

genomu, vhodně zašifovaná, se stane standardní součástí lékařských dokumentů. Problémem dneška je zpracování dat, které teprve umožní vhodný software, jenž by lékařovi pomohl orientovat se v záplavě písmen. Při 3,2 miliardy písmen v haploidním stavu – kdyby jedno písmeno DNA bylo velké jako písmeno tohoto textu, vzniklo by tisíc knih formátu A4, zhruba 3 cm silných.

V r. 2010 byl sekvenován genom neandertálce a v r. 2016 stojíme před jednoznačným úkolem: sekvenovat genomy všech občanů planety a všech známých recentních organismů, a pokud se zdaří, pak i vymřelých. Dnes se zdá, že projekt nebude mít ani tak technické problémy, jako spíše etické. Již se ukázalo, jak extrémně obtížné, ne-li nemožné, je vysvětlit např. amazonským indiánům, proč od nich potřebujeme vzorek. Mnohokrát již byla kritizována tzv. helikoptérova genetika, kdy badatelé přiletěli, místní kmen zahrnuli dary, odebrali krev a letěli zase jinam. Jiné skupiny obyvatel i po obšírném vysvětlení odběr odmítly, z obavy před zneužitím. Asi se nepodaří sekvenovat DNA např. dinosaurů, ale již je publikována sekvence řady druhů vymřelých v nedávné minulosti (z nejznámějších mamuta, vakovlka, ptáka moa, holuba stěhovavého), kde jsme schopni získat DNA v použitelném stavu (Živa 2014, 2: 53–56).

Výsledky tohoto úsilí jsou obrovským skokem vpřed pro medicínu, ale nejen to. Díky znalosti genomů lidí z různých etnik máme nyní např. poměrně přesnou před-

stavu o různých migračních vlnách a osídlení planety.

Druhý a třetí genom

Rok 2003 neznamenal ani zdaleka konec výzkumu lidského genomu. V první dekádě tisíciletí dochází k bouřlivému rozvoji studia epigenetiky a epigenetické dědičnosti, kdy se prokazuje, že rozhodující je, kdy, kde a jak moc se daný gen bude přepisovat. Kromě jazyka DNA mluvíme o jazyce histonových oktamerů a zdá se, že existuje celý vesmír modifikací chromatinu, nejen známé metylace cytozinů na CpG ostrůvcích, které rozhodují o přepisu genů. Jindy jde ještě o sofistikovanější mechanismy. DNA jedné buňky měří až 2 m a musí být v malém prostoru jádra pečlivě uspořádána, na základní úrovni kolem proteinů zvaných histony. Ty obsahují množství lyzinů a argininů, zásaditých aminokyselin – proto se DNA coby kyselina kolem nich dobře vine. Když jsou však histonové oktamery acetylovány (acetyl je zbytek kyseliny octové), DNA se uvolňuje a lze ji snáze přepsat. Dnes se odhaduje, že během života buňky se každý nukleotid někdy přepíše do nějaké RNA, máme popsáno na tisíce (!) dlouhých nekódujících RNA, o nichž přesně nevíme, co v jádře dělají, mohou např. fungovat jako lešení a prostorové uspořádání DNA.

Sotva se vědecká veřejnost začala vzpamatovávat z překvapení, které přinesla epigenetika, byla objevena neobyčejná důležitost tzv. třetího genomu, mikrobiomu.

