

**Univerzita Karlova  
Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie  
Studijní obor: BBI



**Anna Kolářová**

Manipulace fyzickým prostředím a kognice u primátů:  
Ontogenetický vývoj

Manipulation of physical environment and cognition in primates:  
Ontogenetic development

**Bakalářská práce**

Školitel: PhDr. RNDr. Tereza Nekovářová, Ph. D.

Konzultant: RNDr. Eva Landová, Ph. D.

Praha, 2021



### **Prohlášení**

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

V Praze dne 5. 5. 2021

.....

podpis

## **Poděkování**

Touto cestou bych ráda poděkovala mé školitelce PhDr. RNDr. Tereze Nekovářové, Ph.D. za cenné rady, čas, odborné vedení, připomínky, ale hlavně trpělivost při procesu vzniku mé bakalářské práce. Velký dík patří také mé konzultantce RNDr. Evě Landové, Ph.D. za podporu a pomoc s výběrem a pojetím finálního tématu práce. V neposlední řadě bych ráda poděkovala svým blízkým, kteří mě po celou dobu mého studia podporovali.

## **Abstrakt**

Kognitivní schopnosti jsou pro primáty zásadním faktorem, který jim umožňuje správně vnímat prostředí, které je obklopuje, a adekvátně na něj reagovat. Tato bakalářská práce se věnuje kognitivním fenoménům, které jsou často spojovány s porozuměním fyzickému prostředí a manipulací s objekty. Velká pozornost je směřována na kauzální uvažování, stálost objektu a používání nástrojů. Zvláštní důraz je kladen na ontogenezi těchto kognitivních schopností. Jednou z hlavních otázek je jakým způsobem se vývoj liší u lidí a non-humánních primátů. I přesto, že mají non-humánní primáti stejně jako lidé velmi komplexní znalosti o zákonitostech fyzického prostředí, kauzální uvažování a stálost objektu se u těchto příbuzných druhů vyvíjí velmi podobně, ale zdaleka ne stejně. Velká rozdílnost je pozorována hlavně v oblasti tempa vývoje. Používání nástrojů je u lidí i non-humánních primátů silně ovlivněno sociálním učením a tradicemi.

**Klíčová slova:** primáti, fyzické prostředí, kognitivní schopnosti, kauzální uvažování, stálost objektu, manipulace s objekty, používání nástrojů, ontogeneze

## **Abstract**

Cognition is a crucial factor for primates as it allows properly perceive and respond to the surrounding environment. This thesis is devoted to cognitive phenomena, which are often associated with understanding the physical environment and object manipulation. Much attention is focused on causal reasoning, object permanence and tool using. Particular emphasis is placed on the ontogenesis of these cognitive abilities. One of the main questions is how development differs between humans and non-human primates. Despite the fact that non-human primates, just like humans, have a very complex knowledge of the laws of the physical environment, causal reasoning and object permanence develops in a very similar way for these related species, but far from the same way. A large disparity is observed mainly in the area of the pace of development. Tool use in humans and non-human primates is strongly influenced by social learning and traditions.

**Key words:** primates, physical environment, cognitive abilities, causal reasoning, object permanence, object manipulation, tool using, ontogeny

# Obsah

1 Úvod.....	6
2 Porozumění fyzickému světu u primátů .....	7
2.1 Kauzální uvažování .....	7
2.2 Ontogeneze kauzálního uvažování .....	10
3 Stálost objektu.....	14
3.1 Stálost objektu a vyšší primáti.....	16
3.2 Ontogeneze stálosti objektu.....	17
4 Používání nástrojů .....	21
4.1 Používání nástrojů u volně žijících primátů .....	22
4.2 Sekvenční používání nástrojů .....	25
4.3 Ontogeneze používání nástrojů .....	26
4.3.1 Inovativní učení .....	26
4.3.2 Sociální učení.....	28
5 Závěr .....	31
6 Seznam použité literatury .....	33

# 1 Úvod

Základem chování veškerých živočichů, včetně člověka, je kognice (Meulman et al., 2013). Kognitivní procesy jsou u non-humánních primátů i u lidí nemálo sledovanou doménou. Jsou často skloňovaným fenoménem, protože rozvoj kognice vedl u evolučně nejúspěšnějšího druhu z řad primátů, člověka, k vytvoření lidské společnosti, jak ji známe dnes. Non-humánní primáti disponují znalostmi o fyzickém světě, které se mnohdy mohou přibližovat těm, které mají lidé (Herrmann et al., 2010). Mezidruhové kognitivní testování s sebou přináší problém, kterým je antropocentrické zkreslení. Studie mají tendenci non-humánní primáty kriticky hodnotit v porovnání s lidmi. Je důležité si uvědomit, že všechny druhy primátů jsou skvěle přizpůsobeny svému prostředí. I přesto, že hodnotíme úspěšnost v kognitivních schopnostech, nejde o hodnocení druhu jako takového.

Aby mohl primát efektivně manipulovat fyzickým prostředím a dosáhnout tak například výživnější potravy, musí nejprve porozumět aspektům přírodních zákonitostí. Ať už budeme mluvit o kauzálním uvažování, které jedinci umožňuje uvědomit si, jakým způsobem jsou provázány dvě události, a zároveň je stavebním kamenem pro používání nástrojů, nebo o stálosti objektu, díky které si jedinec uvědomuje existenci předmětu i přesto, že ho nemůže vidět, cítit, slyšet či osahat. Zmíněné fenomény jsou u lidí i non-humánních primátů pozorovány autory mnoha studií desítky let, a přesto jsou stále velmi zajímavým tématem a nemůžeme s jistotou tvrdit, že o nich víme vše. O to zajímavější se jeví ontogeneze těchto kauzálních schopností a případné ontogenetické rozdíly mezi lidmi a non-humánními primáty.

Cílem této bakalářské práce je vytvořit kritické review zaměřené na porozumění fyzickému prostředí, manipulaci s předměty a na ní navazující používání nástrojů u non-humánních primátů a lidí. Důraz je kladen především na ontogenezi fenoménů kauzálního uvažování, stálosti objektu a používání nástrojů.



## 2 Porozumění fyzickému světu u primátů

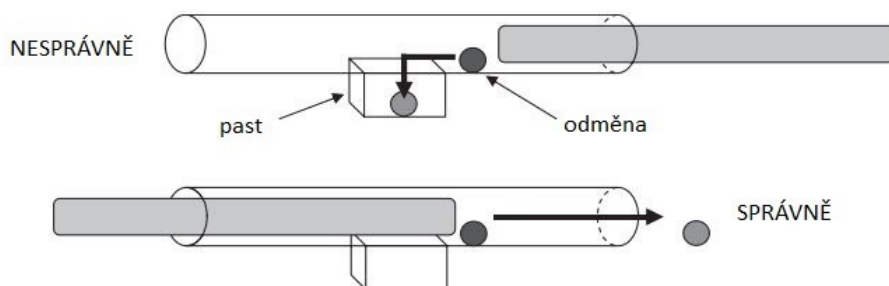
Kognitivní dovednosti pozorujeme buď v sociální (psychologické sféře) – schopnost porozumět gestům, předvídat chování ostatních členů skupiny, případně porozumět psychologickým stavům ostatních jedinců (Visalberghi & Tomasello, 1998) – nebo ve fyzické sféře (matematicko-logická a fyzická kognice). Matematicko-logická kognice je soubor znalostí o základních vztazích mezi objekty či jejich reprezentacemi, které nejsou nijak ovlivněny okolnostmi a zahrnují zařazení do tříd nebo numerické vztahy v abstraktní formě. Např. když změním rozložení několika předmětů v prostoru, změní se tím pozice předmětů vůči sobě, ale počet předmětů a předměty samotné zůstanou stejné. Fyzická kognice je obecně definována jako znalost souvislostí a vzájemných vztahů předmětů, které jsou ovlivněny okolními podmínkami prostředí a vše se odehrává ve fyzickém prostředí, nikoli abstraktním jako je tomu u kognice matematicko-logické. Zahrnuje porozumění kauzalitě, prostorovým souvislostem, ale také časové souvislosti. Např. pokusíme-li se použít jednu kulečnickovou kouli k odpálení koule druhé, úspěch bude záviset na několika okolnostech – jak silně do první koule šťouchneme, jakým směrem se bude kutálet, zda se koule vůbec prostorově střetnou a naše akce bude mít efekt, či nikoli (Langer, 2005).

Lidé a non-humánní primáti sdílejí mnoho kognitivních dovedností, které ve fyzickém prostředí běžně používají (Herrmann et al., 2010). Pohyby lidí a objektů jsou řízeny fyzikálními zákony, kterým by měli primáti porozumět, protože se od nich odvíjí mnoho procesů, kterým budou v budoucnu svědky a na něž budou muset v každodenním životě reagovat (Redshaw, 1978). Většina kognitivních dovedností je formována díky senzomotorické inteligenci. Vauclair (1982) klade důraz na odlišování této inteligence od chování, k němuž jedinec došel díky sociálnímu učení prostřednictvím hry nebo imitace. Je ale důležité dodat, že činnost, kterou se jedinec naučil skrze sociální interakce nemusí být nutně pouze imitací, nebo naučeným zvykem, aniž by došlo i k porozumění fyzikálním souvislostem. Toto chování může být často kombinací několika aspektů, včetně kauzálního uvažování a porozumění fyzikálním silám.

### 2.1 Kauzální uvažování

Porozumění kauzalitě je obecně porozumění tomu, proč vede jedna událost k druhé a jak jsou spolu provázané (Visalberghi & Tomasello, 1998). Kauzální znalosti je možné rozdělit na „silné“ a „slabé“. „Silné kauzální znalosti“ se vyznačují rychlým porozuměním, které zahrnuje učení vhladem. „Slabé kauzální znalosti“ jsou pak takové, které jsou výsledkem asociativního učení a závisí na mnoha opakováních dvou na sebe navazujících událostí

(Kummer, 1995). Z mnoha druhů primátů používajících nástroje excelují v porozumění kauzálním vztahům mezi použitím nástroje a výsledkem jeho použití lidé (Peeters et al., 2009). Kauzální uvažování je považováno za centrální kognitivní kompetenci, která je základem pro rozhodování, řešení problémů, plánování aktivit a další procesy v životě primátů (Waldmann & Hagmayer, 2013). Lidoopi, konkrétně šimpanzi (*Pan troglodytes*), fyzikální kauzalitě v jisté míře rozumějí. Spolu s malými dětmi (*Homo sapiens*) mají velmi podobné výsledky, což se ale mění okolo třetího roku života dětí, kdy se děti stávají významně úspěšnějšími než šimpanzi. Tuto domněnku potvrdily následující studie za použití „trap tube task“ k porovnání kognitivních schopností zahrnujících kauzální uvažování. Principem této úlohy je postrčit odměnu ze správné strany tyčí tak, aby vypadla ven, nikoli spadla do pasti, ze které není možné ji získat (obrázek 1). Visalberghi & Limongelli (1994) poukázali na to, že malpám (*Cebus apella*) se v této úloze příliš nedaří a jejich úspěch je spojen spíše s asociativním učením, kdy si jedinec propojí svůj výsledek s danou činností. U šimpanzů existují dvě teorie: 1. Šimpanzi podobně jako malpy řeší úlohu asociativními adaptacemi. 2. Šimpanzi kauzalitě dokáží porozumět, ale potřebují více opakování. Autoři se na základě svých výsledků přiklání k druhé hypotéze (Limongelli et al., 1995). U dětí je zlomovým bodem dosažení věku tří let, kdy se jim tato úloha daří velmi dobře, do té doby si s ní poradit nedokáží (Visalberghi & Tomasello, 1998).

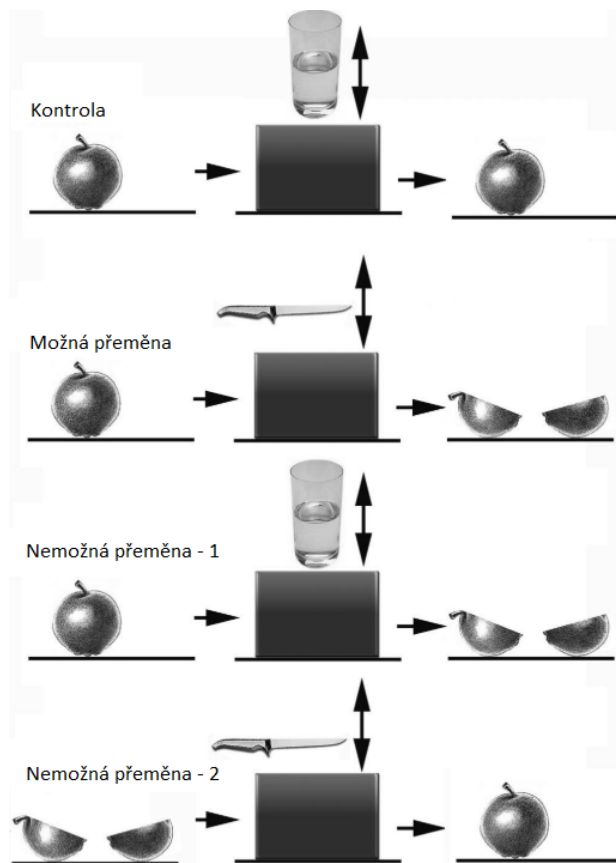


Obrázek 1: Aparatura úlohy „trap tube task“ (Horner & Whiten, 2007).

