chickens: Invasion of domestic genes into ancient Red Junglefowl reservoirs. *Molecular Ecology*, *24*(9), 2112–2124. <https://doi.org/10.1111/mec.13096>
- Gerlai, R. (2002). Phenomics: Fiction or the Future? *Trends in neurosciences*, *25*, 506–509. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(02\)02250-6](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(02)02250-6)
- Gjøen, J., Cunha, F., & Jensen, P. (2023). Selection for Reduced Fear of Humans Changes Brain and Cerebellum Size in Red Junglefowl in Line with Effects of Chicken Domestication. *Brain Sciences*, *13*(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/brainsci13070988>
- Grewal, J. S., Gloe, T., Hegedus, J., Bitterman, K., Billings, B. K., Chengetanai, S., Bentil, S., Wang, V. X., Ng, J. C., Tang, C. Y., Geletta, S., Wicinski, B., Bertelson, M., Tendler, B. C., Mars, R. B., Aguirre, G. K., Rusbridge, C., Hof, P. R., Sherwood, C. C., ... Spocter, M. A. (2020). Brain gyrification in wild and domestic canids: Has domestication changed the gyrification index in domestic dogs? *Journal of Comparative Neurology*, *528*(18), 3209–3228. <https://doi.org/10.1002/cne.24972>
- Guay, P.-J., & Iwaniuk, A. N. (2008). Captive Breeding Reduces Brain Volume in Waterfowl (Anseriformes). *The Condor*, *110*(2), 276–284. <https://doi.org/10.1525/cond.2008.8424>
- Guo, X., He, X.-X., Chen, H., Wang, Z.-C., Li, H.-F., Wang, J.-X., Wang, M.-S., & Jiang, R.-S. (2021). Revisiting the evolutionary history of domestic and wild ducks based on genomic analyses. *Zoological Research*, *42*(1), 43. <https://doi.org/10.24272/j.issn.2095-8137.2020.133>
- Güntürkün, O., & Bugnyar, T. (2016). Cognition without Cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, *20*(4), 291–303. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.02.001>
- Gyger, M., Marler, P. (1988) Food calling in the domestic fowl, *Gallus gallus*: the role of external referents and deception. *Anim Behav* *36*:358–365. [https://doi.org/10.1016/s0003-3472\(88\)80006-x](https://doi.org/10.1016/s0003-3472(88)80006-x)
- Hammer, K. (1984). Das Domestikationssyndrom. In H. Böhme, A. Rieth, W. R. Müller-Stoll, R. Rieger, A. Rieth, H. Sagromsky, & H. Stubbe (Ed.), *Die Kulturpflanze Band 32* (s. 269–294). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783112642641-045>
- Hare, B., Brown, M., Williamson, C., & Tomasello, M. (2002). The Domestication of Social Cognition in Dogs. *Science*, *298*(5598), 1634–1636. <https://doi.org/10.1126/science.1072702>
- Hawkins, Morton, & Cameron. (2001). Laboratory birds: Refinements in husbandry and procedures. Fifth report of BVAAWF/FRAME/RSPCA/UFAW Joint Working Group on Refinement. *Laboratory Animals*, *35 Suppl 1*, 1–163.
- Hecht, E. E., Kukekova, A. V., Gutman, D. A., Acland, G. M., Preuss, T. M., & Trut, L. N. (2021). Neuromorphological Changes following Selection for Tameness and Aggression in the Russian Farm-Fox experiment. *Journal of Neuroscience*, *41*(28), 6144–6156. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3114-20.2021>
- Hecht, E. E., Smaers, J. B., Dunn, W. D., Kent, M., Preuss, T. M., & Gutman, D. A. (2019). Significant Neuroanatomical Variation Among Domestic Dog Breeds. *The Journal of Neuroscience*, *39*(39), 7748–7758. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0303-19.2019>
- Hecht, E. E., Zapata, I., Alvarez, C. E., Gutman, D. A., Preuss, T. M., Kent, M., & Serpell, J. A. (2021). Neurodevelopmental scaling is a major driver of brain–behavior differences in temperament across dog breeds. *Brain Structure and Function*, *226*(8), 2725–2739. <https://doi.org/10.1007/s00429-021-02368-8>
- Henriksen, R., Johnsson, M., Andersson, L., Jensen, P., & Wright, D. (2016). The domesticated brain: Genetics of brain mass and brain structure in an avian species. *Scientific Reports*, *6*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/srep34031>
- Herbeck, Y. E., Eliava, M., Grinevich, V., & MacLean, E. L. (2022). Fear, love, and the origins of canid domestication: An oxytocin hypothesis. *Comprehensive Psychoneuroendocrinology*, *9*, 100100. <https://doi.org/10.1016/j.cpnec.2021.100100>
- Hiendleder, S., Kaupe, B., Wassmuth, R., & Janke, A. (2002). Molecular analysis of wild and domestic sheep questions current nomenclature and provides evidence for domestication from two different subspecies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *269*(1494), 893–904. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.1975>
- Hirst, K. K. (2019, kvēten 30). Why Were Guinea Pigs Domesticated? (Hint: Not for Their Company). ThoughtCo. <https://www.thoughtco.com/how-why-guinea-pigs-were-domesticated-171124>
- Hobkirk, E. R., & Twiss, S. D. (2024). Domestication constrains the ability of dogs to convey emotions via facial expressions in comparison to their wolf ancestors. *Scientific Reports*, *14*(1), 10491. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61110-6>
- Horschler, D. J., Hare, B., Call, J., Kaminski, J., Miklósi, Á., & MacLean, E. L. (2019). Absolute brain size predicts dog breed differences in executive function. *Animal Cognition*, *22*(2), 187–198. <https://doi.org/10.1007/s10071-018-01234-1>