Projekt lidského mikrobiomu byl zahájen v r. 2008 a v jeho čele stojí opět F. Collins. Zkoumá populace mikroorganismů na pěti vytipovaných místech těla – na kůži, v ústní dutině, nosní dutině, gastrointestinálním a urogenitálním traktu. Počet různých genů mikrobiomu se odhaduje mezi 2–20 miliony, jde o geny všech eubakterií, archeí, mikroskopických eukaryot, kterých je 1 000× více než našich genů. Z genetického pohledu jsem člověkem jen z 1–0,1 %, ostatní geny na a v mém těle patří do mikrobiomu. Mikrobiota a její geny mají zřejmě klíčový vliv na rozvoj imunitního systému u dětí, vyrábějí vitamíny, které sami vyrobit neumíme, drží v šachu „škodlivé“ bakterie, pomáhají s trávením, ovlivňují expresi našich genů a zdá se, že tělo jim řadu úkolů přenechá. Slovo „jedinec“ postrádá smysl, všichni jsme holobionti tvořící celek větší než suma jeho částí. Mikrobiota je nyní chápána jako nový orgán lidského těla (také Živa 2015, 3: 106–107). V budoucnosti se tak úsilí výzkumníků nepochybně zaměří na získání znalostí proteomu (atlasu všech proteinů, které v životě lidské tělo vyprodukuje), metabolomu (všech metabolitů), viromu (genů všech virů žijících na a uvnitř našeho těla) a mikrobiomu jako celku.

Předvídat budoucnost je ošidné. Pokud jsme se ale za 20 let něco naučili, pak že kam v rámci výzkumu vstoupíme, tam se proboříme do neznámého vesmíru.

Doporučená literatura je na webu Živa.

Vladimír Blažek

Používání nástrojů u lidoopů a počátky jejich výroby člověkem

Jedním ze základních atributů, kterým bývá člověk vymezen od zvířat, je kultura. Bez ohledu na odlišná pojetí kultury u různých autorů považujeme za jednu z jejich nejdůležitějších stránek materiální kulturu a schopnost používat, ale i upravovat, vyrábět nástroje. V minulosti byly výroba a používání nástrojů chápány jako specifický projev člověka, odlišující jej mimo jiné od zvířat. Pokud byly nějaké projevy nástrojového chování objeveny, byly vnímány jako výjimečné a především jako instinktivní chování. Nejznámější příklad představuje jeden z druhů tzv. Darwinových pěnkav – pěnkavka bledá (*Camarhynchus pallidus*, syn. *Cactospiza pallida*) na Galapágách, která získává potravu v podobě larev hmyzu zpod kůry a ze štěrbin pomocí větviček nebo trnů kaktusů, čímž behaviorálně nahrazuje morfologické adaptace jiných druhů, sloužící témuž účelu (zobák a jazyk datla, jeden z prstů s drápem u madagaskarské poloopice ksukola).

Co je to nástroj

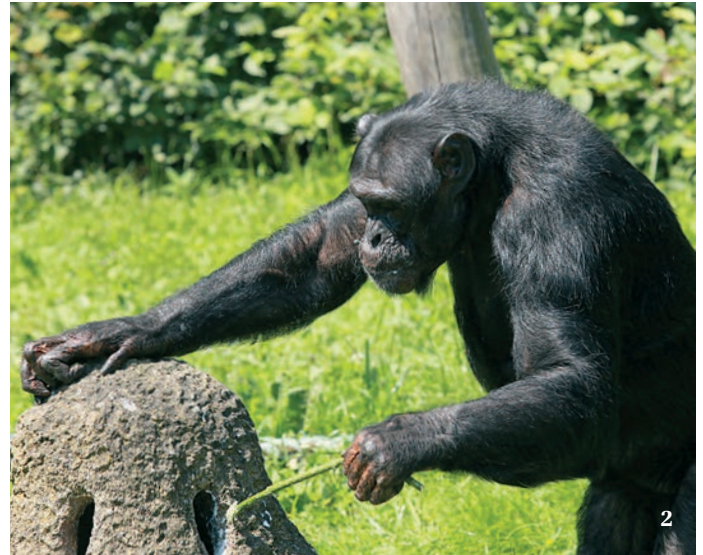
Než si uvedeme, jaké další druhy živočichů používají nástroje, a zvláště, jak je tomu u našich nejbližších příbuzných, musíme se zamyslet, co budeme pod označením nástroj chápat. Zvířata využívají pří-

rodniny, na kterých nemusejí být na rozdíl od sekery nebo letadla zřejmé atributy nástroje. Nejčastěji se u nástroje zdůrazňuje, že představuje prostředek k dosažení cíle, ale to nestačuje k jednoznačné definici. V odborné etologické literatuře se od-