Horner & Whiten (2007) testovali pomocí „trap tube task“ šimpanze a děti ve věku tři až šesti let. Dospělí šimpanzi a mladší děti ve věku tři až čtyř roků jsou dle jejich výsledků schopni využít poznatků z pozorování úlohy prováděné někým jiným. Tato skutečnost poukazuje na schopnost sociálně se učit prostřednictvím imitace. Úspěch jim to však přináší pouze pokud imitují úspěšné pokusy, z chyb druhých se poučit neumí. Děti v tomto věku pravděpodobně nedokáží správně porozumět příčinnosti, která nepřináší úspěch, ale neúspěch. Zvrat pozorovali u dětí ve věku pět až šest let, které již byly schopny úlohu vyřešit naprosto samy a pozorování jejich výsledek nijak neovlivňovalo. Výsledky takto starých dětí byly stejné

ve všech variantách úlohy – samostatné řešení, pozorování úspěšného pokusu, pozorování neúspěšného pokusu. A není tedy možné rozeznat, zda jim úspěch přineslo porozumění neúspěšnému pokusu, nebo excelentní dovednost bez jakékoli pomoci.

Sabbatini et al. (2012) přišli se studií porovnávající malpy a šimpanze v úloze, při které byla odměna umístěná v trubce a testovaní jedinci měli za úkol zvolit dostatečně dlouhou tyč, aby na odměnu dosáhli a vytlačili ji ven. Tyč byla volena na základě dvou parametrů – funkční vlastnosti (délka) a nefunkční vlastnosti (barva a tvar rukojeti). Navíc polovinu jedinců testovali na průhledné a polovinu na neprůhledné aparatuře. U neprůhledné aparatury sice subjekty odměnu neviděly, ale před samotným testováním jim bylo představeno fungování aparatury při seznamovací fázi. I přesto, že primáti odměnu neviděli, díky předchozí zkušenosti věděli, že jim řešení úlohy odměnu přinese a byli tedy dostatečně motivováni i bez vizuálního vjemu.



Obrázek 2: Možné a nemožné přeměny jablka, pomocí nože a sklenice (Hihara et al., 2003).

Malpy nejdříve tyč volily na základě zajímavosti rukojeti, ale po několika pokusech začaly posuzovat délku. Šimpanzi od začátku posuzovali funkční vlastnost. Oba druhy se tak nakonec věnovaly správné vlastnosti. Šimpanzi rychleji pochopili, že nejdelší tyč funguje k získání odměny nejlépe. Rozdíl mezi průhlednou a neprůhlednou aparaturou nebyl zaznamenán a předchozí seznámení s aparaturou jedincům zajistilo motivaci a informovanost o úloze.

Jako doklad porozumění kauzalitě se používá také tzv. metoda „doby pohledu“, kdy doba pohledu signalizuje, zda jedinec považuje situaci za překvapivou nebo dokonce nereálnou. Jedincům jsou předváděny možné i nemožné transformace

předmětů a na základě toho, jak dlouho se na výslednou přeměnu testovaní jedinci dívají, se vyhodnocuje porozumění situaci. Hauser a Spaulding (2006) tuto metodu využili ve své studii s makaky rhesus (*Macaca mulatta*) žijícími ve volné přírodě, kteří neměli jakoukoli předchozí zkušenost s tím, co jim bylo ve studii předkládáno. Pozorované přeměny probíhaly za zástěnou, testovaní jedinci viděli pouze výchozí a výsledný předmět, nikoli přeměnu samotnou.

Konkrétně makakům demonstrovali rozříznutí jablka pomocí nože a sklenice (obrázek 2), jablko bylo zakryto zástěnou a jedinec sledoval, který nástroj je používán k přeměně a následně byla zástěna odstraněna. V další části byl obarvován bílý ručník, pomocí modré vody a modře zbarveného nože, opět bylo možné za zástěnou vidět pouze pohyb daným nástrojem, nikoli přeměnu samu o sobě. Závěr studie byl poměrně jednoznačný – v obou částech studie se makaci dívali déle, pokud byla přeměna nemožná. I na základě jedné jediné události, aniž by předtím prošli tréninkem, byli schopni využít vědomostí o fyzickém světě a vytvořit příčinné závěry. Že mají makakové komplexní kognitivní schopnosti podporuje i studie, která se zabývá rychlým učením sekvenčního používání nástrojů u makaků červenolících (*Macaca fuscata*). Podle Hihara et al. (2003) jsou schopni při řešení úloh flexibilně používat předchozí zkušenosti v závislosti na požadavcích situace a plánovat strategie k úspěšnému řešení úlohy.

Kauzalitě tedy rozumějí kromě lidí nejen šimpanzi (Limongelli et al., 1995; Sabbatini et al., 2012), ale také další druhy primátů. Gorily dosahují velmi podobných výsledků, kauzalitě v jisté míře rozumějí, i přesto jako „činitele akcí“ nedokáží identifikovat někoho jiného než sebe (Redshaw, 1978). Orangutani též kauzalitě rozumějí, problém mají podobně jako ostatní druhy lidoopů s abstraktním a symbolickým myšlením (Albiach-Serrano et al., 2015). Dalším často testovaným druhem jsou makakové, kteří se zdají být poměrně úspěšnými, hlavně pak v úlohách, které testují pohyby očí a dobu pohledu (M. D. Hauser, 2003; M. Hauser & Spaulding, 2006). Malpy, jako nejčastěji testovaný druh opic nového světa, příliš úspěšné nejsou. Zvládají posuzovat vlastnosti předmětů, ale závěry o událostech vytvářejí primárně na základě jednodušších kognitivních strategií jako je propojování asociací (Albiach-Serrano et al., 2015; Visalberghi & Limongelli, 1994).

## 2.2 Ontogeneze kauzálního uvažování

U lidí se fyzická a matematicko-logická kognice vyvíjí v raném dětství, a to současně. Zajímavé je, že opice mají vývoj fyzické a matematicko-logické kognice časově oddělen, což může poukazovat na jiné působení faktorů, kterými jsou kognitivní schopnosti formovány (Langer, 2006). Zdá se, že ačkoli se u dětí obě kognitivní domény vyvíjejí paralelně a jejich vývoj je ovlivněn stejnými vlivy prostředí, vývoj matematicko-logické kognice je prodloužen a trvá déle než u ostatních primátů. Rozdíl pozorujeme i mezi opicemi (malpa, makak) a šimpanzi. Opice mají vývoj oddělen úplně, kdežto šimpanzi vykazují částečně asynchronní vývoj. Vývoj fyzické a vývoj matematicko-logické kognice se u šimpanzů částečně překrývají. V době překryvu jsou formovány stejnými vlivy prostředí (Langer, 2005).

Jean Piaget (1954) je do dnes často skloňován v kontextu stálosti objektu (viz kapitola Stálost objektu), nicméně protože popsal senzomotorické adaptace komplexně, věnoval se i tématice vývoje kauzálního uvažování. V šesti měsících mají děti podle jeho pozorování jistý smysl pro kauzalitu, který ale primárně souvisí se sekundárními cirkulárními reakcemi, kterými se dítě snaží vyvolat opakování zajímavých efektů v okolním prostředí. Ve dvanácti měsících by pak děti měly rozeznávat vnější kauzální souvislosti a rozlišovat samy sebe od svého okolí. Ve dvou letech rozeznávají kauzalitu psychologickou a fyzickou. Fyzické kauzalitě rozumějí jako vztahům mezi objekty. Postupem času se ale začaly objevovat studie, které sice nezavrhovaly Piagetovy závěry, nicméně nastínily možnost, že děti mají v raném věku mnohem komplexnější kauzální znalosti, než se předpokládalo. Kotovsky & Baillargeon (2000) jsou v návaznosti na své výsledky přesvědčeni, že děti již ve věku sedm a půl měsíce rozumí kolizi dvou předmětů, po které se druhý předmět začne pohybovat. Leslie & Keeble (1987) a Cohen & Amsel (1998) porozumění principům kolize přisuzují dokonce již dětem ve věku šesti měsíců. Všechny tyto studie se odkazují na nepřímé důkazy v podobě „doby pohledu“, která je u pro děti srozumitelných událostí kratší. Visalberghi & Tomasello (1998) v ontogenezi kauzálního uvažování označují jako zcela zásadní dosažení věku tří let, kdy děti dokáží poprvé samostatně úspěšně vyřešit „trap tube task“, která vyžaduje komplexní kauzální vědomosti.

Saxe et al. (2005) testovali schopnost kauzálních závěrů u deseti a dvanáctiměsíčních dětí. Aparatura, kterou děti pozorovaly, byla složena z pódia, na kterém byla umístěna stěna a v každém pokusu byl přes tuto stěnu hozen látkový váček. V první části experimentu se po dopadu váčku na pódium objevila lidská ruka, buď ze strany odkud byl váček hozen, nebo ze strany opačné. Stejný proces opakovali s dřevěným vláčkem místo ruky. Výsledky byly vyhodnocovány opět na základě „doby pohledu“ na aparaturu. Děti se dívaly déle, pokud se ruka objevila z opačné strany, než ze které letěl váček. Takto staré děti předpokládají, že příčinnou pohybu neživého objektu je lidská ruka, i přesto, že nevidí člověka jako celek. Pravděpodobně je to způsobeno tím, že si dokáží uvědomit mechanickou funkci ruky, jejíž tvar je vhodný na uchopování a přesouvání neživých předmětů. Zároveň autoři předpokládají, že děti běžně pozorují ruce a mají s nimi zkušenost jako se zdrojem akce, která vede k zajímavému cíli. Výsledky z části experimentu s vláčkem ukazují, že děti se dívaly stejně dlouho, ať už se vláček objevil zprava nebo zleva. Autory tyto skutečnosti vedly k závěru, že děti v tomto věku dokáží odvodit zdroj pohybu a uvědomují si, že neživá hračka se nemůže hýbat sama natož jinými předměty. Margaret Redshaw (1978) potvrzuje, že děti ve věku okolo jedenácti měsíců jsou schopny vnímat i jiné jedince (v tomto případě dospělého člověka) jako tzv. činitele akce.

Zároveň upozorňuje na skutečnost, že gorilí mláďata toho nejsou schopna a svou pozornost zaměřují pouze na předměty, se kterými se snaží akce vytvářet ona sama.

Zajímavou odlišnost mezi dětmi a šimpanzi pozorovali Tomonaga et al. (2007), kteří testovali dvouleté, čtyřleté a dospělé šimpanze v úloze, která poukazuje na uvědomění gravitace a přítomnost gravitačního předsudku. Princip spočívá v padání odměny skrz trubku, dvě trubky jsou v aparatuře buď paralelně (rovné) nebo diagonálně (překřížené), umístění a směr trubek testovaný jedinec dobře vidí. Gravitační předsudek vzniká jako chyba u diagonálních trubek, kdy jedinec očekává vypadnutí odměny pod místem, kde odměna zmizela v trubce, nikoli na konci diagonály. Tato chyba je pozorována u všech tří věkových kategorií šimpanzů. Bruce M. Hood (1995) testoval děti ve věku dvou a čtyř let v úloze, která fungovala na podobném principu jako ve studii se šimpanzi. Čtyřleté děti si vedly výrazně lépe než děti dvouleté. Autoři upozornil na fakt, že v průběhu kognitivního vývoje dětí se zmenšuje četnost chyb způsobených gravitačním předsudkem.

Albiach-Serrano et al. (2015) porovnali dvouleté, tříleté a čtyřleté děti s dospělými šimpanzi a orangutany v úloze, která měla dvě varianty. Subjekty posadili za plexisklo a v obou variantách jim prezentovali dva pruhy papíru (1. nepřerušovaný a 2. přerušovaný), na jejichž konci byla umístěna odměna. V první části byly pruhy papíru reálné, v druhé pouze namalované na pracovní desce. Malovaná verze úlohy představovala nutnost abstraktního řešení, tedy vyřešení úlohy spočívalo ve správném výběru (označení) malovaného nepřerušovaného pruhu k zisku odměny na jeho konci, nikoli zatažení za něj, jak tomu bylo ve verzi reálné. V reálné verzi dosahovali lidoopi spolu s dvouletými dětmi podobných výsledků a byli méně úspěšní než tříleté a čtyřleté děti. Malovaná verze úlohy se dařila vyřešit pouze čtyřletým dětem. Tato skutečnost pravděpodobně poukazuje na to, že lidoopi a mladší děti hledají v úloze kauzalitu, kterou však malovaná verze neposkytuje. Důvodů, proč jsou starší děti úspěšné v malované verzi, může být více – rapidně se u nich v tomto věku zlepšují asociační dovednosti, zlepšuje se u nich abstraktní vnímání a zasahuje i symbolické myšlení. Závěry této studie naznačují, že právě symbolické myšlení by mohlo být jedním z hlavních rozdílů v kognitivních schopnostech lidí a non-humánních primátů.

Porozumění kauzálním vztahům se dle Spinozzi & Potí (1993) u šimpanzů a dětí v pořadí vývojových kroků v průběhu ontogeneze nijak podstatně nerozchází. Stejný závěr uvádí i Mathieu et al. (1980), kteří tvrdí, že senzomotorický vývoj dětí a šimpanzů je téměř shodný. I tak ale byly pozorovány nezanedbatelné odlišnosti v tempu a posloupnosti vývoje.

Jedním z důležitých aspektů formujících následné používání nástrojů je správné kombinování předmětů, které s kauzálním uvažováním souvisí. Šimpanzí mláďata vykazují

chování zahrnující kombinování předmětů nejpozději v prvním roce života (Hayashi & Matsuzawa, 2003). Okolo stáří jednoho a půl roku se zájem o předměty a manipulaci s nimi zvyšuje a jedincům se v některých úkonech daří výrazně lépe než předtím (Hayashi & Matsuzawa, 2003; Hirata & Celli, 2003). Hayashi a Matsuzawa (2003) naznačují, že toto dramatické zvýšení frekvence manipulací s předměty by mohlo být způsobeno lepšími motorickými schopnostmi, které se ve stejném věkovém období u šimpanzů vyvíjí.

