KAROLINUM

FRANTIŠEK KOUKOLÍK
PŘED ÚSVITEM, PO RÁNU

ESEJE O DĚTECH A RODIČÍCH

Před úsvitem, po ránu
Eseje o dětech a rodičích

František Koukolík

Vydala Univerzita Karlova
Nakladatelství Karolinum
Redakce Lenka Ščerbaničová
Grafická úprava Jan Šerých
Sazba DTP Nakladatelství Karolinum
Vydání druhé, přepracované

© Univerzita Karlova, 2017
© František Koukolík, 2017

ISBN 978-80-246-3634-4
ISBN 978-80-246-3639-9 (online : pdf)

Univerzita Karlova
Nakladatelství Karolinum 2017

www.karolinum.cz
ebooks@karolinum.cz

OBSAH

7 PŘEDMLUVA K PRVNÍMU VYDÁNÍ

9 PŘEDMLUVA K DRUHÉMU VYDÁNÍ

11 1 / V NOCI

37 2 / PŘED ÚSVITEM, PO RÁNU A DOPOLEDNE

57 3 / POZNÁVÁM

91 4 / HÝBÁM SE

99 5 / PAMATUJI SI

119 6 / MLUVÍM A POČÍTÁM

143 7 / MILUJI

177 8 / INTELIGENCE

185 9 / JÁ

203 10 /MY

239 SLOVO NA ZÁVĚR

PŘEDMLUVA K PRVNÍMU VYDÁNÍ

Knížka popisuje některé nové poznatky o rodičovství a vývoji dětského mozku ve čtyřech vzájemně se prostupujících směrech:

první je hluboké zakořenění duševních funkcí našeho druhu v evoluční minulosti, sahající do hloubky desítek milionů let;

druhý je soubor objevů dokazujících, že děti ještě před narozením a počínaje prvními okamžiky po něm „vědí“, aniž by si to uvědomovaly a byly s to cokoli přímo sdělit, podstatně víc, než si donedávna uměl kdokoli představit;

třetí je soubor nových poznatků o vývoji niterného života vlivem zevního prostředí, zejména pak o vztahu nejmenších dětí a maminek, jemuž se říká vazba;

čtvrtý je skupina objevů dokazujících vzájemný vztah empatie, mentalizace a sebeuvědomování, kořenů lidství.

Smyslem neúplné mozaiky, již se knížka snaží vytvořit, je pokus ukázat, že vývojová minulost, vrozené „vědění“ nejmenších dětí a polidšťující vlivy prostředí tvoří nedílný celek. Jeho narušení děti poškozuje, stává se, že velmi těžce i nezvratně a na celý život. V těchto případech bývají důsledkem slzy, které svět nevidí; může jím být ale i hromadná vražda přičítaná „šílenci“.

Knížka je náročnější, a přesto určena široké veřejnosti. Nenahrazuje učebnice dětské a vývojové psychologie, neurologie nebo psychiatrie. Při jejím psaní jsem myslel na všechny babičky a dědečky, kteří budou mít sílu ji přečíst a sami pochopí, co je dobré právě pro jejich vnoučata.

Mohla by prospět při bakalářském a magisterském studiu všech oborů, které se zabývají dětmi a rodiči, kognitivní vědou a neurovědou.

Kapitola nazvaná *Před úsvitem* vypráví o jednom z našich vývojově nejstarších předků a zkouší odpovědět na otázku, kterou mi položil čtyřletý chlapec: „Jak se stalo, že já jsem právě já?“

Těžištěm kapitoly *Citový život* je popis vazby mezi maminkou a malým dítětem. Bezpečná vazba je jeden z největších darů, jaký mohou lidské bytosti dostat. Je zde tedy mnoho o tom, co všechno vazbu poškozuje. Kapitoly o *poznávání, paměti, jazyku a řeči* spolu s kapitolou pojmenovanou *Příběhy s čísly* vyprávějí o tom, co všechno nejmenší děti poznávají a co si pamatují, jak se učí mluvit, a také že tak jako máme smyslové systémy, například vidění a slyšení, máme i nově objevený číselný smysl, systém, jenž umí zacházet s čísly.

Poslední kapitola, nazvaná *Jak se tvoří člověk*, vypráví, jak se rodí niterné soukromí a jak nejmenší děti vrůstají do sociálního světa.

Vědecké prameny k jednotlivým kapitolám jsou shromážděny v závěru knížky. Informace v rámečcích, k nimž je v textu odkazováno písmenem R a příslušným číslem, podobně jako obrázky v příloze doplňují a prohlubují text.

Hranice vědeckého poznání se podobají mořské vlně v pohybu. Překonávají samy sebe a snad se nezastaví. Kromě toho jde o vlnu tak obrovskou a hlubokou, že není v silách žádného člověka, aby ji zachytil jako celek, byť v jediném úzkém úseku pohybu. Proto jsem napsal eseje, nikoli příručku.