- Huang, S., Slomianka, L., Farmer, A. J., Kharlamova, A. V., Gulevich, R. G., Herbeck, Y. E., Trut, L. N., Wolfer, D. P., & Amrein, I. (2015). Selection for tameness, a key behavioral trait of domestication, increases adult hippocampal neurogenesis in foxes. *Hippocampus*, *25*(8), 963–975. <https://doi.org/10.1002/hipo.22420>
- Huck, U. W., & Price, E. O. (1975). Differential effects of environmental enrichment on the open-field behavior of wild and domestic Norway rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *89*(8), 892–898. <https://doi.org/10.1037/h0077160>
- Huck, U. W., & Price, E. O. (1976). Effect of the post-weaning environment on the climbing behaviour of wild and domestic Norway rats. *Animal Behaviour*, *24*(2), 364–371. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(76\)80044-9](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(76)80044-9)
- Hulme-Beaman, A., Orton, D., & Cucchi, T. (2021). The origins of the domesticate brown rat (*Rattus norvegicus*) and its pathways to domestication. *Animal Frontiers: The Review Magazine of Animal Agriculture*, *11*(3), 78–86. <https://doi.org/10.1093/af/vfab020>
- Chen, L., Cao, Y., Li, G., Tian, Y., Zeng, T., Gu, T., Xu, W., Konoval, O., & Lu, L. (2023). Population Structure and Selection Signatures of Domestication in Geese. *Biology*, *12*(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/biology12040532>
- Cheng, K. M., Shoffner, R. N., Phillips, R. E., & Shapiro, L. J. (1979). Early imprinting in wild and game-farm mallards (*Anas platyrhynchos*): Genotype and arousal. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *93*(5), 929–938. <https://doi.org/10.1037/h0077615>
- Ioalè, P., Savini, M., & Gagliardo, A. (2008). Pigeon Homing: The Navigational Map Developed in Adulthood is Based on Olfactory Information. *Ethology*, *114*(1), 95–102. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2007.01438.x>
- Jardim-Messeder, D., Lambert, K., Noctor, S., Pestana, F. M., de Castro Leal, M. E., Bertelsen, M. F., Alagaili, A. N., Mohammad, O. B., Manger, P. R., & Herculano-Houzel, S. (2017). Dogs Have the Most Neurons, Though Not the Largest Brain: Trade-Off between Body Mass and Number of Neurons in the Cerebral Cortex of Large Carnivorous Species. *Frontiers in Neuroanatomy*, *11*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnana.2017.00118>
- Jing, M., Yu, H., Bi, X., Lai, Y., Jiang, W., & Huang, L. (2014). Phylogeography of Chinese house mice (*Mus musculus musculus/castaneus*): Distribution, routes of colonization and geographic regions of hybridization. *Molecular Ecology*, *23*(17), 4387–4405. <https://doi.org/10.1111/mec.12873>
- Kaiser, S., Hennessy, M. B., & Sachser, N. (2015). Domestication affects the structure, development and stability of biobehavioural profiles. *Frontiers in Zoology*, *12*(1), S19. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-12-S1-S19>
- Kalisińska, E. (1997). Comparison of Hemisphere Size in Wild and Domestic Geese. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, *26*(1), 3–9. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.1997.tb00097.x>
- Kaminski, J., Waller, B. M., Diogo, R., Hartstone-Rose, A., & Burrows, A. M. (2019). Evolution of facial muscle anatomy in dogs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *116*(29), 14677–14681. <https://doi.org/10.1073/pnas.1820653116>
- Katajamaa, R., & Jensen, P. (2021). Tameness correlates with domestication related traits in a Red Junglefowl intercross. *Genes, Brain and Behavior*, *20*(3), e12704. <https://doi.org/10.1111/gbb.12704>
- Katajamaa, R., Wright, D., Henriksen, R., & Jensen, P. (2021). Cerebellum size is related to fear memory and domestication of chickens. *Biology Letters*, *17*(2), 20200790. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0790>
- Kirkden, R. D., Lindqvist, C., & Jensen, P. (2008). Effects of domestication on filial motivation and imprinting in chicks: Comparison of red junglefowl and White Leghorns. *Animal Behaviour*, *76*(2), 287–295. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2008.02.007>
- Klaus, F., & Amrein, I. (2012). Running in laboratory and wild rodents: Differences in context sensitivity and plasticity of hippocampal neurogenesis. *Behavioural Brain Research*, *227*(2), 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2011.04.027>
- Klinghammer, E., & Goodmann, P. A. (1987). Socialization and management of wolves in captivity. In H. Frank (Ed.), *Man and wolf: Advances, issues, and problems in captive wolf research* (pp. 31–59). Dr W Junk Publishers. Ex Marshall-Pescini, S. a kol., 2017
- Knolle, F., Goncalves, R., & Morton, A. (2017). Sheep recognize familiar and unfamiliar human faces from two-dimensional images. *Royal Society Open Science*, *4*, 171228. <https://doi.org/10.1098/rsos.171228>
- Koizumi, R., Kiyokawa, Y., Mikami, K., Ishii, A., Tanaka, K. D., Tanikawa, T., & Takeuchi, Y. (2018). Structural differences in the brain between wild and laboratory rats (*Rattus norvegicus*): Potential contribution to wariness. *Journal of Veterinary Medical Science*, *80*(7), 1054–1060. <https://doi.org/10.1292/jvms.18-0052>
