

FRANTIŠEK KOUKOLÍK

MOZEK  
A  
JEHO DUŠE

Čtvrté, rozšířené  
a přepracované vydání



GALEN



**FRANTIŠEK KOUKOLÍK**

**MOZEK A JEHO DUŠE**

**EDICE MAKROPULOS**

**FRANTIŠEK KOUKOLÍK**

**MOZEK  
A  
JEHO DUŠE**

**Čtvrté, rozšířené  
a přepracované vydání**

**Galén**

Všechna práva vyhrazena.

Tato publikace ani žádná její část nesmějí být reprodukovány, uchovávány v rešeršním systému nebo přenášeny jakýmkoli způsobem (včetně mechanického, elektronického, fotografického či jiného záznamu) bez písemného souhlasu nakladatelství.

© František Koukolík, 1995, 1997, 2005, 2014

Illustrations © Vladimír Renčín, 1995, 1997, 2005, 2014

© Galén, 1995, 1997, 2005, 2014

**ISBN 978-80-7492-124-7 (PDF)**

**ISBN 978-80-7492-125-4 (PDF pro čtečky)**

---

## Předmluva ke čtvrtému vydání

---

V osmi letech, která uplynula od předchozího vydání, byl rozvoj věd o mozku bouřlivý. Projevovalo se to nezvládnutelným počtem nových vědeckých prací. Snažil jsem se sledovat ty z nich, které spadají do jednotlivých kapitol knížky. Současně jsem dával pozor, jak bylo jen možné, aby její objem a náročnost stouply co nejméně. Pokoušel jsem se, aby vyprávění bylo srozumitelné všem motivovaným čtenářům bez ohledu na odbornost.

Jednotlivé kapitoly lze číst na přeskáčku, kniha není učebnice. Vložil jsem nové poznatky o vývoji evoluční psychologie, teorii niky a heritabilitě. Do části o smyslovém vnímání a poznávání jsem přidal kapitolu o dotycích a hmatu. Prohloubená je část zabývající se evolucí jazyka. Přepracovaná je kapitola o vědomí a sebeuvědomování a poznatky o neuronálním podkladu svobodné vůle. Nová je kapitola o Freudově dědictví v roce 2012 a kapitola o mozku mužském a ženském. Rozšířená je také část zabývající se sociálním mozkem, do níž jsem vložil kapitoly o altruismu, empatii a neuronálních podkladech politického rozhodování.

Stoupl počet obrázků.

V závěru knihy najde čtenář soubor pramenů, z nichž vznikla.

Chtěl bych poděkovat lidem, bez jejichž pomoci by dílo nevzniklo, především trpělivé redaktorce paní dr. D. Válkové a zvláště pak nakladatelovi, panu dr. L. Houdkovi.

František Koukolík  
Praha, březen 2014





---

## Předmluva ke třetímu vydání

---

Od prvního vydání knížky uplynulo deset let. Od vydání druhého, rozšířeného, téměř osm. Vědy o mozku se v jejich průběhu rozvíjely znamenitě a nevídaně, a to ve všech úrovních, které zkoumají. O lidském mozku se právem říká, že je nejsložitějším systémem ve známém vesmíru. Studenti medicíny se jím zabývají v řadě oborů pět roků. Často je považují za velmi náročné a někdy málo srozumitelné. Snažil jsem se, aby knížka byla srozumitelná lidem, kteří nejsou profesionálové. Přál bych si, aby motivovanému čtenáři poskytla představu, jak a z čeho je mozek postavený i jak funguje ve zdraví a při některých onemocněních. Není to snadné čtení, dá práci.

Z minulých vydání jsem uchoval vnitřní strukturu knížky. Pohybuje se postupně, v jednotlivých funkčních systémech mozku tak, jak do mozku vstupují informace, jak jsou zpracovávány a jak na ně mozek odpovídá.

Knížka se tedy zabývá smyslovým vnímáním a poznáváním, pamětí, řečí a jazykem, vědomím a orientovanou pozorností, emotivitou, řídicími funkcemi i vědomím ve smyslu sebeuvědomování včetně jejich poruch. Součástí jsou kapitoly o tak častých a těžkých onemocněních, jako jsou Alzheimerova nemoc, schizofrenie a deprese.

Uchoval jsem většinu klinických pozorování. Některá z nich jsou totiž zcela unikátní. Nelze je nahradit, stala se milníky poznání.

Obsah kapitol jsem přepracoval v rozsahu, jenž odpovídá vývoji minulých let, tedy podstatně. Místy je text náročnější, než byl. To je cena, kterou se platí, chceme-li zjednodušovat a přitom se vyhnout vulgarizaci. Některé kapitoly jsou nové, v minulých vydáních nebyly. Příkladem je kapitola o sociálním mozku.

Téměř každá věta knížky je výsledkem mezinárodně uznané vědecké práce. Ocitovat jejich prameny – je jich hodně přes tisíc – by knížku přetížilo. Motivovaný čtenář užité prameny najde v seznamu knih určených lékařům, jenž je v závěrečné části knížky.

Z toho, že jde o výsledky mezinárodně uznávané práce, neplyne, že by nemohly být mylné. Mnoho z nich je předmětem intenzivních sporů. Většina bude nějakým způsobem zpřesněna nebo překonána. Tato skutečnost nesvědčí proti vědě, naopak, právě tohle je jejím jádrem, na rozdíl od pseudojistot skýtaných jakýmikoli dogmaty.

Zájemci, kteří by si chtěli rozšířit, prohloubit a zpřesnit poznání, najdou v poznámkách a v závěru knížky internetové adresy. Internetové adresy jsou jednak »obecné vstupy«, jednak »tematické vstupy«.

