

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Ekologická a evoluční biologie



**Měření inteligence u savců se zaměřením na
kognitivní schopnosti primátů**

Scaling of intelligence in mammals focused on cognitive abilities of primates

Bakalářská práce

David Tesař

Školitelka: Mgr. Eva Landová, Ph.D.

Praha, 2013

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval své školitelce Mgr. Evě Landové, Ph.D. za její neskonalou trpělivost, vždy vstřícné jednání a za mnohé cenné rady nezbytné při psaní této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval celé své rodině, bez jejíž nekonečné podpory by tato práce nikdy nemohla vzniknout.

Prohlášení:

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

V Praze, 23. 8. 2013

Podpis

Abstrakt

V současné době existují dvě převládající hypotézy vysvětlující distribuci a evoluci intelligenčních (vyšších kognitivních) schopností u zvířat. První hypotéza zastává názor, že jde o obecné principy inteligence společné přinejmenším všem obratlovcům a jednotlivé taxony se podle této hypotézy liší pouze kvantitativně. Druhá hypotéza vychází z předpokladu, že každý živočich je svými kognitivními schopnostmi dokonale přizpůsoben svému prostředí a že jde tedy o mentální adaptaci na měnící se ekologické podmínky. Předpokladem této hypotézy je existence kvalitativně různých typů kognitivních schopností (typů inteligence). Cílem této práce by mělo být poskytnutí širšího přehledu ohledně měření inteligence a hypotéz týkajících se jejího vývoje. Dále pak zhodnocení úspěšnosti v modelových typech kognitivních testů u primátů, jejich mezidruhové porovnání a případné srovnání s člověkem a také srovnání této úspěšnosti s relativní velikostí mozku a dalšími faktory.

Klíčová slova: inteligence, velikost mozku, úspěšnost v kognitivních testech, primáti

Abstract

Currently, there are two prevailing theories explaining the distribution and evolution of intelligence (higher cognitive) skills in animals. The first hypothesis considers that the terms of general principles of intelligence common to at least all vertebrates and individual taxa, according to this hypothesis, differ only quantitatively. The second hypothesis is based on the assumption that every animal is its cognitive abilities perfectly adapted to their environment and that it is therefore a mental adaptation to changing environmental conditions. The prerequisite of this hypothesis is the existence of qualitatively different types of cognitive abilities (types of intelligence). The aim of this work would be to provide a broader view regarding the measurement of intelligence and hypotheses concerning its development. Furthermore, the evaluation of the success of the model types of cognitive tests in primates, their interspecies comparison and for comparison with human and also compared the relative success with brain size and other factors.

Keywords: intelligence, brain size, successfulness in cognitive tasks, primates

Obsah

1. Úvod.....	5
2. Definice.....	5
2.1 Inteligence.....	5
2.2 Kognice.....	6
3. Měření inteligence člověka.....	6
3.1 Historie a vývoj testů inteligence.....	6
3.2 Vzdělání a inteligence lidské společnosti?.....	9
3.3 Hlavní příčiny mezilidských rozdílů v inteligenci.....	9
3.3.1 Geny.....	10
3.3.2 Počet sourozenců.....	10
3.3.3 Pohlaví.....	10
3.3.4 Věk.....	10
3.3.5 Socioekonomický status.....	11
3.3.6 Vliv prostředí.....	11
3.3.7 Kultura a etnikum.....	12
3.4 „g“ jako jediná obecná inteligence člověka.....	13
3.5 Pátrání po korelacích.....	15
4. Evoluční původ inteligence.....	17
4.1 Inteligence jako obecná vlastnost či „jen“ řada adaptací?.....	17
5. Velký mozek jako evoluční inovace savců.....	18
5.1 Vývoj mozku.....	19
5.2 Kůra mozková jako sídlo inteligence savců?.....	20
5.3 Plasticita mozkové tkáně.....	21
6. Socialita jako klíč k lidské inteligenci.....	21
6.1 Hypotéza sociální (Machavelistické) inteligence.....	22
6.2 Teorie mysli.....	22
6.2.1 Intencionalita.....	23
6.3 Co mají společného primáti a krkavcovití?.....	24
6.3.1 Podobné kognitivní schopnosti.....	24
6.3.2 Převládající role zraku.....	25
6.4 Hypotéza kulturní inteligence.....	25
6.5 Fenomén „socializace“ a „kulturalizace“.....	26
6.5.1 Jak se učí jazyk?.....	26
7. Měření inteligence zvířat.....	27
7.1 Hlavní směry ve výzkumu inteligence zvířat.....	28
7.2 Vybrané typy kognitivních úloh.....	29
7.3 Problematika mezidruhových analýz.....	30
7.4 Obecná schopnost inteligence u primátů.....	31
8. Závěr.....	34
9. Seznam použité literatury.....	35

1. Úvod

Na přímou otázku: „Co je to inteligence?“, zřejmě dosud neznáme zcela jasnou odpověď. Z pohledu doby Aristotelovy bychom schopnost inteligence mohli určovat dle poměrně jasného klíče, konceptu nazývaného *scala naturae*. Zde je srovnán v podstatě celý „vesmír“ do jediného posloupného řetězce, od bohů, přes člověka, zvířata divoká a ochočená, až po rostliny a minerály (Nee, 2005). Podobně jednoduché seřazení živých tvorů podle jejich inteligence by mohlo být značně zavádějící a mylné. Dnešní věda nám nabízí v podstatě dvě hlavní hypotézy vysvětlující vývoj a distribuci inteligence. Inteligence je buďto jediná obecná vlastnost a jednotlivé druhy se liší pouze v míře, jakou jsou inteligencí obdařeny (Macphail a Bolhuis, 2001). Nebo je každý druh v závislosti na tlacích okolního prostředí vybaven druhově specifickým typem inteligence (Shettleworth, 2010).

2. Definice

2.1 Intelligence

Co je to inteligence? „V roce 1921 položili tuto otázku vydavatelé časopisu *Journal of Educational Psychology* čtrnácti proslulým psychologům. Jejich odpovědi byly sice různé, nicméně je bylo možné shrnout do dvou základních skupin. Inteligence zahrnuje schopnost: a) učit se ze zkušenosti, b) přizpůsobovat se svému prostředí.“ (Sternberg, 2009). Sám Sternberg (2009) následně o inteligenci píše: „Inteligence je tedy schopnost učit se ze zkušenosti, užívat metakognitivní procesy (porozumění vlastním myšlenkovým procesům a schopnost je řídit), které zkvalitňují učení, a schopnost přizpůsobovat se svému prostředí, jež může v různých sociálních a kulturních souvislostech vyžadovat různé druhy přizpůsobení.“

Kupříkladu v Ottově slovníku naučném (1897) je, tehdy ještě pod heslem *intelligence*, psáno následující: „Intelligenci toliko lidem připisovati jest nepřipustné omezování slova toho, jednak že i mnohým zvířatům *intelligence* náleží, jednak že nevíme, nejsou-li i jiné ještě bytosti mimo naši zkušenost tolikéž *intelligencí* obdařeny.“

Pokud by o inteligenci platilo to, co je psáno výše a inteligence by se dala definovat jako míra mentální či behaviorální flexibility, při řešení neznámých problémů pak se dá člověk označit v jistém smyslu, za nejinteligentnější známý druh (Roth a Dicke, 2005). Žádný jiný druh na této planetě téměř jistě nemá tak rozvinutou schopnost učení se a předávání nebo sdílení informací jako současné lidstvo. A díky této schopnosti je člověk schopný přizpůsobit se svému okolí a také přizpůsobit své okolí lidem.

2.2 Kognice

Mimo pojmu inteligence, který se zdá býti pro vědecké účely příliš abstraktním, se dnes můžeme setkat především s pojmem kognice, kognitivní schopnosti, funkce nebo procesy. Pod těmito pojmy si lze představit „vnímání, učení, paměť a rozhodování, tedy mechanismy umožňující živočichům získávat, zpracovávat, ukládat a reagovat na informace přicházející z okolního prostředí“ (Shettleworth, 2000).

Samozřejmě ne všichni z živočichů zvládají veškeré typy kognitivních úloh, což souvisí s tím, že zřejmě nedisponují stejnými schopnostmi. Proto i kognitivní schopnosti lze rozdělit na nižší, vyšší a na metakognitivní procesy, jež umožňují člověku a některým dalším druhům, modifikovat své chování na základě informací dříve získaných a vyvolaných z paměti, tedy na základě předchozí zkušenosti (Roberts et al., 2012).

Sternberg (2009) se o vztahu mezi kognicí a inteligencí vyjadřuje takto: „Lidská kognice tvoří jádro lidské inteligence, takže inteligence je teoretický konstrukt – pojmový výtvor, jenž nám pomáhá sjednotit všechny rozmanité stránky kognice.“ A dále podotýká: „Lidská inteligence je tedy zřejmě prvek, který sjednocuje a řídí práci lidského kognitivního systému.“

3. Měření inteligence člověka

3.1 Historie a vývoj testů inteligence

Přes všechny komplikace nebo neschopnost inteligenci jednoduše definovat, se vědci již ve druhé polovině 19. století snažili o její měření, prozatím jen u člověka. Prvním, kdo se pokoušel o plošné měření inteligence, byl bratranec Charlese Darwina, Francis Galton (1822 - 1911). Ten byl přesvědčen, že inteligence souvisí především se schopností přijímat podněty z okolního prostředí, tedy že je to funkce psychofyzických schopností. Zaměřil se na měření rozlišovacích schopností jako je ostrost zraku a sluchu nebo doba reakce. A na fyzické dispozice jako síla stisku a úderu. Dále pracoval s výškou, váhou nebo také rozpětím paží svých dobrovolníků (Mackintosh, 2000; Sternberg, 2009).

Odlišným způsobem začal měřit inteligenci Alfred Binet (1857 - 1911). Spolu se svým spolupracovníkem Simonem vytvořili testy, které se staly významnou předlohou pro mnohé testy dnešní (Deary et al., 2006). Binet se zhostil úkolu francouzské vlády, která si přála, najít spolehlivý způsob, jak zjistit, které z dětí by měli navštěvovat zvláštní školy a které jsou schopné zvládnout běžné vzdělání. Navíc si uvědomoval, že je potřeba oddělit přirozenou

inteligenci od vzdělání a na rozdíl od Galtona vyzdvihoval „selský rozum“, tedy úsudek. (Mackintosh, 2000; Sternberg, 2009). Binet se zaměřil na pozornost, paměť, verbální schopnosti a porozumění, na každodenní praktické znalosti. Dále zastával existenci tří odlišných složek jako stavebních kamenů inteligentního myšlení (mentálního usuzování): a) zaměření - jak a co dělat, b) adaptace - volba strategie a její dodržování, c) kritičnost - k vlastním myšlenkám a činům (Sternberg, 2009). Jako nezávislé kritérium Binet zvolil věk dětí a jeho testy byly odstupňované tak, aby svou obtížností, vyhověly potřebám srovnání žáků různého věku. Test pro šestileté musela splnit naprostá většina dětí tohoto věku, minimum čtyřletých a všichni osmiletí (Mackintosh, 2000). Binet srovnával výsledek testu s průměrným výsledkem v dané věkové kategorii. Získanou hodnotou, byl tedy „mentální věk“ dítěte, tento test se nazývá Binet-Simonova stupnice. Zatímco Galton operoval s absolutními hodnotami (např. reakční časy v milisekundách), Binet je nahradil relativní hodnotou, tedy mentálním věkem (Mackintosh, 2000; Sternberg, 2009).

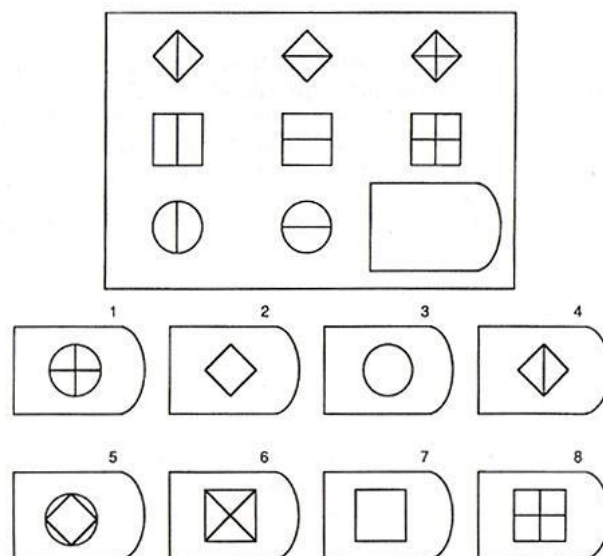
Binetovy testy byly stvořeny ke srovnání inteligence dětí stejného věku, neumožňovali však dost dobře porovnat relativní inteligenci dětí různého věku. Tento problém vyřešil William Stern, který navrhl použití inteligenčního kvocientu (IQ). Inteligenční kvocient je tvořen podílem mentálního věku (MV) a chronologického věku (CV) násobený stokrát. Matematicky vyjádřeno výrazem $IQ = MV / CV \times 100$ (Sternberg, 2009). Průměrně inteligentní dítě, jehož mentální věk se rovná chronologickému věku, má tedy hodnotu IQ rovnu 100 bodům. Tento test dále zrevidoval Lewis Terman ze Stanfordovy univerzity a nová stupnice dostala název Stanford-Binetův test (Mackintosh, 2000; Sternberg, 2009).

Dalším přelomem byl požadavek americké armády, která potřebovala při náboru v 1. světové válce rozřadit mužstvo. Pro tento účel Američané použili testy Alfa pro brance s alespoň základním vzděláním a testy Beta pro analfabety. Díky jejich dotazníkové formě mohly být vyhodnocovány automaticky. To umožnilo jejich (do té doby nevídané) masové použití, byly zadány asi 1,75 milionu brancům. Na jejich vývoji se podíleli Goddard a Terman pod vedením Roberta Yerkesa. Po válce byly testy upraveny a používaly se na základních, středních i vysokých školách. V USA byly testy IQ využívány také pro kontrolu imigrace nebo dokonce při výběru osob k nucené sterilizaci (Mackintosh, 2000).