- Kozák, J. (2019). Variations of geese under domestication. *World's Poultry Science Journal*, *75*(2), 247–260. <https://doi.org/10.1017/S0043933919000023>

- Kruska, D. (1973). Cerebralisation, Hirnevolution und domestikationsbedingte Hirngrogenänderungen innerhalb der Ordnung Perissodactyla Owen, 1848 und ein Vergleich mit der Ordnung Artiodactyla Owen, 1848. *Zeitschrift für zoologische Systematik und Evolutionsforschung*, 11, 81–103. Ex Balcarcel a kol., 2022
- Kruska D (1975) Vergleichend-quantitative Untersuchungen an den Gehirnen von Wanderund Laborratten. I. Volumenvergleich des Gesamthirns und der klassischen Hirnteile. *J Hirnforsch* 16:469–483. Ex Kruska, 2005
- Kruska. (2005). On the Evolutionary Significance of Encephalization in Some Eutherian Mammals: Effects of Adaptive Radiation, Domestication, and Feralization. *Brain Behavior and Evolution*, 65(2), 73–108. <https://doi.org/10.1159/000082979>
- Kruska. (2014). Comparative quantitative investigations on brains of wild cavies (*Cavia aperea*) and guinea pigs (*Cavia aperea* f. *Porcellus*). A contribution to size changes of CNS structures due to domestication. *Mammalian Biology*, 79(4), 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2013.12.005>
- Kruska, D. (1996). The effect of domestication on brain size and composition in the mink (*Mustela vison*). *Journal of Zoology*, 239(4), 645–661. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1996.tb05468.x>
- Kruska, D., & Röhrs, M. (1974). Comparative-quantitative investigations on brains of feral pigs from the Galapagos Islands and of European domestic pigs. *Zeitschrift Für Anatomie Und Entwicklungsgeschichte*, 144(1), 61–73. <https://doi.org/10.1007/BF00518633>
- Kruska, & Steffen, K. (2013). Comparative allometric investigations on the skulls of wild cavies (*Cavia aperea*) versus domesticated guinea pigs (*C. aperea* f. *Porcellus*) with comments on the domestication of this species. *Mammalian Biology*, 78(3), 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2012.07.002>
- Lampe, M., Bräuer, J., Kaminski, J., & Virányi, Z. (2017). The effects of domestication and ontogeny on cognition in dogs and wolves. *Scientific Reports*, 7(1), 11690. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12055-6>
- Lesch, R., Kitchener, A. C., Hantke, G., Kotrschal, K., & Fitch, W. T. (2022). Cranial volume and palate length of cats, *Felis* spp., under domestication, hybridization and in wild populations. *Royal Society Open Science*, 9(1), 210477. <https://doi.org/10.1098/rsos.210477>
- Lesch, R., Kotrschal, K., Kitchener, A. C., Fitch, W. T., & Kotrschal, A. (2022). The expensive-tissue hypothesis may help explain brain-size reduction during domestication. *Communicative & Integrative Biology*, 15(1), 190–192. <https://doi.org/10.1080/19420889.2022.2101196>
- Lewejohann, L., Pickel, T., Sachser, N., & Kaiser, S. (2010). Wild genius - domestic fool? Spatial learning abilities of wild and domestic guinea pigs. *Frontiers in Zoology*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-7-9>
- Lindblad-Toh, K., Wade, C. M., Mikkelsen, T. S., Karlsson, E. K., Jaffe, D. B., Kamal, M., Clamp, M., Chang, J. L., Kulbokas, E. J., Zody, M. C., Mauceli, E., Xie, X., Breen, M., Wayne, R. K., Ostrander, E. A., Ponting, C. P., Galibert, F., Smith, D. R., deJong, P. J., Lander, E. S. (2005). Genome sequence, comparative analysis and haplotype structure of the domestic dog. *Nature*, 438(7069), 803–819. <https://doi.org/10.1038/nature04338>
- Lindqvist, C., Janczak, A. M., Nätt, D., Baranowska, I., Lindqvist, N., Wichman, A., Lundeberg, J., Lindberg, J., Torjesen, P. A., & Jensen, P. (2007). Transmission of Stress-Induced Learning Impairment and Associated Brain Gene Expression from Parents to Offspring in Chickens. *PLOS ONE*, 2(4), e364. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000364>
- Lindqvist, C., & Jensen, P. (2009). Domestication and stress effects on contrafreeloading and spatial learning performance in red jungle fowl (*Gallus gallus*) and White Leghorn layers. *Behavioural Processes*, 81(1), 80–84. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2009.02.005>
- Lindqvist, C., Schütz, K., & Jensen, P. (2002). Red jungle fowl have more contrafreeloading than white leghorn layers: effect of food deprivation and consequences for information gain. <https://doi.org/10.1163/15685390260437335>
- Lipp, H.-P., Vyssotski, A. L., Wolfer, D. P., Renaudineau, S., Savini, M., Tröster, G., & Dell’Omo, G. (2004). Pigeon Homing along Highways and Exits. *Current Biology*, 14(14), 1239–1249. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.07.024>
- Liu, R., Liu, W., Rong, E., Lu, L., Li, H., Chen, L., Zhao, Y., Cao, H., Liu, W., Chen, C., Fan, G., Song, W., Lu, H., Sun, Y., Chen, W., Liu, X., Xu, X., & Li, N. (2020). Genomic analyses reveal the origin of domestic ducks and identify different genetic underpinnings of wild ducks (s. 2020.02.03.933069). <https://doi.org/10.1101/2020.02.03.933069>
- Marino, L. (2017). Thinking chickens: a review of cognition, emotion, and behavior in the domestic chicken. *Animal Cognition*, 20(2), 127–147.