František Koukolík
Praha, 2008

PŘEDMLUVA K DRUHÉMU VYDÁNÍ

V druhém vydání jsem se snažil zachovat čtyři základní směry poznávání vývoje dětského mozku zachycené ve vydání prvním. Vývoj neurovědeckého poznání je výbušný. Zachytit ho v celé jeho šíři a hloubce je téměř nemožné a snad by i postrádalo smysl. Už ve chvíli, kdy by taková encyklopedie opouštěla tiskárnu, by řada poznatků byla zastaralá.

Nové poznatky jsem se pokusil sloučit se staršími, překonané vyřadit. Všechny kapitoly jsou informačně prohloubené, někdy náročnější. Správné, ale i snazší pochopení se opírá o výsledky popsaných experimentů. Rámečky přinášejí doplňující informace. Do dílčích seznamů užité literatury jsem zařadil jenom vybrané prameny, nejnutnější pro téma každé kapitoly.

Podnět ke knížce mi dala mladá maminka, která 27. 5. 2007 brzy po poledni podala svému plačícímu dítěti v autobusu č. 139 směřujícímu k Thomayerově nemocnici prs. Ještě jsem ani nevystoupil a pláč ustal. Dítěti teď bude deset let. Buďte oba šťastni.

František Koukolík
Praha, květen 2017

1 /
V NOCI

Může se stát, že budete se svými dětmi nebo vnoučaty sedět o prázdninách u ohníčku. Až dohasne, uvidíte oblohu plnou hvězd. V křoví pískne rejsek, nad hlavou přelétne sova, pak netopýr a od rybníka budou slyšet žáby. Může se stát, že se větší děti zeptají: „Kde se to všechno vzalo? Hvězdy, stromy, zvířata a my?“

Odpovíte jim: „Umíte si představit jeden milimetr? A představte si, že ten jeden milimetr ujdete za jeden rok. Jeden milion milimetrů měří jeden kilometr. Pojďme touhle cestou proti proudu času.

Po dvou kilometrech potkáte naše první přímé vývojové předky. Podobali se opicím. Nevznikli z nich, ale měli s nimi společné vývojové předky. Jako když se oddělí větvička z jiné větve.

Po 230 kilometrech najdete první dinosaury.

Po 350 kilometrech si všimnete prvních obratlovců, kteří žili na souši.

Po 530 kilometrech uvidíte, že živočichové v té době žijící vypadali jinak než ti dnešní.

Čím vzdálenější milník, tím jsou čísla nepřesnější…

Až dorazíte k milníku, na kterém bude napsáno 2100 km, naberete vodu z moře a podíváte se do její kapky mikroskopem. Najdete v ní první podoby života složené z většího počtu buněk.

U milníku, kde stojí nápis 3800 km, budete svědky vzniku života.

Kde a jak vznikl, se zatím přesně neví. Mohlo to být v teplé mělké mořské vodě při pobřeží, ale také v okolí drobných sopek na mořském dně. Zárodky života také mohly na povrch planety přinést meteority – ale to také není jisté. A vznik života se tím neřeší – musel by vzniknout někde jinde, nikoli na Zemi (R1).“

CO JE ŽIVOT? RÁMEČEK 1

„Co je život?“ byla otázka, kterou si v přednášce roku 1944 kromě mnoha předcházejících vědců položil fyzik Erwin Schrödinger, jeden z tvůrců kvantové mechaniky, pravděpodobně nejúspěšnější vědecké teorie všech dob. Byl přesvědčen, že kvantová teorie přispěje k objasnění vzniku života. Jeho přednáška se považuje za zrod molekulární biologie. Předpověděl vlastnosti genetického kódu.

Současná fyzika pohlíží na živou buňku jako na systém, který jednak s neuvěřitelnou přesností zpracovává informace, jednak umí sám sebe okopírovat. Buňku a její součásti chápou kvantoví fyzici jako makroskopický systém – zjednodušeně řečeno „něco velkého“.

Kvantová teorie se zabývá atomy a jejich součástmi – ty považují fyzikové za velmi malé, proto mluví o mikroskopickém systému nebo také o kvantové úrovni poznávání.

Na úrovni atomů a jejich součástí, tedy v mikroskopických systémech, se informace zpracovává podstatně rychleji než v makroskopických systémech. A nejen to. Zpracovává se způsoby, které makroskopický svět nezná a jež vypadají přinejmenším v rozporu se zdravým rozumem, který se vyvinul právě pro zpracovávání velkého, makroskopického světa. Dějí se tu události v makroskopickém světě netušené, například tunelový jev a další. Kdyby se tunelový jev odehrával v makroskopickém světě, viděli byste jablko propadnout pevným dnem misky.

Cokoli, co dokáže samo sebe okopírovat, se označuje jako *replikátor*. U vzniku života tedy musela být schopnost kopírovat informaci. Mohl by u zrodu života stát replikátor, který by byl zároveň dostatečně malý, takže by vyhovoval kvantové teorii a byl by tedy *kvantovým replikátorem*?