60. let 20. stol. spíše hovoří o užívání nástrojů (tool use) jako o působení jedním předmětem na druhý a chápe se jako adaptační chování (viz Hallovy studie vyder mořských, blíže dále v textu). Jane van Latic-Goodallová se snažila vymezit užívání nástrojů ve smyslu používání předmětů jako vnějšího prodloužení úst či zobáku, ruky nebo drápu. Další autoři doplňují pojetí nástroje o skutečnost přiblížení, dosažení a o změnu věcí a zvířat. Takto chápáné užívání nástrojů se vztahuje k přírodním životním podmínkám a vymezuje se vůči laboratorním experimentům. V návaznosti na pojetí užívání nástrojů se rozumí jejich výroba u zvířat (tool manufacture) jako úprava předmětů z okolí, charakterizovaná spíše výčtem, o jaký typ úpravy jde – oddělení, přidání, kombinování, nahrazení části, změna tvaru. Nepřesnost definování nástroje vyplývá mimo jiné ze skutečnosti, že lze manipulovat s okolím, aniž by se přímo užívalo předmětů. Příkladem může být vytváření bublin a bublinových „síť“ pro lov ryb (ale zároveň jen pro zábavu) u kytovců a ploutvonožců.

Užívání nástrojů u zvířat

Pro užívání a výrobu nástrojů jsou zdůrazňovány kognitivní funkce (a také velikost mozku), individuální zkušenosti při hře v mládčím období a předávání poznatků především napodobováním od matky. Zajímavou souvislost nabízí užívání kamenů k rozbíjení schránek ušní a ježovky u vyder mořských (*Enhydra lutris*) z Kalifornie. Ty mají při plavání na zádech položený kámen na břicho a buší do něj uvolněnou potravou. Podobně však rozbíjejí schránky



1 a 2 Šimpanzi (*Pan troglodytes*) používají v přírodě různé typy nástrojů (listí, větve, klacky a kameny) k mnoha účelům. Dobře popsán je např. získávání termitů a mravenců z hnízd pomocí upravovaných větviček. Podobné chování můžeme někdy pozorovat i v umělém prostředí zoologických zahrad. Zoo Ostrava. Foto P. Vlček

3 Příklady kamenných nástrojů používaných různými předky člověka. Sekáče oldowánské kultury (nad sebou vlevo) – opracované valouny tzv. oblázkové industrie vyráběné člověkem zručným (*Homo habilis*) a podle některých údajů snad již staršími formami homininů. Pěstní klín a štípač acheuléenské kultury (Olduvai a Gadeb, nahoře vpravo). Vpravo dole nástroje moustérienu: typický moustérien, moustérien s acheuléenskou tradicí, zoubkovaný moustérien. Blíže v textu. Ilustrace ze seriálu Z. Šmahela *Evoluce rodu Homo* (Živa 2003, 3: 134–136; 4: 181–184 a 5: 227–232). Orig. M. Chumchalová

mořských živočichů o skalní výběžky na břehu. Na druhou stranu lze manipulaci s kamenem odvodit od nesení mládat na břicho. Za zmínku stojí schopnost využít různé materiály (třeba nalezenou láhev) a uchovávat těchto „kovadlin“ a jejich nošení s sebou.

U druhů se složitějším nástrojovým chováním pak má význam i oportunní způsob získávání potravy (např. u havranovitých ptáků a u šimpanzů). Dále hrají nezbytnou roli sociální interakce v komplikovaném sociálním prostředí. To platí částečně u delfínů a zvláště u vyšších primátů. U lidoopů, s důkladnou dokumentací u obou druhů šimpanzů, je užívání a výroba nástrojů a exploatace potravních zdrojů východiskem pro utváření rozdílů neadaptivního charakteru mezi tlupami, tedy na základě tradice. V posledních desetiletích se proto hovoří a diskutuje o tzv. kulturách šimpanzů (chimpanzee cultures – ve srovnání s komplexností lidské kultury, resp. lidských kultur spíše ve významu „protokultur“). Tradice týkající se jen dílčího chování existuje u řady dalších druhů: popsané používání kamenů mořskými vy-