První druh vstupů se týká obecných pojmů a jejich vztahů. Druhý odpovídá klíčovým pojmům jednotlivých podkapitol. Stránky jsou v angličtině, cílil jsem je však zejména na obrázky, které jsou obvykle srozumitelné z českého výkladu v knížce. Námaha spjatá s prohlížením obrázků se odmění hlubším pochopením textu knížky. Obsah některých adres může být srozumitelnější zdravotním sestřám, studentům medicíny, lékařům a psychologům než nejširší veřejnosti.

Internet je živý organismus. Může se proto stát, že některé adresy budou v době, kdy knížka vyjde, změněné nebo zmizí.

Knížku není nutné číst celou, najednou, kapitolu za kapitolou. Někdy může stačit část, o kterou se čtenář z nějakého důvodu bude zajímat víc.

Na cestu směřující k lepšímu pochopení stavby a činnosti lidského mozku ve zdraví i v nemoci jsem se vydal asi před 40 lety. Není to snadná cesta, klopytá se na ní, ale je zajímavá. Pokud se mi podaří sdělit proč a předat při tom čtenářům část radosti, kterou přináší, splní knížka účel. Jestliže v několika mladých lidech probudí celoživotní zájem o neurovědy, učiní víc, než v co se snažím doufat.

Čtenář hledající v knize filozofické zobecnění bude zklamán – není tam. Ani v kapitole zabývající se vztahem mozku a vědomí. Důvod je dvojitý: nejsem filozof, ale neurovědec, jehož širší poznání vychází z celoživotní zkušenosti s jednou skupinou onemocnění mozku, jejichž příznaky se projevují ve všech individuálních a skupinových rozměrech lidství včetně narušeného vědomí ve všech jeho úrovních, včetně sebe-uvědomování. Druhým důvodem je, že mne žádné z filozofických učeních, která se zabývají poznáváním nebo vztahem mozku a vědomí, nepřesvědčilo o tom, že by mělo jakoukoli přednost před současným, otevřeným vědeckým poznáním. Při nejlepším mi připadají jako

muzea s historicky klíčově významnými a zajímavými, nicméně překonanými exponáty, která se ve svých dnešních žácích obvykle nevyznačují ničím jiným než slovní ekvilibristikou. Budoucnost, možná, najde svého Platóna, Descartese, Humea, Kanta nebo Spinozu. Možná, že je syntéza současného poznání nemožná. Možná jsou klasické otázky špatně položené otázky.

Mám raději věcnost. Za předpokladu, že se nezhroutí civilizace a vědecké poznání se bude vyvíjet dál, mohou naše současné vědecké představy připadat našim následovníkům podobně, jako nám připadají představy Paracelsovy. To nevadí, to je jádro vývoje poznání, tohoto domu v trvalé přestavbě, vlně v trvalém pohybu.

Někteří lidé potřebují nějaký druh trvalé, celoživotní, případně i posmrtné niterné jistoty. Vědecké poznávání nic takového neposkytuje. Každá odpověď je otázkou. Zato může poskytnout pocit krásy, pocit pohyblivého v pohyblivém, může poskytnout i pocit nezměrné hloubky. Ale jen za tvrdou námahu – jako vše, co za něco stojí.

A co do vztahu mozku a vědomí, přesněji řečeno sebe-uvědomování? Filozofové budou mít námět na jedinečné slovní rozcvičky a neurovědci nezodpovězené otázky do chvíle, v níž by se podařilo vytvořit umělý systém nadaný vědomím, případně sebeuvědomováním.

Navrhuji hypotézu, která může být v nějaké budoucnosti testovatelná:

1. Představme si umělý systém, jenž bude mít 100 miliard mikropočítačů a mezi nimi nejméně 1 trilion, lépe o jeden řád spojení víc.
2. Systém bude mít 2 úrovně »programování«. Jedna napodobí genetickou úroveň. Druhá napodobí synaptickou plasticitu, důsledek vlivu »zkušenosti«, »učení«.
3. Architektura systému napodobí čtyřrozměrnou architekturu lidského mozku (čtvrtým rozměrem je čas).
4. Systém bude učen buď tak dlouho, jak je učen současný vysokoškolák, nebo dobu úměrně kratší za předpokladu, že mu půjde učení podstatně rychleji, neboť se nebude rozptylovat sexualitou, marihuanou, a zejména čtením zpráv o činnosti parlamentu.
5. Systém bude zpětnovězně propojen s dalším systémem, jenž pro něj bude »tělem«. To je nutná podmínka pro vznik ekvivalentu emotivity (viz kapitola Citový mozek).

Závěr:

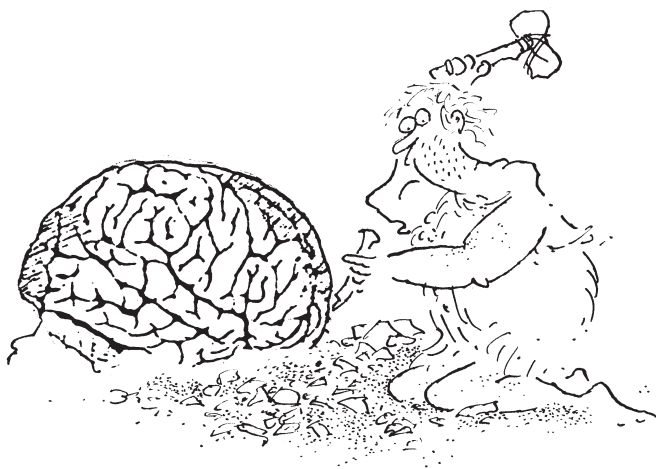
Za těchto předpokladů se v systému objeví jak vědomí, tak sebeuvědomování.