Kvantový replikátor si lze přestavit jako skupinu atomů, které mají schopnost se přesně okopírovat včetně svých vlastností. Informace se snadno přenáší z jednoho prostředí do jiného. Kvantové replikátory si mohly zabrat velké organické molekuly, které jsou v mezihvězdném prostředí.

Problémem je však složitost neboli komplexita. Kvantové replikátory by přenášely jen malé množství informace. Mohli bychom si ji představit jako řetízek složený pouze z malého počtu nul a jedniček. Řekneme-li však život, řekneme zároveň neuvěřitelná složitost. To jsou v případě i těch nejjednodušších živých organismů fantastické řetězce nul a jedniček.

Fyzikové ale snad již tuší postupné řešení i tohoto problému. Astrofyzik Paul Davies poznamenal: „Jestliže současná biologie zůstane jen

u fyzikálně klasických systémů, těch, jimž říkáme makroskopické, vznik života nevyřeší. Je nutné jít do větší hloubky."

Bayeyr, H. Ch.: Information. The new language of science. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press 2004.
Davies, P.: The origin of life. Penguin 2003.
Hazen, R. M.: Genesis. The scientific quest for life's origin. Washington, DC, Joseph Henry Press 2005.
Schrödinger, E.: What is life? The physical aspect of living cell. Cambridge University Press 1948.

A budete ve výkladu pokračovat:

„Všechno co se od těch dob se životem stalo, si v nějaké podobě neseme ve svých tělech. Všechno co se stalo s mozkem zvířat od doby, kdy vznikl, si v nějaké podobě neseme ve svých mozcích."

Bydlíte-li v Praze nebo jejím okolí, zajděte do Prokopského údolí, do lomu, jenž se jmenuje Kační, nebo na barrandovské skály. Zkuste dětem vyprávět, že země, na které právě stojí, bývala mořským dnem. Také jim řekněte, že nedaleko odtud byla docela pěkná podmořská sopka.

Máte-li bystřejší děti ještě nepokažené televizí nebo počítačovým vražděním, můžete jim otevřít okno do světa, o němž nemají ani ponětí. Zaujme-li je tento pohled, můžete mít radost, asi je bude těšit přemýšlení. Třeba z té cesty nesejdou, ať budou v životě dělat cokoli. Daní mohou být potíže s některými spolužáky a třeba i učiteli – děti se budou ptát na věci, které pan učitel nemusí vědět –, ale na to je třeba dokážete připravit také.

RYBY

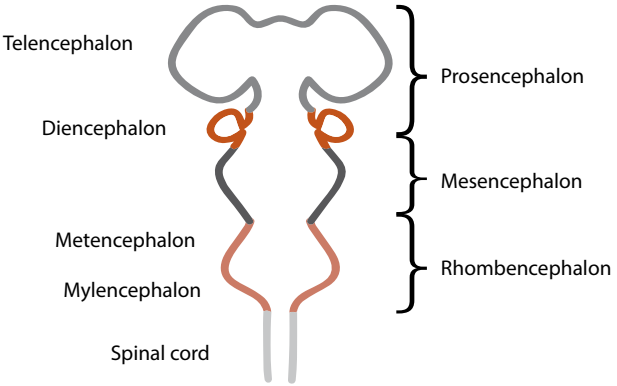
Obratlovci se vyvíjejí asi půl miliardy let. Nejstarší dosud objevené ryby pluly v ordovickém moři před 450 miliony let. Nevylíhly se z ničeho, lze předpokládat, že jim něco předcházelo.

Uvažujeme-li o vývoji mozku obratlovců, musíme položit alespoň některé otázky:

- jaké proměny stavby a činnosti zaznamenaly mozky obratlovců za tak dlouhou dobu, neboli co se s mozky dělo během času?
- jak k proměnám došlo, proč k nim došlo a kdy proběhly?

Anatomické proměny mozku obratlovců jsou zkoumány přibližně dvě stě let. Z nepřehledně rozsáhlého souboru poznatků lze vyvodit, že

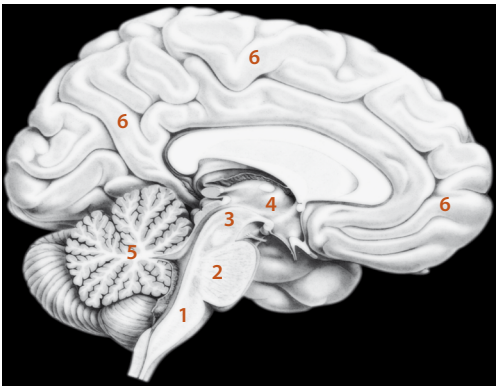
mozky všech obratlovců mají stejnou základní stavbu. Nejlépe je to patrné na mozcích jejich embryí. U lidí se základním součástem mozku říká mozkový kmen (to je prodloužená mícha a Varolův most), mozeček, střední mozek, mezimozek a mozek koncový (obr. 1).