- Marshall-Pescini, S., Cafazzo, S., Virányi, Z., & Range, F. (2017). Integrating social ecology in explanations of wolf–dog behavioral differences. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 16, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.05.002>
- Marshall-Pescini, S., Virányi, Z., & Range, F. (2015). The Effect of Domestication on Inhibitory Control: Wolves and Dogs Compared. *PLOS ONE*, 10(2), e0118469. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118469>

- McKnight, T. L. (1976). *Friendly Vermin: A Survey of Feral Livestock in Australia*. University of California Press.
- Mehlhorn, J., & Caspers, S. (2021). The Effects of Domestication on the Brain and Behavior of the Chicken in the Light of Evolution. *Brain Behavior and Evolution*, *95*(6), 287–301. <https://doi.org/10.1159/000516787>
- Mehlhorn, J., & Rehkämper, G. (2013). Some Remarks on Bird's Brain and Behavior under the Constraints of Domestication. *ISRN Evolutionary Biology*, *2013*, 1–11. <https://doi.org/10.5402/2013/460580>
- Mench, J., & Blatchford, R. (2013). Birds as Laboratory Animals. *Laboratory Animal Welfare*, 279–299. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385103-1.00016-6>
- Meurens, F., Summerfield, A., Nauwynck, H., Saif, L., & Gerdts, V. (2012). The pig: A model for human infectious diseases. *Trends in Microbiology*, *20*(1), 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2011.11.002>
- Miklósi, Á., Kubinyi, E., Topál, J., Gácsi, M., Virányi, Z., & Csányi, V. (2003). A Simple Reason for a Big Difference: Wolves Do Not Look Back at Humans, but Dogs Do. *Current Biology*, *13*(9), 763–766. [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(03\)00263-X](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(03)00263-X)
- Miklósi, Á., Polgárdi, R., Topál, J., & Csányi, V. (2000). Intentional behaviour in dog-human communication: An experimental analysis of “showing” behaviour in the dog. *Animal Cognition*, *3*(3), 159–166. <https://doi.org/10.1007/s100710000072>
- Miller, R., Harper, J., Dysko, R., & Austad, S. (2002). Longer Life Spans and Delayed Maturation in Wild-Derived Mice. *Experimental biology and medicine (Maywood, N.J.)*, *227*, 500–508. <https://doi.org/10.1177/153537020222700715>
- Minervini, S., Accogli, G., Pirone, A., Graic, J.-M., Cozzi, B., & Desantis, S. (2016). Brain Mass and Encephalization Quotients in the Domestic Industrial Pig (*Sus scrofa*). *PLOS ONE*, *11*(6), e0157378. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157378>
- Modlinska, K., & Pisula, W. (2020). The Norway rat, from an obnoxious pest to a laboratory pet. *eLife*, *9*, e50651. <https://doi.org/10.7554/eLife.50651>
- Modlinska, K., Stryjek, R., & Pisula, W. (2015). Food neophobia in wild and laboratory rats (multi-strain comparison). *Behavioural Processes*, *113*, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2014.12.005>
- Naderi, S., Rezaei, H.-R., Pompanon, F., Blum, M. G. B., Negrini, R., Naghash, H.-R., Balkiz, O., Mashkour, M., Gaggiotti, O. E., Ajmone-Marsan, P., Kence, A., Vigne, J.-D., & Taberlet, P. (2008). The goat domestication process inferred from large-scale mitochondrial DNA analysis of wild and domestic individuals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(46), 17659–17664. <https://doi.org/10.1073/pnas.0804782105>
- Nagasawa, M., Mitsui, S., En, S., Ohtani, N., Ohta, M., Sakuma, Y., Onaka, T., Mogi, K., & Kikusui, T. (2015). Social evolution. Oxytocin-gaze positive loop and the coevolution of human-dog bonds. *Science (New York, N.Y.)*, *348*(6232), 333–336. <https://doi.org/10.1126/science.1261022>
- Nawroth, C., Baciadonna, L., & McElligott, A. G. (2016). Goats learn socially from humans in a spatial problem-solving task. *Animal Behaviour*, *121*, 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.09.004>
- Nawroth, C., Brett, J. M., & McElligott, A. G. (2016). Goats display audience-dependent human-directed gazing behaviour in a problem-solving task. *Biology Letters*, *12*(7), 20160283. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0283>
- Niego, A., & Benítez-Burraco, A. (2022). Are feralization and domestication truly mirror processes? *Ethology Ecology & Evolution*, *34*(5), 557–590. <https://doi.org/10.1080/03949370.2021.1975314>
- O'Brien, C. A. D., Juliet Clutton-Brock, Andrew C. Kitchener, Stephen J. (2009, červen 1). The Evolution of House Cats. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/the-taming-of-the-cat/>
- Olypher, A. V., Klement, D., & Fenton, A. A. (2006). Cognitive disorganization in hippocampus: A physiological model of the disorganization in psychosis. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *26*(1), 158–168. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2064-05.2006>
- Parker, H. G. (2012). Genomic analyses of modern dog breeds. *Mammalian Genome*, *23*(1), 19–27. <https://doi.org/10.1007/s00335-011-9387-6>
- Parker, H. G., Dreger, D. L., Rimbault, M., Davis, B. W., Mullen, A. B., Carpintero-Ramirez, G., & Ostrander, E. A. (2017). Genomic Analyses Reveal the Influence of Geographic Origin, Migration, and Hybridization on Modern Dog Breed Development. *Cell Reports*, *19*(4), 697–708. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2017.03.079>