S alternativou k již zavedeným a dodnes široce užívaným testům Stanford-Binetovým přišel David Wechsler (1896 - 1981). Dnes jsou zřejmě nejčastěji používané právě Wechslerovy testy WAIS (dnes již WAIS-IV) a později vyvinuté WISC (dnes WISC-IV) pro

děti a nakonec uvedené testy pro předškoláky WPPSI (dnes WPPSI-III). První z testů WAIS byl uveden roku 1955 (Mackintosh, 2000; Sternberg, 2009). Podle Termana se mentální věk nezvyšuje neomezeně dlouho (Mackintosh, 2000). Proto musel Wechsler především upravit vzorec pro měření IQ. Ten vypadá po úpravě takto: $IQ = (\text{aktuální skóre testu} / \text{předpokládané skóre}) \times 100$. Předpokládané skóre vychází z průměru dané měřené kategorie. Wechslerovy testy jsou tvořeny dílčími testy a ty lze rozdělit na verbální a výkonostní (částečně odvozeny od testů Beta). Cílem je, vytvořit co nejucelenější obraz o inteligenci testované osoby (Mackintosh, 2000). Výsledkem testů WAIS-IV je hodnota nazývaná Full Scale IQ (FSIQ). Wechsler sám byl přesvědčen, že to co měří jeho testy, není zdaleka celá „schopnost inteligence“ měřeného jedince (Sternberg, 2009).

K hodnocení abstraktního analogického uvažování vyvinul v roce 1936 John Raven (1902 - 1970) standardní progresivní matice (Mackintosh, 2000). K vyřešení matice na obrázku 1, je třeba zjistit, která z osmi označených variant, je jediná správná (v tomto případě je to varianta číslo 1). K tomu nám má pomoci analogické uvažování. Např. je-li A podobné B a B má vlastnost X, dá se očekávat, že i A může mít vlastnost X. Tyto testy jsou nezávislé na mateřském jazyce a kulturních vlivech a jsou tak vhodné pro široké spektrum lidí. Důležitým faktem je, že výsledky Ravenových matic významně korelují s výsledky Wechslerových testů (Mackintosh, 2000).



Obr. 1 Ukázkový typ úlohy objevující se v Ravenových maticích. (Převzato z Mackintosh, 2000)

Jelikož neexistuje jednotná definice inteligence, není lehké říci, co vlastně testy inteligence měří a jak hodnotit jejich validitu. Existují názory, že: „testy IQ měří akademickou a ne všeobecnou inteligenci“ (Mackintosh, 2000). To ale zřejmě neplatí pro Ravenovy matice a další testy výkonnostní inteligence.

Podle Mackintoshe (2000) lze říci, že pokud test měří inteligenci, musí korelovat s ostatními testy, které také měří inteligenci. Pokud bude nějaký test bez korelace s ostatními, pak neměří inteligenci a pokud ji měří, tak ji neměří ostatní testy. Tradičním měřítkem kvality testů, bylo srovnání IQ s dosaženým vzděláním a pracovními úspěchy (Neisser et al., 1996). Pokud test měří opravdu inteligenci, měl by být výsledek dospělého jedince velmi podobný i za 10 či 20 let. Zajímavé je, že korelace mezi různými typy testů inteligence bývají viditelně silnější u lidí s podprůměrným IQ (Mackintosh, 2000).

3.2 Vzrůstá inteligence lidské společnosti?

Při snaze určit jak je IQ ovlivněno věkem, bylo zjištěno, že se IQ populace stále zvyšuje, především ve výkonnostních testech. Tedy, že průměrný třicetiletý člověk měl před padesáti lety nižší IQ než dnešní třicátník. „Ve většině industriálních zemí se za posledních 75 let průměrné výsledky IQ testů zlepšily o více než 20 bodů“ (Mackintosh, 2000). Tento růst IQ se označuje jako Flynnův efekt a jeho příčiny zůstávají neznámé (Deary et al., 2004). Může to být například nárůst obecné vzdělanosti a vyšší životní úroveň, ale také neochota méně nadaných jedinců k testování (Sternberg, 2009).

Podle jiných názorů je to právě naopak a inteligence společnosti klesá. Tato hypotéza je podpořena meta-analýzou (14 studií z let 1889 až 2004) srovnávající měření rychlosti reakce na vizuální podnět. Rychlost reakce zřejmě koreluje s obecnou inteligencí „g“ a tato studie uvádí pokles IQ o 1,16 bodu za 10 let (Woodley et al., 2013). Pokles inteligence může být také zapříčiněn slabým selekčním tlakem a velkým počtem genů postihovaných mutacemi, což je způsobeno nadbytkem zdrojů ve společnosti a tím pádem přežijí a rozmnoží se i „méně kvalitní“ jedinci (Crabtree, 2013a,b). Takový vývoj by mohl souviset s procesem autodomestikace člověka (Komárek, 2012), což by odpovídalo situaci u domestikovaných zvířat, která mají často menší mozky, než jejich divocí předci (Kruska, 2005).

3.3 Hlavní příčiny mezilidských rozdílů v inteligenci

Dlouho se vědci snaží zjistit na jakých faktorech je inteligence závislá, zda je to především dědičnost, jak se domníval již Galton (Mackintosh, 2000), nebo zasahují i další faktory, jako prenatální prostředí, počet sourozenců, pohlaví, věk, velikost mozku,

společenské postavení a sociální situace rodiny, výchova a vzdělání, kulturní prostředí, etnické rozdíly a další. Jistý vliv má nepochybně i péče matky a její chování (Sameroff et al., 1993).

3.3.1 Geny

To, že je inteligence při nejmenším z části závislá na genetické informaci, podporuje nález genu pro protein dysbindin-1 (DTNBP1). Gen DTNBP1 mimo jiné úzce souvisí se schizofrenií. Nositelé určité varianty tohoto genu dosahovali prokazatelně horších výsledků v testech inteligence, ať už to byli schizofrenici či jinak zdraví jedinci (Burdick et al., 2006).

3.3.2 Počet sourozenců

Roku 1947 nechala skotská vláda testovat 70 805 dětí, narozených roku 1936. Z výsledků Moray House Testu jasně vyplývá, že již od počtu tří dětí v rodině skóre v testech těchto dětí úměrně klesá, společně s rostoucím počtem sourozenců (Deary et al., 2004). Méně rozsáhlá studie používající norská data, takto výrazný trend nezjistila (Black et al., 2010).

3.3.3 Pohlaví

Pohlaví, zdá se, hraje také jistou roli. Jde o rozdílné rozmístění center mozkové aktivity a odlišné zastoupení bílé a šedé hmoty mozkové mezi muži a ženami. Muži mají zhruba 6,5x více šedé hmoty mozkové než ženy, které mají proti mužům asi 9x více bílé hmoty. V šedé hmotě se informace zřejmě zpracovávají a bílá hmota slouží jako jakási „ústředna“ spojující informace mezi sebou (Haier et al., 2005). Ve školních testech ve Velké Británii mívají chlapci lepší výsledky v KS3 matematice a KS3 vědních oborech a dívky dosahují lepších výsledků v GCSE angličtině (Frederickson a Petrides, 2008). Přesto, že mozky žen a mužů fungují rozdílně, výsledky v testech inteligence se se významně neliší (Haier et al., 2005).

3.3.4 Věk

Co se týče věku, IQ na verbální stupnici zřejmě roste do stáří zhruba 40 let, ale na výkonostní stupnici klesá již od 20 let věku. Celkový výkon v testech nápadně klesá asi 5 až 10 let před úmrtím (Mackintosh, 2000). Vzhledem k značné plasticitě mozku, může starší člověk kompenzovat např. nižší rychlost při procesu zpracování informací, jejich odborným způsobem zpracování, třeba posouzením již prožitých zkušeností. „Tato schopnost se často nazývá ‚moudrost‘“ (Sternberg, 2009). Nedá se tedy říci, že by inteligence jako celek, musela

nutně klesat v závislosti na stáří jedince, to platí především pro *krystalickou inteligenci* (Gc), o které se ještě zmíním.

Zřejmě by mohl existovat vztah mezi IQ (naměřeným v dětství) a následnou úmrtností, kdy se lidé s vyšší naměřenou hodnotou IQ dožili vyššího věku, což je patrné především u žen. U mužů hrála roli druhá sv. válka (Deary et al., 2004).

3.3.5 Socioekonomický status

Lidé z nižších vrstev společnosti mají často také nižší naměřené hodnoty IQ, než zbytek populace. Je tak možné, že o nízkém IQ lidí žijících v chudobě, může rozhodovat právě okolní prostředí, v bohatších rodinách se naopak výrazněji projeví vliv genů (Turkheimer et al., 2003). Například i v indickém kastovním systému, mají příslušníci nižších kast nižší IQ, než členové kast vyšších (Rushton a Jensen, 2005).

3.3.6 Vliv prostředí

V praktickém životě samozřejmě nezáleží na dosaženém výsledku v testech IQ, ale především na ovládnutí jistých dovedností a na zkušenostech. To co může významně ovlivnit jak fungování lidí ve společnosti, tak i výsledky jejich testů jsou kulturní vlivy nebo změna prostředí (Neisser et al., 1996; Mackintosh, 2000; Sternberg, 2009). Například brazilské děti prodávající na ulici ovoce, nemají zdánlivě problém s celkem složitou mentální aritmetikou, pokud však dostanou formálně stejné příklady ve škole, tedy uvedené v jiném kontextu a prostředí, jejich úspěšnost při řešení se výrazně sníží (Carragher et al., 1985; Mackintosh, 2000; Neisser, 2006; Sternberg, 2009). Mackintosh (2000) dále podotýká, že pro lidský mozek je obecně snazší, vyrovnat se s problémem ze známého prostředí, než s jeho abstraktním ekvivalentem. Něco podobného může platit samozřejmě i u zvířat, z tohoto důvodu není vhodné spoléhat se pouze na pokusy prováděné v nepřirozeném prostředí laboratoří, ale pokud je to možné, zvířata pozorovat i ve volné přírodě (Reader et al., 2011).

Podle Mackintoshe (2000) se zdá, že výkonnostní, tedy neverbální nebo také fluidní složka inteligence (Gf) je závislá více na dědičnosti, zatímco verbální neboli krystalická složka (Gc) spíše na environmentálních vlivech, především na vzdělání. Ale současně platí, že: „prostředí může genetickou vlohu rozvinout, nebo utlumit“ (Sternberg, 2009). Inteligence je vlastnost plastická a jak se zdá, dá se při správné péči a výchově do určité míry zlepšit. Je tedy ovlivnitelná širokou řadou faktorů, jako je prostředí, motivace nebo trénink (Mackintosh, 2000; Sternberg, 2009).

3.3.7 *Kultura a etnikum*

Intelligence může být do značné míry determinována kulturními hodnotami (Sternberg, 2009). Je tedy nezbytné si uvědomit, že lidé z různých kulturních prostředí mají různé názory na to, co znamená být „inteligentní“. Testy IQ mohou být naprosto nevhodné k měření inteligence jedinců z odlišných kulturních prostředí, jelikož „rozdíly ve výsledcích IQ testů mohou odrážet rozdíly v hodnotách, přístupech a přesvědčení“ (Mackintosh, 2000). Kulturní rozdíly a odlišné pojetí „inteligence“ se dobře projeví v oblastech, kde se mísí mnoho etnických skupin, jako jsou např. Spojené státy americké (Neisser et al., 1996).

Sternberg (1985) cit. dle Mackintosh (2000) píše: „Musíme mít na paměti, že standardní testy IQ byly určeny k tomu, aby měřily znalosti, intelektuální dovednosti a kognitivní schopnosti ceněné v západních vyspělých společnostech – zvláště pak ceněné vzdělávacím systémem v těchto zemích. To mohou také dobře splňovat. Ale nemáme důvod předpokládat, že ostatní kultury a společnosti sdílejí stejné hodnoty. Zadávání takových testů lidem z jiných kultur nám může říci, zda sdílejí nebo nesdílejí stejné hodnoty. Ale už nám nemusí mnoho napovědět o jejich ‚inteligenci‘.“

Podobným problémem je překlad testů do dalších jazyků, je velmi těžké zaručit naprosto stejnou obtížnost verbálních výrazů, používaných v testech např. ve Velké Británii a ve Francii. Nemluvě o zemích se zcela jinou kulturou (Neisser et al., 1996; Mackintosh, 2000). Z tohoto hlediska se zdá, že testy *fluidní inteligence* (Gf), jako jsou Ravenovy matice, jsou na rozdíl od testů slovní zásoby „kulturně spravedlivé“.

Jakou roli hrají etnické a rasové rozdíly, není prozatím zcela jasné. Již při testech americké armády v rámci první sv. války, se objevil rozdíl 15 bodů IQ mezi bílými Američany a Afroameričany (Rushton a Jensen, 2005). V testech WPPSI i IQ provedených v USA, dosahovaly pětileté Afroamerické děti horších výsledků, než děti z bílých rodin. Zde se ale může výrazně projevit obecně horší sociální situace testovaných Afroameričanů (Brooks-gunn et al., 1996). Přistěhovalci ve VB dosahují ve školních srovnávacích testech KS3 a GCSE obecně horších výsledků než původní obyvatelé (Gillborn a Mirza, 2000). Ovšem tyto rozdíly se zřejmě v průběhu devadesátých let postupně stírají a významnou roli hraje plynné ovládnutí požadovaného jazyka (souvisí s Gc) a také socioekonomický status (Frederickson a Petrides, 2008).

Při porovnání průměrných hodnot IQ obyvatel 185 států světa zjistíme, že nejlépe si vedou některé země východní a jihovýchodní Asie v čele s Hong Kongem (107), Jižní Koreou (106) a Japonskem (105). Dále nejvyspělejší Evropské státy jako Rakousko, Německo a

Nizozemí (102). Průměrná hodnota IQ v ČR je 97 bodů. A nejhorších výsledků dosahují africké země jako Etiopie (63), Sierra Leone (64) nebo Zimbabwe (66) (Lynn a Vanhanen, 2002).