Kombinování předmětů se u šimpanzů a dětí objevuje v podobném věku, tedy okolo jednoho roku života. Šimpanzi toto chování, konkrétně vkládání předmětů do příslušných otvorů dle tvaru, vykazují i o něco dříve než děti. Zajímavý rozdíl byl ale pozorován v případě spontánního skládání kostek na sebe, které děti bez problému ovládají v jednom roce. U šimpanzů toto chování během prvních dvou let nebylo vůbec pozorováno (Hayashi & Matsuzawa, 2003). Poprvé se spontánně bez předchozího tréninku objevuje kolem třetího roku života. Později jsou šimpanzi ke skládání motivováni odměnou a jsou bez problému schopni kostky stavět do vysokých věží. Další úlohou zahrnující manipulaci s kostkami a jejich skládání na sebe je „cylindrical-block task“. Misato Hayashi (2007) tuto úlohu testoval na šimpanzích mláďatech, která dostala dvě kostky krychlového tvaru a dvě válcovitého tvaru. Testování jedinci byli již dříve trénováni ve stavění krychlových kostek do věží a s předměty sami běžně manipulovali. Hayashi pro tuto úlohu volil subjekty ve věku tří a čtyř let. Takto staří šimpanzi zvládají úlohu velmi dobře a uvědomují si, že kostky válcovitého tvaru je nutné do věže stavět rovnou plochou, nikoli oblou. Nicméně šimpanzi preferovali prvotní stavění kostek krychlového tvaru a teprve poté se věnovali zařazení kostek tvaru válcovitého. Je tudíž možné tvrdit, že disponují kognitivními schopnostmi, které propojili s předchozími zkušenostmi nabytými samotnou manipulací s objekty. Vezmeme-li v úvahu porozumění fyzickým vztahům dvou objektů, mladí šimpanzi, kteří mají předchozí zkušenost se skládáním, a děti ve věku dvou až tří let, jsou na stejné úrovni vývoje. Toto tvrzení potvrzují výsledky z úlohy, jejíž součástí je skládání kostek nepravidelného tvaru, konkrétně krychlí s vypuklinami na boku (Hayashi & Takeshita, 2009).

Zmiňované chování – kombinování předmětů a stavění kostek na sebe – nebylo vůbec pozorováno u mláďat gorily a zdá se, že je u tohoto druhu v ontogenezi vynecháno. I přesto je to jedna z mála odlišností, ontogenetický vývoj porozumění kauzalitě a prostorovým souvislostem je u goril a dětí velmi podobný a gorily se dokonce zdají být několik týdnů napřed. To se ale v případě ontogeneze kauzálního uvažování mění okolo 30 týdnů věku (obou druhů), vývojové kroky se na několik týdnů sjednotí a následně jsou to gorily, které jsou pozadu (Redshaw, 1978).

### 3 Stálost objektu

Stálost objektu je schopnost jedince uvědomovat si existenci předmětu a sledovat jeho pohyb, i přesto, že objekt není vidět, slyšet ani cítit. Zcela nezaměnitelnou osobností (nejen) v oblasti studia stálosti objektu je Jean Piaget (1952, 1954), který vytvořil zásadní schéma vývojových stádií člověka z pohledu psychologie a inteligence. Jeho poznatky jsou do dnes základem pro řadu studií nejen v psychologii, ale i v etologii. Kromě čtyř základních vývojových období člověka od narození do dospělosti, pozoroval a rozepsal šest stádií, která u dítěte probíhají během prvních dvou let života. Toto období nazval obdobím senzomotorických adaptací, které jsou klíčové pro vývoj pozdějších kognitivních dovedností. Mezi senzomotorické adaptace patří i stálost objektu, proto je těchto šest stádií často používáno k detekci stálosti objektu nejen u dětí, ale i u non-humánních primátů a jiných zvířecích druhů.

1. Reflexní stádium trvá od narození do zhruba jednoho měsíce života. Dítě využívá primárně reflexní vzorce chování, jako jsou například sací reflexy, které jsou naprosto zásadní z důvodu příjmu potravy. Stálost objektu není dosud vyvinuta a pokud dítěti zmizí předmět z dohledu, přestává pro něj existovat.

2. Druhé stádium je stádium primární kruhové reakce, ve kterém už není chování novorozence čistě reflexní a dítě vykazuje sací reflexy i bez stimulu. Typické jsou náhodné pohyby, které vedou ke konkrétnímu chování, a postupná koordinace pohybů a sacích reflexů. Z pohledu stálosti objektu se víceméně nic nemění, ale dítě je schopno sledovat předmět, případně jeho pohyb. Toto stádium trvá od jednoho do tří měsíců.

3. Následuje stádium sekundární kruhové reakce, kdy začíná dítě svoji pozornost směřovat na okolní objekty. Stádium trvá od čtyř do zhruba osmi měsíců. Opět dominují náhodné pohyby, které vedou k zajímavým akcím, které se pak dítě snaží cíleně opakovat. Rozvíjí se uchopovací schopnosti, dítě bere předměty do rukou a zkoumá vše, co se objeví v jeho dosahu. Pokud vidí část skrytého předmětu, dokáže si uvědomovat předmět jako celek.

4. V průběhu stádia koordinace sekundárních schémat a jejich aplikace v nových situacích dochází k propojování dvou či více schémat, dítě začíná být pro-aktivní a provádí plánované akce, zkoumá nový objekt a snaží se ho co nejvíce zapojit do všech akcí. K tomuto vývoji dochází ve věku osmi až dvanácti měsíců. V tomto věku se poprvé objevuje pomalu se rozvíjející schopnost stálosti objektu a dítě si uvědomuje existenci předmětu i přesto, že ho nevidí. Objevuje se chyba perseverace nebo také „A-not-B error“, při které dítě hledá tam, kde byl předmět ukryt minule.



5. Stádium terciární kruhové reakce je typické pro aplikaci stejných, známých schémat, ale za účelem nových zajímavějších výsledků. Dítě jeví zájem nejen o objekty, ale také o interakce předmětů a vzájemné vztahy s okolním světem. Schopnost stálosti objektu se postupně zdokonaluje, dítě překonává chybu perseverace a obstojně ovládá všechna viditelná přemístění předmětů. Období trvá od dvanácti do osmnácti měsíců.

6. Konečné stádium mentální kombinace představuje zásadní změnu, kdy dítě začíná uvažovat o problémech a tzv. je internalizuje. Pozorujeme nově symbolické myšlení, mentální reprezentaci a porozumění kauzalitě. U dětí je toto stádium ukončeno okolo dvou let života a s ním je ukončeno i období senzomotorických adaptací. Zároveň je dokončen vývoj stálosti objektu a dítě velmi dobře ovládá neviditelná přemístění (de Blois et al., 1998; Piaget 1952, 1954).

De Blois et al. (1998) vytvořili tabulku detailněji popsaných dovedností, týkajících se stálosti objektu, podle šesti výše zmíněných stádií popsaných Piagetem (tabulka 1). Stádia 4, 5 a 6 jsou navíc podle nich z pohledu stálosti objektu rozdělena na dvě části (A a B). Zhruba ve 4. stádiu můžeme mluvit o stálosti objektu, protože v této době začíná jedinec vnímat existenci objektu, který nevidí. Teprve v 6. stádiu je tato schopnost vyvinuta dokonale a jedinec je schopen objekt získat i přesto, že není svědkem jeho zmizení ani přemístění, a při hledání využívá nepřímé indicie (Piaget, 1954).

Stádium	Popis
1 a 2	Subjekt nehledá skryté předměty, pouze upřeně hledí na místo, kde předmět zmizel.
3	Subjekt dokáže získat částečně skrytý předmět.
4a	Subjekt dokáže získat úplně skrytý předmět, pokud zahájí hledání dříve než je předmět úplně skryt.
4b	Subjekt dokáže získat úplně skrytý předmět, ale nejdříve hledá tam, kde zmizel v předchozím pokusu (chyba perseverace).
5a	Subjekt dokáže obejít chybu perseverace a získat předmět, který je při každém pokusu skryt na jiném místě.
5b	Subjekt dokáže získat předmět, který je během jednoho pokusu skryt na různých místech.
6a	Subjekt dokáže získat předmět, který je při každém pokusu neviditelně skryt na jiném místě.
6b	Subjekt dokáže získat předmět, který je během jednoho pokusu neviditelně skryt na různých místech.

Tabulka 1: Stádia vývoje podle Piageta (1952, 1954), z pohledu stálosti objektu (de Blois et al., 1998).

K testování fenoménu stálosti objektu se používá mnoho různých úloh. I přesto existuje několik základních, které mohou být autory konkrétních studií modifikovány dle potřeby.

Nejběžnější úlohy používají principy viditelných i neviditelných přemístění. Typická podoba úlohy vypadá následovně: odměna je běžně skryta pod jednou ze tří (nebo více) nádob, nebo za zástěnou. Buď mohou subjekty bezprostředně po schování vybrat správnou nádobu, případně je použita varianta odložené odpovědi, kdy je subjekt nucen vyčkat po dobu desítek vteřin, než je mu umožněno učinit volbu. Úloha, která se často používá pro detekci 4. stádia vývoje, je tzv. „A-not-B Error“, kdy je odměna třikrát po sobě ukryta pod stejnou nádobou a při čtvrtém pokusu je ukryta jinde. Subjekty ve 4. stádiu volí chybně, a i přesto, že jsou svědky ukrytí pod jinou nádobu, hledají pod nádobou předchozí. Pokud je ale jedinec v pokročilejším stádiu, tuto chybu u něj nepozorujeme. Dále mohou být v úlohách používány rotace celých aparatur nebo transpozice, při kterých jsou přesouvány jednotlivé nádoby (Barth & Call, 2006).

### 3.1 Stálost objektu a vyšší primáti

Různé druhy primátů dosahují různých stádií vývoje kognitivních schopností spojovaných se stálostí objektu. Tamaríni pinčí (*Saguinus oedipus*) dosahují 6. stádia, vedou si velmi dobře v situacích zahrnujících sledování pohybů objektů a jsou dobří v úlohách vyžadujících rychlé reakce. Dokáží vyhledávat objekty, ať už byly přesunuty viditelně, či neviditelně (Neiworth et al., 2003). Kosmani bělovoucí (*Callithrix jacchus*) nepatří mezi příliš úspěšné druhy, většina jedinců dosahuje 5. stádia, nicméně několik málo jedinců disponuje dovednostmi 6. stádia. Mnoho chyb u tohoto druhu v průběhu úloh vznikalo primárně z důvodu nedostatečného soustředění subjektů, preference stejného místa a jednoduché vyhledávací strategie (Mendes & Huber, 2004). Kotul veverovitý (*Saimiri sciurea*) ve studii Vaughter et al. (1972) ve vývoji stálosti objektu následuje kroky popsané dle Piageta až do 6. stádia, to ale vyvrací studie de Blois et al. (1998), ve které autoři 6. stádium zpochybňují a upozorňují na příliš velký počet opakování, který způsobí, že se kotulové naučí úspěšnou strategií, která by se u nich bez intenzivního tréninku nerozvinula. Kotulové podle nich svůj vývoj ukončují v 5. stádiu. Malpa kapucínská (*Cebus capucinus*) ovládá schopnosti 6. stádia (Mathieu et al., 1976), stejný výsledek zaznamenala studie s malpami hnědými (*Cebus apella*), které úspěšně řešily neviditelná přemístění za použití mentální reprezentace (Schino et al., 1990). Naopak např. chápan hnědý (*Lagothrica flavicauda*) své dovednosti dovedl jen do 5. stádia stálosti objektu (Mireille Mathieu et al., 1976).

Podobně jako kosmani jsou na tom giboni (*Hylobatidae*). Všechny subjekty byly minimálně na úrovni 5. stádia, někteří na začátku 6. stádia. Celkově byly výsledky gibonů lepší, než se očekávalo, ale pouze jeden z deseti testovaných dokázal jednoduché úlohy splnit bez

jakékoli poskytnuté pomoci. Mezi jednotlivými subjekty byla pozorována velká variabilita (Fedor et al., 2008). Makakové (*Macaca*) jsou poměrně úspěšnými řešiteli, všichni studovaní jedinci byli na úrovni 6. stádia (Majecka & Pietraszewski, 2018; Rooijackers et al., 2009). Podle Natale et al. (1986) ale makakové dosahují pouze 5. stádia, neviditelná přemístění řešit neumí. Tato studie makaky porovnávala s gorilami (*Gorilla gorilla*), které 6. stádium vykazují. Že makakové nedisponují dovednostmi 6. stádia podporuje i studie Schino et al. (1990) a stejně jako Natale et al., (1986) použili úlohu, ve které sledovali použití mentální reprezentace při neviditelných přemístěních. Dospělí šimpanzi (*Pan troglodytes*) a orangutani (*Pongo pygmaeus*), spolu s dětmi (*Homo sapiens*) ve věku okolo 2 let, jsou ve stálosti objektu na velmi podobné úrovni, zdařile řeší většinu typů přemístění objektů a dosahují tedy 6. stádia (Call, 2001; de Blois et al., 1998; Mathieu et al., 1976).

### 3.2 Ontogeneze stálosti objektu

Předpokládá se, že děti mají širší vědomosti, než jsou v určité fázi vývoje schopny svým chováním dokázat okolnímu světu (Diamond, 1990). Tento problém se objevuje i u non-humánních primátů. Např. makakové a tamaríni pravděpodobně vnímají mnohé situace správně, ale nejsou na ně schopni adekvátně reagovat (Hauser, 2003). Marc Hauser (2003) k tomuto závěru došel na základě mnoha testování makaků a tamarínů, u kterých pozoroval rozdílné výsledky v různých úlohách vypovídajících o znalostech fyzického světa. Metody, které zahrnovaly zkoumání pohledů primátů, poukazovaly na výstižné a komplexní znalosti. Oproti tomu metody, zahrnující akci ze strany primáta, poukazovaly na nekompletní a nepřesné znalosti. Tyto závěry autor přirovnává k optickým iluzím, kterým jsou často vystaveni lidé. I přesto, že si uvědomujeme, že se jedná o iluzi, nejsme schopni přesvědčit náš mozek ke správnému zrakovému vnímání.