- Peichl, L. (1992). Topography of ganglion cells in the dog and wolf retina. *Journal of Comparative Neurology*, *324*(4), 603–620. <https://doi.org/10.1002/cne.903240412>
- Pellis, S. M., Pellis, V. C., Himmler, B. T., Modlińska, K., Stryjek, R., Kolb, B., & Pisula, W. (2019). Domestication and the role of social play on the development of socio-cognitive skills in rats. *International Journal of Comparative Psychology*, *32*(0). <https://doi.org/10.46867/ijcp.2019.32.00.17>
- Peterson, A., & Brisbin, I. (1998). Genetic endangerment of wild Red Junglefowl **Gallus gallus**? *Bird Conservation International*, *9*. <https://doi.org/10.1017/S0959270900002148>
- Pingel, H. (2000) Enten und Gänse. (Stuttgart, Hohenheim, Ulmer). Ex Kozák, 2019

- Pirone, A., Magliaro, C., Cantile, C., Lenzi, C., Coli, A., & Miragliotta, V. (2022). Comparative and quantitative morphology of the pig and wild boar cerebellum for identifying possible effects of domestication. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, 243, 151957. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2022.151957>
- Pohle, A.-K., Zalewski, A., Muturi, M., Dullin, C., Farková, L., Keicher, L., & Dechmann, D. K. N. (2023). Domestication effect of reduced brain size is reverted when mink become feral. *Royal Society Open Science*, 10(7), 230463. <https://doi.org/10.1098/rsos.230463>
- Powell, K., Mathy, A., Duguid, I., & Häusser, M. (2015). Synaptic representation of locomotion in single cerebellar granule cells. *eLife*, 4, e07290. <https://doi.org/10.7554/eLife.07290>
- Pramod, R. K., Velayutham, D., P. K., S., P. S., B., Zachariah, A., Zachariah, A., B., C., S. S., S., P., G., Dhinoth Kumar, B., Iype, S., Gupta, R., Santhosh, S., & Thomas, G. (2019). Complete mitogenome reveals genetic divergence and phylogenetic relationships among Indian cattle (*Bos indicus*) breeds. *Animal Biotechnology*, 30(3), 219–232. <https://doi.org/10.1080/10495398.2018.1476376>
- Price, E. (1984). Behavioral Aspects of Animal Domestication. *Quarterly Review of Biology - QUART REV BIOL*, 59. <https://doi.org/10.1086/413673>
- Price, E. O. (1999). Behavioral development in animals undergoing domestication. *Applied Animal Behaviour Science*, 65(3), 245–271. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00087-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00087-8)
- Purugganan, M. D. (2022). What is domestication? *Trends in Ecology & Evolution*, 37(8), 663–671. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.04.006>
- Racicot, K. J., Popic, C., Cunha, F., Wright, D., Henriksen, R., & Iwaniuk, A. N. (2021). The cerebellar anatomy of red junglefowl and white leghorn chickens: Insights into the effects of domestication on the cerebellum. *Royal Society Open Science*, 8(10), 211002. <https://doi.org/10.1098/rsos.211002>
- Range, F., Brucks, D., & Virányi, Z. (2020). Dogs wait longer for better rewards than wolves in a delay of gratification task: But why? *Animal Cognition*, 23(3), 443–453. <https://doi.org/10.1007/s10071-020-01346-7>
- Range, F., Jenikejew, J., Schröder, I., & Virányi, Z. (2014). Difference in quantity discrimination in dogs and wolves. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01299>
- Range, F., & Marshall-Pescini, S. (2022). Comparing wolves and dogs: Current status and implications for human ‘self-domestication’. *Trends in Cognitive Sciences*, 26(4), 337–349. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.01.003>
- Range, F., Möslinger, H., & Virányi, Z. (2012). Domestication has not affected the understanding of means-end connections in dogs. *Animal Cognition*, 15(4), 597–607. <https://doi.org/10.1007/s10071-012-0488-8>
- Range, F., Ritter, C., & Virányi, Z. (2015). Testing the myth: Tolerant dogs and aggressive wolves. *Proceedings Biological Sciences*, 282(1807), 20150220. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0220>
- Range, F., & Virányi, Z. (2013). Social learning from humans or conspecifics: Differences and similarities between wolves and dogs. *Frontiers in Psychology*, 4, 868. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00868>
- Rauch, H.W., Pingel, H. and Bilsing, A. (1993) Welfare of waterfowl, in: Savory, C.J. & Hughs, B.O. (Eds) *Proceedings of the 4th European Symposium on Poultry Welfare*. Potters Bar Universities Federation for Animal Welfare. Edinburgh, pp. 139-147. Ex Kozák, 2019
- Rehkämper, G., Frahm, H. D., & Cnotka, J. (2007). Mosaic Evolution and Adaptive Brain Component Alteration under Domestication Seen on the Background of Evolutionary Theory. *Brain Behavior and Evolution*, 71(2), 115–126. <https://doi.org/10.1159/000111458>
- Rehkämper, G., Haase, E., & Frahm, H. D. (1988). Allometric Comparison of Brain Weight and Brain Structure Volumes in Different Breeds of the Domestic Pigeon, *Columba livia f.d.* (Fantails, Homing Pigeons, Strassers). *Brain, Behavior and Evolution*, 31(3), 141–149. <https://doi.org/10.1159/000116581>
- Rehkaemper, G., Kart, E., Frahm, H. D., & Werner, C. W. (2003). Discontinuous variability of brain composition among domestic chicken breeds. *Brain, Behavior and Evolution*, 61(2), 59–69.