Tento systém se může prohlásit filozofem, začít dumat o tom, že má vědomí sám. Zombií tedy bude filozof, jenž s ním rozmlouvá. Systém nadto dojde k přesvědčení, že mu bylo vědomí dáno shůry, Tvůrcem, v okamžiku, kdy se urodil coby malinkatý čip. Filozof by skoro jistě opáčil, že vědomí má rozhodně on sám. Zombií tudíž musí být tento systém.

Otázka zní, co by si s oběma počal neurovědec.

František Koukolík  
Praha, prosinec 2004





---

**Stačí chvíli uvažovat**

---

V plném letním poledním slunci, barevně a ve třech rozměrech vidíme katedrálu, před níž stojíme, zrovna tak jako mušku, která se usadila na okraji pohlednice vyčnívající z kabelky naší sousedky.

Slyšíme šum vzdáleného města, jásavý křik rorýsů nad střechami, dunění přelétávajícího dopravního letadla, v tichu i tlukot vlastního srdce, pád vodní kapky, zazvonění špendlíku, jenž dopadl na dlaždice.

Cítíme vůni růží i opékaného kuřete, pach stoky a oleje, chutnáme chléb, vodu svěží a chladivou i tu zteplalou a pokaženou.

Dotýkáme se předmětů hladkých, hebkých i drsných, studených i teplých, ostrých a tupých, souměrných a nesouměrných.

Víme, kde jsou naše ruce, nohy, kde jsme my sami, kde je nahoře, dole, vpravo a vlevo, jak daleko je domů, a kterým směrem máme jít.

Nejenom, že vidíme, slyšíme, cítíme, chutnáme a dotýkáme se, ale *poznáváme*, co vidíme, slyšíme, chutnáme, čeho se dotýkáme.

Pamatujeme si události staré desítky let, někdy i z velmi raného dětství. Chceme-li, obvykle si dokážeme vzpomínky vybavit a uvést do souvislosti se všemi barvami, tvary, chutěmi, vůněmi.

To, co jsme viděli, slyšeli, čeho jsme se dotýkali, nebo co se dotýkalo nás, si umíme představit. Dokážeme si však představit i věci a jevy, které jsme nikdy neviděli a které mimo svět naší mysli neexistují.

Umíme mluvit, číst, psát a počítat, tomu, co nám kdo říká, nebo co čteme, obvykle rozumíme, někdy ve více než jednom jazyce.

Pohybujeme se: chodíme a běháme po někdy velmi nerovném a nepřehledném terénu, sedíme a stojíme, šplháme po žebříku i po stromech, bruslíme, lyžujeme, jezdíme na kole nebo v kanoi, umíme zacházet s mnoha nástroji a stroji od příboru přes zednickou lžici, chirurgický skalpel, jehlu až k řízení motorového vozidla. Umíme si nástroje vyrobit nebo je užít ke zcela jinému účelu, než je ten, pro který byly vyrobeny. Kdo by nedokázal otevřít láhev piva kleštěmi?

Sami od sebe usínáme a budíme se, zdají se nám barevné surrealistické i docela věcné, černobílé sny. Nejenže jsme po probuzení bdělí, uvědomujeme si svět kolem sebe i to, co se děje v nás – stačí přece nevelká bolest břicha. Uvědomujeme si sami sebe, jsem to přece »já«, kdo tohle všechno ví a dokáže o tom podat zprávu.

A podobně, jako si uvědomujeme sami sebe, uvědomujeme si i lidi kolem sebe, nejen ty, s nimiž jsme právě v kontaktu, ale i ty vzdálené, třeba na jiném kontinentu, případně lidi, kteří s námi už dávno nejsou. Kdo by zejména ze starších lidí občas »nemluvil« třeba se svými zemřelými rodiči někdy tak naléhavě a bezprostředně, jako by s nimi seděl za stolem.

Dokážeme být smutní, mít radost, být šťastní, mít strach, pociťovat hnus i rozpaky. Některé lidi kolem sebe umíme mít rádi, případně je i milovat, nebo mít neradi, tak neradi, že je nenávidíme, aniž bychom je přitom třeba znali osobně. V různé míře se dovedeme do druhých lidí vcítit tak, že jejich trápení a radost se stanou naším trápením a radostí.

Dokážeme mít soucit s lidmi, které známe, i s těmi neznámými, dokážeme jim pomáhat, i když přitom něco obětujeme. Dokážeme jim ubližovat, aniž bychom tím cokoli získali. Býváme zcela lhostejní, chamtiví a krutí. Umíme milovat a nenávidět abstraktní ideje, třeba národ, vlast, svou představu pravdy, spravedlnosti nebo boha tak, že za ně obětujeme i život.

Máme různé silnou vůli a s různou mírou inteligence řešíme problémy, uspořádáváme myšlenky a jevy v čase a prostoru, rozhodujeme se, že něco uděláme nebo neuděláme, rozlišujeme, co považujeme za dobré, od toho, co považujeme za špatné, vytváříme a zamítáme domněnky.

Malý zlomek z nás, jedinci navazující na práci nevelkých lidských skupin, dovede vytvořit teorie tak obecné a s takovou mírou pravdivosti, že se jim říká geniální, teorie objímající vesmír i vysvětlující, jak se vyvíjel život.

Jsme v různé míře tvořiví. Od nejprostší každodenní tvořivosti prozrazující se třeba tím, že dostáváme dobré a hezky upravené jídlo, až po tvořivost přinášející hudební skladby, jimž s úžasem a nejhlubším prožitkem nasloucháme po staletích, stavby a sochy, nad nimiž žasneme po tisíciletích.

Ptáme se: kdo jsme? Odkud jsme přišli? Kam jdeme? Co máme a nemáme dělat? Jaký to všechno má smysl?