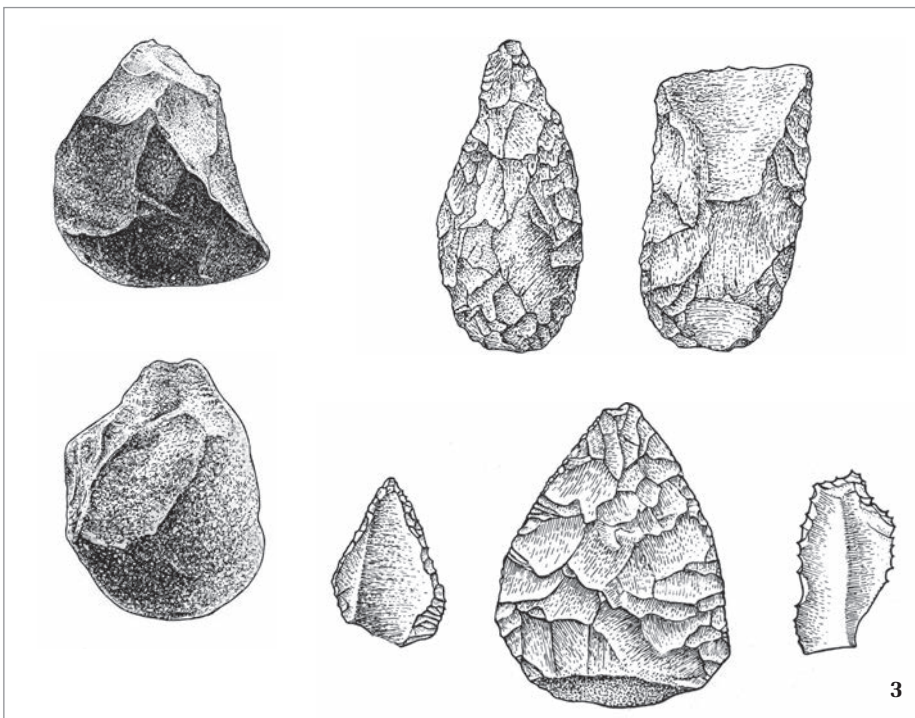
drami se vyskytuje pouze v určité oblasti Tichomoří a pouštění bublin provozují jen určité skupiny kytovců.

Výčet druhů, u nichž bylo zjištěno užívání a dokonce jednoduchá výroba nástrojů, je kromě šimpanze a dalších primátů různorodý, resp. jednotlivé druhy pocházejí ze značně odlišných systematických skupin. Vedle zmíněných příkladů lze uvést supy mrchožravé (*Neophron percnopterus*; rozbíjejí pomocí kamenů skořápky pštrosích vajec), některé papoušky (různé praktiky dobývání potravy), chobotnice (klouzavý pohyb na lastuře mlžů po dně) a delfíny (lov ryb s použitím mušle, nasazení mořské houby pro ochranu konců čelistí). U druhu vran *Corvus moneduloides* z Nové Kaledonie bylo také popsáno složitější používání nástrojů (včetně nástroje pro získání jiného nástroje).

Nástroje u primátů

V rámci primátů se setkáváme s užíváním nástrojů častěji – mají pro ně vytvořeny vhodnější manipulační předpoklady. Nejznámější jsou malpy a lidoopi, ale nástrojové chování bylo pozorováno víckrát také u vřešťanů a chápanů, makaků, paviánů a mandrilů, kočkodanů, gueréz, kahau nosatých a gibbonů. V těchto případech šlo většinou jen o házení předmětů, ale u malp, paviánů, makaků a samozřejmě u velkých lidoopů bylo použití předmětů zaměřeno k získání potravy.