- Rischkowsky, B., & Pilling, D. (with Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture). (2007). The state of the world’s animal genetic resources for food and agriculture. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ritter, C., Eigen, L., Deiringer, N., Laubscher, L., & Brecht, M. (2023). Coevolution of rostrum and brain in pig species. *Journal of Comparative Neurology*, 531(7), 775–789. <https://doi.org/10.1002/cne.25461>
- Roberts, T., McGreevy, P., & Valenzuela, M. (2010). Human Induced Rotation and Reorganization of the Brain of Domestic Dogs. *PLOS ONE*, 5(7), e11946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011946>
- Röhrs, M., & Ebinger, P. (1978). Die Beurteilung von Hirngrößenunterschieden zwischen Wild- und Haustieren. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 16(1), 1–14. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.1978.tb00916.x>
- Röhrs, M., & Ebinger, P. (1998). Sind zooprzewalskipferde hausperferde. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 111, 273–280. Ex Balcarcel a kol., 2022
- Rutkauskaite, A., & Jensen, P. (2022). Domestication effects on social information transfer in chickens. *Animal Cognition*, 25(6), 1473–1478. <https://doi.org/10.1007/s10071-022-01628-2>

- Ryder, M. L. (1983). Sheep & man. Duckworth.
- Savage, T.F., "Mutations and major variants in turkeys," in *Poultry Breeding and Genetics*, R.D.Crawford, Ed., pp.317–331, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1990. Ex Mehlhorn & Rehkämper, 2013
- Serpell, J., & Duffy, D. (2014). Dog Breeds and Their Behavior. In *Domestic Dog Cognition and Behavior: The Scientific Study of Canis familiaris* (Roč. 9783642539947, s. 31–57). https://doi.org/10.1007/978-3-642-53994-7_2
- Schorger, A. W. (1966). *The Wild Turkey: Its History and Domestication* ([1st ed.]). University of Oklahoma Press, Norman.
- Scott, J. P., & Marston, M. V. (1950). Critical periods affecting the development of normal and mal-adjustive social behavior of puppies. *The Journal of Genetic Psychology*, 77(1), 25–60. <https://doi.org/10.1080/08856559.1950.10533536>
- Shapiro, M. D., & Domyan, E. T. (2013). Domestic pigeons. *Current biology: CB*, 23(8), R302–R303. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.01.063>
- Shupe, J. M., Kristan, D. M., Austad, S. N., & Stenkamp, D. L. (2006). The Eye of the Laboratory Mouse Remains Anatomically Adapted for Natural Conditions. *Brain, Behavior and Evolution*, 67(1), 39–52. <https://doi.org/10.1159/000088857>
- Signer-Hasler, H., Burren, A., Neuditschko, M., Frischknecht, M., Garrick, D., Stricker, C., Gredler, B., Bapst, B., & Flury, C. (2017). Population structure and genomic inbreeding in nine Swiss dairy cattle populations. *Genetics Selection Evolution*, 49(1), 83. <https://doi.org/10.1186/s12711-017-0358-6>
- Smith, B. P., Lucas, T. A., Norris, R. M., & Henneberg, M. (2018). Brain size/body weight in the dingo (*Canis dingo*): Comparisons with domestic and wild canids. *Australian Journal of Zoology*, 65(5), 292–301. <https://doi.org/10.1071/ZO17040>
- Smith, C.L., Taylor, A., Evans, C.S. (2011) Tactical multimodal signalling in birds: facultative variation in signal modality reveals sensitivity to social costs. *Anim Behav* 82:521–527. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.06.002>
- Souilmi, Y. a kol. (2024) Ancient genomes reveal over two thousand years of dingo population structure. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 121, e2407584121
- Steffen K (2000) Vergleichender quantitativer Nachweis sowie topographische Analyse von Ganglienzellen und Zapfen in der Retina von Wildmink (*Mustela vison energumenos*) und Farmmink (*Mustela vison f. dom.*). Diss. thesis, Math.-Naturwiss. Fak., Universität Kiel. Ex Kruska, 2005
- Stephan, H., Baron, G., & Frahm, H. D. (1991). Insectivora. *SpringerLink*. <https://doi.org/10.1007-978-1-4613-9124-1>
- Stingo-Hirmas, D., Cunha, F., Cardoso, R. F., Carra, L. G., Rønnegård, L., Wright, D., & Henriksen, R. (2022). Proportional Cerebellum Size Predicts Fear Habituation in Chickens. *Frontiers in Physiology*, 13, 826178. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.826178>
- Stover, K. K., Brainerd, E. L., & Roberts, T. J. (2018). Waddle and shuffle: Gait alterations associated with domestication in turkeys. *Journal of Experimental Biology*, 221(15), jeb180687. <https://doi.org/10.1242/jeb.180687>
- Stover, K. K., Weinreich, D. M., Roberts, T. J., & Brainerd, E. L. (2018). Patterns of musculoskeletal growth and dimensional changes associated with selection and developmental plasticity in domestic and wild strain turkeys. *Ecology and Evolution*, 8(6), 3229–3239. <https://doi.org/10.1002/ece3.3881>
- Strillacci, M. G., Gorla, E., Ríos-Utrera, A., Vega-Murillo, V. E., Montaña-Bermudez, M., Garcia-Ruiz, A., Cerolini, S., Román-Ponce, S. I., & Bagnato, A. (2019). Copy Number Variation Mapping and Genomic Variation of Autochthonous and Commercial Turkey Populations. *Frontiers in Genetics*, 10, 982. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00982>