Rozlišujeme nejen prostor, rozlišujeme i čas – včetně dob, kdy jsme tu sami nebyli, kdy tu nebyli ani lidé, kdy nebylo nic živého.



Ale někdy se něco pozmění a výsledkem změny je poškození.

Třeba se poplete činnost genů v jádrech nervových buněk našeho mozku.

Nebo zasáhne vliv, jemuž se říká *epigenetický*: ten nemění počet a pořadí »písmen« DNA tvořících gen, zato řekne genu: »Přepisuj se víc!« Nebo naopak: »Nepřepisuj se!« Budu o něm vyprávět za chvíli.

Dětský mozek poškodí v průběhu vývoje mateřská infekce nebo nedostatek kyslíku při porodu a po něm, zejména přijde-li dítě na svět dříve, než by mělo. Jindy stačí náhodný úraz, hloupý a nesmyslný. Nebo menší či větší cévní mozková příhoda, nemluvě o nádoru. Do mozku mohou vstoupit toxické látky, třeba olovo, viry, alkohol nebo drogy, v mozku se vzbouří imunitní systém. Staneme se oběťmi psychického, tělesného, sexuálního nebo sociálního zneužívání. Nebo projdeme psychickým stresem, jehož míra se vymyká běžné lidské zkušenosti – třeba nás někdo pošle do bojů v první linii, staneme se obětí teroristického únosu, dostaneme se na čas do koncentračního tábora, přežijeme letecké a dělostřelecké bombardování, staneme se svědkem toho, jak naši blízcí hynou v troskách hořícího auta, jak člověk, kterého milujeme víc než sebe, před našima očima chátrá, mění se a umírá pohlcen nezvládnutelnou chorobou. Staneme se obětí krajní šikany, znásilnění, ozbrojeného přepadení doprovázeného surovým násilím. Staneme se cílem a obětí cílené a systematické propagandy, případně kontroly myšlení. Náhle, bez vlastního zavinění upadneme do bída a jsme bezmocní...

Možností je moc.

Ani my, ani svět už nikdy nebudou takové jako předtím.

Naprostá samozřejmost, o níž jsme vůbec neuvažovali, která byla námi samotnými, přestane být samozřejmá.

Může se stát, že buď sami, nebo někdo jiný udělá řidičskou chybu a skončíme nadosmrti ochrnutí od pasu dolů, protože úrazový mechanismus přerušil naši páteřní míchu.

Může se stát, že kvůli úrazu nebo intoxikaci skončíme mezi životem a smrtí ve stavu, jemuž se říká vegetativní, coby druh preparátu, jenž není zvířetem a k lidské bytosti mu chybí zničená mozková kůra.

Stačí nevelká porucha paměti, abychom důkladně znejistili, a jestliže jsme starší, začnou mnozí z nás propadat hrůze z Alzheimerovy nemoci.

Stačí těžší a dlouhodobější stres, třeba v zaměstnání, a máme-li »vhodné« genetické ustrojení, můžeme propadnout depresi tak hluboké a vzdorující léčeni, že nás vyřadí ze života i víc než na rok. A nikdo nezaručí, že se i při léčení tato děsivá epizoda nezopakuje.

Cévní mozková příhoda nebo úraz mozku mohou poškodit naši schopnost vyjadřovat řeč tak hluboce, že propadneme zoufalství. Může být příčinou snad něčeho i horšího: přestaneme řeč svých bližních chápat. Cévní příhody, úrazy, záněty, nádory, poruchy mozkového imunitního systému, genetické poruchy projevující se degenerativními změnami mohou narušit paměť, schopnost rozhodovat se, uspořádat myšlenky do logických celků a z rozvinutého a nadaného jedinice se stane nezvladatelná troska.

Může se stát, že přestaneme kontrolovat své pití alkoholu a začne se rozvíjet roky i desetiletí trvající závislost, která nás změní na deformovaný stín toho, co jsme byli a mohli být, a zničí naši rodinu.

Může se stát, že jednoho dne přijdeme na patu mostu, nebo vstoupíme na náměstí, do míst, kudy jsme chodili celé roky, a přepadne nás nezvladatelná hrůza, tak propastná, že nás záchranka odveze na oddělení intenzivní péče, kde nějakou dobu potrvá, než lékaři zjistí, že neumíráme, nemáme srdeční infarkt, ale první ataku panické úzkosti.

Může se stát, že si na svět přineseme mužské pohlaví a náhodně onu podobu jistého genu, který kóduje tvorbu jediného z mnoha desítek mozkových nervových přenašečů, a jsme, aniž to tušíme, druhem časované nálože. Pak se k tomu přidá třeba zneužívání v dětství, později učitel nebo nadřízený, jenž si na nás »zasedne«. To, co v nás je, připomíná nálož se zavedenou rozbuškou, které se stačí jen dotknout.

Okolí pak žasne. Jak je možné, že se chlapec stal impulzivním vrahem svého učitele? Co přimělo staršího středostavovského muže, který desítky let bez zjevných problémů pracoval pro svou společnost, že se jednoho dne vrátí, postřelí řadu svých spolupracovníků, aby nakonec zabil sám sebe? Vždyť na světě byly z práce propuštěny miliony stejně vypadajících starších mužů, aniž by kdokoli z nich udělal něco podobného.

Co za nestvůru byl usměvavý, hezký mladý muž, v dětství skaut, jenž později studoval právnickou fakultu, podílel se na volebních kampaních, na charitě, byl asistentem šéfa výboru pro bezpečnost ve velkém americkém městě,

pro ženy napsal leták instruující, jak se chránit před znásilněním, Američan jménem Ted Bundy, jemuž soud prokázal sérii 36 vražd a pravděpodobně jich spáchal víc?