Z ploskonosých opic Jižní Ameriky pravidelně užívají kameny k rozbíjení ořechů některé druhy malp, např. malpa pruhohřbetá (*Cebus libidinosus*) a m. hnědá (*C. apella*). Technika tohoto rozbíjení je poněkud stereotypní. Jedinec položí ořech na podložku (skálu, kámen), uchopí do obou rukou poměrně velký kámen, vztyčí se na zadní končetiny a zvedne ruce s kamenem nad hlavu; jako kladivem pak udeří do ořechu. Jde o relativně fyzicky náročný výkon, ale energetický zisk bývá zřejmě dostatečně výhodný. Roztloukání ořechů je sezonní záležitostí, a tak probíhá skupinově a opakovaně na stejných místech. Dokonce na některých skalách zůstávají od předchozích let jamky, které slouží k stabilnímu umístění ořechů. Vedle tohoto tradičního modelu použití nástroje se malpy občas pokoušejí roztloukat plod na větví při držení v ruce.



Objevy J. van Lawick-Goodallové v národním parku Gombe v Tanzanii v 60. letech se týkaly mimo další oblasti chování rovněž používání a výroby nástrojů. Ve své době to byla mimořádně překvapivá pozorování. Postupně se ukázalo, že nástrojové chování šimpanzů (*Pan troglodytes*), někdy označovaných jako šimpanz učenlivý, je velmi bohaté a vztahuje se k nejrůznějším aktivitám. Zde se stručně soustředíme jednak na variabilitu a jednak na používání kamenů k rozbíjení ořechů, které nabízí interpretace směrem k počátkům výroby nástrojů v evoluci člověka.

Příklady nástrojové činnosti u šimpanzů

Roztřídit formy užívání a výroby nástrojů u šimpanzů není jednoduché, neboť se liší různými používanými materiály (listy, větvičky, klacky, hole, menší a větší kameny), dále účelem (hygiena, sběr hmyzu a medu, dobývání ze země, lov, hrozba) a konečně podle oblastí (a též podle druhu nebo poddruhu) a skupinové příslušnosti. Některé aktivity existují v jakýchkoli souborech, jiné se vyskytují obdobně v různých tlupách, kdy těžko zjistíme, zda došlo v minulosti k rozpadu původní větší skupiny, nebo zda se uskutečnil přenos zkušeností prostřednictvím samic migrujících mezi skupinami.

Rozžvýkané a pomuchlané listy slouží šimpanzům k otírání zbytků trusu po defekaci; zaznamenáno bylo i utírání spermatu po koitu. Takto upravené listy se uplatňuje také při sběru vody a stírání medu. Listy bývají užívány i při zbavování se parazitů. Podrobné studie se zaměřily na využívání nástrojů k získávání medu, a to v národním parku Laongu v Gabonu. K tomu slouží celá sada nástrojů. Různě široké klaciky používají šimpanzi pro vytvoření děr do plástu (perforují ho) a jejich rozšiřování, další tenčí se zachovanými kořínky k nabírání medu (jako štětečkem). Dobývání medu se liší podle typu a umístění hnízda a podle druhu včel.

Všeobecně je známé získávání termitů a mravenců pomocí větviček. Již van Lawick-Goodallová popsala, že k tomuto účelu používají jakoukoli větvičku, ale nástroj vybírají podle tloušťky a délky, odlistí ho a zkrátí, případně sloupnou kůru. Krmení se hmyzí lahůdkou je pak jen otázkou trpělivosti – termiti se do klacíků zakusují, mravenci po větvičce lezou. Mnohá termitišť se nacházejí pod zemí, šimpanzi v takovém případě klacky (někdy poměrně silnými a zašpičatělými) rýpou do země, až prorazí otvor k další exploataci potravního zdroje. Tento postup známe i u mnohých lovecko-sběračských etnik člověka (tzv. digging).

Šimpanzi (v tomto případě převážně samice) z mozaikovitých lesostepí v Senegalgu používají svébytný způsob lovu. Vyhledávají delší klacky (kolem 70 cm), ty po zkontrolování v polovině případů upravují zuby ve smyslu zašpičatění a následně těmito nástroji jako kopím bodají do úzlabin a otvorů ve stromech. Tím dosahují občas nabodnutí spících menších nočních savců, zvláště komb ušatých (*Galago senegalensis*).