Obr. 1 Základní členění mozku obratlovců, včetně mozku lidského

Telencephalon	koncový mozek	Prosencephalon	koncový mozek
Diencephalon	mezimozek	Mesencephalon	střední mozek
Spinal cord	páteřní mícha	Rhombencephalon	zadní mozek

Metencephalon a mylencephalon jsou součásti zadního mozku

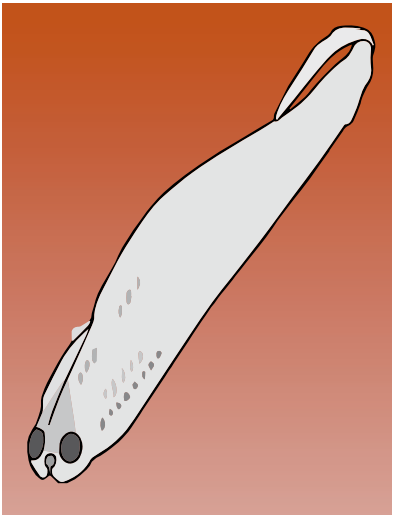


Stejné členění při pohledu na vnitřní plochu levé mozkové hemisféry člověka

1	prodloužená mícha	2	Varolův most
3	střední mozek	4	mezimozek
5	mozeček	6	koncový mozek

Stavba a funkce jednotlivých součástí mozku různých obratlovců se pochopitelně liší. Ptačí mozky se odlišují od mozku savců, ptačí a savčí mozky se odlišují od mozku plazů. Na druhé straně je základní „stavební plán“ těl i mozků všech obratlovců totožný, museli mít tedy společného předka.

V roce 1999 byl nalezen fosilní strunatec *Haikouichthys.* Měřil asi 2,5 cm, žil v hejnech, podobal se dnešní malé rybce. Pravděpodobně byl už nositelem všech hlavních částí mozku, které mají všichni obratlovci včetně lidí, takže je jedním z možných pra-pra-prapředků našeho druhu (obr. 2).



Obr. 2 Haikouichtys, jeden z možných prarodičů lidského druhu

PTÁCI

Relativní velikost mozku měřená například jako poměr objemu celého mozku k prodloužené míše s vývojem obratlovců rostla stejně jako složitost jeho architektury. Ve vztahu k velikosti těla kolísá poměr velikosti mozku obratlovců k velikosti těla přibližně třicetkrát. Jak ptáci, tak savci mají mozky 6–10krát větší, než mají hadi se stejnou velikostí těla.

Někteří havranovití ptáci, například novokaledonské vrány, vyrábějí nástroje, jimiž loví hmyz, podobně jako šimpanzi. Jiní dovedou důmyslně klamat své zlodějské bližní. Předstírají, že ukládají potravu, ve skutečnosti

ukládají kaménky a různé smetí. Anebo počkají, až případný zloděj, jenž je sledoval, odletí, a své skladiště potravy přenesou jinam.

Na druhé straně je dobré vědět, že se ve všech vývojových směrech velikost mozku obratlovců značně překrývá, například mezi rybami, obojživelníky a plazy. V průběhu adaptivní radiace neboli šíření, kdy se nějaký druh života přizpůsobuje, proniká druh do neobsazené niky. Nikou se rozumějí nároky populace nějakého druhu v životním prostředí. Druh, který do niky proniká, získává vlastnosti, které mu umožňují v nové nice lepší přizpůsobení.

Vývoj mozku ptáků z mozku plazů stejně jako vývoj savčích mozků, které se rovněž vyvinuly z mozku plazů, charakterizuje jednak větší počet „jader", tj. nakupenin nervových buněk v jednotlivých základních oddílech mozku, jednak větší počet různých druhů nervových buněk v těchto jádrech. Z toho plyne i větší složitost jejich vzájemného zapojení. Řečeno počítačovým jazykem vyvíjí se větší výpočetní kapacita.

Příkladem může být proslulý Archeopteryx, tvor, který nese znaky jak plazů, tak ptáků. Podařilo se rekonstruovat obsah jeho lebeční dutiny. S ohledem na hmotnost těla, která se pohybovala mezi 300–500 gramy, odpovídá objem jeho mozku spojovacímu článku mezi plazy a ptáky. Nádherná zkamenělina Archeopteryxe je k vidění v berlínském Přírodovědeckém muzeu.

SAVCI

Savci tvoří pouhou desetinu všech druhů obratlovců. Jejich vývojový úspěch se přičítá několika vlastnostem, například jejich teplokrevnosti snižující míru závislosti na prostředí. Od ostatních obratlovců se savci liší zejména mozkovou kůrou. Je téměř celá šestivrstevná, zatímco např. u plazů jen trojvrstevná. Zásadně se změnilo uspořádání nervových vláken, která do kůry přivádějí smyslové informace. To rovněž podpořilo růst schopnosti rychleji zpracovávat větší množství informací.