Jestliže si na svět přineseme příslušné geny, jestliže byl náš porod komplikovaný, jestliže se stane něco v našem sociálním poli, může se stát, že v rané dospělosti začneme »slyšet hlasy« a budeme mít zrakové i tělové halucinace, naše řeč, myšlení, orientovaná pozornost se začnou rozpadat a psychiatr vysloví diagnózu schizofrenie.

Začal jsem vyprávět o lidském mozku.

## Neurony

Jak máme pochopit dům, kdybychom nevěděli zhola nic o cihlách, z nichž byl vystaven, nebo o sítích, které mu přivádějí energii nebo v něm rozvádějí informace?

Mozek dospělého člověka váží obvykle 1200–1400 gramů. Velcí lidé mají velké orgány, tedy i mozky, malí lidé je mají menší. Protože jsou ženy »průměrně« menší než muži, mají i »průměrně« menší mozek. U zdravých lidí není mezi výkonností mozku a jeho velikostí vztah.

Jako je dům z cihel, je mozek z nervových a dalších buněk.

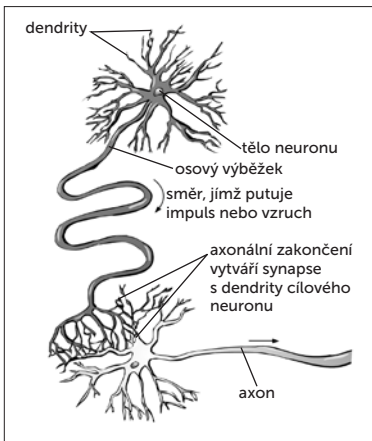
Od jiných buněk se nervové buňky neboli *neurony* odlišují zejména svými výběžky (obr. 1, 2).

*Dendrity* jsou výběžky, jimiž neuron přijímá informace. Připomínají rozvětvené koruny stromů.

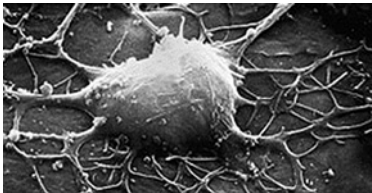
*Axon*, osový výběžek, obvykle delší než dendrit, bývá rozvětvený až na konci, kde komunikuje s jinými nervovými buňkami, obvykle jejich dendrity, případně těly.

Axon vede nervové vzruchy, impulsy, elektrochemické události šířící se obalem neuronu, jenž obaluje jak tělo, tak i výběžky. Nervové vzruchy běžící obalem axonu by se daly přirovnat k vlně šířící se obilným polem nebo vlně na povrchu rybníka.

Velmi rozšířený odhad říkal, že je v lidském mozku 100 miliard nervových buněk. Kdyby to byly hvězdy, početně vydají na docela slušnou galaxii.



Obr. 1. Schéma neuronů a jejich zapojení. Nervová buňka (neuron) má tělo, kratší a značně větvené výběžky připomínající větve stromu, které se jmenují dendrity, a osový výběžek (axon). Nervový vzruch (impuls), který neuron vydá, putuje axonem až k jeho rozvětvenému zakončení. Axonální zakončení jednoho neuronu vytváří kontakty s mnoha místy dendritických větví i povrchu těla dalšího neuronu. Tato místa vzájemných kontaktů se jmenují synapse. Na povrchu dendritického stromu nervových buněk mozkové kůry bývá 3000–10 000 synapsí.



Obr. 2. Neuron ve tkáňové kultuře. Obrázek řádkovacího elektronového mikroskopu.

Jenže nikdo neví, kde se ten odhad vzal.

*Počítání neuronů* je totiž strašlivá a nevděčná práce, byť ji usnadnily automatické systémy. Odpovědi na zdánlivě jednoduchou otázku – »kolik je nervových buněk v lidském mozku?« – se proto značně lišily.

Realističtější přiblížení, vzniklé složením různých údajů z odborné literatury, mluvilo o přibližně 85 miliardách neuronů, z toho 15 miliardách v mozkové kůře, 70 miliardách v mozečku, jehož granulózní buňky patří mezi nejmenší buňky lidského těla, a necelé miliardě neuronů v mozkovém kmeni, to je prodloužená mícha, Varolův most a střední mozek.

Situaci změnil vynález důmyslné a poměrně jednoduché imunocytochemické metody, která mozkové buňky spočítá během pouhých 24 hodin, a to jak buňky nervové, neurony, tak tři druhy buněk, jimž se souhrnně říká glie. Tato metoda určila počet neuronů v mozku dospělého muže číslem 86 miliard, ostatních buněk číslem 85 miliard.

Sama mozková kůra váží kolem 1233 g a je v ní, měřeno touto metodou, 16 miliard neuronů, zatímco v mozečku, jehož váha se pohybuje kolem 154 g, je 69 miliard neuronů.

Mozková kůra tvoří 82 % hmoty mozku, obsahuje jen 19 % mozkových neuronů. Většinu jejího objemu tedy tvoří jejich výběžky.

Proč je lidský mozek v porovnání s mozkem jiných druhů zvířat tak výkonný?

A proč jsou takové rozdíly ve výkonu mozku různých lidí, ať už měříme jakoukoli jeho funkci počínaje inteligencí?

Možných důvodů je větší počet.

Počet neuronů a gliových buněk mozku vztažený k objemu mozku a objem mozku vztažený například k objemu mozkového kmene je jedním z nich.