S kognitivní schopností stálosti objektu jsou spjaty koncepty objektů, jejichž vývoj u primátů probíhá v raném věku. Studie zabývající se touto tematikou často sledují pohyby očí, které fungují jako indikátor vnitřního zobrazení objektů v mozku primátů. Testovaným jedincům jsou prezentovány okluzní události, kdy je objekt zakryt jiným předmětem a není dočasně vidět. Dle jejich reakce jsou poté vyvozeny závěry o kognitivním zpracování informace. Sledována je schopnost předvídat trajektorii pohybu objektu, což je indikováno právě pohyby očí. Např. u dospělých jedinců makaků vepřích (*Macaca nemestrina*) vnitřní zobrazení objektů způsobuje okulomotorické chování, tedy výše zmiňované pohyby očí. U čerstvě narozených mláďat ale vnitřní zobrazení pravděpodobně chybí, protože jejich pohyby

očí předvídání trajektorie objektů nevykazují. K zásadní změně a zlepšení schopnosti předvídání dochází u makaků již v rozmezí 5 až 8 týdnů života (Hall-Haro et al., 2008). Studie s velmi podobnou metodikou byla provedena u dětí. Frekvence správného předvídání polohy objektu, který dočasně zmizel, se u dětí zvyšuje až ve věku 4 až 6 měsíců (Johnson et al., 2003). Tyto změny s největší pravděpodobností souvisejí s maturací kortexu v kontextu normálního vizuálního prostředí (Hall-Haro et al., 2008).

Wise et al. (1974) pozorovali zásadní podobnost dětí a mláďat makaků rhesus, jejichž ontogenetický vývoj stálosti objektu odpovídá posloupnosti zmiňovaných šesti stádií vývoje. Byly zaznamenány drobné rozdíly ve schopnostech, kterých jedinci nabývali v konkrétních stádiích, a v tempu, v němž jednotlivých stádií dosahovali. Dle jejich závěrů vývojová posloupnost u makaků vrcholí jako komplex schopností, které jsou v některých aspektech chování téměř srovnatelné se schopnostmi dětí ve věku dvou let, což by odpovídalo dosažení 6. stádia. Nicméně tato informace je zde pouze naznačena. Nesoulad studií, které testovaly přítomnost 6. stádia u makaků, mne vede k úvaze, zda se nejedná o příklad problému, který nastínil Hauser (2003), když tvrdil, že se makakům daří lépe při úlohách, kde jsou pasivními pozorovateli, než při úlohách, které vyžadují akci ze strany primáta.

Vývoj stálosti objektu je u primátů spojován s maturací prefrontálního kortexu (Diamond, 1991). Zcela zásadní je v ontogenezi stálosti objektu moment, kdy jedinec vnímá zmizelý a znovuobjevený objekt jako jeden a ten samý, nikoli jako dva různé objekty (Moore & Meltzoff, 2008).

Mezi 8. a 10. měsícem života u dětí dochází k zajímavé změně vnímání okolí. Děti v průběhu 9. měsíce dokáží bez problému odstranit předmět, který z části zakrývá pozorovaný objekt. Toto chování odpovídá 3. stádiu stálosti objektu. Pokud je však objekt skryt úplně a není na něj vidět, v dětské mysli zmizí a dítě o jeho hledání nejeví zájem. Dítě nedokáže předmět nelézt, a to ani v případě, že tento předmět vydává zvuk. V 10 měsících jsou děti při hledání zcela skrytých objektů podstatně úspěšnější, vydává-li objekt navíc nějaký zvuk, úspěšnost se ještě zvyšuje. V tomto věkovém rozmezí nejspíše dochází k rozvoji porozumění prostorovým souvislostem mezi skrytým objektem a předmětem, který ho zakrývá (Moore & Meltzoff, 2008).

Porovnáme-li děti a mláďata šimpanzů, zjistíme, že se jejich ontogenetický vývoj stálosti objektu zásadně neliší. Podle Spinozzi & Poti (1993) dosahují šimpanzi 5. stádia ve věku 19 měsíců, v tomto věku dokáží objekt najít, ať už byl viditelně schován kamkoli. Takto staří šimpanzi jsou na stejné úrovni jako děti na začátku druhého roku života (11-12 měsíců). Zdá se, že vývojové sekvence mezi 4. a 5. stádiem jsou u obou druhů velmi podobné a můžeme

tak předpokládat, že se nikterak významně nebude lišit ani vývoj ostatních senzomotorických dovedností. Rozdíl tedy zaznamenáváme pouze ve vývojovém tempu, které se u šimpanzů jeví zpomalené. Wood et al. (1980) sice také pozorovali podobnost v ontogenezi stálosti objektu v počtu vývojových kroků, kterých jedinci dosahovali, v pořadí kroků, ale i v tempu jejich dosažení, což ale nesouzní se studií výše. Jedním z důvodů tohoto rozporu by mohl být malý počet testovaných jedinců. V obou studiích použili v konkrétním věku jen jednoho šimpanze.

Všechny studie se sice shodují, že šimpanzi dosahují 6. stádia, ale většina z nich už nemá záznamy o tom, v jakém věku tomu tak je. Shodují se i v tom, že senzomotorický vývoj u šimpanzů následuje stejný vývojový kurz, v čem se ale zásadně rozchází je věk, ve kterém jednotlivých stádií dosahují. V návaznosti na svá pozorování Okamoto-Barth et al. (2008) zmiňují věk 11 měsíců, jako počáteční pro rozvoj 4. stádia stálosti objektu, protože takto stará mláďata zkoumala vnitřek nádob, pod kterými byly v jejich studii schovávány odměny. Poti & Spinozzi (1994) uvádí u šimpanzů věk 9 měsíců jako období, ve kterém se poprvé objevuje schopnost stálosti objektu ve 4. stádiu. Jak bylo zmíněno výše, stejní autoři pozorovali chování vykazující 5. stádium vývoje ve věku 19 měsíců. Nicméně Hallock & Worobey (1984) označili za počátek 4. stádia věk 9 měsíců pouze u šimpanze vychovaného člověkem, šimpanz vychovávaný šimpanzem dosáhl 4. stádia až ve věku 12 měsíců, kdežto šimpanz vychovaný člověkem v tomto věku již disponoval schopnostmi stádia 5. A konečně Mathieu & Bergeron (1981) pozorovali u mláďat šimpanzů chování spojované s 6. stádiem vývoje stálosti objektu. Jejich výsledky jsou opět velmi rozporuplné a nejasné, protože dvě samice dle jejich úsudku dosáhly 6. stádia již ve věku 12 měsíců a dva samci až ve věku 24 měsíců (tabulka 2).

	<b>Šimpanz</b> (Okamoto-Barth et al., 2008)	<b>Šimpanz</b> (Spinozzi & Potí, 1993, 1994)	<b>Šimpanz</b> (Hallock & Worobey, 1984)	<b>Šimpanz</b> (Mathieu & Bergeron, 1981)
<b>Stádium 4</b>	11	9	9 a 12	...
<b>Stádium 5</b>	...	19	12	...
<b>Stádium 6</b>	...	...	...	12 a 24

	<b>Gorila</b> (Redshaw, 1978)	<b>Gorila</b> (Chevalier-Skolnikoff, 1976)	<b>Orangutan</b> (Chevalier-Skolnikoff, 1983)	<b>Člověk</b> (Piaget, 1952)
<b>Stádium 4</b>	4,5	4 --> 7	6	8
<b>Stádium 5</b>	10,5	14	11,5	12
<b>Stádium 6</b>	...	18	24	18

Tabulka 2: Průměrný věk (měsíce), ve kterém jedinec poprvé disponuje schopnostmi konkrétního stádia. (Zdroj viz tabulka)

Wobber et al. (2013) testovali časný kognitivní vývoj u dětí a šimpanzů ve věku dvou až čtyř let. U dětí byla potvrzena plná schopnost reprezentovat stálost objektu ve věku dvou

let. Nicméně výsledky šimpanzů byly poměrně překvapivé, protože stálost objektu ovládali až okolo čtyř let. Primáty testovali pomocí neviditelných přemístění k detekci 6. stádia stálosti objektu. Tato studie poukazuje na možné prodloužení vývoje pozdějších stádií stálosti objektu u šimpanzů.

Ani u goril se vývoj stálosti objektu v porovnání s dětmi výrazně neliší. Oba druhy sice následovaly stejný vývojový kurz, ale gorily měly před dětmi jednoznačný náskok v rozpětí 4 až 16 týdnů (Redshaw, 1978). Stejný trend byl pozorován i u orangutanů, u kterých stádia senzomotorického vývoje postupují ve stejném pořadí, jako bylo popsáno Piagetem. Co se ale opět liší je vývojové tempo. U orangutanů je typicky velmi zpomalený vývoj 5. a 6. stádia, senzomotorický vývoj je u tohoto druhu dokončen teprve ve věkovém rozmezí pěti až osmi let, u dětí ve věku dvou let (Chevalier-Skolnikoff, 1983). Chevalier-Skolnikoff (1976) se v předchozí studii věnovala popsání senzomotorického vývoje u goril a makaků. Její závěry se u goril časově rozcházejí s výsledky studie Margaret Redshaw (1978). Jeden z důvodů, které k tomuto rozdílu vedly, je pravděpodobně skutečnost, že Suzanne Chevalier-Skolnikoff se ve svých publikacích věnuje senzomotorickému vývoji jako celku, kdežto Redshaw se konkrétněji zaměřuje i na stálost objektu. Závěry těchto studií by mohly poukazovat na odlišné tempo vývoje jednotlivých stádií stálosti objektu oproti ostatním senzomotorickým adaptacím nejen u goril, ale i dalších lidoopů. Redshaw (1978) navíc vyslovila hypotézu, že lidoopi dokončují senzomotorický vývoj dříve než lidé. Proti tomuto tvrzení se Chevalier-Skolnikoff (1983) tvrdě postavila a je na základě svých výsledků přesvědčena, že tomu tak není a raná stádia senzomotorického vývoje se sice u lidoopů vyvíjí rychleji než u dětí, nicméně stádia pozdější (5. a 6. stádium) vyhodnotila jako velmi zpomalená (tabulka 2).

Šest vývojových stádií senzomotorických adaptací, které popsal Piaget, je s největší pravděpodobností uplatnitelných nejen pro děti, ale i pro non-humánní primáty a další zvířata. Dají se tedy považovat za všeobecný vývojový kurz, který následuje ontogeneze mnoha druhů primátů (Wood et al., 1980).

## 4 Používání nástrojů

Lidé dovedli používání nástrojů a jejich výrobu téměř k dokonalosti, variabilita a komplexita výroby nástrojů u lidí je ve zvířecí říši považována za jedinečnou (Reindl et al., 2016). Zásadním faktorem ovlivňujícím používání nástrojů je kauzální uvažování (Visalberghi & Tomasello, 1998). Zvířata obecně používají nástroje zřídka a ve většině případech za účelem zisku potravy. Primáti ale nástroje používají běžně i v jiných situacích, ať už při komunikaci v sociální skupině nebo při péči o sebe sama (Musgrave & Sanz, 2018).

Zdá se, že použití nástroje při určité činnosti je z hlediska kognice podstatně náročnější než provedení stejné činnosti pomocí ruky (Meulman et al., 2013). Objevují se názory, že používání nástrojů není projevem větší inteligence, ale spíše vedlejší produkt flexibilních kognitivních schopností, který jedinci usnadňuje život (Call, 2013; Meulman et al., 2013). Běžné používání nástrojů nemusí být nutně dokladem fyzické inteligence, stejně jako není jednoznačným předpokladem k úspěšnému řešení instrumentálních úloh ani plánování (Emery & Clayton, 2009). Pokud však primát nástroj před použitím sám vyrábí nebo modifikuje, je považován za inteligentně a flexibilně smýšlejícího jedince (Beck et al., 2011). Navarrete et al. (2016) vyslovili hypotézu, že používání nástrojů může úzce souviset s „technickou inteligencí“, a to skrze velikost mozku, která je ovlivňována potravou bohatou na živiny. Tedy získání na živiny bohaté potravy mohlo vést ke zvětšování mozku a velký mozek pravděpodobně umožnil řešení problému pomocí technických inovací. Výsledky této studie potvrzují závislost četnosti technických inovací na velikosti mozku, velikosti těla, míře sociálního učení a velikosti sociální skupiny.

Aby primáti zvládli koordinovat pohyby očí a rukou, což je považováno za zásadní při používání nástrojů, je potřeba, aby byli motivováni pro samotnou manipulaci s předměty (Hihara et al., 2003). Ukazuje se, že trénování používání nástrojů zvyšuje výkon fyzických kognitivních schopností obecně. Kauzální kognice se zlepšuje bezprostředně po tréninku, prostorová kognice se zlepšuje postupně. Studie zaměřená na trénování makaků jávských (*Macaca fascicularis*) ukazuje, že lepší výkon je pozorován pouze u známých předmětů a úloh, není tedy komplexní a nedá se uplatnit u nových technik, se kterými se primát při tréninku nesetkal. Navíc není změna trvalá, a aby se udržela, je třeba pravidelné opakování tréninku a praxe (Tia et al., 2018).