3.4 „g“ jako jediná obecná inteligence člověka?

Vzhledem k faktu, že spolu korelují tak odlišné testy jako Wechslerovy testy a Ravenovy matice, vyvstává otázka, zda je inteligence opravdu jediná obecná schopnost jak tvrdil Spearman (Mackintosh, 2000; Sternberg, 2009) nebo zda se skládá z mnoha dílčích procesů, které lze měřit nezávisle na ostatních. Sternberg (2009) soudí, že IQ testy nemohou pojmut vše, co rozumíme pod pojmem inteligence. Gardner (2011) tvrdí, že měří pouze drobnou podskupinu z mnoha typů inteligence, ale nepočítají např. s hudební, pohybovou nebo osobně-sociální inteligencí.

Mnoho vědců své testy provádí mezi univerzitními studenty, to ale není nejvhodnější prostředí, jelikož u těchto lidí můžeme očekávat příliš mnoho společného. Data bychom neměli sbírat pouze mezi „normálními“ lidmi, ale zaměřit bychom se měli také na výjimečně nadané osobnosti nebo na jedince, kteří utrpěli specifické poranění mozku, či trpí určitou duševní poruchou (Gardner, 2011). Při snaze pochopit, co je to inteligence, mohou být užitečné především rozdíly v chování jednotlivců. Cílem zkoumání je oddělit od sebe jednotlivé procesy a zjistit, jakou roli v myšlení každý z nich zastupuje (Mackintosh, 2000).

Charles Spearman (1863 - 1945) se otázkou, na jakém faktoru závisí inteligence, zabýval již pře publikováním prvního Binetova testu. Při své práci používal faktorovou analýzu a zastával názor, že existuje jeden faktor obecné inteligence, který označil jako „g“ (*general factor*). Dále se domníval, že pokud spolu výsledky jednotlivých složek testů IQ korelují, znamená to, že všechny měří stejnou vlastnost, tedy právě „g“. Spearmanova teorie se nazývá „teorie dvou faktorů“ a to z toho důvodu, že každý test měří jediný obecný faktor „g“ a zároveň i svůj vlastní unikátní faktor (nebo řadu faktorů), který nemusí těsně korelovat s ostatními. Tím Spearman vysvětluje rozdíly mezi různými páry testů (Mackintosh, 2000).

Ne všichni se ztotožnili se Spearmanovou teorií jediného faktoru obecné inteligence. Louis Thurstone (1887 - 1955) zastával názor, že pomocí faktorové analýzy lze odhalit různé nezávislé schopnosti. Ty označil jako *primární mentální schopnosti* (PMA) a dokonce vytvořil testy speciálně určené k jejich měření (PMA test). Mackintosh (2000) píše: „V roce 1941 Thurstone a Thurstone věřili, že s určitostí označili šest primárních mentálních

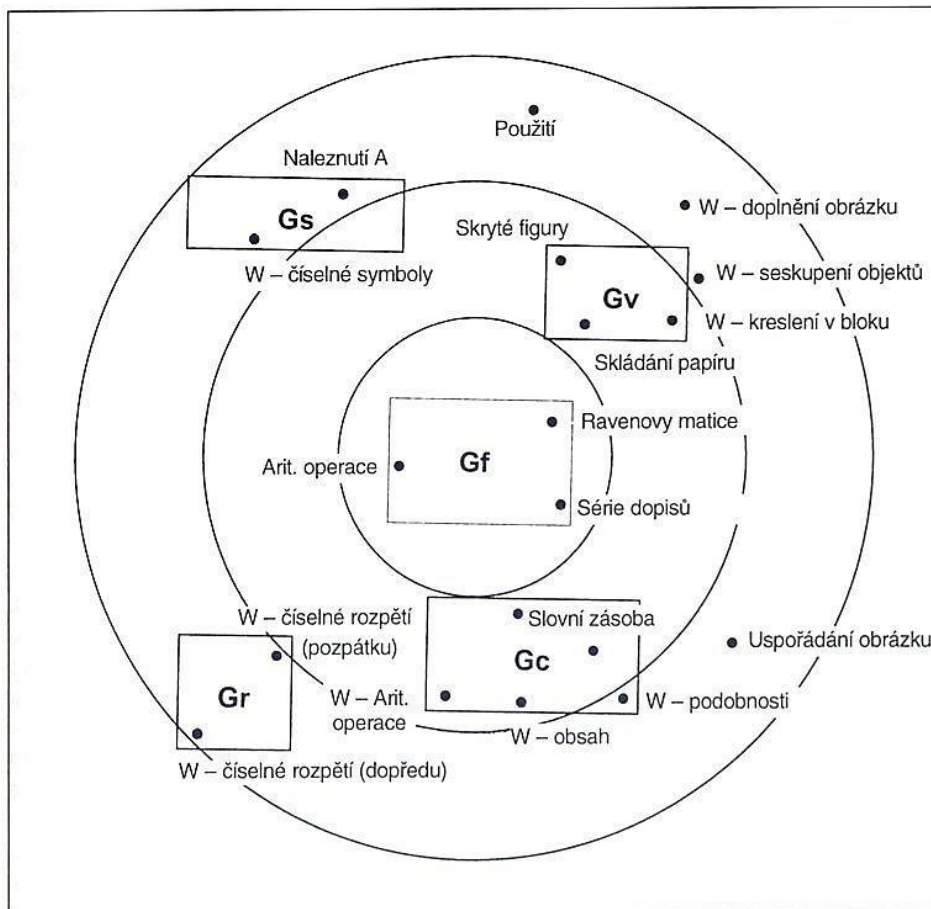
schopností: numerickou, verbálního chápání, slovní plynulosti, prostorovou, logickou a paměťovou; a eventuální sedmý faktor, percepční rychlost“. Spearman již ve 20. letech uznal, že existují spolehlivé důkazy „skupinových faktorů“ jako jsou logické, mechanické a matematické myšlení a skupinový faktor verbálního chápání. Také vypracoval odlišnou teorii obecné inteligence, kde tvrdí: „obecná inteligence se skládá ze tří procesů: 1) vnímání svých vlastních zkušeností, 2) odvozování vztahů, 3) odvozování korelátů“ (Spearman, 1927; Spearman, 1927 cit. dle Mackintosh, 2000). Tyto tři Spearmanovy *neogenetické zákony* tvoří teoretický základ pro konstrukci Ravenových matic (Mackintosh, 2000).

Thurstone předpokládal, že kladná korelace odlišných testů je způsobena tím, že nejsou „faktorově čisté“, tedy že neměří jen jednu primární schopnost. Thurstone a Thurstone při zadání testu školním dětem zjistili, že po odečtení PMA faktorů, lze určit Spearmanův obecný faktor „g“. Z tohoto zjištění vyvodili následující: „každý z primárních faktorů může být chápán jako kompositum nezávislého primárního faktoru a obecného faktoru, který sdílí s ostatními primárními faktory“ (Thurstone a Thurstone, 1941 cit. dle Mackintosh, 2000). Běžně zastávaný názor je takový, že obecný faktor opravdu existuje, ale spolu s ním ještě další specifické faktory (Mackintosh, 2000). Na to, kolik těchto faktorů je a jakou metodou se k nim dobrat, se názory různí, např. Burt a Vernon určili 2, Guilford až 150 faktorů (Mackintosh, 2000; Sternberg, 2009).

Zajímavý náhled nám poskytl Raymond Cattell (1905 - 1998). Ten určil asi 30 faktorů a pomocí dalších analýz je rozdělil na několik základních subfaktorů: *fluidní inteligence* (Gf) zastupuje neverbální logiku, *krystalická inteligence* (Gc) odpovídá verbálnímu IQ, *prostorová vizualita* (Gv), *shromažďování informací* (Gr) a *rychlostní faktor* (Gs) (Mackintosh, 2000). Nejdůležitější jsou zde 2 hlavní subfaktory. *Fluidní inteligence* (Gf), která zahrnuje schopnosti jako je manipulace s abstraktními symboly. A *krystalická inteligence* (Gc), což jsou vědomosti získané v průběhu života jako slovní zásoba nebo znalost určitého procesu. Cattell spolu se svou teorií uvedl, že *krystalická inteligence* (Gc) je produktem *inteligence fluidní* (Gf), která představuje biologický potenciál inteligence a tento potenciál se manifestuje právě v Gc. Ta se rozvíjí po celý život s tím, jak člověk přijímá kulturu, vzdělání nebo zkušenosti, proto bývá nejvyšší u starších osob. Naopak *fluidní inteligence*, jak se zdá, s věkem klesá (Sternberg, 2009).

Část teoretiků zastává názor, že neexistuje obecný faktor „g“ jako jediný proces, ale je to skupina procesů, které se prolínají napříč různými testy. Všechny procesy nejsou sdíleny

všemi testy, ale vzájemně se doplňují. Nejvíce společných faktorů je zahrnuto právě v Cattellově fluidní inteligenci, související s neverbální oblastí inteligence, kam spadají i Ravenovy matice. Testy měřící Gf „zaměstnávají více procesů sdílených s jinými testy, než ostatní testy sdílejí mezi sebou“ (Mackintosh, 2000). Toto je naznačeno níže na obrázku 2.



Obr. 2 Vztahy mezi testy IQ zobrazené jako vzdálenosti mezi testy ve 2D prostoru. Testy uprostřed jsou v bližším vztahu ke všem ostatním než testy blíže k okrajům. Zvláště orámovány jsou testy, měřící Cattellovy hlavní subfaktory inteligence. Testy označeny jako „W“, jsou součástí testů WAIS. (Převzato z Mackintosh, 2000)

3.5 Pátrání po korelacích

V souvislosti s inteligencí byla vždy snaha srovnávat naměřené IQ či jiné výsledky testů s rozmanitými hodnotami anatomických či fyziologických měření (Neisser et al., 1996). Původní studie zaznamenávají lehké korelace mezi velikostí hlavy (většinou obvodem) a IQ (Mackintosh, 2000). Moderní doba umožňuje moderní řešení a tak vědci nezůstávají pouze u měření obvodu hlavy nebo měření obsahu již vypreparované lebky např. pomocí hořčičných semínek, tak jak to již v roce 1839 velmi důmyslně činil Samuel G. Morton (Beneš, 1994).

Dnes se lze obrátit na magnetickou rezonanci (MRI) nebo počítačovou tomografii (CAT), díky nimž lze zjistit rozměry a váhy mozku in vivo. Některé studie tvrdí, že i podle těchto údajů se zdá, že velikost mozku pozitivně koreluje s dosaženým vzděláním a profesí (Rushton a Ankney, 1996) a koreluje také s dosaženými výsledky z Ravenových progresivních matic a s hodnotou FSIQ. Přičemž pozitivní korelace je významnější u žen než u mužů a současně u dospělých oproti dětem (McDaniel, 2005). S výsledky testů FSIQ pozitivně koreluje jak objem bílé, tak i šedé hmoty mozkové (Narr et al., 2007). Přesto nemáme jasno o procesech, které tuto korelaci způsobují (Mackintosh, 2000).

Samotná váha a velikost mozku však může být při měření inteligence bezpředmětná. Pokud dobře neznáme přesnou polohu, rozměry a strukturu jednotlivých center mozku a jejich funkce, vliv na chování, vazby mezi nimi nebo počty neuronů, těžko můžeme s jistotou, jen na základě rozměrů mozku konstatovat, že je jeden z jedinců prostě „chytřejší“. To platí především při mezidruhovém srovnání pouze celkové váhy a velikosti mozků, kde mohl každý druh podléhat odlišným selekčním tlakům a mozky jednotlivých druhů, se tak mohou značně lišit. Ale zdá se, že pokud je nějaká oblast mozku objemnější, daný druh nejspíše disponuje v určitých schopnostech, specifických pro tuto oblast, vyšších kognitivních výkonů. (Dunbar, 2009; Reader et al., 2011).

Činnost mozku (jako série změn elektrického napětí) lze měřit pomocí elektroencefalografického záznamu, tedy EEG. Díky EEG můžeme zaznamenat změny v aktivitě na určitý stimul nebo sérii stimulů (akustické či vizuální), tedy potenciály ve vztahu k události (ERP) nebo také evokované potenciály. „Tyto práce bohužel nepřispěly, ke zvýšení teoretického pochopení charakteru IQ“ (Mackintosh, 2000). Zdá se však, že lidé s nižším IQ vykazují větší změny v mozkové aktivitě. Z toho lze vyvodit, že čím má člověk vyšší IQ, tím menší úsilí při řešení problémů vynakládá (Mackintosh, 2000). Z výzkumu, jakým způsobem mozek metabolizuje glukózu, plyne, že „chytřejší“ mozek spotřebuje celkově méně glukózy a navíc ji spotřebovává efektivněji a ve vybraných oblastech (Haier et al., 1992).

K vyřešení problému je nezbytné informaci dostatečně zpracovat. Samozřejmě i rychlost zpracování může mít vliv na výsledek testu. A nemusí vždy platit, že chytřejší člověk bude vždy také rychlejší. To se může projevit především v úlohách, kdy je výhodnější strávit více času přípravou (Sternberg, 2009). Mnoho badatelů se domnívá, že „inteligentní“ mozek si s úkoly povětšinou poradí jednoduše rychleji. Proto měří faktory jako inspekční čas (dobu pozorování) nebo dobu reakce, ta zřejmě přímo koreluje s IQ a nezávisí na kultuře (Rushton a

Jensen, 2005; Woodley et al., 2013). Zdá se, že doba reakce se zvyšuje s nárůstem počtu alternativ a také je závislá na věku a na praxi v provádění stejných pokusů (Mackintosh, 2000). Korelaci mezi dobou reakce a IQ lze zvýšit, pokud musí zkoušená osoba řešit více úkolů současně. Také se zdá, že s IQ koreluje i doba pozorování, tedy nejkratší možný časový úsek, kdy je člověk ještě schopen bezchybně rozeznat objekt, např. která z čar je delší (Mackintosh, 2000; Sternberg, 2009). Podle Mackintoshe (2000) není korelace doby pozorování a IQ způsobena tím, že měří „g“, ale je pravděpodobnější, že měří pouze jednu složku IQ, v tomto případě rychlost percepce (Gs).