Výsledkem rostoucího objemu mozku je rostoucí složitost chování, byť jde o obtížně měřitelnou veličinu. Je totiž poměrně komplikované porovnávat hybnost neboli motoriku u hadů, koček, šimpanzů a lidí, natož vzájemně porovnávat jejich poznávací funkce, nemluvě o tak složitém jevu, jakým je vědomí a sebeuvědomování.

Přesto je většina biologů přesvědčena, že chování primátů je složitější než chování například hlodavců a že to má vztah k relativní velikosti

našeho mozku, zvláště té jeho části, které se říká prefrontální, neboť ji tvoří nejpřednější oblasti čelních mozkových laloků.

Někteří badatelé dokazují, že na relativní velikosti téhle části mozku nezáleží, spíše záleží na nejméně jednom typu nervových buněk, které mají pouze lidé, a na složitosti spojení s jinými částmi mozku, charakteristickými rovněž jen pro lidi.

EVOLUCE JAKO HUSTÝ KEŘ

Budou-li se vás děti ptát na evoluci života, ukažte jim pořádně rozvětvený strom nebo velmi vzrostlý hustý keř. Na konci každé větvičky sedí současné druhy, ale spousta větví ve starších odbočkách vyhynula. To se stalo u 99 % podob života, které kdy na Zemi žily (R2).

EVOLUCE — RÁMEČEK 2

	Darwin 1859	**Moderní syntéza 1959**	**Integrovaný model 2012**
Proměnlivost (variace)	Příčina neznámá	Změny v genech Náhodné mutace	Změny DNA Mobilní DNA Dynamický genom Endosymbióza Hybridizace Náhodné mutace
Dědičnost	Vertikální	Vertikální	Vertikální Horizontální
Výběr (selekce)	Přírodní Umělý Pohlavní	Přírodní Umělý Pohlavní Drift	Přírodní Umělý Pohlavní Drift Příbuzenstvo Skupina
Čas	500 milionů let	2 miliardy let	3,7 miliardy let

Biologická evoluce je vědecký fakt, různé evoluční teorie jsou jeho výklad. Darwinova evoluční teorie měla řadu předchůdců. Možnost, že se živočichové vyvíjejí a vystoupili z moře, napadla již antické řecké filosofy.

Tabulka uvádí tři vývojové kroky evolučních teorií: Darwinova teorie (1859), moderní syntéza neboli neodarwinismus (1959) a současný integrovaný model, označovaný také jako neutrální teorie.

Evoluční teorie se snaží vysvětlit proměnlivost, dědičnost a výběr druhů v čase a prostoru. Podstatu dědičnosti Darwin neznal. Moderní syntéza už s ní pracovala. Integrovaný model je výsledkem velmi rychlého vývoje molekulární genetiky v posledních 50 letech. Dokázala, že dědičná informace, a tedy i biologická evoluce je daleko dynamičtější a plastičtější, než si kdo uměl představit. Ze šesti pilířů neodarwinovské teorie tři padly. Například Darwinův (pozitivní) přírodní výběr se nepovažuje za hlavní hnací motor evoluce. Spíše jím jsou změny genetické informace, například zdvojování genů.

J. Maynard-Smith a E. Szathmáry (1995) mají za to, že biologická evoluce proběhla v následujících velkých krocích:

Chemická evoluce předcházející vzniku života
Evoluce replikátorů, jednoduchých molekul, které se umějí bezchybně okopírovat
Vznik genetického kódu
Vznik primitivních buněk podobných dnešním bakteriím
Vznik buněk s jádrem
Vznik pohlaví
Vznik živých společností: sociální hmyz, sociálně žijící obratlovci
Vznik jazyka a vědomí

Carl Woese (1928–2012) definoval posledního společného univerzálního „předka“ (LUCA, Last Common Universal Ancestor). Nejmenší „společný jmenovatel života“ je tvořen asi 60 geny. Za „minigenom“ se považuje přibližně 300 genů. LUCA, náš „prapředek“, mohla být komunita primitivních organismů, které sdílely společné geny a vyměňovaly si je horizontálním přenosem.

Růst objemu mozku proběhl u našich bezprostřednějších vývojových předků v několika skocích a nebyl ani trochu rovnoměrný. Jedním ze základních důvodů rychlého vývoje mozku primátů, zejména větve směřující k lidem, byly jak vlivy životního prostředí, tak rostoucí složitost sociálních vztahů v jejich skupinách.

Zeptají-li se vás děti, proč pořád mluvíte o mozku, řekněte ji třeba, že je to on, kdo umožňuje, že spolu mluvíte a že se mohou ptát právě na tohle.

O GENECH A MOZCÍCH

Odhady celkového počtu lidských genů kolísají, nejčastěji se s nějakým rozptylem pohybují kolem čísla 20 000. Na stavbě a činnosti mozku se jich podílí nejméně polovina, možná víc. Z ohromného počtu genů a jejich proměn majících vztah k vývoji lidského mozku se zmíním jen o několika.