## 4.1 Používání nástrojů u volně žijících primátů

Jane van Lawick-Goodall (1971) předpokládala, že mezi primáty kromě člověka pouze šimpanzi (*Pan troglodytes*) mají kognitivní schopnosti, které jim umožňují přizpůsobit různé způsoby používání nástrojů k řešení širokého spektra problémů, v přírodě i v zajetí. Zároveň ale poukazuje na to, že nejen primáty v běžném životě používají nástroje. Jsou to například i různé druhy ptáků, vydra mořská, sloni, ale dokonce i chobotnice a mnoho dalších. Odlišnou frekvenci používání nástrojů u primátů přisuzuje rozdílnosti ve struktuře mozku, která se liší napříč různými druhy primátů.

Mulcahy et al. (2005) sice zjistili, že gorily (*Gorilla gorilla*) a orangutani (*Pongo pygmaeus*), nejbližší příbuzní člověka a šimpanze, jsou v používání nástrojů úspěšní, nicméně nástroje používají spíše v zajetí, orangutani v přírodě jen zřídka a o používání nástrojů u volně žijících goril nejsou záznamy vůbec (McGrew, 1989).

Bardo et al. (2017) porovnali uchopovací techniky lidí (*Homo sapiens*), goril (*Gorilla gorilla*) a orangutanů (*Pongo sp.*) v úloze zahrnující získání jídla z bludiště. Všechny tři druhy použily jinou techniku, lidé bimanuální s jemnou motorikou za použití prstů, gorily unimanuální a orangutani různé techniky pomocí rukou nebo úst. Výsledky potvrdily předpoklady, že nejúspěšnější budou lidé. Rozdílly jsou pravděpodobně způsobeny odlišnou anatomií svalů a morfologií rukou.

Tvrzení Jane van Lawick-Goodall potvrzují i další studie, které vyzdvihují schopnosti šimpanzů. Různé populace šimpanzů používají různé technologie používání nástrojů např. k lovení termitů. Tento rozdíl může být dán různou materiální kulturou konkrétních populací. Šimpanzí materiální kultura je spleť komplex interakcí sociálních procesů a ekologických faktorů (Humble et al., 2009). Šimpanzi vyrábějí nástroje z různých materiálů, různé délky, podle potřeb konkrétní techniky lovení (Sanz et al., 2004). V jiné studii je však podotknuto, že přestože jsou šimpanzi v přírodě zkušení v používání nástrojů, jejich schopnosti v zajetí jsou oproti těm v divočině velmi slabé (Emery & Clayton, 2009). Musgrave & Sanz (2018) upozornili na zásadní rozdíl mezi šimpanzi učenlivými (*Pan troglodytes*) a šimpanzi bonobo (*Pan paniscus*). Ačkoli šimpanzi učenliví vykazují obrovskou rozmanitost v používání nástrojů, u bonobo je tato činnost víceméně vzácná. Nástroje používají pouze v případě péče o sebe sama nebo v sociálním kontextu, při obstarávání potravy nebylo použití nástroje zaznamenáno. Rozdíly mezi těmito blízkými příbuznými, šimpanzi učenlivými, šimpanzi bonobo, gorilami a orangutany, jsou pravděpodobně vytvořeny odlišnými adaptivními odpověďmi na



podmínky prostředí, které panovaly před mnoha lety, když se druhy vyvíjely (Musgrave & Sanz, 2018).

I přesto, že orangutani nástroje ve volné přírodě nepoužívají zdaleka tolik, jako šimpanzi, vyskytují se u nich lokální variace chování, které můžeme s největší pravděpodobností nazývat tradicemi. Jsou velmi podobné kulturním tradicím, které pozorujeme u šimpanzů (van Schaik, 2003). Tradice se v populacích předávají z generace na generaci (Musgrave & Sanz, 2018). K rozvoji tradic přispívá sociální učení, které je silně provázané se sociální tolerancí. Stejně tak celkově se sklony ke společenskosti. Konkrétně sociální tolerance by mohla být limitujícím faktorem. U některých druhů primátů nízká míra sociální tolerance často vzniku tradic brání. Lokální tradice, které se geograficky mezi populacemi liší a zahrnují rozsáhlé využití nástrojů za účelem obživy, byly pozorovány primárně u volně žijících šimpanzů a orangutanů. Frekvence, ve které se u orangutanů objevuje specializace používání nástrojů koreluje s mírou pozorování ostatních jedinců při používání nástrojů. Je možné tvrdit, že sociální učení u populací orangutanů zásadně ovlivňuje variabilitu dovedností (van Schaik, 2003). Rozdílnost mezi orangutany a šimpanzi by mohla být způsobena odlišnou četností příležitostí k sociálnímu učení, protože, jak už bylo zmíněno výše, šimpanzi používají nástroje mnohem častěji než jiné druhy lidoopů, a v důsledku toho se mladému jedinci naskytne více příležitostí k pozorování (McGrew, 1989; van Schaik, 2003).

Galef (1992) naznačuje, že z lokálních tradic lidoopů se mohla vyvinout lidská kultura, jak ji známe dnes. Lidem vývoj kultury a tradic velmi usnadnil rozvoj jazyka a imitace, která je pro non-humánní primáty mnohem náročnější než pro lidi. Například šimpanzi jsou podle některých studií považováni za nepříliš dobré imitátory (Nagell et al., 1993; Tennie et al., 2012). Děti naopak jsou již v raném věku schopny bez většího problému imitovat konkrétní metodu aktivity. U šimpanzů se ale ukazuje, že se více zaměřují na výsledky, které aktivita přinesla (Buttelmann et al., 2013; Nagell et al., 1993). Šimpanzi sice neimitují, nicméně to nemusí nutně znamenat, že jsou méně úspěšní než lidé právě z tohoto důvodu. Naopak může být toto chování v některých situacích výhodnější. Děti jsou v návaznosti na tuto skutečnost často nazývány imitátory a šimpanzi emulátory, protože při emulaci se snaží jedinec dojít ke stejnému cíli, ale činnost neimituje, pouze napodobuje (Whiten et al., 2009). Tomasello et al. (1993) pozorovali zajímavé výsledky při porovnání schopnosti imitace u dětí, šimpanzů vychovaných vlastní matkou a šimpanzů vychovaných lidmi. Šimpanzi vychovaní vlastní matkou byli mnohem méně úspěšní v imitování než zbylé dvě skupiny jedinců, což naznačuje, že šimpanzi vychovávaní v lidské společnosti následují jiný směr sociálního učení a jejich ontogeneze kognitivních dovedností se vyvíjí odlišně.

Před téměř 30 lety byly v mozku makaků objeveny tzv. „zrcadlové neurony“ (di Pellegrino et al., 1992), které jsou někdy označovány za nezbytné pro schopnost imitace (Iacoboni, 2005). Aktivní jsou při provádění činnosti, která je záměrná nebo směřuje k určitému cíli, stejně tak pokud stejnou (nebo téměř stejnou) činnost jedinec pozoruje provádět někoho jiného. Shapiro (2009) tyto neurony považuje za tzv. „šestý smysl“. Některé studie ale upozorňují na to, že je třeba si uvědomit, že aktivita „zrcadlových neuronů“ nemusí nutně sloužit jako důkaz porozumění činnosti (Cook et al., 2014; Steinhorst & Funke, 2014), a snaží se tak vyvrátit tvrzení mnoha předchozích studií, že důkazem jsou (Rizzolatti & Craighero, 2004).

Jak už bylo zmíněno výše, některé druhy primátů vyhledávají jako další zdroje potravy termity nebo mravence. Teleki (1974) porovnal techniky lovu a sběru termitů u paviánů (*Papio*), šimpanzů (*Pan troglodytes*) a lidí (*Homo sapiens*) žijících v národním parku Gombe v Tanzanii. Paviáni termity lovili pomocí rukou nebo přímo ústy, přestože měli možnost použít nástroj, jako je tomu v případě šimpanzů, kteří běžně používají různé předměty (většinou klacíky, tyčky atd.), které zasouvají do hnízd termitů. Vkládání nástroje do hnízda je primárně technika vyvinutá šimpanzi, kterou jiné druhy volně žijících primátů nedokáží napodobit, i když mohou být přímými svědky této činnosti. Rozdíl mezi paviány a šimpanzi je nejspíše zakotven v odlišné komplexitě mozkového kortexu a jiné kapacitě učení. Někteří lidé žijící v této oblasti, ale i jinde ve světě, nicméně hlavně v Africe, dodnes jeví zájem o konzumaci termitů. Používají propracované techniky lovení termitů, které se napříč různými populacemi liší, a které pravděpodobně používali už jejich předci mnoho let před nimi. Techniky, které používají šimpanzi jsou velmi jednoduché oproti těm, které ovládají lidé. Lidé například vynalezli zcela unikátní techniku, která zahrnuje imitaci zvuku padajících kapek dešťové vody, aby termity zmátli a nalákali je do pastí, a mohli je díky tomu lépe lovit (sbírat).

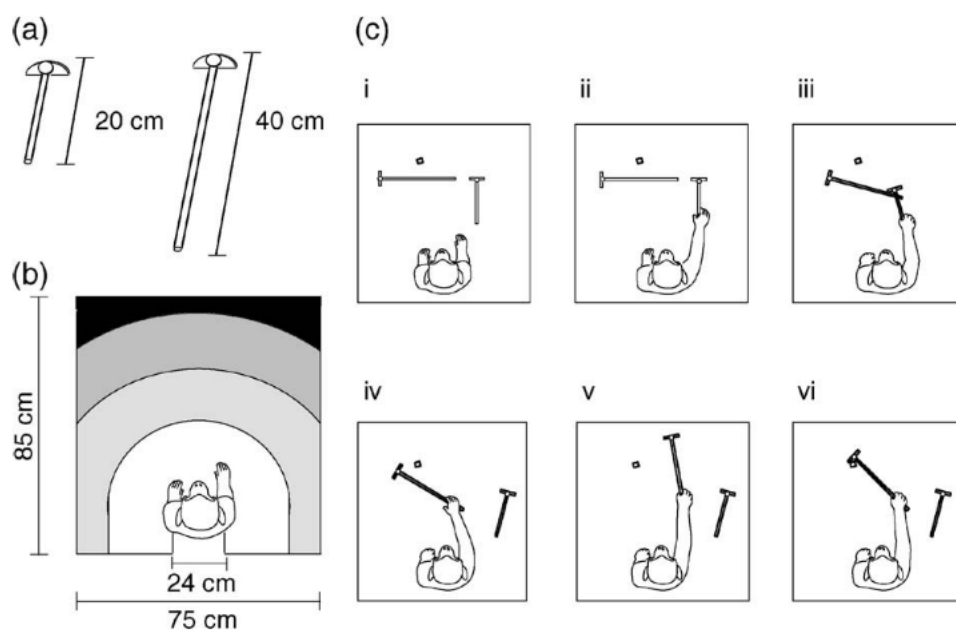
Šimpanzi (*Pan troglodytes*) si přenášejí vhodné předměty za účelem následného použití, např. kámen k louskání ořechů, což dokazuje plánování činnosti dopředu. Lidoopi ve volné přírodě neskladují jídlo, ani žádné objekty, protože jsou většinou všechny po celý rok dobře dostupné. Je tedy velmi nepravděpodobné, že by přenesení, či ponechání si nástroje, bylo nenaučenou biologickou predispozicí (Mulcahy & Call, 2012). Dalším druhem přenášejícím nástroje za účelem louskání ořechů jsou malpy – v této studii konkrétně malpy kapucínské (*Cebus libidinosus*). Oba druhy jsou schopny zhodnotit vhodnost nástroje, parametry louskaného ořechu, vhodnost povrchu k louskání (princip kladiva a kovadliny) a přizpůsobovat motorické akce dle potřeby (Visalberghi et al., 2015). Vybírání nástrojů se u šimpanzů zdá být velmi důkladným. Při volbě kamenů porovnávají velikost, váhu a tvar. Na louskání ořechů

většinou používají lehčí kámen jako kladivo a těžší jako kovadlinu, ale zdaleka to není pravidlem a v některých případech byl pozorován i opak. Průměrná váha kamene použitého jako kladivo je 1,0 kg a průměrná váha kamene použitého jako kovadlina je 2,5 kg (Biro et al., 2006). Hlavní rozdíly mezi malpami a šimpanzi spočívají ve vzdálenostech, na které materiály přenášejí, modifikacích nástrojů, ale i v samotném výběru nástroje. Podobnost je pravděpodobně způsobena konvergentní evolucí druhů, které se dokáží podobně poučit z akcí. U obou ale bezpochyby hraje nezanedbatelnou roli socializace a sociální učení (Visalberghi et al., 2015).

Šimpanzi používají nástroje nejen k získání potravy, ale mimo jiné také k získání vody. Populace šimpanzů v Bossou (jihovýchodní Guinea) byla pozorována při tvorbě a následném použití složených listů. Stejně jako kameny k louskání ořechů, šimpanzi jsou velmi vybíraví i při volbě vhodných listů. Viditelně vybírají podle pevnosti, měkkosti – poddajnosti, a listové pokožky (bez chlupů) a jsou tedy schopni posoudit efektivnost použití listů různých druhů rostlin. Vybrané listy musí modifikovat, aby bylo jejich použití účinné. Listy vkládají do úst, někteří jedinci je lehce žvýkají a upravují tvar podle potřeby, hotové složené listy následně použijí k nabrání vody, nebo je přenechají svým mláďatům, která prozatím tyto modifikace neovládají (Biro et al., 2006).

## 4.2 Sekvenční používání nástrojů

Sekvenční používání nástrojů je považováno za poměrně jednoduchou, ale velmi zásadní kognitivní dimenzi, kdy je použitím jednoho nástroje získán nástroj druhý (obrázek 3).



Obrázek 3: Sekvenční použití nástroje k získání odměny. *Makak rhesus* (Hihara et al., 2003).