4. Evoluční původ inteligence

Inteligence jednotlivých živočichů je napříč druhy vystavena velmi rozmanitým tlakům, ať již ekologickým či sociálním. Je tedy otázka, zda má inteligence původ v jediném procesu společném při nejmenším všem obratlovcům, jehož podstata se nemění nebo zda lze u různých živočišných druhů nalézt celou řadu inteligencí různého původu a zaměření (Macphail a Bolhius, 2001; Shettleworth, 2010). Je-li inteligence obecnou vlastností, její vývoj je založen na zvýšení kapacit pro zpracování informací. Je-li souhrnem mnoha adaptací reagujících na prostředí, potom závisí na fyziologických a anatomických odlišnostech každého mozku (Roth a Dicke, 2005).

Pravda by mohla být zřejmě někde uprostřed, jelikož „evoluce vytváří jak obecné vlastnosti inteligence a to prostřednictvím společného předka či prostřednictvím konvergenčí, tak také druhově specifické adaptace těchto obecných znaků“ (Shettleworth, 2003).

4.1 Inteligence jako obecná vlastnost či „jen“ řada adaptací?

Pokud se dá hovořit o existenci obecné inteligence „g“ u člověka a byly by za ni zodpovědné evolučně homologické mechanismy distribuce inteligence, pak by se dala očekávat podobná schopnost inteligence při nejmenším v rámci celého řádu primátů (Banerjee et al., 2009) a nejvyššího skóre, by měly dosahovat druhy člověku nejpříbuznější (Reader et al., 2011). Již Charles Darwin došel k závěru, že se jednotlivé druhy liší pouze stupněm dosažené inteligence, nikoli jejím typem (Macphail a Bolhius, 2001). S tímto názorem se v podstatě ztotožňuje hypotéza „jediné obecné schopnosti inteligence“. Ta předpokládá, že jak vnitrodruhové tak mezidruhové rozdíly v inteligenci jsou maximálně kvantitativní podstaty a že při nejmenším většina kognitivních schopností zvířat je řízena procesy jednotnými alespoň mezi všemi obratlovci (Macphail a Bolhius, 2001).

Na druhou stranu, dle současného „ekologického přístupu“ kognitivní ekologie, můžeme v přírodě nalézt obrovský počet zcela kvalitativně odlišných typů inteligence. Podle této hypotézy se kognitivní schopnosti jednotlivých druhů vyvinuly jako odpověď na rozmanité tlaky vnějšího prostředí, které se liší v závislosti na obývané nise, potravní strategii, přijímaných signálech a dalších faktorech souvisejících se způsobem života i života evolučních předků. „Je-li kognice adaptací pro řešení ekologicky významných problémů, pak můžeme očekávat, že spíše než jediný univerzální mechanismus pro řešení všech problémů, nalezneme soubor specializovaných výpočetních mechanismů, určených k řešení specifických úkolů“ (Shettleworth, 2010). V důsledku by to mohlo znamenat, že je možné podle ekologické niky a dalších faktorů určit, jakými kognitivními schopnostmi bude daný druh disponovat (Macphail a Bolhuis, 2001).

Tuto hypotézu podporuje například možnost, že adaptace na podobné socio-ekologické tlaky, mohly zapříčinit nápadnou podobnost v kognitivních schopnostech tak odlišných skupin, jakými jsou primáti a krkavcovití (Emery, 2004).

5. Velký mozek jako evoluční inovace savců

Žádná jiná skupina živočichů na této planetě nedisponuje tak velkými mozky jako savci a je možné, že velký a výkonný mozek by mohl fungovat třeba jako „kognitivní nárazník“, schopný vyrovnat se s nepředvídatelnými tlaky okolí (Barton a Capellini, 2011; González-Lagos et al., 2010; Sol, 2008). Ovšem jelikož spolu velikost mozku a těla přímo souvisí (Deaner et al., 2000), relativní velikost mozku nemusí být pouhou odpovědí na potřebu vysokých kognitivních výkonů, ale může vyplývat z rozmanitých selekčních tlaků na velikost těla (Sol, 2008). Jen v rámci řádu primátů najdeme významné rozdíly v celkové hmotnosti těla. A to od 56 g u makiho trpasličího (*Microcebus murinus*) až po 167 kg samce gorily nížinné (*Gorilla gorilla gorilla*). A s tím, jak roste tělo, klesá relativní velikost mozku, zhruba od 3% do 0,4% hmotnosti těla (Gingerich, 1977; Charvet a Finlay, 2012). Relativní velikost mozku dále významně ovlivňuje fakt, že se změny ve velikosti těla a mozku nemusí odehrávat stejně rychle a u většiny druhů jsou rychlejší právě evoluční změny ve velikosti těla oproti evolučně stálejší velikosti mozku (Dunbar, 1995; Smaers, 2012). Obecný trend je takový, že endotermní obratlovci mají, z makroevolučního hlediska, tendenci k růstu mozkové hmoty (Isler a van Schaik, 2009) a s růstem mozků u primátů a zvláště u člověka,

dochází navíc k alometrickému zvětšení kůry mozkové a to jak absolutně, tak relativně (Charvet a Finlay, 2012).

Velký mozek není v živočišné říši samozřejmostí, jelikož velký a výkonný mozek, je spojen se značnými náklady. Závisí na dostatečné velikosti těla, vysokém energetickém příjmu, dlouhém prenatalním vývoji a náročné péči v dospívání jedince (Barton a Capellini, 2011). Živočichové s velkými těly a vysokou relativní hmotností mozku, spojenou s pomalejším ontogenetickým vývojem, nižším počtem potomků a dlouhou rodičovskou péčí, mohou být zvláště zranitelní při masových vymíráních. Na druhou stranu velký mozek přináší nesporné výhody, jako je dlouhověkost a obecně vyšší inteligence, spojené např. se snazším osidlováním nových území, či schopností vyhýbat se predátorům (Deaner, van Schaik a Johnson, 2006; Isler a van Schaik, 2009; Shultz a Dunbar 2006; Sol, 2008).

5.1 Vývoj mozku

Vývoj jednotlivých center mozku, bývá nejčastěji vysvětlován prostřednictvím dvou hlavních hypotéz (Balsters et al., 2010):

- a) jednotlivá centra se vyvíjí vzájemně a koordinovaně (Balsters et al., 2010).
- b) mozek savců je složen z mnoha funkčně odlišných částí, které se zřejmě vyvinuly působením rozmanitých selekčních tlaků – „mozaiková evoluce mozku“ (Barton a Harvey, 2000; Lefebvre et al., 2004).

Vzhledem ke značné komplexitě mozku a „sesíťování“ jednotlivých struktur je pravděpodobné, že evoluce jednotlivých center neprobíhá zcela nezávisle na ostatních částech, tedy čistě mozaikově, ale jednotlivé části mozku jsou spíše provázané (Balsters et al., 2010; Whiting, 2003). Na základě porovnání velikostí motorické oblasti koncového mozku a mozečku u malp hnědých (*Cebus apella*), šimpanzů (*Pan troglodytes*) a u člověka (*Homo sapiens*) lze předpokládat, že se tyto dvě oblasti mozku vyvíjely společně, evolučně se tak může jednat o jeden komplex (Balsters et al., 2010).

Ovšem pokud se zaměříme na společný vývoj několika oblastí mozku u evolučně vzdálenějších primátů a hmyzožravců dá se usoudit, že ne všechny oblasti na sebe měly v průběhu evoluce stejný vliv a že vývoj kůry mozkové byl u primátů více spojen s vývojem mozečku, než tomu bylo u hmyzožravců. U obou skupin se kůra mozková vyvíjela v závislosti na vývoji mezimozku (Barton a Harvey, 2000).

5.2 Kůra mozková jako sídlo inteligence savců?

Kůra mozková je považována za známku evoluce savčích mozků a změny v její velikosti mají z hlediska evoluce mozku savců zcela výsadní postavení (Barton, 2007). Pokud bychom hledali jednu oblast savčího mozku, ke které se přiklání naprostá většina pozornosti, bez pochyb bychom vždy narazili na kůru mozkovou (*neocortex*), která je zřejmě zodpovědná za rozmanité mezi i vnitrodruhově specifické vzorce chování a za obecnou inteligenci a v podstatě všechny testy inteligence se odvolávají na její velikost u právě zkoumaných jedinců (Barton a Harvey, 2000).

U ptáků se zdá, že schopnosti kůry mozkové nahrazují některé oblasti předního mozku, dříve nazývané jako neostriatum a hyperstriatum ventrale, jejichž velikost koreluje se schopnostmi jako je používání nástrojů či s vytvářením inovací (Emery, 2004; Lefebvre et al., 2004).

Předpokládá se, že inteligence souvisí především s objemem či celkovou nebo relativní velikostí a váhou mozku, mozkové kůry, prefrontálních korových oblastí a se stupněm encefalizace. Ten bývá určen pomocí encefalizačního kvocientu ($EQ = E_a / E_e$), který označuje míru odchylky daného druhu (E_a) od očekávané hodnoty velikosti mozku modelového druhu (E_e) pro daný taxon. U savců je modelovým druhem kočka ($EQ=1$). Podle tohoto modelu má člověk 7 až 8 krát větší mozek, než by se dalo předpokládat (Reader et al., 2011; Roth a Dicke, 2005). Mezdruhové rozdíly mohou spočívat nejen ve velikosti částí mozku, ale také v různém rozložení neuronů a jejich provázanosti (Whiting, 2003). Pokud by to tak bylo, těžko můžeme srovnávat různé druhy pouze podle celkového objemu nebo váhy mozku (Pellis a Iwaniuk, 2002).

Inteligence zřejmě souvisí také s efektivitou přenosu informací, s rychlostí vedení nervového vzruchu, s počtem kortikálních neuronů, který není mezidruhově úměrný velikosti mozku a také s komunikací mezi centry, tedy se schopností mozku pracovat jako celek (Jung a Haier, 2007; Roth a Dicke, 2005). Přesto, že člověk zdaleka nedisponuje největším mozkem v živočišné říši, ani relativně ani absolutně (Smaers, 2012), vzhledem k vysoké hustotě buněk a tloušťce kůry mozkové, mají lidé absolutně největší počet kortikálních neuronů. Více, než mají velcí lidoopi nebo např. slon africký (*Loxodonta africana*) či kosatka černá (*Pseudorca crassidens*). Tloušťka kůry mozkové obecně negativně koreluje s velikostí mozku savců, u kytovců a slonů měří zhruba 1,2 mm a u primátů mezi 2-3 mm (Roth a Dicke, 2005).

5.3 Plasticita mozkové tkáně

Mozková tkáň vykazuje značnou plasticitu a různé části tak mohou do jisté míry přejímat funkce částí narušených. Tato plasticita se mohla vyvinout v reakci na měnící se environmentální podmínky v průběhu života jedince. Je tedy otázka, zda při tak velké plasticitě mozku, hraje jeho velikost, či velikost jeho částí, až tak důležitou roli (Charvet a Finlay, 2012).

Je prokázáno, že se některé oblasti mozku mohou v závislosti na selekčních tlacích a vysoké plasticitě mozkové tkáně pozměnit a to dokonce v průběhu života jedince. Maguire (2000) uvádí, že řidiči londýnských taxíků měli ve srovnání s kontrolní skupinou prokazatelně zvětšený hippocampus posterior na úkor velikosti hippocampu anterior. Velikost hippocampu zde navíc pozitivně koreluje s dobou vykonávání profese. Většími hippocampy disponují také jedinci buňňáčka dlouhokřídlého (*Oceanodroma leucorhoa*), hnízdící v komplexnějším prostředí než ostatní jedinci tohoto druhu (Abbott et al., 1999) a s komplexitou stanoviště a potravního areálu také souvisí relativní objem kůry mozkové u netopýrů (Ratcliffe et al., 2006). U rodu tarbíkomyš (*Dipodomys spp.*), koreluje velikost potravního areálu s velikostí hippocampu (Jacobs a Spencer, 1994). Zdá se tedy, že „relativní velikosti určitých oblastí mozku, mohou souviset s konkrétními kognitivními a behaviorálními požadavky, kterým jsou živočichové vystaveni“ (Ratcliffe et al., 2006).

6. Socialita jako klíč k lidské inteligenci

To že je velký a výkonný mozek z hlediska energetických nákladů a dlouhého ontogenetického vývoje také „drahý“, má ještě jeden důležitý aspekt. A sice, že vliv „trade-off“, tedy určitého kompromisu, mezi mírou růstu populace a velikostí mozku se dá výrazně omezit, pokud se do shánění potravy a výchovy potomků zapojí mimo matky, případně obou rodičů, ještě další jedinci ve skupině. Například psovité šelmy dosahují poměrně vysoké relativní velikosti mozku současně s poměrně vysokým počtem mláďat. U některých primátů se spolu s nutnou péčí v dospívání objevuje také výrazná schopnost učení a spolupráce (Charvet a Finlay, 2012). Je tak možné, že by bez dlouhé rodičovské péče matky a pomoci dalších členů society, zřejmě vůbec nedošlo k tak významnému zvětšení hmoty mozkové a vývoji kognitivních schopností jak je známe (Isler a van Schaik, 2009).

U savců, kteří vedou sociální život, můžeme pozorovat zvětšení mozku, především kůry mozkové, oproti příbuzným druhům se soliterním způsobem života. A relativní velikost kůry mozkové pozitivně koreluje s velikostí society u primátů (zde je tento vztah nejsilnější),

netopýřů, masožravců a kytovců (Dunbar, 1995; Ratcliffe et al., 2006; Reader a Laland, 2002; Shultz a Dunbar, 2007). Sociální interakce spojené s péčí a výchovou mláďat mají tedy s velkou pravděpodobností zcela zásadní význam v evoluci kognitivních schopností mnoha savců v čele s primáty a také některých druhů ptáků (Deaner et al., 2000; van Schaik, Isler a Burkart, 2012).