V některých mimořádných případech dochází při emocionálním nabuzení k hroz-



bám a útokům, při nichž berou do rukou také nástroje. Klasický experiment, kdy v místě, kudy se pohybovala tlupa šimpanzů, byla instalována vycpaná maketa levharta s pokyvuující hlavou, skončil stupňujícím se útokem spojeným s máváním a nakonec „napadením“ až rozbitím napodobeniny velkým klackem. Podobně, byť méně intenzivní, bylo chování některých tlup v době deště, kdy se několik jedinců shromáždilo a pravidelně pohybovalo v blízkosti stromu, jenž se pak stal občas předmětem simulovaného útoku. Jde o diskutovaný tzv. deštný tanec. Nabuzení a netypické chování známe i při reagování na hučící vodopád nebo oheň. Nedávná pozorování šimpanzů v Guineji-Bissau naznačují další, pro nás zatím obtížně vysvětlitelné chování. Někteří kladou kameny na hromádky na sebe u úpatí stromů, resp. házejí kameny údajně na zvláštní stromy. Z dalších pozorování stojí za zmínku chování šestileté samičky Joya z lokality Bossou v Guineji, která při konfliktu s jinými samicemi během roztloukání ořechů mávala s kamenem v ruce, jako by hrozila jeho vržením. K tomu jindy nakonec došlo. Útok však mířil na přítomného fotografa, když Joya byla v tu chvíli nespokojená, že nezískala maso. Tato samička je v odborné literatuře známa i jako mládě záměrně vedené svou matkou k napodobování a učení se rozbíjet ořechy.

Další častou aktivitou, při níž tito lidoopi pravidelně používají různé nástroje, je právě zmíněné roztloukání ořechů. Těto činnosti se věnují především samice, často s mláďaty. Při dozrání příslušných ořechů (z více druhů stromů) se jejich konzumování stává společenskou událostí. Kolektivní roztloukání bylo pozorováno vlastně u všech populací šimpanzů. Existují zde ale meziskupinové a také individuální rozdíly. Často bývá voleno otevřenější místo, kam si jednotliví šimpanzi nosí jak ořechy, tak kameny a silné klacky. Jak jsme se zmínili u malp, byly i u šimpanzů nalezeny skalní výchozy, na nichž opakovaným a dlouhodobým užíváním vznikly jamky sloužící jako místo pro roztloukání nových ořechů. Jako kovadliny často slouží ploché velké kameny, ale také

4 Lidoopi, zvláště pak šimpanzi, prokázali od počátků jejich chovu v umělých podmínkách (zoo, experimentální laboratoře) mimořádnou schopnost napodobování a samostatného tvořivého používání různých lidských předmětů a nástrojů. Foto J. Seget (přelom 50. a 60. let)

5 Experimenty s lidoopy také odhalily jejich vysokou schopnost abstrakce a kognice včetně řešení složitých problémových úloh. Lidoopi rovněž projevili dovednost používat znakové systémy (modifikovanou znakovou řeč hluchoněmých, obrázkové systémy). Na fotografii Zdeněk Veselovský (vlevo, snímek z let 1969–70) a Miroslav Klimt se šimpanzi Danem a Anny v pražské zoo. Z archivu Zoologické zahrady hlavního města Prahy (obr. 4 a 5)

větší větve. Byl pozorován transport kamene-kovadliny opřením o hýžděvovou oblast a přidržováním jednou rukou při pohybu „po třech“. Menší kameny („do ruky“) a různé velké klacky bývají rovněž používány jako kladivo. Varianty a kombinace jsou nepřehledné.

U jiného druhu šimpanzů, u bonoba (*Pan paniscus*) lze sledovat obdobné chování jako u šimpanze učenlivého, ale v menším rozsahu. Různá srovnání chování obou druhů (v oblastech Gombe, Tai, Kalinzu na straně šimpanzů a v lokalitě Wamba u bonobů) zatím nedokázala objasnit poměrně velký rozdíl v četnosti užívání nástrojů. Přitom na druhou stranu u bonobů naopak existuje bohatší sociální život s mnoha neobvyklými prvky. Občasné používání předmětů jako nástroje známe pochopitelně u goril (zvláště goril nížinných – *Gorilla gorilla*), u nichž bylo zaznamenáno užívání větví k prozkoumávání hloubky vody, dále k štouchání do předmětů, a u orangutanů bornejských i sumaterských (*Pongo pygmaeus* a *P. abelii*) s užíváním klacíků k vydloubávání semen z plodů a přisouvání věcí. Nutno ale doplnit, že škála uplatňování nástrojů v zajetí s novými podněty a také vzory je daleko rozsáhlejší než v přírodních podmínkách (obr. 4 a 5).