Dalším důvodem mohou být rozdíly v počtu neuronů a v počtu různých typů neuronů jednotlivých mozkových oblastí a jejich vzájemného zapojení. Kolik je neuronálních typů a jaké jsou jejich vlastnosti, nikdo přesně neví. Záleží na tom, podle čeho různí badatelé neurony třídí. Nejjednodušší členění mluví o dvou typech, učebnicové o pěti. Jestliže se připočtou rozdíly ve větvení výběžků zjištěné impregnací, potkáváme desítky neuronálních typů. Jakmile připočteme rozdíly v tvorbě nervových přenašečů, to jsou signální molekuly přenášející informace mezi neurony, vzroste počet neuronálních druhů na stovky.

Klíčové jsou patrně i rozdíly ve funkčních vlastnostech různých tříd neuronů a míst jejich vzájemných kontaktů neboli synapsí (za chvíli o nich bude řeč): lze si snadno představit »výkonnější« a »méně výkonné« neurony a synapse.

Příkladem rozdílu tohoto druhu je odpověď neuronů a jejich sítí na zevní podněty: neuronální síť některých lidí se pod vlivem zevních podnětů staví, dostavují a přestavují rychleji a pružněji, než je tomu u lidí jiných.

## Kulturu lze chápat jako niku našeho druhu

Stejně důležitá, jako je stavba a funkce mozku, je však *lidská kultura*.

Nepřežili bychom bez ní.

Sice existuje přibližně půldruhé stovky definic kultury, nicméně z hlediska stavby a funkce mozku je kultura *informace získaná sociálním učením*, tedy učením »jeden od druhého«, děti od starších generací, stejně jako od svých vrstevníků.

Filozof K. R Popper a neurofyziolog J. Eccles v této souvislosti užívali pojem *svět 3*.

Světém 1 jsou dle nich molekuly a buňky tvořící mozek.

Světém 2 je psychika.

Světém 3 je kultura.

Proměny *světa 3* mohou být příčinou proměn *světa 2* i *světa 1*, a naopak.

Jeich úvaha je velmi blízká *bio-psycho-sociálnímu modelu* člověka, rovněž starému desítky let. Tenhle model říká: cokoli se stane v genech, projeví se ve stavbě molekul, buněk a orgánů, které buňky a tkáň tvoří, včetně stavby a činnosti mozku. Cokoli se stane ve stavbě a činnosti mozku (ty jsou rubem a lícem téže mince), se může projevit v jeho sociálním prostředí – a naopak.

Příkladem může být stres.

Například:

pád banky Lehman Brothers a podvody vedoucích pracovníků mnoha dalších bank, třeba Barclays, znamenaly otřes finančních trhů. Jedním z důsledků je rozšiřování nezaměstnanosti. Představte si, že máte hypotéku na bydlení, děti studují. Váš šéf nebo šéfová vás pozvou na oběd a tam vám sdělí, že další den do práce už nemusíte. Případně dostanete obálku s tímto sdělením k Vánocům. Jste bez práce, žádná další na obzoru není, přinejmenším ta, jejíž výdělek by pokryl nutné životní náklady.

Důsledkem je okamžitý obvykle těžký stres. Nezaměstnanost je pro vysoký podíl lidí druhý nejtěžší stres po ztrátě životního partnera, kterého měli rádi.

Rozeběhne se něco podobného kaskádě nebo vlnám šířícím se po klidné hladině rybníka, do které jste hodili kámen. Příčiny se promění na důsledky a ty se stanou dalšími příčinami.

U lidí je orgánem stresu právě mozek.

V mozku máme řadu stresových spouštěčů. Spouštěčem stresu je činnost specializovaných nervových buněk v řadě mozkových oblastí citlivých na všechny signály, které stres ohlašují.

Důsledkem jejich činnosti je ovlivnění celého organismu běžící od prvních sekund, v nichž lidé stresující moment zjistí, další hodiny, dny, týdny, roky, podle toho, jak je stres hluboký a jak dlouho trvá.

Důsledkem dlouhodobého stresu může být řada onemocnění, od deprese po zhoubné nádory. Pokusný stres totiž alespoň u opic změnil chování asi půl tisícovky genů, které regulují imunitu. Důsledkem stresu může být vražedné chování podmíněné nenávistí ke světu, o němž mají někteří postižení lidé dojem, že jim nespravedlivě ublížil.

Takže: proměna v sociálním poli ovlivní prostřednictvím mozku chování genů v našich buňkách, a tím i odpověď celého organismu.

A naopak:

popletené geny v nervových buňkách lidského mozku mohou být příčinou dosud nevyléčitelných neurodegenerativních onemocnění, jejich příkladem je třeba dědičná podoba Alzheimerovy nemoci. Onemocnění se projevuje chátáním duševních funkcí, které u této podoby onemocnění může začít třeba i před 50. rokem věku: postižení lidé přestanou poznávat okolí, přijdou o paměť, o řeč, nejsou s to vykonávat nejjednodušší denní činnosti. To je nepopsatelný stres pro ně samotné i pro jejich rodiny.

### **Co obnáší pojem nika?**

Ekologická nika (*nicher*, fr. hnízdit) je specifické prostředí, které poskytuje obživu nějakému organismu.

Sociologická nika je specifické místní prostředí.

*Tvorba nik* je obecný proces, v jehož průběhu organismy proměňují jak vlastní niky, tak niky jiných organismů například svou látkovou výměnou, činností, volbami. Niky tvoří řada živočichů, rostlin i bakterií. Ptáci staví hnízda, bobří hráze, řada živočichů staví nory, mravenci mraveniště, rostliny proměňují koncentraci atmosférických plynů, bakterie rozkládají organickou hmotu.

A lidé tvoří kulturu.

Podstatou tvorby niky není proměna prostředí, ale proměna *vztahu* organismu a prostředí.

Tradiční popis evoluce říkal, že přírodní výběr ovlivňuje populaci organismů, populace ovlivněná přírodním výběrem předává geny do dalších generací, na které opět působí přírodní výběr.