Jen v rámci primátů existuje mnoho typů uspořádání a velikostí sociálních struktur. Poloopice vedou často solitérní způsob života či tvoří menší skupiny. Naproti tomu vyšší primáti častěji tvoří sociálně složité struktury. Ovšem tato uspořádání se fakticky liší druh od druhu a významný vliv zde může mít např. hojnost potravy. Ve výsledku tedy můžeme konstatovat, že primáti vynikají schopností, tvořit velmi variabilní sociální struktury v závislosti na prostředí (Charvet a Finlay, 2012).

6.1 Hypotéza sociální (Machiavelistické) inteligence

Pokouší se vysvětlit, z jakého důvodu došlo u některých skupin savců k tak významnému rozvoji mozku a především kůry mozkové. Tato hypotéza předpokládá, že neobvykle velké mozky primátů se vyvinuly jako důsledek potřeby zpracovávat složitá data, týkající se především rozmanitých sociálních vztahů tolik charakteristických právě pro tuto skupinu živočichů a jsou tedy adaptací na život ve velkých a komplexních societách (Dunbar, 1995; Reader a Lefebvre, 2001). Hlavními selekčními tlaky, které upřednostňovaly vyšší inteligenci primátů, byly tedy nejspíše jejich složité sociální interakce (Reader a Laland, 2002).

6.2 Teorie mysli

Schopnost teorie mysli (ToM) lze definovat jako „vědomí, že i ostatní mají vlastní mysl, jež obsahuje informace a záměry, které mohou být odvozeny (správně či nesprávně) z jiného chování“ (Roberts et al., 2012). Tato schopnost téměř jistě souvisí s neobvyklou složitostí sociálních vztahů některých primátů a patrně především s vnitrodruhovou kompeticí. Podle Premacka a Woodruffa, umožňuje ToM šimpanzům (*Pan troglodytes*) „chápat, kontrolovat nebo předvídat chování ostatních“ (Call a Tomasello, 2008; Mackintosh, 2000). Zdá se, že šimpanzi mohou chápat jak záměry a cíle, tak také vnímavost, znalosti a zkušenosti dalších jedinců. A mimo to, jak tyto mentální stavy formují úmyslné jednání, šimpanzi tedy nepochybně disponují jistým typem teorie mysli (Call a Tomasello, 2008). Schopnosti spojené s jistou formou teorie mysli vlastní také makak rhesus (*Macaca mulatta*),

ovšem nedosahuje takových výsledků, jako šimpanz (Flombaum et al., 2005; Santos et al., 2006).

Centrem této schopnosti je zřejmě čelní lalok kůry mozkové, jehož velikost koreluje s velikostí běžné society daného druhu. U šimpanzů je to asi 50 členů, lidská společenství tvoří přibližně 150 jedinců, to je do dnes zhruba počet lidí, se kterými udržujeme blízké vztahy. S výrazným zvětšením kůry mozkové se setkáváme až u velkých lidoopů. U člověka je pak tato část více než 4x větší a zřejmě rostla exponenciální rychlostí (Dunbar, 2009; Hermann, 2007). Tomu odpovídá fakt, že člověk v rozmanitých sociálních interakcích včetně schopnosti „čtení myšlenek“ vyniká nad všemi ostatními primáty a ToM je zřejmě jedním z vrcholů kognitivních schopností člověka.

Podle mnohých odborníků i z řad lékařů je nedokonale vyvinutý modul teorie mysli odpovědný za podivné sociální chování u autistů bez ohledu na dosažené IQ. Tomu také odpovídá stav pacientů po nehodě či mrtvici s poškozenými čelními laloky, kteří ztratili schopnost sociálních dovedností (Dunbar, 2009; Mackintosh, 2000).

6.2.1 Intencionalita

Abychom mohli konkrétnímu jedinci přisuzovat schopnost teorie mysli, je nezbytné, aby tento jedinec dosahoval alespoň druhého stupně intencionality. Intencionalita vyjadřuje, do jaké míry jsme si vědomi procesů probíhajících v naší mysli a mysli ostatních jedinců. Nejjednodušší organismy (např. jednobuněční) si svých procesů nejspíše vědomi nejsou, nedosahují tedy žádného stupně intencionality. Intencionalitu prvního stupně můžeme nalézt již u většiny organismů disponujících mozkiem. Takové organismy např. „ví, že mají hlad, a uvědomují si, že poblíž v křoví číhá nepřítel“ (Dunbar, 2009). Intencionalita druhého stupně znamená, že živočich odhaduje, co si asi druhý jedinec myslí. Je tedy předpokladem pro teorii mysli. „Všeobecně se má za to, že u dospělého člověka lze předpokládat maximálně pátý či šestý stupeň intencionality: Petr se domnívá [1], že si Jana myslí [2], že Sára chce [3], aby Petr předpokládal [4], že Jana chce [5], aby Sára věřila [6], že míč je pod polštářem.“ (Dunbar, 2009).

V testech teorie mysli dosahují velmi špatných výsledků, mimo autisty, také jedinci trpící schizofrenií, důsledkem této neschopnosti správně interpretovat úmysly ostatních jedinců jsou zřejmě projevy paranoie (Dunbar, 2009).

6.3 Co mají společného primáti a krkavcovití?

Přesto, že mají mozky primátů a krkavcovitých velice odlišnou stavbu a obě skupiny od sebe dělí více než 300 milionů let evoluce (Lefebvre et al., 2004), mezi oběma taxony se vyvinuly nápadně podobné kognitivní schopnosti, kupříkladu vynikají ve schopnost používání nástrojů (Albiach-Serrano, Bugnyar a Call, 2012). Některé druhy jsou schopné uvažování, ne nepodobného jisté formě ToM. Například sojka západní (*Aphelocoma californica*) volí mezi několika možnostmi při ukládání potravy, podle toho, zda je, či není na blízku potenciální konkurent, tak aby minimalizovala pravděpodobnost vykradení skrýše (Dally et al., 2005).

Pozoruhodné je, že relativní velikost mozku některých krkavcovitých odpovídá relativní velikosti mozku velkých lidoopů (Emery a Clayton, 2004). Vrána černá (*Corvus corone*) má například vyšší encefalizační kvocient než šimpanz (*Pan troglodytes*) (Emery, 2004). Z toho vyplývá, že inteligence není nutně závislá na existenci kůry mozkové a že se komplexní kognitivní schopnosti vyvinuly vícekrát jako odpověď na podobné socio-ekologické tlaky zapříčiněné sociálním způsobem života spojeným s vnitrodruhovou kompeticí (Emery, 2004; Emery a Clayton, 2004). Cesta k pochopení vzniku kognitivních schopností tak dost možná vede přes socio-ekologické podmínky, jako jsou složité sociální vztahy mezi členy skupiny (Emery a Clayton, 2004; Shettleworth, 2010).

6.3.1 Podobné kognitivní schopnosti

Emery a Clayton (2004) popsali tyto typy společných kognitivních schopností objevujících se u primátů i krkavcovitých a rozdělili je do následujících skupin:

- a) pochopení kauzality (příčina/následek) – používání nástrojů, taktické klamání
- b) flexibilita chování (schopnost počítat s nově nabytými informacemi a upravit své chování podle měnících se podmínek, neučit se řešit mechanicky každý problém zvlášť, ale abstrahovat obecná pravidla)
- c) představivost – stálost objektu, kognitivní mapy (mentální reprezentace důležitých bodů svého okolí), episodic-like memory (mentální operace umožňující živočichům, přiřadit si k jednotlivým událostem informaci o čase a prostoru – *kdy* a *kde* se *co* stalo)
- d) prospekce (schopnost představit si možné následky ještě neuskutečněného jednání, např. pokud mě jiný jedinec viděl ukládat potravu, ví tedy, kde jsem jí schoval a mohl by mi jí sebrat)

6.3.2 Převládající role zraku

Primáti zřejmě původně patřili mezi noční živočichy, to samozřejmě u některých druhů platí dodnes. Přiblížení očí tak, že obě oči směřují dopředu, vývoj barevného vidění, rozšíření zrakové kůry a velký mozek v poměru k tělu jsou základními prvky ve vývoji dnešních primátů a právě vývoj mozku u primátů je nejspíše spojen s rozvojem specifických vizuálních mechanismů (Barton, 1998; Barton, 2004). Konkrétně k vývoji barevného vidění přispěl především denní způsobu života v komplexním lesním prostředí (Curley a Keverne, 2005). Schopnost přijímat informace prostřednictvím vizuálních podnětů, zřejmě hraje důležitou roli v sociálních vazbách a manuální zručnosti některých primátů, na rozdíl od mnoha savců, využívajících především podněty čichové a hmatové (Curley a Keverne, 2005). Pro představu tamarín sedlový (*Saguinus fuscicollis*) má o něco menší oblast kůry mozkové, zodpovědnou za somatosenzorický systém, než ježek západní (*Erinaceus europaeus*), ovšem tamarín disponuje zhruba 9 krát větší oblastí zrakové kůry než je tomu u ježka (Barton, 2007).

U krkavcovitých patří zrak, stejně jako u primátů, mezi nejdůležitější smysly (Emery, 2004; Emery a Clayton, 2004). To naznačuje, že složité sociální vztahy a mnohé další schopnosti, alespoň v rámci těchto dvou skupin, vyžadují existenci rozvinutého vizuálního vnímání a velikosti oblastí mozku za něj zodpovědné korelují s velikostmi oblastí, které bývají označeny jako klíčové při zvládnání sociálních interakcí (Byrne a Corp, 2004).

6.4 Hypotéza kulturní inteligence

Hypotéza kulturní inteligence předpokládá, že významné rozdíly v inteligenci lidí a našich nejbližších příbuzných, jsou způsobeny především složitou lidskou kulturou. Člověk je od narození vystaven obrovskému informačnímu a kulturnímu tlaku. Jsme nuceni sdílet znalosti a schopnosti, s ostatními členy lidské society s četnými kulturními zvyklostmi, pravidly a složitou schopností dorozumívání (Hermann et al., 2007). Člověk bez schopnosti „nasát“ alespoň základní kulturní konvence, je bez milosti odsouzen k vyčlenění z „normální“ společnosti.

Tuto hypotézu podporuje studie, která porovnávala výkony dětí ve věku 2,5 roku a dospělých šimpanzů (*Pan troglodytes*) ve stejné sadě testů. Obě skupiny se obdobně potýkaly s problémy „fyzického světa“ (např. prostorová paměť, stálost objektu, mentální rotace, používání nástrojů) a například v používání nástrojů byli výrazně lepší šimpanzi. Ovšem děti excelovaly v řešení sociálních problémů a to především v testech sociálního učení a v testech teorie mysli (Hermann et al., 2007).

6.5 Fenomén „socializace“ a „kulturalizace“

Je velice pravděpodobné, že zvířata odchovaná po boku lidí získají zcela jinou sadu sociálních dovedností, než jakou mají jejich divocí příbuzní, například mohou částečně porozumět lidským gestům (van de Waal, 2010). U psů (*Canis familiaris*) se následkem sociálních tlaků během domestikace vyvinuly ojedinělé schopnosti, interpretovat specifické lidské komunikační signály, k čemuž jejich divocí přeci v podobě vlků (*Canis lupus*) nemají přirozené predispozice (Call et al., 2009; Miklósi et al., 2003). Přesto, že v běžných testech kognitivních schopností psi nevyvíkají nad primáty, v některých testech sociální inteligence je dokonce předčí (Hermann et al., 2007; Call et al., 2009).

Primáti odchovaní lidmi mohou být také poznamenáni jistou formou socializace a mohou tak v některých testech předvádět lepší výsledky nebo zvládat takové testy, které divocí a neproškolení jedinci nezvládnou (Tomasello a Call, 2004).

6.5.1 Jak se učí jazyk?

Pokud bychom mohli jako největší úspěch „socializace“ označit psa domácího (*Canis familiaris*), za největší úspěch „kulturalizace“ by se dal označit program s cílem naučit šimpanze (*Pan troglodytes*) komunikovat pomocí amerického znakového jazyka (ASL). Prvním takovým šimpanzem, kterého se povedlo naučit znakovému jazyku, byla Washoe (Fouts a Mills, 2000). Projekt byl zahájen roku 1966, kdy byla Washoe dovezena z divočiny, ve věku asi 8 až 14 měsíců. Během prvních 7 měsíců se bezpečně naučila používat 4 znaky, za dalších 7 měsíců 9 nových znaků a do 22 měsíců od zahájení projektu již uměla Washoe vhodně a spontánně použít více než 30 znaků (Gardner a Gardner, 1969). Dnes žije Washoe společně s dalšími čtyřmi šimpanzi (Moja, Tatu, Dar a Loulis). Loulis byl Washoe adoptován v jeho 10 měsících věku. Během 7 dní začal znakovat, v 5 měsících již tvořil fráze a během 5 let uměl s jistotou použít nejméně 51 znaků (Leitten et al., 2012).

Vznik jazyka u lidí bývá spojován se vznikem „artefaktů“ jakými jsou například jeskynní malby a bývá datován do doby před 50 000 až 100 000 lety (Lawrence a Sereno, 1991). Proč a jak se jazyk vyvinul, není zcela jasné. Řeč by mohla například sloužit jako sociální inovace, umožňující, na rozdíl od probírání srsti, věnovat se více jedincům současně (Dunbar, 2009). Zdá se, že lidé jsou zřejmě od narození vybaveni schopnostmi usnadňujícími učení a porozumění jazyku. Například novorozenci jsou ve srovnání s tamarínem pinčím

(*Saguinus oedipus*) citlivější na změnu rytmu řeči, zatímco tamaríni reagují spíše na jiné fonologické aspekty (Ramus et al., 2000).

Mackintosh (2000) uvádí, že průměrné děti do 6 let znají asi 14 000 slov a v průměru by se měly naučit 1 nové slovo zhruba každou hodinu. Většinu slov se učíme prostým odvozováním z kontextu vět. S tím, jak snadno se učíme novým výrazům, samozřejmě souvisí i dosavadní slovní zásoba, všeobecné znalosti a také efektivita verbální pracovní paměti (Mackintosh, 2000). Pro pětileté děti, které dosáhly vyššího skóre v testech slovní zásoby a čtení, bylo výrazně snazší, naučit se nová jména pro plyšová zvířátka, než pro děti s horšími výsledky, podstatné je, že všechny testované děti měly v podstatě stejné výsledky z Ravenových matic (Gathercole et al., 1997).