- Taylor, D. K., & Lee, V. K. (2012). Chapter 25—Guinea Pigs as Experimental Models. In M. A. Suckow, K. A. Stevens, & R. P. Wilson (Ed.), *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents* (s. 705–744). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380920-9.00025-0>
- Thames, R. A., Robertson, I. D., Flegel, T., Henke, D., O'Brien, D. P., Coates, J. R., & Olby, N. J. (2010). Development of a Morphometric Magnetic Resonance Image Parameter Suitable for Distinguishing Between Normal Dogs and Dogs with Cerebellar Atrophy. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 51(3), 246–253. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2009.01655.x>
- Tixier-Boichard, M., Bed'hom, B., & Rognon, X. (2011). Chicken domestication: From archeology to genomics. *Comptes Rendus. Biologies*, 334(3), 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2010.12.012>
- Trut, L. N. (1999). Early Canid Domestication: The Farm-Fox Experiment. *American Scientist*, 87, 160–169.
- Trut, Oskina, I., & Kharlamova, A. (2009). Animal evolution during domestication: The domesticated fox as a model. *BioEssays*, 31(3), 349–360. <https://doi.org/10.1002/bies.200800070>
- Udell, M. A. R. (2015). When dogs look back: Inhibition of independent problem-solving behaviour in domestic dogs (*Canis lupus familiaris*) compared with wolves (*Canis lupus*). *Biology Letters*, 11(9), 20150489. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0489>

- Vallortigara, G. (2012) The Cognitive Chicken: Visual and Spatial Cognition in a Non-mammalian Brain. In Edward A. Wasserman E A (ed.), Zentall T R (ed.) *The handbook of comparative cognition*. pp. 48-66. Oxford University Press
- Verberne, A. J. M. (2003). Medulla Oblongata. In M. J. Aminoff & R. B. Daroff (Ed.), *Encyclopedia of the Neurological Sciences* (s. 54–63). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B0-12-226870-9/00785-1>
- Virányi, Z., Gácsi, M., Kubinyi, E., Topál, J., Belényi, B., Ujfalussy, D., & Miklósi, Á. (2008). Comprehension of human pointing gestures in young human-reared wolves (*Canis lupus*) and dogs (*Canis familiaris*). *Animal Cognition*, *11*(3), 373–387. <https://doi.org/10.1007/s10071-007-0127-y>
- Vuure, T. (2002). History, morphology and ecology of the Aurochs (*Bos primigenius*). *Lutra*, *45*.
- Wallraff, H. G. (2005). *Avian Navigation: Pigeon Homing as a Paradigm*. Springer Science & Business Media.
- Wang, G.-D., Zhai, W., Yang, H.-C., Wang, L., Zhong, L., Liu, Y.-H., Fan, R.-X., Yin, T.-T., Zhu, C.-L., Poyarkov, A. D., Irwin, D. M., Hytönen, M. K., Lohi, H., Wu, C.-I., Savolainen, P., & Zhang, Y.-P. (2016). Out of southern East Asia: The natural history of domestic dogs across the world. *Cell Research*, *26*(1), 21–33. <https://doi.org/10.1038/cr.2015.147>
- Warmuth, V., Eriksson, A., Bower, M. A., Barker, G., Barrett, E., Hanks, B. K., Li, S., Lomitashvili, D., Ochir-Goryaeva, M., Sizonov, G. V., Soyonov, V., & Manica, A. (2012). Reconstructing the origin and spread of horse domestication in the Eurasian steppe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(21), 8202–8206. <https://doi.org/10.1073/pnas.1111122109>
- Weissbrod, L., Marshall, F. B., Valla, F. R., Khalaily, H., Bar-Oz, G., Auffray, J.-C., Vigne, J.-D., & Cucchi, T. (2017). Origins of house mice in ecological niches created by settled hunter-gatherers in the Levant 15,000 y ago. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *114*(16), 4099–4104. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619137114>
- Wen, J., Li, H., Wang, H., Yu, J., Zhu, T., Zhang, J., Li, X., Jiang, Z., Ning, Z., & Qu, L. (2023). Origins, timing and introgression of domestic geese revealed by whole genome data. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *14*(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40104-022-00826-9>
- West, M. J. (1990). Chapter 2 Stereological studies of the hippocampus: A comparison of the hippocampal subdivisions of diverse species including hedgehogs, laboratory rodents, wild mice and men. In *Progress in Brain Research* (Roč. 83, s. 13–36). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)61238-8](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)61238-8)
- Wilkins, A. S. (2020). A striking example of developmental bias in an evolutionary process: The “domestication syndrome”. *Evolution & Development*, *22*(1–2), 143–153. <https://doi.org/10.1111/ede.12319>
- Wilkins, A. S., Wrangham, R. W., & Fitch, W. T. (2014). The “Domestication Syndrome” in Mammals: A Unified Explanation Based on Neural Crest Cell Behavior and Genetics. *Genetics*, *197*(3), 795–808. <https://doi.org/10.1534/genetics.114.165423>
- Williams, L., Ngwenya, A., Stryjek, R., Modlinska, K., Pisula, W., Pellis, S. M., & Iwaniuk, A. N.. Using the isotropic fractionator method to assess the effects of domestication on neuronal and non-neuronal cell numbers in the rat (*Rattus norvegicus*). Program No. 036.22. 2017 Neuroscience Meeting Planner. Washington, DC: Society for Neuroscience, 2017. Online.