Teorie tvorby nik říká, že je vztah prostředí a populace organismů obousměrný: prostředí ovlivňuje populaci přírodním výběrem, organismy tvořící niku ovlivňují zpětně prostředí, a tím mění přírodní výběr, což opět probíhá krok za krokem v čase.

Teorii tvorby nik lze chápat jako součást přibližně 30 let se rozvíjející *teorie koevoluce genů a kultury, neboli teorie dvojí dědičnosti*, ve světové literatuře ji najdete pod označením dual inheritance theory. Lidské chování je podle této teorie výslednicí dvou evolučních procesů, které jsou ve vzájemných interakcích, a to genetické evoluce a evoluce kulturní. Později o ní budu vyprávět víc.

### **Co znamená kulturní nika v praxi?**

V roce 1860 se vydala z jihu na sever, ze základny v Cooper's Creek ve střední Austrálii, dobře vybavená a připravená výprava vedená Robertem Burkem, členy výpravy byli pánové King, Wills a Gray. »Budeme první Evropané, kteří tímto směrem projdou Austrálií,« byl smysl a cíl. K severnímu pobřeží dorazili. Na zpáteční cestě jim došly zásoby. První zemřel Gray, hladověl a onemocněl. Předpokládá se, že příčinou úmrtí dalších dvou členů výpravy bylo vyčerpání, podvýživa a kurděje z nedostatku vitamínu C spolu s beri-beri, to je onemocnění podmíněné nedostatkem vitamínu B<sub>1</sub>. Beri-beri byla důsledkem špatně zpracovávané spóry místní vodní kapradiny, domorodci z ní vyrábějí mouku na chléb. Spóry totiž obsahují enzym, který vitamin B štěpí. Aby mouka, která se ze spór vyrábí, nebyla toxická, je nutné spóry dostatečně vymáčet ve vodě. Cestovatelé to nevěděli. Domorodci jim to neřekli. Máčení spór totiž byla ženská práce. Nehodí se, aby o tom muži vyprávěli mužům. Jediný, kdo přežil, byl King, zachránil se u domorodců.

Tři muži, zkušený cestovatelé, členové skvěle vybavené výpravy, zemřeli vyčerpáním, podvýživou a špatným složením potravy v prostředí, kde místní



domorodci žili tisíce let. Podobné katastrofy doprovázely i polární výpravy. Evropané nepřežili v prostředí, v němž, podobně jako australští domorodci v Austrálii, dobře přežívali Inuité.

Jinak řečeno: lidé jsou závislí na sociálním učení, tedy kultuře, kultura je nikou lidského druhu. Vysoce výkonné mozky nejsou samy o sobě nic platné.

## **Principy stavby a funkce nervových buněk lidského mozku**

Principy stavby a funkce nervových buněk jsou stejné jako principy stavby naprosté většiny jiných buněk lidského těla.

Nervová buňka má na povrchu obal, jehož součástí jsou chemické antény, *receptory*, na které se vážou příslušné signální molekuly, například molekuly různých druhů nervových přenašečů. Mozky lidí a zvířat jich užívají desítky.

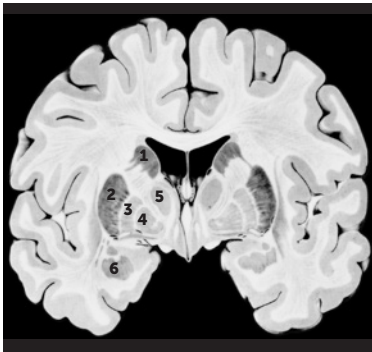
Vazba signální molekuly na receptor může znamenat změnu elektrického chování obalu nervové buňky. Nervová buňka může začít vydávat větší počet vzhřutů, neboli impulsů, nebo naopak svou činnost utlumit.

Vazba signální molekuly na receptor může také spustit informační kaskádu, která vede až do jádra nervové buňky. V ní je deoxyribonukleová kyselina, DNA, informační srdce neuronu. Signály ze zevního světa dovedené tímto způsobem do srdce nervové buňky mohou měnit chování mašinerie, která je v buněčném těle.

Mašinerii buněčného těla tvoří řada systémů dobře viditelných v elektronovém mikroskopu. Patří mezi ně například mitochondrie, potomci prabakterií, které se na úsvitu života nastěhovaly do jiných buněk a dodnes jim vyrábějí energii. Na základě povelů, které dostane z genů v buněčném jádru, může mašinerie kromě velkého počtu dalších činností začít velmi rychle tvořit bílkoviny, nebo naopak jejich tvorbu utlumit.

## **Neurony tvoří jádra a vrstvy**

V lidském mozku, podobně jako v mozku savců, tvoří nervové buňky nakupepiny dvojího typu.



**Obr. 3.** Nervové buňky v mozku vytvářejí vrstvy a jádra. Příkladem nejčastěji šestivrstevného uspořádání nervových buněk je mozková kůra, která vytváří »plášť« na povrchu mozku.

Příkladem »jader«, vývojově staršího druhu kupení nervových buněk, jsou v mozku bazální ganglia: 1 – nucleus caudatus neboli ocasaté jádro, 2 – putamen, 3 a 4 – zevní a vnitřní jádro globus pallidus, 5 – thalamus, 6 – amygdala neboli mandlové jádro. Řez mozkem v čelní rovině středem mezimozku

Jeden se z tradice označuje jako *jádra*. Příkladem jader dobře rozlišitelných prostým okem jsou bazální ganglia, jedna z klíčových součástí funkčního systému hybnosti neboli motoriky, ale i některých poznávacích funkcí, nebo třeba amygdala, která skutečně připomíná mandli a je klíčovou součástí funkčního systému emotivity (obr. 3).