7. Měření inteligence zvířat

Při navrhování testů, je vhodné znát objekt, jehož kognitivní schopnosti zkoumáme, po stránce psychické i smyslové. Je třeba počítat s jistým přirozeným vzorcem chování daného druhu, vědět jakými sensorickými schopnostmi disponuje nebo které oproti člověku postrádá a jak přijaté vjemy „dekóduje“. Test přizpůsobit a eliminovat tak možné rušivé vlivy jako habituace nebo potravní a jiné zvyklosti (Shettleworth, 2000).

U mnohých druhů bývají v některých oblastech znatelné rozdíly také v pohlaví. Například v prostorových testech bývají obecně lepší samci než samice. Tento trend byl sledován nejen u lidí, ale také u hraboše pensylvánského (*Microtus pennsylvanicus*), křečka dlouhoocasého (*Peromyscus maniculatus*) či u laboratorních potkanů (*Rattus norvegicus var. alba*) (Healy a Jones, 2002).

Při snaze porovnat schopnosti jedinců ať už v rámci jednoho druhu, či mezidruhově, je nutné přihlídnout k možnosti, že jsou individuální kognitivní schopnosti ovlivněny také prostředím, ve kterém probíhal ontogenetický vývoj. Při nejmenším je jím ovlivněna zkušenost. Například laboratorní potkani (*Rattus norvegicus var. alba*), chovaní ve velkých klecích společně s dalšími jedinci a různými předměty na hraní, mají údajně větší mozky, než stejně živení potkani, chovaní v izolaci v malých a prázdných klecích (Renner a Rosenzweig, 1987 cit. dle Mackintosh, 2000). Proto je vhodné testovat, pokud možno, takové jedince, kteří byli vystaveni podobným ekologickým podmínkám a tlakům. Tyto individuální rozdíly budou zřejmě nejznatelnější v rámci našeho druhu (Boesch, 2007).

Laboratorní podmínky, nabízejí vysokou míru kontroly a mají zásadní význam pro pochopení mnoha druhů chování a schopností jako učení a paměť, na druhou stranu se

nemusejí ani zdánlivě podobat přirozenému působení studovaných jedinců a ti se nechovají zcela přirozeně (Healy et al., 2009). Výsledky laboratorních testů mohou být ovlivněny četnými proměnnými, např. typem použitých podnětů, velikostí a druhem odměny, věkem či předešlou zkušeností zvířat (Shettleworth, 2003).

Pro dokonalé pochopení funkcí kognitivních schopností u rozličných druhů, je třeba pozorování také v přirozeném prostředí, ve kterém se tyto schopnosti po dlouhou dobu vyvíjely. Pozorování zvířat v přirozeném prostředí sebou nese řadu problémů, např. jak zaručit sledování správného jedince (Healy et al., 2009).

7.1 Hlavní směry ve výzkumu inteligence zvířat

Přehled základních směrů ve výzkumu zvířecího chování, kognitivních schopností a s nimi spojených evolučních, ekologických a anatomických vztahů (Deaner et al., 2000; Healy a Jones, 2002; Charvet a Finlay, 2012; Lefebvre et al., 2004; Shettleworth, 2000).

Srovnávací psychologie:

Je zaměřena především na testy asociativního učení několika exemplárních druhů v zajetí, jako jsou holubi či potkani. Testy by měly měřit obecné schopnosti, které pomáhají zvířeti vyrovnat se s novými událostmi určitou změnou chování.

Srovnávací biologie:

Zabývá se studiem chování řádově stovek druhů v jejich přirozeném prostředí. Bere v potaz vývoj druhu a jeho reakce na přírodní podmínky a další ekologické faktory, které by mohly objasnit mezidruhové rozdíly ve vývoji mozku v průběhu evoluce.

Srovnávací neuroanatomie:

Studuje mezidruhové rozdíly ve stavbě mozku a funkce s ní spojené a porovnává hodnoty jako velikost mozku a velikosti vybraných oblastí s dalšími proměnnými.

Neuroekologie:

Zkoumá vztah určitého druhově specifického chování jako je food-storing (skladování potravy) či repertoár ptačích zpěvů a za něj zodpovědných oblastí mozku a funkcí. Dále se zabývá se vlivem okolního prostředí na různé oblasti mozku a s nimi spojeného chování.

Kognitivní ekologie:

Studuje vývoj kognitivních mechanismů jako vnímání, učení, paměť a rozhodování, ve vztahu k ekologickým podmínkám, jejich funkce a jejich vliv na chování. Hypotézy bývají založeny na pozorování zvířat v přirozených podmínkách.

7.2 Vybrané typy kognitivních úloh

Výkony v kognitivních testech primátů se druh od druhu značně liší. Pokud schopnost obecné inteligence „g“ u primátů opravdu existuje, zdá se, že obsahuje sociální (sociální učení, taktické klamání), technické (používání nástrojů, inovace) a ekologické (shánění potravy, rozmanitost stravy) faktory inteligence. Nedá se tedy říci, že by pouze sociální nebo jen ekologické faktory inteligence zapříčinily vývoj mozku. U zvířat s širokými sociálními vazbami mohou být tyto složky inteligence neoddělitelně spjaty (Reader, 2011).

Taste aversion learning – Jednou z adaptací na prostředí, je zřejmě také schopnost asociovat spolu určité podněty a prožitky (v tomto případě nepříjemného typu), jako například chuť s pocitem nevolnosti nebo zvuk (či záblesk) s elektrickým šokem. Mnohem hůře by fungovala asociace např. chuti s elektrickým šokem. Tyto naučené asociace napomáhají zvířeti určit např. nepoživatelnou potravu a předejít tak případnému otrávení (Macphail a Bolhuis, 2001).

Sociální učení - „Sociální učení je takové učení, které je ovlivněno pozorováním nebo interakcí s jiným jedincem nebo s jeho výrobkem“ (Reader, 2004). Sociální učení také závisí na míře tolerance k ostatním členům v těsné blízkosti (Lonsdorf et al., 2009). Dostatečná míra tolerance je zřejmě nezbytným předpokladem pro mnohé sociální interakce. Například u sociálnějšiho a tolerantnějšího orangutana sumaterského (*Pongo abelii*) se objevuje více rozličných projevů sociálního a kulturního chování než u méně sociálního orangutana bornejského (*Pongo pygmaeus*) (van Schaik, 2003).

Taktické klamání – Týká se takových úkonů, patřících do běžného repertoáru chování svého původce, jež jsou předvedeny za účelem mylného výkladu těchto projevů chování jiným jedincem, k prospěchu původce těchto signálů (Byrne a Corp, 2004).

Většina projevů kognitivních schopností byla pozorována v laboratorních podmínkách a u omezeného počtu druhů. Výjimkou je právě taktické klamání, které bylo pozorováno v terénu u hlavních linií primátů (při nejmenším u 18 druhů). Toto chování významně koreluje s velikostí kůry mozkové (nikoliv však se zbytkem mozku) a s velikostí skupiny, což je v souladu s hypotézou, že růst kůry mozkové byl podnícen rivalitou v sociální skupině, jelikož největšími kompetitory jsou především členové vlastní skupiny (Dunbar, 1995).

Klamání a další složité sociální manipulace jsou založeny na schopnosti rychlého učení, paměti a značných sociálních znalostech a schopnostech, je to tedy schopnost, která vyžaduje určitý substrát v podobě dostatečných kapacit kůry mozkové. Pokud se tedy kůra

mozková primátů výrazně zvětšila v závislosti na takto specifických selekčních tlacích, znamenalo by to možnou existenci mozaikové evoluce (Byrne a Corp, 2004).

Schopnost používání nástrojů (tool use) - Je jednoduše definována jako „použití objektu z vnějšího prostředí jako funkčního rozšíření úst, zobáku, rukou či pařátů, ve snaze dosáhnout bezprostředního cíle“ (Emery a Clayton, 2004). Projevy tohoto chování byly v zajetí studovány již začátkem minulého století, zatímco první studie zaměřené na toto chování v přirozeném prostředí byly prováděny zhruba o šedesát let později (Lonsdorf et al., 2009). Používané nástroje se mohou lišit i v rámci populací jednoho druhu v závislosti na prostředí, zdrojích či kultuře. Divocí šimpanzi (*Pan troglodytes*) používají nástroje především při získávání potravy, zatímco divoký bonobo (*Pan paniscus*) používá nástroje nejčastěji při osobní péči, jako je čištění či ochrana před deštěm, nebo v sociálním kontextu. Největší paleta rozdílných způsobů jak lze používat nástroje, však bývá pozorována v kontextu hry (Gruber et al., 2010). Nejlepších schopností tool use v živočišné říši dosahují hominidé, někteří krkavcovití a mezi kytovci je nejprostudovanějším druhem delfin skákavý (*Tursiops truncatus*) (Albiach-Serrano, Bugnyar a Call, 2012; Harley, 2013).

Zrcadlový test sebeuvědomění (MSR) – Pokud se živočich rozpozná v zrcadle, znamená to, že má zřejmě představu o sobě samém ve světě (Savanah, 2012). Jako první tento test uvedl Gallup (1970), který úspěšně otestoval šimpanze (*Pan troglodytes*). Ani makak medvědí (*Macaca arctoides*) ani makak rhesus (*Macaca mulatta*) však schopnost seberozpoznání neprokázali. To vedlo k závěru, že byl objeven kvalitativní rozdíl v psychických schopnostech primátů (Gallup, 1970). Do dnes se schopnost seberozpoznání neprokázala u ostatních primátů s výjimkou všech zástupců čeledi Hominidae a zdá se tedy, že se tato schopnost mohla vyvinout již u společného předka hominidů (Plotnik et al., 2010; Suddendorf, 2009). Tuto schopnost dále prokazatelně zvládá například slon indický (*Elephas maximus*) nebo delfin skákavý (*Tursiops truncatus*) (Plotnik et al., 2010; Reiss a Marino, 2001). U člověka se tato schopnost začne projevovat někdy okolo druhého roku života (Bertenthal and Fischer, 1978).

7.3 Problematika mezidruhových analýz

Porovnávat inteligenci mezi druhy může být do jisté míry zavádějící či při nejmenším problematické. Velká část studií provádějících meta-analýzu, kombinuje data pořízená za mnohdy zcela nesrovnatelných podmínek a takto pořízené výsledky mohou být často bez výpovědní hodnoty či dokonce protichůdné (Deaner, van Schaik, Johnson, 2006).

Jednotlivé druhy se mohou značně lišit svou vnímavostí, motivací nebo rychlostí motorických projevů. Je tak mnohdy obtížné vytvořit testy, které by odlišně vybaveným jedincům zaručili stejné podmínky a oddělily by tyto vlivy od mezidruhových rozdílů v kognitivních schopnostech (Deaner et al., 2000; Pearce, 2008; Shettleworth, 2000). Za rozdílné výsledky může být zodpovědná odlišná motivace, zkušenosti, věk, způsob chovu, sociální postavení či schopnost přizpůsobení se na testované podmínky (Deaner, van Schaik, Johnson, 2006). Jelikož se druhy liší ve vybavenosti a ostrosti svých smyslů, je vhodné využívat v testech takových signálů a vytvářet takové podmínky, které jsou pro daný druh přirozené a nejsnáze rozpoznatelné. Například primáti vynikají ve schopnosti zpracování vizuálních podnětů a manuální koordinaci, u hlodavců je vhodné použít podněty olfaktorické (Deaner, van Schaik, Johnson, 2006; Macphail a Bolhuis, 2001).

7.4 Obecná schopnost inteligence u primátů

Nelze srovnat všechny druhy na jediné stupnici a podle stejných kritérií. Pokud bychom chtěli provést relevantní měření „obecné inteligence“ napříč druhy, je nutné zajistit rovné podmínky pro všechny. To by znamenalo:

- 1) Porovnávat druhy s co nejpodobnějšími senzoryckými a motorickými vlastnostmi, které se pokud možno přirozeně vyskytují v prostředí stejného typu.
- 2) Eliminovat vliv zbývajících mezidruhových rozdílů.
- 3) Otestovat, zda některé taxony pravidelně dosahují lepších výsledků než jiné (Deaner, van Schaik, Johnson, 2006).

Deaner, van Schaik a Johnson (2006) vypracovali meta-analýzu kognitivních schopností primátů (tabulka 1), do které zahrnuli výlučně takové výsledky, které co nejlépe odpovídají podmínkám popsaným výše. Pro lepší přehlednost jsou uvedeny pouze rody: Plooopice (Strepsirrhini) - *Eulemur*, *Galago*, *Lemur*, *Microcebus*, *Nycticebus*, *Phaner*, *Varecia*; Ploskonosí neboli opice Nového světa (Platyrrhini) - *Aotus*, *Ateles*, *Callithrix*, *Cebus*, *Lagothrix*, *Saimiri*; Úzkonosí neboli opice Starého světa (Catarrhini) - *Cercocebus*, *Cercopithecus*, *Macaca*, *Mandrillus*, *Miopithecus*, *Papio*, *Presbytis*; Gibonovití (Hylobatidae) - *Hylobates*; Hominidé (Hominidae) - *Gorilla*, *Pan*, *Pongo*

Tabulka 1 Srovnání 24 rodů primátů v široké sadě kognitivních testů. Nižší známka značí lepší výsledek. DP - prostorové problémy; PS – prostorové reprezentace (schopnost určit, který z mnoha drátů je spojen s potravou); ID – reprezentace skrytých objektů; TU – používání nástrojů; DL – diskriminační učení; RL – převrácená diskriminace; OD – výběr „zvláštního“ objektu; SO – kategorizace; DR – opožděná odpověď (schopnost udržet si představu).