- Young, N. M., Linde-Medina, M., Fondon, J. W., Hallgrímsson, B., & Marcucio, R. S. (2017). Craniofacial diversification in the domestic pigeon and the evolution of the avian skull. *Nature Ecology & Evolution*, *1*(4), 0095. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0095>
- Zeder, M. A. (2012). Pathways to Animal Domestication. In P. Gepts, T. R. Famula, R. L. Bettinger, S. B. Brush, A. B. Damania, P. E. McGuire, & C. O. Qualset (Ed.), *Biodiversity in Agriculture* (1. vyd., s. 227–259). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139019514.013>
- Zhang, H., Paijmans, J. L. A., Chang, F., Wu, X., Chen, G., Lei, C., Yang, X., Wei, Z., Bradley, D. G., Orlando, L., O’Connor, T., & Hofreiter, M. (2013). Morphological and genetic evidence for early Holocene cattle management in northeastern China. *Nature Communications*, *4*(1), 2755. <https://doi.org/10.1038/ncomms3755>
- Zhang, S., Wang, G.-D., Ma, P., Zhang, L., Yin, T.-T., Liu, Y., Otecko, N. O., Wang, M., Ma, Y., Wang, L., Mao, B., Savolainen, P., & Zhang, Y. (2018). Genomic analysis of dingoes identifies genomic regions under reversible selection during domestication and feralization (s. 472084). *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/472084>
- Zhang, Z., Jia, Y., Almeida, P., Mank, J. E., van Tuinen, M., Wang, Q., Jiang, Z., Chen, Y., Zhan, K., Hou, S., Zhou, Z., Li, H., Yang, F., He, Y., Ning, Z., Yang, N., & Qu, L. (2018). Whole-genome resequencing reveals signatures of selection and timing of duck domestication. *GigaScience*, *7*(4), giy027. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giy027>
- Zhao, M.-G., Toyoda, H., Wang, Y.-K., & Zhuo, M. (2009). Enhanced synaptic long-term potentiation in the anterior cingulate cortex of adult wild mice as compared with that in laboratory mice. *Molecular Brain*, *2*(1), 11. <https://doi.org/10.1186/1756-6606-2-11>
- Zima, J. (2019). Domáci savci a jejich původ I. Cesty k domestikaci. *Živa*, *2019*(1), 43–45.

Zipser, B., Schlekking, A., Kaiser, S., & Sachser, N. (2014). Effects of domestication on biobehavioural profiles: A comparison of domestic guinea pigs and wild cavies from early to late adolescence. *Frontiers in Zoology*, 11(1), 30. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-11-30>

7 Příloha

druh	velikost těla	mozek	mozeček	telencephalon	diencephalon	hipokampus	čichový lalok	rhombenceph.	prosenceph.	optické struktury
Kur domácí	1	▼	▲	▼	/	/	/	/	/	▼
Holub domácí	0,3	-6,86	-3,76	-7	-10,38	▲	▼	/	/	-12
Kachna domácí	4	-14,3	-16,63	-12,84	-18,35	-11,14	/	-16,3	-13,5	-23,42; -34,45
Husa domácí	10	-16,1	/	/	/	-31	/	-9	-18,8	-21,8; -37,3
Krocan domácí	12	-25	/	▼	/	/	/	-18	-33	-23
Myš laboratorní	0,02	0	/	/	/	/	/	/	/	/
Potkan laboratorní	0,5	-8,7	-10	/	/	-12	-6	/	/	24
Morče domácí	1	-14	-13	-13,7	-10	-27	-41	/	/	-18; -35
Norek americký	1	-20	-25	-18	-19	/	/	/	/	/
Prase domácí	150	-34	-27	/	/	-41	-30	/	/	-49
Koza domácí	27	-15	/	/	/	/	/	/	/	/
Ovce domácí	55,5	-24	-16	-26	-21	-41	-9,7	/	/	-20,6
Pes domácí	25	-29	/	/	/	/	/	/	/	/
Kočka domácí	4	-24	/	/	/	/	/	/	/	/
Kůň domácí	521	-15,8	/	/	/	/	/	/	/	/
Tur domácí	465	-25,6	/	/	/	/	/	/	/	/

Tabulka 1 – Data ukazují ke každému druhu domestikanta velikost těla (kg) a relativní změnu hmotnosti mozku a jeho částí (%); šipky označují změny bez číselné hodnoty; zeleně jsou zvýrazněny zvětšující se struktury, červeně zmenšující se a oranžově struktury beze změny, chybějící data jsou označena lomítkem