Astronomicky složitý a výbušně rychlý vývoj mozkové kůry v průběhu vývoje lidského druhu charakterizuje rychlá pouť primitivních nervových buněk od povrchu mozkových komor – to jsou dutiny uvnitř mozku, v nichž je mozkomíšní mok – vzhůru do tvořící se mozkové kůry. V tomto období je v nich vysoce aktivní gen *HAR-1* (R3). Podílí se na organizaci nitroděložního vývoje mozkové kůry lidí, lidoopů, opic a dalších savců.

GEN — RÁMEČEK 3

Gen je část řetězu „písmen“ DNA. Lze ho chápat jako biologickou informaci. Při dělení buněk tvoří své kopie kopie, ty se přenášejí prostřednictvím zárodečných buněk, spermií a vajíček, do dalších generací.

Různé podoby téhož genu se jmenují alely.

Pravděpodobnost, se kterou se činnost genu projevuje, může být různá, někdy vysoká, jindy nízká. Této pravděpodobnosti se říká *penetrace*.

Projevy činnosti genu mohou být také různé, tzv. *expresivita*.

Složitost činnosti genů je dána jejich vzájemnými vztahy i vlivem prostředí včetně epigenetického ovlivnění. Při epigenetickém ovlivnění se stavba genu nemění, zato se mění jeho činnost.

Lidský *HAR-1* se od stejnojmenného genu jiných živočišných druhů včetně šimpanzů značně odlišuje. Prošel strmým vývojem a říká: toto bude kůra lidského mozku, nikoli kůra mozku lidoopa nebo opice.

Jiný gen s názvem *FOXP 2* se v současné podobě objevil asi před 200 000 lety. Starší podoby téhož genu s námi sdílejí některá zvířata, třeba myši. Spoluodpovídá za vývoj oblastí mozku podílejících se na řízení řeči.

Podobně rychlý byl vývoj genů *mikrocefalinu* a *ASPM-1*.

Mutace, to znamená odchylná stavba mikrocefalinu, je příčinou mikrocefalie. Mozek mikrocefalického pacienta je uspořádán normálně, ale dosahuje jen třetinovou velikost mozku dospělého člověka. Je tedy velký podobně jako u australopitéků.

Gen může mít více než jednu podobu. Různým podobám stejného genu se říká alely. Důsledky činnosti různých alel téhož genu se mohou odlišovat. Různé alely téhož genu například odpovídají za různé zabarvení duhovek, čemuž říkáme barva očí.

Střední doba, v níž se objevila jedna z alel mikrocefalinu, odpovídá výtrysku tvořivosti v raném paleolitu. Zatím však není známo, zda tato alela odpovídá za nějaký druh vylepšení poznávacích funkcí, nebo nikoli.

Střední doba, kdy se objevila zmíněná alela *ASPM*, zase odpovídá vzniku prvních měst, přibližně 10 000 let před současností. (Dohoda stanoví, že „současnost" je od r. 1950 n. l.)

V obou případech však může jít o časovou, nikoli příčinnou souvislost.

Novým a velmi slibným směrem postupuje zkoumání genu *SRGAP 2*. Nějakou dobu už se ví, že se podílí na vývoji mozku. Zjistilo se, že lidé nosí v jádrech svých buněk jeho čtyři kopie, označované písmeny A–D, a tyto kopie nejsou zcela totožné. Naši vývojoví bližní mají jen jednu. Když vědci porovnali lidský gen *SRGAP 2* se stejnojmenným genem šimpanzů a orangutanů, zjistili, že se ve vývojové větvi směřující k současným lidem přibližně před 3,4 milionu let zdvojil a objevila se jeho podoba A, kterou sdílíme se svými vývojovými bližními, a podoba pojmenovaná B. Před 2,4 milionu let došlo k dalšímu zdvojení, objevila se podoba C a před jedním milionem let proběhlo čtvrté zdvojení, na světě byla podoba D.

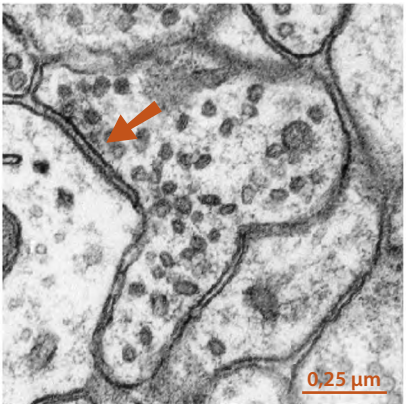
Podoby B a D se chovají jinak než podoby A a C. Vědci z toho soudí, že podoba C, tedy *SRGAP 2C,* může být důvodem, proč se před 2–3 miliony let objevila vývojová linie směřující k dnešním lidem.

Geny *SRGAP 2* odpovídají za tvorbu spin, což jsou drobné trnovité výběžky na povrchu nervových buněk, které jsou součástí synapsí, míst, kde si nervové buňky vyměňují informace. Lidé jich mají víc než ostatní primáti a také hlodavci. Podle odhadu může být v lidském mozku jeden trilion synapsí, ale i řádově víc (obr. 3).