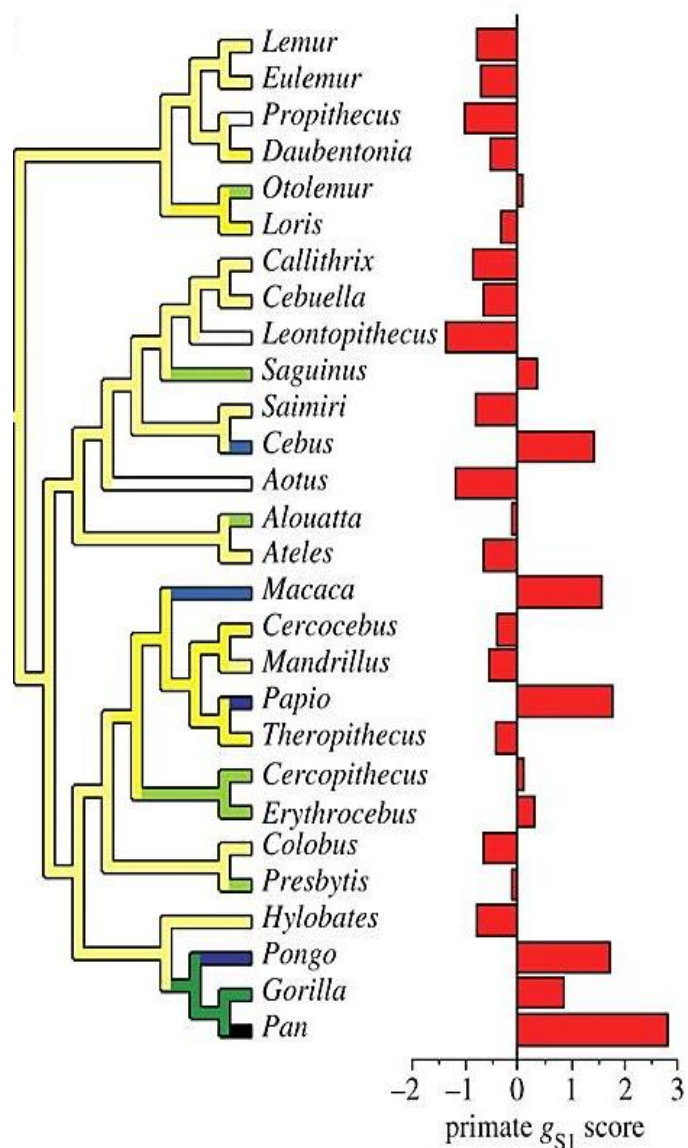
(Převzato z Deaner, van Schaik a Johnson, 2006)

PARADIGM	DP			PS	ID			TU		DL							RL					OD			SO		DR				
PROCEDURE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
GENUS																															
<i>Aotus</i>																					3										
<i>Ateles</i>				3							1								1												
<i>Callithrix</i>										3								2												4	
<i>Cebus</i>		4	9	2.5	1.5	3					2	1.5	2						2.5	2	1	6.5		2	1	2.5			11		
<i>Cercocebus</i>				6.5																										8.5	
<i>Cercopithecus</i>		2	6.5																		1	5		6						5	
<i>Eulemur</i>																					2.5										
<i>Galago</i>																	3														
<i>Gorilla</i>			4	1	1.5										3								1.5							8.5	2.5
<i>Hylobates</i>															5					2	6.5									5	
<i>Lagothrix</i>		3																						1						11	
<i>Lemur</i>		5									3	3			1			3	2.5	8			5								
<i>Macaca</i>	2	2	1	6.5	2.5	2	3			1	1.5	1	2	1	1			1	2.5	1			4	2	3	2.5	2	5	2.5		
<i>Mandrillus</i>				6.5																										5	
<i>Microcebus</i>																							10								
<i>Miopithecus</i>															2								11								
<i>Nycticebus</i>															2																
<i>Pan</i>	1	1	2				1.5							2								1.5	1			1	1	5			
<i>Papio</i>			10																											2	
<i>Phaner</i>																						9									
<i>Pongo</i>			1	1	1	1.5								4								3							1	1	
<i>Presbytis</i>													1																		
<i>Saimiri</i>				2						2	3									4				4	2						
<i>Varecia</i>																														11	

„S opatrností, jelikož všechny druhy nebyly podrobeny všem testům, lze tvrdit, že ‚průměrná opice Starého světa‘ dosahuje lepších výsledků než ‚průměrná poloopice‘ a vyrovnanějších výsledků, než ‚průměrná opice Nového světa‘, v rámci kterých zdánlivě exceloval rod chápan (*Ateles*)“ (Deaner, van Schaik a Johnson, 2006). Velcí lidoopi dosahovali celkově nejlepších a současně nejvyrovnanějších výsledků mezi všemi primáty.

Což by mohlo, mimo jiné, souviset s velikostí těla a tím pádem i většího a výkonnějšího mozku (Deaner et al., 2000; Sol, 2008).

V meta-analýze se neobjevil případ, kdy by nějaký druh výrazně překonal všechny ostatní druhy ve všech testech. Na druhou stranu mnoho druhů vynikalo v jednom či několika málo testech. Pokud by byl některý z taxonů skutečně lepší ve schopnosti „obecné inteligence“, pak by měl dosahovat podobně kvalitních výkonů napříč na sobě nezávislými testy kognitivních schopností (Deaner, van Schaik a Johnson, 2006). Výsledky této meta-analýzy, ale spíše podporují možnost, že větší vliv na kognitivní schopnosti primátů mají v tomto případě socio-ekologické faktory a mnohé druhy tak vynikají v druhově specifických kognitivních schopnostech.



Obr. 3 Distribuce obecné inteligence v rámci primátů. (převzato z Reader et al., 2011)

Jiná meta-analýza (obrázek 3) zaměřená na schopnost obecné inteligence u primátů, odhalila více konvergentních evolučních změn, zvýhodňujících vysokou všeobecnou inteligenci napříč celou linií primátů. A poukázala na čtyři nezávislé odpovědi na tuto selekci, konkrétně u rodů *Cebus*, *Macaca*, *Papio* a čeledi Hominidae.

Vysoká úroveň obecné inteligence se tedy zřejmě vyvinula, jen v rámci primátů, nezávisle nejméně čtyřikrát. „Tato teorie obsahuje nejméně evolučních změn a je tudíž pravděpodobnější, než možnost, že se vysoká obecná inteligence vyvinula již u společného předka dnešních primátů a následně u většiny čeledí vymizela“ (Reader et al., 2011).

8. Závěr

Různé druhy kladou svým způsobem života odlišné nároky na své kognitivní funkce. Je snazší opatřit si méně limitovanou rostlinou potravu jako listy či trávu, než sezónní a nerovnoměrně zastoupené ovoce a sehnat ovoce bývá snazší, než ulovit živou kořist. Proto se dá předpokládat vyšší inteligence u masožravců, či všežravců, než u býložravců. Podobné je to s výchovou mláďat či s životem ve skupině, kdy je nutné zvládnout rozmanité sociální interakce (Lefebvre et al., 2004). Vlastnosti jako nadměrná velikost mozku, velké tělo, prodloužení doby dospívání a délky života spolu, alespoň v rámci savců, pravděpodobně neoddělitelně souvisí. Exemplárními příklady takovéto životní strategie jsou vyšší primáti v čele s člověkem, slonovití a kytovci. Délka života a doba dospívání je u těchto skupin velmi podobná jako u člověka (Charvet a Finlay, 2012). Například slon indický (*Elephas maximus*) dospívá ve věku zhruba 17 let a zřejmě nejstarší jedinec se v zajetí dožil 86 let a velryba grónská (*Balaena mysticetus*) se dle odhadů dožívá více než 100 let a pohlavní dospělosti dosahuje až ve věku 22 let (Wiese a Willis, 2004).

Zda je inteligence „jen“ souborem speciálních schopností, které se vyvinuli jako odpověď na určité prostředí či existuje něco jako obecné vlastnost, lze prozatím jen stěží určit. Prozatím neexistuje jednoznačně uznávaná definice ani zaručená metoda jejího měření (Roth a Dicke, 2005). Colom (2004) píše: „g není měřítkem specifických znalostí, dovedností či strategie při řešení problémů. Spíše než to, odráží individuální rozdíly ve zpracování informací, tedy kapacitu a výkonnost mentálních procesů, díky nimž jsou znalosti a dovednosti získávány a užívány.“ V rámci linií primátů zřejmě existuje určitá schopnost obecné inteligence, kterou lze pozorovat jako podobnosti mezi evolučně nejbližšími druhy, ale stejně tak lze pozorovat mnoho různých specifických projevů mezi druhy vzdálenými. Není zřejmě pochyb že inteligenci formuje také přirozené prostředí okolo nás.

9. Seznam použité literatury

- (1897). Ottův slovník naučný: ilustrovaná encyklopaedie obecných vědomostí. Dvanáctý díl, Ch – Sv. Jan. Str. 684. V Praze: J. Otto
- Abbott, M., Walsh, C. and Storey, A.** (1999). Hippocampal volume is related to complexity of nesting habitat in Leach's storm-petrel, a nocturnal procellariiform seabird. *Brain, behavior and ...* **1999**, 271–276.
- Albiach-Serrano, A., Bugnyar, T. and Call, J.** (2012). Apes (Gorilla gorilla, Pan paniscus, P. troglodytes, Pongo abelii) versus corvids (Corvus corax, C. corone) in a support task: the effect of pattern and functionality. *Journal of comparative psychology (Washington, D.C. : 1983)* **126**, 355–67.
- Balsters, J. H., Cussans, E., Diedrichsen, J., Phillips, K. a, Preuss, T. M., Rilling, J. K. and Ramnani, N.** (2010). Evolution of the cerebellar cortex: the selective expansion of prefrontal-projecting cerebellar lobules. *NeuroImage* **49**, 2045–52.
- Banerjee, K., Chabris, C. F., Johnson, V. E., Lee, J. J., Tsao, F. and Hauser, M. D.** (2009). General intelligence in another primate: individual differences across cognitive task performance in a New World monkey (Saguinus oedipus). *PloS one* **4**, e5883.
- Barton, R. A.** (1998). Visual specialization and brain evolution in primates. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* **265**, 1933–7.
- Barton, R. A.** (2004). Binocularity and brain evolution in primates. **101**, 10113–10115.
- Barton, R. A.** (2007). Evolutionary specialization in mammalian cortical structure. *Journal of evolutionary biology* **20**, 1504–11.
- Barton, R. A. and Capellini, I.** (2011). Maternal investment, life histories, and the costs of brain growth in mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **108**, 6169–74.
- Barton, R. A. and Harvey, P. H.** (2000). Mosaic evolution of brain structure in mammals. *Nature* **405**, 1055–8.
- Beneš, J.** (1994). Člověk. Praha: Mladá fronta
- Bertenthal, B. I. and Fischer, K. W.** (1978). Development of self-recognition in the infant. *Developmental Psychology* **14**, 44–50.
- Black, S. E., Devereux, P. J. and Salvanes, K. G.** (2010). Small Family, Smart Family?: Family Size and the IQ Scores of Young Men. *Journal of Human Resources* **45**, 33–58.
- Boesch, C.** (2007). What makes us human (Homo sapiens)? The challenge of cognitive cross-species comparison. *Journal of comparative psychology (Washington, D.C. : 1983)* **121**, 227–40.
- Brooks-gunn, J., Klebanov, P. K. and Duncan, G. J.** (1996). Ethnic Differences in Children's Intelligence Test Scores: Role of Economic, Deprivation, Home, Environment and Maternal Characteristics. 396–408.
- Burdick, K. E., Lencz, T., Funke, B., Finn, C. T., Szeszko, P. R., Kane, J. M., Kucherlapati, R. and Malhotra, A. K.** (2006). Genetic variation in DTNBP1 influences general cognitive ability. *Human molecular genetics* **15**, 1563–8.
- Byrne, R. W. and Corp, N.** (2004). Neocortex size predicts deception rate in primates. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* **271**, 1693–9.
- Call, J. and Tomasello, M.** (2008). Does the chimpanzee have a theory of mind? 30 years later. *Trends in cognitive sciences* **12**, 187–92.
- Call, J., Kaminski, J., Bräuer, J. and Tomasello, M.** (2009). Domestic dogs are sensitive to a human's perspective. *Behaviour* **146**, 979–998.
- Carraher, T. N., Carraher, D. W. and Schliemann, A. D.** (1985). Mathematics in the streets and in schools. *British Journal of Developmental Psychology* **3**, 21–29.