Gorily a orangutani tyto činnosti ovládají poměrně obstojně. S posouzením délky nástroje a vzdáleností odměny, případně druhého nástroje, nemají žádný větší problém (Mulcahy et al., 2005). Sekvenční používání nástrojů funguje podobně jako při prohlubování lidských dovedností. Trénováním jednoduché činnosti se zlepšuje schopnost řešit komplikovanější problémy (Hihara et al., 2003).

Martin-Ordas et al. (2012) u šimpanzů učenlivých, šimpanzů bonobo, goril a orangutanů pozorovali velmi podobné výsledky v úlohách, při kterých měli k dispozici dva nástroje v bezprostřední blízkosti a čtyři nástroje mimo dosah. Téměř všichni jedinci k zisku odměny použili až tři různé nástroje a preferovali výběr nejdelšího nástroje mimo dosah bez ohledu na vzdálenost odměny. V dalších experimentech se u stejných jedinců zvyšovaly nároky k zisku nejdelšího nástroje a lidoopi museli použít až pět různých nástrojů, kdy postupně získávali kratším nástrojem nástroj delší.

Hihara et al. (2003) zjistili, že při sekvenčním řešení úlohy nehraje žádnou roli barevné rozlišení nástrojů a úspěch je totožný i u černobílých předmětů. Tuto domněnku potvrdili u makaků rhesus. Autoři nicméně předpokládají, že podobně by tomu mohlo být i u jiných druhů opic a lidoopů.

### **4.3 Ontogeneze používání nástrojů**

#### **4.3.1 Inovativní učení**

Schopnost inovativně jednat byla jedním ze zásadních faktorů, které umožnily lidskému druhu osídlit celou Zemi. U dětí prvky inovativnosti můžeme pozorovat při běžných dětských aktivitách jako jsou hry, kreslení nebo vyprávění příběhů. Inovace může být výsledkem individuálního učení, případně kombinací individuálního a sociálního učení. Hlavní podmínkou je, aby byla inovace novinkou – novým chováním (Carr et al., 2016). Za hlavní zdroj novinek je nejen u dětí, ale i mláďat obecně, považována právě výše zmiňovaná hra. Zda si jedinec hraje sám s nějakým předmětem, či ve skupině, nehraje roli. Stále je hraní obecně pro všechny mladé jedince v populaci poměrně zásadní činností, která je pro ně zdrojem informací a zkušeností (Pellegrini & Hou, 2011).

Fenomén používání nástrojů se u lidí i non-humánních primátů může vyvíjet spontánně. Zaměříme-li se na lidskou populaci, proces naučení se použití určitého nástroje je ale často spojován se sociálním nebo kulturním kontextem. Děti se však mohou, stejně jako lidoopi, díky svým kognitivním schopnostem naučit některé úlohy plnit individuálně, bez předchozí přípravy. Úlohy, které se spontánně daří řešit lidoopům (úlohy, u kterých je třeba vkládat jeden

předmět do druhého), se daří spontánně řešit i dětem. Menší úspěšnost je pak u úloh, které mají více kroků a objevuje se nutnost plánování (Reindl et al., 2016). Podobnost úspěšnosti v jednotlivých úlohách podporuje tvrzení, že malé děti ve věku dva a půl roku a dospělí lidoopi se ve fyzických kognitivních schopnostech zásadně neliší (Herrmann et al., 2007).

Gönül et al. (2018) zkoumali schopnost předškolních dětí inovativně řešit úlohu, ve které bylo potřeba vybrat správný materiál na výrobu nástroje, který následně v úloze použijí. Konkrétně šlo o vytvoření nástroje ve tvaru háku (ohnutí drátku do požadované polohy). Pro děti v tomto věku to byl velmi těžký úkol a obstojně si vedlo pouze jedno starší dítě, které jako jediné dokázalo úlohu splnit spontánně. Ostatní děti úlohu dokončily díky imitování dospělého, který jim ukázal, jak postupovat. Schopnostmi dětí inovativně řešit úlohy zahrnující vytvoření nástroje ve tvaru háku a jeho použití se zabývali Beck et al. (2011), kteří zjistili, že k významné změně u dětí dochází okolo osmého roku života, kdy začínají úlohu řešit vyspěleji a inovativněji. Celkově ale malé děti v inovativním používání zaostávají, porovnáme-li inovativnost s jejich schopnostmi učení se z pozorování ostatních.

Martin-Ordas et al. (2014) testovali na dospělých šimpanzích a dětech ve věku tři a čtyř let jakou roli hraje moment prezentace úlohy. Všechny subjekty dostaly na výběr ze dvou nástrojů, každý nástroj byl umístěn na jiné straně místnosti. Úlohy autoři rozdělili na prospektivní (jako první byla prezentována úloha, následně byly jedincům ukázány nástroje) a retrospektivní (kdy byly nejprve jedincům ukázány nástroje a teprve poté úloha). U prospektivní verze úlohy musel subjekt úlohu vyřešit ještě předtím, než měl možnost posoudit a vybrat vhodný nástroj. U retrospektivní verze nejprve vyhodnocoval nástroje a teprve poté úlohu, ale nástroj si mohl vzít až poté, co mu byla ukázána i úloha. Nakonec byl proveden test paměti, kdy autoři vyhodnocovali úspěšnost v zapamatování polohy vhodného nástroje. Nejlepších výsledků dosáhly čtyřleté děti, jejich výsledky byly výrazně lepší než u mladších dětí a šimpanzů, a to v obou verzích úlohy. Šimpanzi ani tříleté děti, nebyli schopni spolehlivě posoudit nástroje před samotným řešením úlohy, a to ani při více opakováních. Celkově tak bylo zjištěno, že moment, ve kterém je prezentována informace o problému, který je potřeba řešit, má velký vliv na volbu správného nástroje. Aby mohla být úloha provedena úspěšně, je potřeba o problému nejprve uvažovat a porozumět mu, a teprve po vyhodnocení závěrů vybrat příslušný nástroj.

Výsledky Wobber et al. (2013) ukazují, že děti ovládají používání nástrojů bez vlivu sociálního učení ve věku čtyř let. Ve stejném věku je úspěšné získání odměny pomocí nástroje pozorováno i u šimpanzů učlivých (*Pan troglodytes*). Šimpanzi bonobo (*Pan paniscus*) jsou oproti dětem, ale i šimpanzům učlivým, podstatně opožděni a ovládají tuto činnost až ve věku

sedmi let, což podporuje předchozí tvrzení, že šimpanzi bonobo nejsou v používání nástrojů zdaleka tolik zdatní jako jejich nejbližší příbuzní. Posouzení vlastností nástrojů se vyvíjí u obou druhů šimpanzů ve stejném věku (čtyři roky), u dětí potom je tomu o rok dříve, tedy již ve třech letech.

#### 4.3.2 Sociální učení

Variabilita mezi jedinci je v rámci používání nástrojů velká. Je to ovlivněno mnoha faktory, ať už jde o zkušenost, habitat, dominanci či pohlaví. Důležitou roli však hrají příležitosti k sociálnímu učení (van Schaik et al., 2003). Například u šimpanzů může mít pozorování matky při plnění úlohy velký vliv na rychlost učení. Tato studie však zároveň naznačuje, že rychlejší naučení se určitého úkonu (v tomto případě „lovení medu“, které se šimpanzi v zajetí naučili rychleji, než lovení termitů v přírodě) nemusí nutně souviset s pozorováním matky, ale je to jednoduše způsobeno tím, že je to snadnější než lovení termitů či mravenců v přírodě, kteří se, na rozdíl od medu, brání. Autoři navíc upozorňují na fakt, že mlád'ata, která se zúčastnila této studie byla často používána i pro jiné experimenty a vyrůstala v prostředí plném příležitostí k manipulaci s různými objekty, což může mít pozitivní vliv na rychlejší vývoj (Hirata & Celli, 2003). Mladí šimpanzi však nepozorují pouze své matky a matky ostatních mlád'at (Hirata & Celli, 2003; Lonsdorf, 2006), ale mnohdy s postupem věku tráví více času pozorováním ostatních jedinců skupiny (Inoue-Nakamura & Matsuzawa, 1997). Nicméně je nutné podotknout, že primárním zdrojem informací je pro šimpanzí mlád'ata matka, ať už vlastní nebo cizí (Lonsdorf, 2006). Čím více příležitostí mají mlád'ata k pozorování, tím dříve a snáze se danou činností naučí. Způsob, kterým se mlád'ata učí může ovlivnit a částečně předpovědět jejich individuální a pohlavní rozdíly v dospělosti (Humle et al., 2009).

Sociální učení je velmi významné nejen ve vývoji jedince, ale i celé populace, protože je zdrojem rozdílnosti mezi populacemi (Musgrave & Sanz, 2018). Poměrně často skloňovaným fenoménem je tzv. „Niche construction theory“, která se zakládá na tvrzení, že organismy svou činností ovlivňují své okolí, zdroje prostředí, ale také niku jiných druhů. Stejně tak ovlivňují působení selekčního tlaku (Odling-Smee et al., 2003). Z této teorie vychází i hypotéza zabývající se tradicemi a sociálním učením skrze artefakty. Takovéto artefakty (použité nástroje, zbytky potravy, zbytkový materiál z předchozí aktivity atd.) podporují učení různých technických dovedností a mohou pomáhat udržení tradic v populaci (Fragaszy, 2011). Postupné osvojování schopnosti používat nástroje u mlád'at vždy zahrnuje setkání s takovými artefakty, ať už ve chvíli, kdy jsou zrovna používány dospělými jedinci, nebo až poté ve formě odložených nástrojů, které byly dříve použity. Artefakty staví základy pro vhodné podmínky,

kteře mladým jedincům pomáhají s předměty správně manipulovat. Základem přetrvání tradice nemusí nutně být pozorování a napodobování dospělého jedince, ale kontakt s artefaktem, jehož proporce samy o sobě mohou sloužit jako inspirace a motivace k aktivitě. Kumulace těchto artefaktů podporuje u mladých jedinců používání nástrojů a zvyšuje jejich zájem o předměty jako takové (Fragaszy et al., 2013).

Jednou z činností, které jsou sociálním učením silně ovlivněny a v populaci se udržují mimo jiné díky výše zmiňovaným tradicím, je louskání ořechů. U malp hnědých (*Cebus apella*) se začíná vyvíjet během prvního roku života. Většina mláďat aktivně naráží ořechy (ale i jiné předměty) na kamenný povrch už v 6 měsících, i přesto mají v tomto věku problém s vytvořením správné sekvence k prolomení ořechu. Malpy vytvářejí správné akce zahrnující údery, ale v průběhu učení mají problém s uvolněním pevného stisku ořechu tak, aby ho mohly rozbít o kámen. Šimpanzi (*Pan troglodytes*) mají v ontogenezi problém s generováním správných úderů. Pro tyto dva druhy může být náročné dosáhnout požadované sekvence, stejně jako vytvořit dostatečné a správné údery (De Resende et al., 2008). Podobný závěr vyslovili Inoue-Nakamura & Matsuzawa (1997), šimpanzi dle jejich závěrů ve věku dva a půl roku zvládají jednoduché úkony, které jsou základem pro louskání ořechů, ale do tří a půl roku nedokáží akce správně sekvenčně kombinovat. Další důležitou dovedností, která jedinci louskání ořechů usnadňuje, je vhodné položení a polohování ořechu na povrchu, jehož základy získává též v průběhu ontogeneze (Falótico et al., 2017). Příkladem nesprávné sekvenční kombinace u šimpanzů je správné položení ořechu na povrch, ale následné údery rukou, nikoli kamenem, případně zvednutí příslušného kamene, ale uhození na nesprávné místo. Toto chování bylo pozorováno již ve věku jeden a půl roku (Inoue-Nakamura & Matsuzawa, 1997).

Vrátíme-li se k používání složených listů za účelem zisku vody a zaměříme se na ontogenezi tohoto chování, zjistíme, že u šimpanzů není do dvou let vůbec pozorováno. Od tohoto věku mláďe aktivně složené listy používá, ale neumí je samo vyrobit. Modifikované listy musí získat od svého rodiče nebo jiného dospělého jedince skupiny. Teprve ve věku tří a půl roku mláďata začínají tvorbu tohoto nástroje ovládat a dospělého jedince k této činnosti vůbec nepotřebují. Pití vody ze složených listů je stejně jako louskání ořechů silně ovlivněno sociálním učením, protože mají šimpanzi dobrý přístup k pozorování používání a vyrábění příslušných nástrojů dospělými jedinci. Předpokládá se, že ani jedna tato činnost není geneticky podmíněná a nevzniká ani jako individuální dovednost naučená stylem „pokus-omyl“. Jsou tedy považovány za tradice, které se postupně předávají z dospělých na mláďata. I přes velký vliv sociálního učení je ale potřeba jistá dávka „intelligence“, aby mohly být poznatky z pozorování přeneseny do praxe a šířily se v populaci i nadále (Biro et al., 2006).

O tom, že je používání nástrojů často výsledkem sociálního učení, není pochyb. Problémem se ale při pozorování často může stát nemožnost odbourání vlivu prostředí a genetiky (Meulman et al., 2013).



## 5 Závěr

Non-humánní primáti v mnohých kognitivních dovednostech dosahují velmi podobných výsledků jako malé děti, dospělým jedincům lidského druhu se ale nemohou vyrovnat. Zřejmě neúspěšnějším druhem non-humánních primátů jsou nám geneticky nejbližší šimpanzi učení, kteří v široké škále poznatků o fyzickém světě, a jejich aplikaci v běžném životě, disponují největší variabilitou znalostí. I přesto, že ostatní druhy lidoopů – gorily, orangutani a šimpanzi bonobo – například nepoužívají nástroje zdaleka tolik jako šimpanzi učení, vytvářejí velmi podobné závěry o zákonitostech ve fyzickém světě. Významný rozdíl nebyl zaznamenán ani v ontogenezi kognitivních dovedností, vezmeme-li v úvahu pouze posloupnost vývojových kroků. Co se týče tempa vývoje, rozdíly jsou diskutovány.