Mnohé laboratorní experimenty (počítají výzkumy německého psychologa Wolfganga Köhlera) ukazují na představivost lidoopů, jak s předměty nakládat a kombinovat je pro nové použití. Stejně tak výzkumy schopnosti abstrakce, řešení problémových úloh a dorozumívání při nich, užívání znakových systémů (znakové řeči nebo obrázkových „jazyků“) potvrzují kognitivní úroveň umožňující složitou manipulaci s nástroji a jejich upravování. V přírodních podmínkách není zřejmě nezbytné či potřebné tento potenciál využívat; nevznikly pro to vhodné podmínky. Užívání nástrojů může být chápáno jako samoposilující se chování (ve smyslu kladné zpětné vazby). Uvedenému srovnání nástrojového chování bonobů a šimpanzů učenlivých lze právě takto rozumět.

Nástroje v evolučním kontextu

Vraťme se však k používání kamenů na roztloukání ořechů u šimpanzů. Občas totiž dojde k odlomení části kamene, ale vzniklé řezné hrany lidoopi dále nevyužívají. Z experimentálních výzkumů však máme doklad, že alespoň někteří jedinci toho schopni jsou. Jmenovitě bonobo Kanzi, známý a populární ze studií o aplikaci znakových systémů k dorozumívání, byl obeznámený s fenoménem roztloukání kamenů. Později spontánně využil ostrou hranu kamene k řezání do dřevěného špaluku. Vnější výsledky této aktivity připomínají velmi zajímavý a ve smyslu použití nástroje zjevně nejstarší nálezy zřejmých vrypů kamenem do kostí (před 3,4 milionu let) z lokality Dikika v Etiopii, dávaný do souvislosti s homininním zástupcem – *Australopithecus afarensis*. Nabízí se představa, že stejně jako šimpanzi, tak i „lidští lidoopi“ mohli kameny jako nástroje běžně používat.

V odborné literatuře se věnovala pozornost také biomechanickému porovnání úderu při rozbíjení ořechu a při výrobě nástroje. Japonští experimentální primatologové z Výzkumného ústavu velkých lidoopů v Okayamě prokázali účinnou optimalizaci při výběru velikosti kamene-kladiva podle velikosti ořechu a v závislosti na ní směřování úderu. Při srovnání tohoto pohybu s pohybem ruky při tlučení do drobného předmětu na desce a také při otlučení jedním kamenem do druhého se ukazuje, že směr úderu a pohyb paže a předloktí jsou podobné, i když ovlivněné délkou horní končetiny šimpanzů a člověka. Lze předpokládat, že alespoň jedna stránka výroby kamenných nástrojů u člověka mohla mít základ v užívání nástrojů u subhumánních předků. O tento předpoklad a na základě srovnání jednoduchých sekáčků oldowanské kultury (obr. 3) se opírají autoři, kteří tvrdí, že občasná produkce kamenné industrie mohla být velice starobylá, přestože vzhledem k ojedinělosti takové výroby nemáme zatím žádné doklady, stejně jako o možných jednoduchých náhodných artefaktech u šimpanzů. Některé nálezy naznačují, že lze zjistit pozůstatky užívání nástrojů šimpanzi v minulosti (např. objev modifikovaných kamenů starých 4 300 let z deštného lesa na Pobřeží slonoviny).