- Colom, R.** (2004). Working memory is (almost) perfectly predicted by g. *Intelligence* **32**, 277–296.
- Crabtree, G. R.** (2013a). Our fragile intellect. Part I. *Trends in genetics : TIG* **29**, 1–3.
- Crabtree, G. R.** (2013b). Our fragile intellect. Part II. *Trends in genetics : TIG* **29**, 3–5.
- Curley, J. P. and Keverne, E. B.** (2005). Genes, brains and mammalian social bonds. *Trends in ecology & evolution* **20**, 561–7.
- Dally, J. M., Emery, N. J. and Clayton, N. S.** (2005). Cache protection strategies by western scrub-jays, *Aphelocoma californica*: implications for social cognition. *Animal Behaviour* **70**, 1251–1263.
- Deaner, R. O., Nunn, C. L. and van Schaik, C. P.** (2000). Comparative tests of primate cognition: different scaling methods produce different results. *Brain, behavior and evolution* **55**, 44–52.
- Deaner, R. O., van Schaik, C. P. and Johnson, V.** (2006). Do some taxa have better domain-general cognition than others ? A meta- analysis of nonhuman primate studies. 149–196.
- Deary, I. J., Spinath, F. M. and Bates, T. C.** (2006). Genetics of intelligence. *European journal of human genetics : EJHG* **14**, 690–700.
- Deary, I. J., Whiteman, M. C., Starr, J. M., Whalley, L. J. and Fox, H. C.** (2004). The impact of childhood intelligence on later life: following up the Scottish mental surveys of 1932 and 1947. *Journal of personality and social psychology* **86**, 130–47.
- Dunbar, R. I. M.** (1995). Neocortex size and group size in primates: a test of the hypothesis. *Journal of Human Evolution*.
- Dunbar, R. I. M.** (2009). Příběh rodu Homo: nové dějiny evoluce člověka. *Praha: Academia*.
- Emery, N. J.** (2004) Are corvids 'feathered apes'? Cognitive evolution in crows, jays, rooks and jackdaws. In: Watanabe, S (Ed.) *Comparative Analysis of Minds. Keio University Press, Tokyo*.
- Emery, N. J. and Clayton, N. S.** (2004). The mentality of crows: convergent evolution of intelligence in corvids and apes. *Science (New York, N.Y.)* **306**, 1903–7.
- Flombaum, J. I., Santos, L. R. and Haven, N.** (2005). Rhesus Monkeys Attribute Perceptions to Others. **15**, 447–452.
- Fouts, R. a Mills, S. T.** (2000). Nejblížší příbuzní: Co jsem se od šimpanzů dozvěděl o nás. *Praha: Mladá fronta*.
- Frederickson, N. and Petrides, K. V.** (2008). Ethnic, gender, and socio-economic group differences in academic performance and secondary school selection: A longitudinal analysis. *Learning and Individual Differences* **18**, 144–151.
- Gallup G. G.** (1970). Chimpanzees: Self-Recognition. *Science 2 January 1970: Vol. 167 no. 3914 pp. 86-87*
- Gardner, H.** (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences (Third Edition)*. *New York: Basic Books*.
- Gardner, R. a Gardner, B. T.** (1969). Teaching sign language to a chimpanzee. *Science (New York, N.Y.)* **165**, 664–72.
- Gathercole, S. E., Hitch, G. J., Service, E. and Martin, a J.** (1997). Phonological short-term memory and new word learning in children. *Developmental psychology* **33**, 966–79.
- Gillborn, D. and Mirza, H. S.** (2000). Educational inequality: Mapping race, class and gender. *London: Ofsted*.
- Gingerich, P. D.** (1977). Correlation of tooth size and body size in living hominoid primates, with a note on relative brain size in *Aegyptopithecus* and *Proconsul*. *American journal of physical anthropology* **47**, 395–8.
- González-Lagos, C., Sol, D. and Reader, S. M.** (2010). Large-brained mammals live longer. *Journal of evolutionary biology* **23**, 1064–74.

- Gruber, T., Clay, Z. and Zuberbühler, K.** (2010). A comparison of bonobo and chimpanzee tool use: evidence for a female bias in the Pan lineage. *Animal Behaviour* **80**, 1023–1033.
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. a, Head, K. and Alkire, M. T.** (2005). The neuroanatomy of general intelligence: sex matters. *NeuroImage* **25**, 320–7.
- Haier, R. J., Siegel, B., Tang, C., Abel, L. and Buchsbaum, M. S.** (1992). Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning. *Intelligence* **16**, 415–426.
- Harley, H. E.** (2013). Consciousness in dolphins? A review of recent evidence. *Journal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology* **199**, 565–82.
- Healy, S. D. and Jones, C. M.** (2002). Animal learning and memory: an integration of cognition and ecology. *Zoology (Jena, Germany)* **105**, 321–7.
- Healy, S. D., Bacon, I. E., Haggis, O., Harris, a P. and Kelley, L. a** (2009). Explanations for variation in cognitive ability: Behavioural ecology meets comparative cognition. *Behavioural processes* **80**, 288–94.
- Charvet, C. J. and Finlay, B. L.** (2012). Embracing covariation in brain evolution: Large brains, extended development, and flexible primate social systems. *NIH Public Access*. 71–87.
- Isler, K. and Van Schaik, C. P.** (2009). Why are there so few smart mammals (but so many smart birds)? *Biology letters* **5**, 125–9.
- Jacobs, L. F. and Spencer, D.** (1994). Natural Patterns and Hippocampal in Size Kangaroo Rats. **1994**, 125–132.
- Jung, R. E. and Haier, R. J.** (2007). The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence. *The Behavioral and brain sciences* **30**, 135–54; discussion 154–87.
- Komárek, S.** (2012). Ochlupení bližní: zvířata v kulturních kontextech. *Praha: Academia*.
- Lawrence, N. J. and Sereno, M. I.** (1991). Cognitive Science Society . Language And The Primate Brain.
- Lefebvre, L., Reader, S. M. and Sol, D.** (2004). Brains, innovations and evolution in birds and primates. *Brain, behavior and evolution* **63**, 233–46.
- Leitten, L., Jensvold, M. L. A., Fouts, R. S. and Wallin, J. M.** (2012). Contingency in requests of signing chimpanzees (Pan troglodytes). **2**,.
- Lonsdorf, E. V., Ross, S. R., Linick, S. a., Milstein, M. S. and Melber, T. N.** (2009). An experimental, comparative investigation of tool use in chimpanzees and gorillas. *Animal Behaviour* **77**, 1119–1126.
- Lynn, R., and Vanhanen, T.** (2002). IQ and the wealth of nations. *Westport, CT: Praeger*.
- Mackintosh, N. J.** (2000). IQ a intelligence. *Praha: Grada Publishing*.
- Macphail, E. M. and Bolhuis, J. J.** (2001). The evolution of intelligence: adaptive specializations versus general process. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* **76**, 341–64.
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J., Frith, C. D.** (2000). Navigation-re ated structura change in the hippocampl of taxi drivers. **97**, 4398–4403.
- Mcdaniel, M.** (2005). Big-brained people are smarter: A meta-analysis of the relationship between in vivo brain volume and intelligence. *Intelligence* **33**, 337–346.
- Miklósi, Á., Kubinyi, E., Topál, J. and Gácsi, M.** (2003). A simple reason for a big difference: wolves do not look back at humans, but dogs do. *Current Biology* **13**, 763–766.

- Narr, K. L., Woods, R. P., Thompson, P. M., Szeszko, P., Robinson, D., Dimtcheva, T., Gurbani, M., Toga, A. W. and Bilder, R. M.** (2007). Relationships between IQ and regional cortical gray matter thickness in healthy adults. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)* **17**, 2163–71.
- Nee, S.** (2005). The great chain of being. *Nature* **435**, 429.
- Neisser, U., Boodoo, G., Bouchard, T. J. Jr., Boykin, A. W., Brody, N., Ceci, S. J., Halpern, D. F., Loehlin, J. C., Perloff, R., Sternberg, R. J. and Urbina, S.** (1996). Intelligence: Knowns and unknowns. *American Psychologist* **51**, 77–101.
- Pearce, J. M.** (2008). *Animal Learning and Cognition: An Introduction* (3rd ed.). Hove: Psychology Press.
- Pellis, S. M. and Iwaniuk, A. N.** (2002). Brain system size and adult-adult play in primates: a comparative analysis of the roles of the non-visual neocortex and the amygdala. *Behavioural brain research* **134**, 31–9.
- Plotnik, J. M., de Waal, F. B. M., Moore, D. and Reiss, D.** (2010). Self-recognition in the Asian elephant and future directions for cognitive research with elephants in zoological settings. *Zoo biology* **29**, 179–91.
- Ramus, F., Hauser, M. D., Miller, C., Morris, D. and Mehler, J.** (2000). Language discrimination by human newborns and by cotton-top tamarin monkeys. *Science (New York, N.Y.)* **288**, 349–51.
- Ratcliffe, J. M., Fenton, M. B. and Shettleworth, S. J.** (2006). Behavioral flexibility positively correlated with relative brain volume in predatory bats. *Brain, behavior and evolution* **67**, 165–76.
- Reader, S. M.** (2004). Distinguishing social and asocial learning using diffusion dynamics. *Learning & behavior* **32**, 90–104.
- Reader, S. M. and Laland, K. N.** (2002). Social intelligence, innovation, and enhanced brain size in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **99**, 4436–41.
- Reader, S. M. and Lefebvre, L.** (2001). Social learning and sociality. 353–355.
- Reader, S. M., Hager, Y. and Laland, K. N.** (2011). The evolution of primate general and cultural intelligence. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* **366**, 1017–27.
- Reiss, D. and Marino, L.** (2001). Mirror self-recognition in the bottlenose dolphin: a case of cognitive convergence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **98**, 5937–42.
- Renner, J. M. and Rosenzweig, M. R.** (1987). Enriched and impoverished environments: Effects on brain and behavior. Springer-Verlag, New York cit. dle **Mackintosh, N. J.** (2000). IQ a intelligence. Praha: Grada Publishing.
- Roberts, W., McMillan, N., Musolino, E. and Cole, M.** (2012). Information Seeking in Animals: Metacognition? *Comparative Cognition & Behavior Reviews* **8**, 85–109.
- Roth, G. and Dicke, U.** (2005). Evolution of the brain and intelligence. *Trends in cognitive sciences* **9**, 250–7.
- Rushton, J. P. and Ankney, C. D.** (1996). Brain size and cognitive ability: Correlations with age, sex, social class, and race. *Psychonomic Bulletin & Review* **3**, 21–36.
- Rushton, J. P. and Jensen, A. R.** (2005). Thirty years of research on race differences in cognitive ability. *Psychology, Public Policy, and Law* **11**, 235–294.
- Sameroff, a J., Seifer, R., Baldwin, a and Baldwin, C.** (1993). Stability of intelligence from preschool to adolescence: the influence of social and family risk factors. *Child development* **64**, 80–97.
- Santos, L. R., Nissen, A. G. and Ferrugia, J. a.** (2006). Rhesus monkeys, Macaca mulatta, know what others can and cannot hear. *Animal Behaviour* **71**, 1175–1181.

- Savanah, S.** (2012). Mirror self-recognition and symbol-mindedness. *Biology & Philosophy* **28**, 657–673.
- Shettleworth, S. J.** (2001). Animal cognition and animal behaviour. *Animal Behaviour* **61**, 277–286.
- Shettleworth, S. J.** (2003). Memory and Hippocampal Specialization in Food-Storing Birds: Challenges for Research on Comparative Cognition. *Brain, Behavior and Evolution* **62**, 108–116.
- Shettleworth, S. J.** (2010). Cognition, Evolution, and Behavior, second edition. *Oxford University Press*
- Shultz, S. and Dunbar, R. I. M.** (2006). Chimpanzee and felid diet composition is influenced by prey brain size. *Biology letters* **2**, 505–8.
- Shultz, S. and Dunbar, R. I. M.** (2007). The evolution of the social brain: anthropoid primates contrast with other vertebrates. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* **274**, 2429–36.
- Smaers, J. B., Dechmann, D. K. N., Goswami, A., Soligo, C. and Sa, K.** (2012). Comparative analyses of evolutionary rates reveal different pathways to encephalization in bats, carnivorans, and primates.
- Smith, J. D., Beran, M. J., Couchman, J. J., Coutinho, M. V. C. and Boomer, J. B.** (2009). Animal Metacognition: Problems and Prospects. *Comparative Cognition & Behavior Reviews* **4**, 40–53.
- Sol, D., Bacher, S., Reader, S. M. and Lefebvre, L.** (2008). Brain size predicts the success of mammal species introduced into novel environments. *The American naturalist* **172** Suppl 1, S63–71.
- Spearman, C.** (1927). The abilities of man. *London: Macmillan* cit. dle **Mackintosh, N. J.** (2000). IQ a intelligence. *Praha: Grada Publishing*.
- Spearman, C.** (1927). The abilities of man. *London: Macmillan*.
- Spearman, C.** (1927). The Abilities of Man: Their nature and measurement. *New York: Macmillan*.
- Sternberg, R. J.** (1985). Beyond IQ: A triarchic theory of intelligence. *Cambridge University Press, New York* cit. dle **Mackintosh, N. J.** (2000). IQ a intelligence. *Praha: Grada Publishing*.
- Sternberg, R. J.** (2009). Kognitivní psychologie. *Praha: Portál*.
- Suddendorf, T. and Collier-Baker, E.** (2009). The evolution of primate visual self-recognition: evidence of absence in lesser apes. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* **276**, 1671–7.
- Thurstone, L. L. and Thurstone, T. G.** (1941). Factorial studies of intelligence. *University of Chicago Press, Chicago* cit. dle **Mackintosh, N. J.** (2000). IQ a intelligence. *Praha: Grada Publishing*.
- Tomasello, M. and Call, J.** (2004). The role of humans in the cognitive development of apes revisited. *Animal cognition* **7**, 213–5.
- Turkheimer, E., Haley, A., Waldron, M., D'Onofrio, B., and Gottesman, I. I.** (2003). Socioeconomic status modifies heritability of IQ in young children. *Psychological Science*, **14**(6), 623–628.
- Van de Waal, E. and Bshary, R.** (2010). Contact with human facilities appears to enhance technical skills in wild vervet monkeys (*Chlorocebus aethiops*). *Folia primatologica; international journal of primatology* **81**, 282–91.
- Van Schaik, C. P., Ancrenaz, M., Borgen, G., Galdikas, B., Knott, C. D., Singleton, I., Suzuki, A., Utami, S. S. and Merrill, M.** (2003). Orangutan cultures and the evolution of material culture. *Science (New York, N.Y.)* **299**, 102–5.

- Van Schaik, C. P., Isler, K. and Burkart, J. M.** (2012). Explaining brain size variation: from social to cultural brain. *Trends in cognitive sciences* **16**, 277–84.
- Van Woerden, J. T., van Schaik, C. P. and Isler, K.** (2010). Effects of seasonality on brain size evolution: evidence from strepsirrhine primates. *The American naturalist* **176**, 758–67.
- Whiten, A. and van Schaik, C. P.** (2007). The evolution of animal “cultures” and social intelligence. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* **362**, 603–20.
- Whiting, B. . and Barton, R. .** (2003). The evolution of the cortico-cerebellar complex in primates: anatomical connections predict patterns of correlated evolution. *Journal of Human Evolution* **44**, 3–10.
- Wiese, R. J. and Willis, K.** (2004). Calculation of longevity and life expectancy in captive elephants. *Zoo Biology* **23**, 365–373.
- Woodley, M. A., te Nijenhuis, J. and Murphy, R.** (2013). Were the Victorians cleverer than us? The decline in general intelligence estimated from a meta-analysis of the slowing of simple reaction time. *Intelligence*.