Ontogeneze kauzálního uvažování je primárně popsána u dětí, u kterých se kauzální uvažování vyvíjí v průběhu prvních tří let života. V porovnání s lidoopy podle dostupných studií není zaznamenán zásadní rozdíl v posloupnosti vývoje. S kauzálním uvažováním úzce souvisí manipulace s předměty, která se u dětí i non-humánních primátů objevuje velmi časně, okolo jednoho roku života. Děti začínají nejpozději v jednom roce spontánně stavět kostky na sebe, šimpanzi kostky staví až ve věku tří let, gorilí mláďata na druhou stranu toto chování nevykazují vůbec.

Vývoj stálosti objektu u dětí je popisován šesti Piagetovými stádii senzomotorických adaptací, které se ukazují jako použitelné i pro ostatní druhy primátů, protože všechny zkoumané druhy (šimpanzi, gorily, orangutani, makakové, a dokonce i kotulové) následovaly vývojovou posloupnost šesti popisovaných stádií. Rozdíly jsou primárně pozorovány v tempu, ve kterém stádii dosahují. Studie, které se této problematice u jednotlivých druhů primátů věnovaly bohužel nejsou jednotné a dosud nevyšla publikace, které by vnesla jasnější světlo do této problematiky. Nejpravděpodobněji se jeví teorie, že ontogeneze stálosti objektu u lidoopích druhů probíhá v raných stádiích rychleji než u dětí. V pozdějších, konkrétně 5. a 6. stádiu, by pak měla ontogeneze výrazně zpomalit a vývoj stálosti objektu, který je u dětí ukončen druhým rokem života, by měl být prodloužen až o několik let.

Non-humánní primáti jsou sociální zvířata, jejich sociální způsob života jim často používání nástrojů usnadňuje, protože většinu technik, které primáti běžně používají, ať už louskání ořechů, lovení termitů či mravenců, nebo pití vody ze složených listů, silně ovlivňuje sociální učení. Všechny tyto činnosti mohou velice snadno od mala pozorovat. Non-humánní primáti, konkrétně šimpanzi nejsou podle všeho příliš dobrými imitátory. Imitace se tak zdá být primárně výsadou lidí. Šimpanzi se více soustředí na výsledky, které činnost přinesla než na

činnost samotnou, které byli svědky. Celkově se většina studií zabývajících se ontogenezí používání nástrojů u non-humánních primátů soustředí spíše na sociální učení, vliv matky, případně dalších členů sociální skupiny, ale také na tzv. artefakty používání nástrojů, se kterými se mladí primáti setkávají. Studie, které se věnují dětem se častěji zaměřují na inovativní a spontánní řešení problému, nezapomínají ale také na schopnost imitace.

## 6 Seznam použité literatury

- Albiach-Serrano, A., Sebastián-Enesco, C., Seed, A., Colmenares, F., & Call, J. (2015). Comparing humans and nonhuman great apes in the broken cloth problem: Is their knowledge causal or perceptual? *Journal of Experimental Child Psychology*, *139*, 174–189. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.06.004>
- Bardo, A., Cornette, R., Borel, A., & Pouydebat, E. (2017). Manual function and performance in humans, gorillas, and orangutans during the same tool use task. *American Journal of Physical Anthropology*, *164*(4), 821–836. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23323>
- Barth, J., & Call, J. (2006). Tracking the displacement of objects: A series of tasks with great apes (*Pan troglodytes*, *Pan paniscus*, *Gorilla gorilla*, and *Pongo pygmaeus*) and young children (*Homo sapiens*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *32*(3), 239–252. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.32.3.239>
- Beck, S. R., Apperly, I. A., Chappell, J., Guthrie, C., & Cutting, N. (2011). Making tools isn't child's play. *Cognition*, *119*(2), 301–306. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.01.003>
- Biro, D., Sousa, C., & Matsuzawa, T. (2006). Ontogeny and Cultural Propagation of Tool Use by Wild Chimpanzees at Bossou, Guinea: Case Studies in Nut Cracking and Leaf Folding. In T. Matsuzawa, M. Tomonaga, & M. Tanaka (Eds.), *Cognitive Development in Chimpanzees* (pp. 476–508). [https://doi.org/10.1007/4-431-30248-4\\_28](https://doi.org/10.1007/4-431-30248-4_28)
- Buttelmann, D., Carpenter, M., Call, J., & Tomasello, M. (2013). Chimpanzees, *Pan troglodytes*, recognize successful actions, but fail to imitate them. *Animal Behaviour*, *86*(4), 755–761. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.07.015>
- Call, J. (2001). Object permanence in orangutans (*Pongo pygmaeus*), chimpanzees (*Pan troglodytes*), and children (*Homo sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*, *115*(2), 159–171. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.115.2.159>
- Call, J. (2013). Three ingredients for becoming a creative tool user. In C. M. Sanz, J. Call, & C. Boesch (Eds.), *Tool Use in Animals: Cognition and Ecology* (pp. 3–20). <https://doi.org/10.1017/cbo9780511894800.002>
- Carr, K., Kendal, R. L., & Flynn, E. G. (2016). Eureka!: What Is Innovation, How Does It Develop, and Who Does It? *Child Development*, *87*(5), 1505–1519. <https://doi.org/10.1111/cdev.12549>
- Chevalier-Skolnikoff, S. (1976). The Ontogeny of Primate Intelligence and Its Implications for Communicative Potential: A Preliminary Report. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *280*(1), 173–211. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1976.tb25486.x>
- Chevalier-Skolnikoff, S. (1983). Sensorimotor Development in Orang-utans and Other Primates. *Journal of Human Evolution*, *12*(6), 545–561. [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(83\)80034-7](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(83)80034-7)
- Cohen, L. B., & Amsel, G. (1998). Precursors to Infants' Perception of the Causality of a Simple Event. *Infant Behavior & Development*, *21*(4), 713–731. [https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(98\)90040-6](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(98)90040-6)
- Cook, R., Bird, G., Catmur, C., Press, C., & Heyes, C. (2014). Mirror neurons: From origin to function. *Behavioral and Brain Sciences*, *37*, 177–241. <https://doi.org/10.1017/S0140525X13000903>

- de Blois, S. T., Novak, M. A., & Bond, M. (1998). Object Permanence in Orangutans (*Pongo pygmaeus*) and Squirrel Monkeys (*Saimiri sciureus*). *Journal of Comparative Psychology*, *112*(2), 137–152. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.112.2.137>
- De Resende, B. D., Ottoni, E. B., & Fragaszy, D. M. (2008). Ontogeny of manipulative behavior and nut-cracking in young tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*): A Perception-action perspective. *Developmental Science*, *11*(6), 828–840. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00731.x>
- di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, *91*, 176–180. <https://doi.org/10.1007/bf00230027>
- Diamond, A. (1990). Developmental Time Course in Human Infants and Infant Monkeys, and the Neural Bases of, Inhibitory Control in Reaching. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *608*((1 The Developme)), 637–676. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1990.tb48913.x>
- Diamond, A. (1991). Neuropsychological Insights into the Meaning of Object Concept Development. In S. Carey & G. Rochel (Eds.), *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition* (pp. 67–110). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Emery, N. J., & Clayton, N. S. (2009). Tool use and physical cognition in birds and mammals. *Current Opinion in Neurobiology*, *19*(1), 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2009.02.003>
- Falótico, T., Luncz, L. V., Svensson, M. S., & Haslam, M. (2017). Cashew Nut Positioning during Stone Tool Use by Wild Bearded Capuchin Monkeys (*Sapajus libidinosus*). *Folia Primatol*, *87*, 392–397. <https://doi.org/10.1159/000459621>
- Fedor, A., Skollár, G., Szerencsy, N., & Ujhelyi, M. (2008). Object Permanence Tests on Gibbons (*Hylobatidae*). *Journal of Comparative Psychology*, *122*(4), 403–417. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.122.4.403>
- Fragaszy, D M, Biro, D., Eshchar, Y., Humle, T., Izar, P., Resende, B., & Visalberghi, E. (2013). The fourth dimension of tool use: temporally enduring artefacts aid primates learning to use tools. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *368*. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0410>
- Fragaszy, Dorothy M. (2011). Community Resources for Learning: How Capuchin Monkeys Construct Technical Traditions. *Biological Theory*, *6*(3), 231–240. <https://doi.org/10.1007/s13752-012-0032-8>
- Galef, B. G. J. (1992). The question of animal culture. *Human Nature*, *3*(2), 157–178. <https://doi.org/10.1007/bf02692251>
- Gönül, G., Kamer Takmaz, E., Hohenberger, A., & Corballis, M. (2018). The cognitive ontogeny of tool making in children: The role of inhibition and hierarchical structuring. *Journal of Experimental Child Psychology*, *173*, 222–238. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.03.017>
- Hall-Haro, C., Johnson, S. P., Price, T. A., Vance, J. A., & Kiorpes, L. (2008). Development of object concepts in Macaque monkeys. *Developmental Psychobiology*, *50*(3), 278–287. <https://doi.org/10.1002/dev.20282>
- Hallock, M. B., & Worbey, J. (1984). Cognitive Development in Chimpanzee Infants (Pan

- troglodytes). *Journal of Human Evolution*, 13(5), 441–447. [https://doi.org/10.1016/s0047-2484\(84\)80056-1](https://doi.org/10.1016/s0047-2484(84)80056-1)
- Hauser, M. D. (2003). Knowing about Knowing. Dissociations between Perception and Action Systems over Evolution and during Development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1001(1), 79–103. <https://doi.org/10.1190/annals.1279.006>
- Hauser, M., & Spaulding, B. (2006). Wild rhesus monkeys generate causal inferences about possible and impossible physical transformations in the absence of experience. *PNAS*, 103(18), 7181–7185. <https://doi.org/10.1073>
- Hayashi, M. (2007). Stacking of blocks by chimpanzees: Developmental processes and physical understanding. *Animal Cognition*, 10(2), 89–103. <https://doi.org/10.1007/s10071-006-0040-9>
- Hayashi, M., & Matsuzawa, T. (2003). Cognitive development in object manipulation by infant chimpanzees. *Animal Cognition*, 6(4), 225–233. <https://doi.org/10.1007/s10071-003-0185-8>
- Hayashi, M., & Takeshita, H. (2009). Stacking of irregularly shaped blocks in chimpanzees (Pan troglodytes) and young humans (Homo sapiens). *Animal Cognition*, 12, 49–58. <https://doi.org/10.1007/s10071-009-0273-5>
- Herrmann, E., Call, J., Hernández-Lloreda, M. V., Hare, B., & Tomasello, M. (2007). Humans Have Evolved Specialized Skills of Social Cognition: The Cultural Intelligence Hypothesis. *Science*, 317, 1360–1366. <https://doi.org/10.1126/science.1146282>
- Herrmann, E., Hernández-Lloreda, M. V., Call, J., Hare, B., & Tomasello, M. (2010). The structure of individual differences in the cognitive abilities of children and chimpanzees. *Psychological Science*, 21(1), 102–110. <https://doi.org/10.1177/0956797609356511>
- Hihara, S., Obayashi, S., Tanaka, M., & Iriki, A. (2003). Rapid learning of sequential tool use by macaque monkeys. *Physiology & Behavior*, 78, 427–434. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(02\)01006-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(02)01006-5)
- Hirata, S., & Celli, M. L. (2003). Role of mothers in the acquisition of tool-use behaviours by captive infant chimpanzees. *Animal Cognition*, 6(4), 235–244. <https://doi.org/10.1007/s10071-003-0187-6>
- Hood, B. M. (1995). Gravity rules for 2- to 4-year olds? *Cognitive Development*, 10(4), 577–598. [https://doi.org/10.1016/0885-2014\(95\)90027-6](https://doi.org/10.1016/0885-2014(95)90027-6)
- Horner, V., & Whiten, A. (2007). Learning from others' mistakes? Limits on understanding a trap-tube task by young chimpanzees (Pan troglodytes) and children (Homo sapiens). *Journal of Comparative Psychology*, 121(1), 12–21. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.121.1.12>
- Humle, T., Snowdon, C. T., & Matsuzawa, T. (2009). Social influences on ant-dipping acquisition in the wild chimpanzees (Pan troglodytes verus) of Bossou, Guinea, West Africa. *Animal Cognition*, 12, 37–48. <https://doi.org/10.1007/s10071-009-0272-6>
- Iacoboni, M. (2005). Neural mechanisms of imitation. *Cu*, 15, 632–637. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.10.010>
- Inoue-Nakamura, N., & Matsuzawa, T. (1997). Development of Stone Tool Use by Wild Chimpanzees (Pan troglodytes). *Journal of Comparative Psychology*, 111(2), 159–173.