Větší potřeba řezných hran a tím výroba nástrojů úderem, např. typu oldowanské

kultury, se objevila zřejmě až v souvislosti s komplexnějším využíváním potravních zdrojů. Složitější kamenné nástroje vyžadují držení kamene v jedné ruce a směřování úderu druhou rukou. Pro takovou výrobu jsou výhodné zraková kontrola a schopnost vhodného způsobu držení kamene – chování pro šimpanze obtížné, až nemožné. Zdá se tedy, že teprve adaptace utváření palcového kloubu (připojení palcového metakarpu k trapézové kosti) a krátkých svalů kolem palce umožnily systematictější produkci nástrojů.

Neurofyziologické studie, kdy současní lidé vyráběli různě složitější nástroje a pomocí funkční magnetické rezonance byla sledována aktivita motorických a vizuálních center koncového mozku, ukázaly, že výroba artefaktů typu oldowanské kultury by možná byla realizovatelná vyspělými lidoopy (řekněme australopitěky), ale výroba např. acheuléenského pěstního klínu (pěstní klín s oboustranným opracováním vyráběný člověkem dělným – *H. ergaster* a člověkem vzpřímeným – *H. erectus*) jednoznačně přesahuje možnosti rozsahu a diferenciace mozkové kůry a propojení těchto oblastí. Úštěpové kultury počínaje mousterienem (mladší období středního paleolitu) pak vyžadovaly i vizi, představu koncových produktů, čehož byly schopny výhradně pokročilejší formy lidí (např. anteneandertálcí *H. heidelbergensis* a neandertálcí *H. neanderthalensis*). Je tedy nutné přiznat, že zásadní pokrok ve výrobě nástrojů mohl nastat až po zvětšení mozku, resp. rozvinutí kognitivních a zrakově motorických koordinačních funkcí. Zajímavý aspekt představuje lateralizace (stranová specializace) motorických funkcí. U šimpanzů sice náznaky funkční motorické lateralizace byly popsány, ale spíše jako individuální adaptace u určitých činností. Populačně rozšířená a funkčně široká lateralizace (ve smyslu praváctví aj.) se musela vyvinout v evoluci člověka až později, nehledě na možnou souvislost s vývojem řečových center.

Pro člověka je charakteristické časté užívání předmětů a nástrojů od útlého dětství. S předměty si hrajeme, předměty se nám stávají hračkou. Při manipulaci s věcmi-hračkami dochází u dítěte k symbolickému vyjadřování okolí a vztahů v něm. Předměty tak nabývají symbolický význam. Něco podobného se u zvířat neobjevuje a je specificky lidské. Zatím bylo popsáno jediné chování, kdy lze předmětu přisoudit zástupnou funkci. Je jím manipulace s klackem v rukách nedospělé samičky šimpanze, připomínající mateřské chování. Jde o náznak symbolické hry, nebo o artefakt pozorovatele?

V diskuzích o počátcích používání a výroby nástrojů v evoluci předků člověka se objevuje ještě jeden námět – přetrvávání výroby a uplatnění primitivních nástrojů souběžně s novější a složitější výrobou. Mnohé jednoduché nástroje mohly být vhodné pro různé aktivity, aniž by musely být nutně vytvářeny specifické varianty jejich úpravami. Jak naznačuje v současnosti užívání nástrojů šimpanzi, mohly přetrvávat oportunní a mnohoúčelové aplikace jednoduchých nástrojů. Nástrojové chování tak mohlo mít v průběhu evoluce člověka dlouhodobou kontinuitu, která nevyklučovala postupně složitější sofistikované používání.

Poznání nástrojového chování primátů dovoluje lépe porozumět a představit si možnosti a úlohu nástrojů v evoluci člověka. Nástroje nás provázely možná od počátku existence naší vývojové linie. Existují doklady o užívání kamenů coby nástrojů před 3,4 milionu let (viz nálezy z lokality Dikika v Etiopii), případně o jejich výrobě před 3,3 milionu let (nedávné nálezy z Lomekwi 3 u jezera Turkana v Keni), tedy v době ještě před nálezy označovanými jako *Homo* (včetně dosud známé nejstarší kamenné industrie před 2,8 milionu let).

Základní výběr doporučené literatury uvádíme na webové stránce Živy.