Vznik genu C se tedy zřejmě podílel na větší hustotě synapsí a na vývoji mozkové kůry našich předků, doba jeho vzniku odpovídá době, kdy se po Africe pohybovali australopitékové.

Obr. 3 Synapse

Dendritické spiny jsou výběžky dendritu, tj. části větvení nervové buňky, která přivádí informace. Spiny jsou zakončení synapsí, míst, kde si neurony vyměňují informace. U každé spiny je totiž zakončení axonu, osového vlákna, které přivádí informace od jiného neuronu. Synapsi tedy tvoří obal axonu, následuje nepatrná štěrbina a pak obal spiny. Z obalu axonu se poté, kdy k synapsi doběhne nervový vzruch, uvolňují nervové přenašeče. Ty vstoupí do synaptické štěrbiny a navážou se na chemické antény, jimž se říká receptory, v obalu spiny. Vazba přenašeče ovlivní chování nervové buňky.



Synapse na fotografii z elektronového mikroskopu. Šipka cílí na synaptickou štěrbinu. Okrouhlé terčíky jsou váčky, které obsahují nervový přenašeč. Spina je světlý útvar v levé boční části obrázku.

Odhady říkají, že v lidském mozku může být až 100 trilionů synapsí. S částí synapsí přicházíme na svět, jsou evolučním dědictvím. Podstatná část synapsí vzniká kontaktem mozku se zevním a vnitřním prostředím. Tvorba synapsí se považuje za podklad učení. Synapse mohou vznikat velmi rychle – během desítek sekund. Nepotřebné nebo neužívané synapse zanikají. Mozek se v tomto směru celý život dostavuje a přestavuje. Nejbouřlivějšími obdobími jsou doba před narozením, první rok života a pak dospívání.

PLACENTA A ČTYŘI KROKY VE VÝVOJI LIDSKÉHO MOZKU

Obecně platí: mozek je tím výkonnější, čím je větší jeho relativní váha. Ta se měří poměrem váhy mozku k váze celého těla, případně objemu mozku k objemu jeho prodloužené míchy. Její objem se během vývoje mění – na rozdíl od objemu mozkové kůry včetně spojů – jen nepatrně.

První vývojový krok mohutného lidského mozku je možné vysledovat u poloopic. Jejich mozek váží 0,17–0,19 % váhy jejich těla.

Krok druhý dokázali pokročilejší primáti. Jejich mozek váží 0,66–0,78 % váhy těla.

Třetí krok udělali naši raní vývojoví předci, váha jejich mozku tvořila 1,0–1,2 % váhy těla.

Čtvrtý vývojový krok se už týká neandertálců a našeho druhu: hmotnost mozku činí 2,1–2,7 % hmotnosti těla.

Jedním ze základních předpokladů vývoje tak velkých mozků je výkonnost placenty. Byly to některé geny, které v průběhu vývoje změnily její stavbu a činnost. Málo výkonná placenta by rychle se vyvíjející mozek plodu jednoduše neuživila.

PROČ MÁME TAK VELKÝ MOZEK?

Zkusím vyprávět, jak jsme se vyvinuli.

Od svých předků si neseme víc, než bychom si chtěli připustit. A malé děti ještě víc. Což je ovšem jen teoretická úvaha.

Zoology i antropology upoutává už dlouhou dobu fakt, že primáti, mezi něž patříme i my, mají ve vztahu k velikosti těla nápadně objemné mozky. Jsou přibližně dvakrát tak velké, než by „správně“ měly být. „Správně“ znamená objem plynoucí ze vztahu velikosti těla a mozku ve vývojové řadě ostatních obratlovců.

Nejde ovšem o objem všech částí mozku. Nejnápadnější je objem *neokortexu*, vývojově „nové“ mozkové kůry, která u lidí připomíná svou vnější strukturou jádro vlašského ořechu, kryje celý povrch mozku a tvoří o něco víc než 95 % jejího celkového objemu. Zbytek je kůra vývojově stará a prastará.

Primáti včetně lidí mají tak velký mozek právě proto, že mají velký neokortex. Ptáme-li se tedy, proč mají primáti včetně lidí velký mozek, zní otázka ve skutečnosti: „Proč mají tak velký neokortex?“

Tradiční odpověď říkala, že jde o důsledek tlaku zevního prostředí. Například sledování velikosti mozku kopytníků a masožravců, kteří je

lovili, dokázalo, jak v průběhu dlouhé doby rostl objem mozku kořisti a jak poté následoval i růst objemu mozku lovců.

U vývojové řady živočichů směřující k dnešním lidem se předpokládal růst velikosti neokortexu v souvislosti například s užíváním nástrojů.

Teprve před jednou generací se objevila nová hypotéza, která tvrdí, že růst objemu neokortexu primátů může být podmíněn růstem složitosti sociálních vztahů v jejich skupinách. Byl tedy podmíněn sociálními dovednostmi přinejmenším v podobné míře jako dovednostmi technologickými.