<https://doi.org/10-1037/0735-7036.111.2.159>

- Jane van Lawick-Goodall. (1971). Tool-Using in Primates and Other Vertebrates. In D. S. Lehrman, R. A. Hinde, & E. Shaw (Eds.), *Advances in the Study of Behaviour* (pp. 195–249). [https://doi.org/10.1016/S0065-3454\(08\)60157-6](https://doi.org/10.1016/S0065-3454(08)60157-6)
- Johnson, S. P., Amso, D., & Slemmer, J. A. (2003). Development of object concepts in infancy: Evidence for early learning in an eye-tracking paradigm. *PNAS*, *100*(18), 10568–10573. <https://doi.org/10.1073/pnas.1630655100>
- Kotovskiy, L., & Baillargeon, R. (2000). Reasoning about collisions involving inert objects in 7.5-month-old infants. *Developmental Science*, *3*(3), 344–359. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00129>
- Kummer, H. (1995). Causal knowledge in animals. In D. Sperber, D. Premack, & A. J. Premack (Eds.), *Symposia of the Fyssen Foundation. Causal cognition: A multidisciplinary debate* (p. 26-39). Clarendon Press/Oxford University Press
- Langer, J. (2005). The Primate Phylogeny of Cognitive Ontogeny. In J. Valsiner (Ed.), *Heinz Werner and Developmental Science. Path in Psychology*. (pp. 307–321). [https://doi.org/10.1007/0-306-48677-6\\_19](https://doi.org/10.1007/0-306-48677-6_19)
- Langer, J. (2006). The Heterochronic Evolution of Primate Cognitive Development. *Biological Theory*, *1*(1), 41–43. <https://doi.org/10.1162/biot.2006.1.1.41>
- Leslie, A. M., & Keeble, S. (1987). Do six-month-old infants perceive causality? *Cognition*, *25*(3), 265–288. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(87\)80006-9](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(87)80006-9)
- Limongelli, L., Boysen, S. T., & Visalberghi, E. (1995). Comprehension of Cause-Effect Relations in a Tool-Using Task by Chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology*, *109*(1), 18–26. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.109.1.18>
- Lonsdorf, E. V. (2006). What is the role of mothers in the acquisition of termite-fishing behaviors in wild chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*)? *Animal Cognition*, *9*(1), 36–46. <https://doi.org/10.1007/s10071-005-0002-7>
- Majecka, K., & Pietraszewski, D. (2018). Where's the cookie? The ability of monkeys to track object transpositions. *Animal Cognition*, *21*(4), 603–611. <https://doi.org/10.1007/s10071-018-1195-x>
- Martin-Ordas, G., Atance, C. M., & Call, J. (2014). Remembering in tool-use tasks in children and apes: The role of the information at encoding. *Memory*, *22*(1), 129–144. <https://doi.org/10.1080/09658211.2013.806553>
- Martin-Ordas, G., Schumacher, L., & Call, J. (2012). Sequential Tool Use in Great Apes. *PLoS ONE*, *7*(12), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052074>
- Mathieu, M., & Bergeron, G. (1981). Piagetian Assessment on Cognitive Development in Chimpanzee (*Pan troglodytes*). In A. B. Chiarelli & R. S. Corruccini (Eds.), *Primate Behavior and Sociobiology. Proceedings in Life Sciences*. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-68254-4\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-642-68254-4_20)
- Mathieu, Mireille, Bouchard, M.-A., Granger, L., & Herscovitch, J. (1976). Piagetian object-permanence in *Cebus capucinus*, *Lagothrica flavicauda* and *Pan troglodytes*. *Animal Behaviour*, *24*(3), 585–588. [https://doi.org/10.106/s0003-3472\(76\)80071-1](https://doi.org/10.106/s0003-3472(76)80071-1)
- Mathieu, Mireille, Daudelin, N., Dagenais, Y., & Décarie, T. G. (1980). Piagetian Causality in

- Two House-Reared Chimpanzees (Pan Troglodytes). *Canadian Journal of Psychology*, 34(2), 179–186. <https://doi.org/10.1037/h0081039>
- McGrew, W. C. (1989). Why is ape tool use so confusing? In V. Standen & R. A. Foley (Eds.), *Comparative Socioecology. The Behavioural Ecology of Humans and Other Mammals* (pp. 457–472).
- Mendes, N., & Huber, L. (2004). Object Permanence in Common Marmosets (*Callithrix jacchus*). *Journal of Comparative Psychology*, 118(1), 103–112. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.118.1.103>
- Meulman, E. J. M., Seed, A. M., & Mann, J. (2013). If at first you don't succeed... Studies of ontogeny shed light on the cognitive demands of habitual tool use. *Royal Society*, 368(20130050). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0050>
- Moore, M. K., & Meltzoff, A. N. (2008). Factors affecting infants' manual search for occluded objects and the genesis of object permanence. *Infant Behavior & Development*, 31(2), 168–180. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2007.10.006>
- Mulcahy, N. J., & Call, J. (2012). Apes Save Tools for Future Use. *Science*, 312, 1038–1040. <https://doi.org/10.1126/science.1125456>
- Mulcahy, N. J., Call, J., & Dunbar, R. I. M. (2005). Gorillas (*Gorilla gorilla*) and Orangutans (*Pongo pygmaeus*) Encode Relevant Problem Features in a Tool-Using Task. *Journal of Comparative Psychology*, 119(1), 23–32. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.119.1.23>
- Musgrave, S., & Sanz, C. (2018). Tool Use in Nonhuman Primates. In *The International Encyclopedia of Anthropology* (Hillary Ca, pp. 1–7). <https://doi.org/10.1002/9781118924396.wbiea2063>
- Nagell, K., Olguin, R. S., & Tomasello, M. (1993). Processes of social learning in the tool use of chimpanzees (*Pan troglodytes*) and human children (*Homo sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*, 107(2), 174–186. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.107.2.174>
- Natale, F., Antinucci, F., Spinozzi, G., & Poti, P. (1986). Stage 6 object concept in nonhuman primate cognition: A comparison between gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) and Japanese macaque (*Macaca fuscata*). *Journal of Comparative Psychology*, 100(4), 335–339. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.100.4.335>
- Navarrete, A. F., Reader, S. M., Street, S. E., Whalen, A., & Laland, K. N. (2016). The coevolution of innovation and technical intelligence in primates. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 371(1670). <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0186>
- Neiwirth, J. J., Steinmark, E., Basile, B. M., Wonders, R., Steely, F., & DeHart, C. (2003). A test of object permanence in a new-world monkey species, cotton top tamarins (*Saguinus oedipus*). *Animal Cognition*, 6(1), 27–37. <https://doi.org/10.1007/s10071-003-0162-2>
- Okamoto-Barth, S., Tomonaga, M., Tanaka, M., & Matsuzawa, T. (2008). Development of using experimenter-given cues in infant chimpanzees: longitudinal changes in behavior and cognitive development. *Developmental Science*, 11(1), 98–108. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00658.x>
- Odling-Smee FJ, Laland KN, Feldman MW (2003) Niche construction: the neglected process in evolution. Princeton University Press, Princeton. <https://doi.org/10.1515/9781400847266>

- Peeters, R., Simone, L., Nelissen, K., Fabbri-Destro, M., Vanduffel, W., Rizzolatti, G., & Orban, G. A. (2009). The Representation of Tool Use in Humans and Monkeys: Common and Uniquely Human Features. *The Journal of Neuroscience*, *29*(37), 11523–11539. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2040-09.2009>
- Pellegrini, A. D., & Hou, Y. (2011). The Development of Preschool Children's (Homo sapiens) Uses of Objects and Their Role in Peer Group Centrality. *Journal of Comparative Psychology*, *125*(2), 239–245. <https://doi.org/10.1037/a0023046>
- Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child.* (M. Cook, Trans.). Basic Books. <https://doi.org/10.1037/11168-000>
- Piaget, J. (1952). When Thinking Begins. In *The Origins of Intelligence in Children* (pp. 25–36). <https://doi.org/10.1037/11494-000>
- Poti, P., & Spinozzi, G. (1994). Early Sensorimotor Development in Chimpanzees (Pan troglodytes). *Journal of Comparative Psychology*, *108*(1), 93–103. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.108.1.93>
- Redshaw, M. (1978). Cognitive Development in Human and Gorilla Infants. *Journal of Human Evolution*, *7*(2), 133–141. [https://doi.org/10.1016/s0047-2484\(78\)80005-0](https://doi.org/10.1016/s0047-2484(78)80005-0)
- Reindl, E., Beck, S. R., Apperly, I. A., & Tennie, C. (2016). Young children spontaneously invent wild great apes' tool-use behaviours. *Proceedings Royal Society B*, *283*, 1–7. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.2402> or
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, *27*(1), 169–192. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- Rooijakkers, E. F., Kaminski, J., & Call, J. (2009). Comparing dogs and great apes in their ability to visually track object transpositions. *Animal Cognition*, *12*(6), 789–796. <https://doi.org/10.1007/s10071-009-0238-8>
- Sabbatini, G., Truppa, V., Hribar, A., Gambetta, B., Call, J., & Visalberghi, E. (2012). Understanding the functional properties of tools: Chimpanzees (Pan troglodytes) and capuchin monkeys (Cebus apella) attend to tool features differently. *Animal Cognition*, *15*(4), 577–590. <https://doi.org/10.1007/s10071-012-0486-x>
- Sanz, C., Morgan, D., & Gulick, S. (2004). New Insights into Chimpanzees, Tools, and Termites from the Congo Basin. *The American Naturalist*, *164*(5), 567–581. <https://doi.org/10.1086/424803>
- Saxe, R., Tenenbaum, J. B., & Carey, S. (2005). Secret Agents. *Psychological Science*, *16*(12), 995–1001. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01649.x>
- Schino, G., Spinozzi, G., & Berlinguer, L. (1990). Object Concept and Mental Representation in Cebus apella and Macaca fascicularis. *Primates*, *31*(4), 537–544. <https://doi.org/10.1007/bf02382536>
- Shapiro, L. (2009). Making sense of mirror neurons. *Synthese*, *167*, 439–456. <https://doi.org/10.1007/s11229-008-9385-8>
- Spinozzi, G., & Poti, P. (1993). Piagetian Stage 5 in Two Infant Chimpanzees (Pan troglodytes): The Development of Permanence of Objects and the Spatialization of Causality. *International Journal of Primatology*, *14*(6), 905–917. <https://doi.org/10.1007/BF02220259>



- Steinhorst, A., & Funke, J. (2014). Mirror neuron activity is no proof for action understanding. *Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00333>
- Teleki, G. (1974). Chimpanzee Subsistence Technology: Materials and Skills. *Journal of Human Evolution*, 3(6), 575–594. [https://doi.org/10.1016/0047-2484\(74\)90018-9](https://doi.org/10.1016/0047-2484(74)90018-9)
- Tennie, C., Call, J., & Tomasello, M. (2012). Untrained Chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*) Fail to Imitate Novel Actions. *PLoS ONE*, 7(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041548>
- Tia, B., Viaro, R., & Fadiga, L. (2018). Tool-use training temporarily enhances cognitive performance in long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*). *Animal Cognition*, 21, 365–378. <https://doi.org/10.1007/s10071-018-1173-3>
- Tomasello, M., Savage-Rumbaugh, S., & Kruger, A. C. (1993). Imitative Learning of Actions on Objects by Children, Chimpanzees, and Enculturated Chimpanzees. *Child Development*, 64(6), 1688–1705. <https://doi.org/10.2307/1131463>
- Tomonaga, M., Imura, T., Mizuno, Y., & Tanaka, M. (2007). Gravity bias in young and adult chimpanzees (*Pan troglodytes*): tests with a modified opaque-tubes task. *Developmental Science*, 10(3), 411–421. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00594.x>
- van Schaik, C. P. (2003). Local traditions in orangutans and chimpanzees: social learning and social tolerance. In Dorothy M Fragaszy & S. Perry (Eds.), *The Biology of Traditions. Models and Evidence*. (pp. 297–328). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511584022.012>
- van Schaik, C. P., Fox, E. B. A., & Fechtman, L. T. (2003). Individual variation in the rate of use of tree-hole tools among wild orang-utans: Implications for hominin evolution. *Journal of Human Evolution*, 44(1), 11–23. [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(02\)00164-1](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(02)00164-1)
- Vauclair, J. (1982). Sensorimotor Intelligence in Human and Non-human Primates. *Journal of Human Evolution*, 11(3), 257–264. [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(82\)80041-9](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(82)80041-9)
- Vaughter, R. M., Smotherman, W., & Ordy, J. M. (1972). Development of Object Permanence in the Infant Squirrel Monkey. *Developmental Psychology*, 7(1), 34–38. <https://doi.org/10.1037/h0032693>
- Visalberghi, E., & Tomasello, M. (1998). Primate causal understanding in the physical and psychological domains. *Behavioural Processes*, 42, 189–203. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(97\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(97)00076-4)
- Visalberghi, Elisabetta, & Limongelli, L. (1994). Lack of Comprehension of Cause-Effect Relations in Tool-Using Capuchin Monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 108(1), 15–22. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.108.1.15>
- Visalberghi, Elisabetta, Sirianni, G., Fragaszy, D., & Boesch, C. (2015). Percussive tool use by Tai Western chimpanzees and Fazenda Boa Vista bearded capuchin monkeys: a comparison. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 370(1682). <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0351>
- Waldmann, M. R., & Hagmayer, Y. (2013). Causal reasoning. In D. Reisberg (Ed.), *Oxford library of Psychology. Oxford Handbook of Cognitive Psychology* (pp. 733–752). <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195376746.013.0046>
- Whiten, A., Mcguigan, N., Marshall-pescini, S., Hopper, L. M., Whiten, A., Mcguigan, N., ...

- Hopper, L. M. (2009). Emulation, imitation, over-imitation and the scope of culture for child and chimpanzee. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*, 2417–2428. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0069>
- Wise, K. L., Wise, L. A., & Zimmermann, R. R. (1974). Piagetian Object Permanence in the Infant Rhesus Monkey. *Developmental Psychology*, *10*(3), 429–437. <https://doi.org/10.1037/h0036405>
- Wobber, V., Herrmann, E., Hare, B., Wrangham, R., & Tomasello, M. (2013). Differences in the Early Cognitive Development of Children and Great Apes. *Developmental Psychobiology*, *56*(3), 547–573. <https://doi.org/10.1002/dev.21125>
- Wood, S., Moriarty, K. M., Gardner, B. T., & Gardner, R. A. (1980). Object permanence in child and chimpanzee. *Animal Learning & Behavior*, *8*(1), 3–9. <https://doi.org/10.3758/BF03209723>