Jak lze tenhle předpoklad dokázat?

Nejprve je nutné ověřit vztah objemu neokortexu k chování primátů, které má dále zase vztah k jejich ne-sociálnímu prostředí, například k podílu listů a plodů v potravě (plody jsou energeticky vydatnější, ale jejich výskyt je vzácnější). Jinou souvislost lze vidět ve vzdálenosti, na jakou primáti putují při denním obstarávání živobytí, protože větší vzdálenost znamená větší nároky na prostorovou paměť a orientaci.

Složitější a úspěšnější druhy chování vyžadují ve všech těchto směrech větší „výpočetní" mohutnost mozku, a právě zejména neokortexu. Analýza však vztah těchto veličin k relativní velikosti neokortexu – tj. vztah jeho objemu k velikosti těla – neprokázala.

Na druhé straně některé typy analýz ukazují, že relativní objem neokortexu roste úměrně užívání nástrojů a schopnosti chovat se nerutinně, novým způsobem.

Je ovšem možné, že schopnost chovat se v tomto směru novým, adaptivnějším způsobem vyžaduje činnost poněkud jiných částí mozku, než jsou části zvládající sociální vztahy.

PODVÁDÍM, PODVÁDÍŠ, PODVÁDÍME

Jestliže objem neokortexu skutečně roste úměrně složitosti sociálních vztahů, je nutné najít několik veličin, které tento vztah měří.

První z nich je samozřejmě *velikost skupiny*. Čím je skupina početnější, tím jsou její sociální vztahy složitější. Nejde přitom jen o to, zapamatovat si všechny členy skupiny, nejde tedy jen o paměť. Jde o schopnost manipulovat informacemi o členech skupiny. Paměťové úlohy řeší velké části kůry na spodině a zevní ploše týlních a spánkových laloků, zatímco problémy spjaté s manipulací řeší zejména kůra čelních laloků mozku.

Jistě jste v zoologické zahradě nebo v televizi viděli opice, jak si navzájem „vybírají blechy". Odborně se tomuto vzájemnému pečování o kožich

říká *grooming* a ve skupinách primátů má velký význam. Vyjadřuje vztah nadřazenosti a podřízenosti, stanoví, které dvojice, případně větší počet členů skupiny tvoří kliku, a kdo tvoří jinou kliku. Velikost klik, které si vzájemně poskytují grooming, je druhým měřítkem sociální složitosti. Něco velmi podobného platí i pro lidi. Stačí sledovat lidské chování v průběhu „párty", kde se potkají lidé s nižším a vyšším společenským postavením.

Třetí veličinou jsou *dovednosti*, které samečkové polygamních druhů užívají *během páření*, například jak dokáží se samičkami obcházet moc vedoucího samce. Objem neokortexu samečků, kteří byli v „podvodném" páření úspěšní, je relativně větší, i když nejsou na úplně horním místě. Znamená to, že jsou „chytřejší", dokáží výpočetní mohutnost svého mozku využít například při tvorbě koalic vůči vedoucímu samečkovi nebo při získávání spolupracujících samiček. I zde stačí sledovat lidské chování v průběhu jakékoli „párty".

Čtvrtým měřítkem sociální složitosti je četnost *taktického podvádění*. Je to smutné, ale je to tak: podvádění je měřítkem sociální inteligence. Opice dokáží stejně jako chytré malé děti předstírající nezájem o vytouženou hračku proto, aby se jí nezmocnil sourozenec, předstírat naprostý nezájem o potravu, která jim velmi chutná, takže se ostatní členové skupiny nepokusí o krádež.

Gorilí samička se páří s nedominantním samcem tajně proto, aby se vyhnula výprasku od samce dominantního.

Malý pavián, jenž se chtěl vyhnout energickému napomenutí své matky, se náhle vztyčil a pozorně prohlížel obzor. Choval se, jako by se blížila cizí, tedy soupeřící paviání tlupa. Svou vlastní tlupu doslova vmanévroval do stavu vysoké pohotovosti. Tím se sám vyhnul trestu.

Inteligence a četnost taktického podvádění odpovídají relativnímu objemu neokortexu. Poloopice nebo opice s menším relativním objemem této části mozku podvádějí méně než opice a lidoopi, kteří mají neokortex objemnější – příkladem jsou makakové, šimpanzi praví i bonobové, gorily a orangutani. O lidech nemluvě. Je nejisté, zda si opice a lidoopi uvědomují, že podvádějí. Pravděpodobnější je, že nikoli. Zato se rychle naučí, že je tento druh chování výhodný.

Pátým měřítkem je *sociální hra*. Například šimpanzí matky podobně jako lidské si s mláďaty v prvním roce jejich života hrají, lechtají je a převalují všemi směry. Mláďata odpovídají mimicky a vydávají zvuky podobající se lidskému smíchu. Sociální hra, která má řadu podob, odpovídá relativnímu objemu neokortexu podobně jako taktické podvádění. Mláďata připravuje na vstup do sociálního života skupiny.