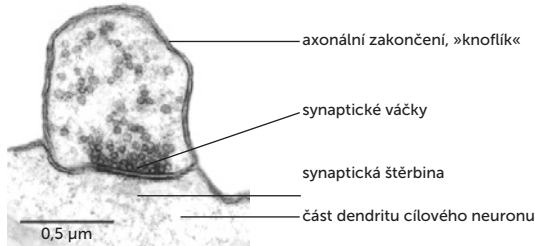
Velký počet jader se dá rozlišit až v optickém mikroskopu. Mají latinská jména. Svízělí je, že se neuroanatomové často neshodují na tom, co je které jádro, a tak mají stejná jádra různá jména a pod stejnými jmény se skrývají různá jádra.

Druhým typem neuronálního uspořádání jsou vrstvy rozlišitelné ve světelném mikroskopu. Například naprostou většinu mozkové kůry tvoří šest vrstev nervových buněk, jen v těch vývojově velmi starých mozcích je kůra trojvrstevná, podobně jako je trojvrstevná kůra mozečku neboli »malého mozku«.

## Synapse

Ještě před jednou generací se za »stavební kámen« neboli »jednotku« mozku považoval neuron. Výzkum však přinesl jiný »základní kámen« – synapsi (obr. 4, 5).

**Obr. 4.** Synapse v obrázku elektronového mikroskopu.



Axonální zakončení jednoho neuronu vytváří »knoflík«. Dobře jsou vidět synaptické váčky, které obsahují nervový přenašeč. Následuje synaptická štěrbin. Za ní je dendrit cílového neuronu, přesněji řečeno část jeho buněčného obalu. Odhaduje se, že v lidském mozku je trilion, možná i podstatně větší počet synapsí. Jen část jich je kódována geneticky. Podstatná část vzniká (a zaniká) v průběhu života na základě neurochemických událostí, jimž se souborně říká »učení« nebo »zkušenost«. Vznikání a zanikání synapsí je projevem **plasticity** mozku, jenž se tímto způsobem celoživotně stává, dostává a přestavuje. Celou synapsí tedy tvoří: zakončení axonu–štěrbina–místo na obalu dendritu cílového neuronu. Zakončení axonu se říká presynaptická část synapse. Místo v obalu dendritu (případně jinde) se říká postsynaptická část synapse

Synapse je místo, kde jsou nervové buňky v kontaktu a kde si vyměňují informace. Přiložte dlaň své levé ruky k dlani své pravé ruky. Dlaně a štěrbinka, která je mezi nimi, jsou jednoduchým modelem synapse. Předloktí směřující k levé dlani je axon jednoho neuronu, předloktí směřující od pravé dlaně je dendrit dalšího neuronu.



**Obr. 5.** Trojrozměrná rekonstrukce synapsí. Silná, světle šedá struktura je dendrit, jehož výběžky jsou postsynaptickou částí synapsí (pravá »dlaň«, viz text). Tmavě šedá struktura je axonální výběžek, na jehož zakončení je presynaptická část synapse (levá »dlaň«, viz text).

Synapsi nejčastěji tvoří malá část obalu axonu jednoho neuronu, tedy onoho výběžku, jenž vede vzruch od jednoho neuronu – dlaň levé ruky. Následuje nepatrná štěrbiná viditelná jen v elektronovém mikroskopu. Dlaň pravé ruky je nepatrné místo obalu nejčastěji jiné nervové buňky, zejména na jejich dendritických výběžcích.

Jakmile doběhne vzruch, ona elektrochemická vlna, obalem axonu k jeho zakončení (»levá dlaň«), uvolní se z něj molekuly nervového přenašeče. Ty přejdou do synaptické štěrbině, v našem modelu do štěrbině mezi dlaněmi. Pak se navážou na receptory v »pravé dlani«. Tam mohou změnit elektrochemické chování obalu této nervové buňky, případně vyslat informaci k jejímu jádru.

Na povrchu nervových buněk mohou být tisíce i statisíce synapsí. Odhaduje se, že v lidském mozku může být trilión, možná trilióny synapsí.

Jen část jich je určena dědičností.

Podstatná část jich vzniká pod vlivem informací ze zevního prostředí – učení nebo zkušeností v nejširším slova smyslu.

Synapse trvale a rychle vznikají, zanikají, obnovují se a udržují.

Mozek se tímto způsobem celý život, v geneticky daných, velmi širokých mezích staví, dostavuje a přestavuje.

## **Geny – neurony – prostředí – a zpět**

*Homo sapiens sapiens* je nositelem asi 23 000 genů, početní odhady však kolísají.

Na stavbě mozku se jich pravděpodobně podílí něco mezi polovinou a dvěma třetinami.

Rozdíl mezi člověkem a *hlsticí oblou Cenorhabditis elegans*, skromňoučkým a nepatrným červíčkem, milovaným objektem výzkumu genetiků a neurobiologů (18 000 genů, 302 nervových buněk), není v kvantitě, ale v komplexitě vysoustruhované evolucí.

Funkce genů je dvojitá.

Geny jsou *templát*, který udržuje pokračování druhu. Určí, že člověk bude člověkem, hroch hrochem, jablko jabloní.

Kromě toho mají *transkripční*, »přepisující« *funkci.*

Ta přepisuje a překládá informační kód DNA do stavebních a funkčních bílkovin. Jeden gen může kódovat víc než jednu bílkovinu.

Různé podoby téhož genu, *alely*, kódují sice blízké, nicméně něčím odlišné bílkoviny.

Vztah genů a chování je obor v bouřlivém rozvoji.

Zjistil, že alely velkého počtu neznámých genů určují z přibližně dvou třetin výši biologické inteligence. Přibližně z poloviny určují »základní« *vlastnosti osobnosti, jako jsou introverze nebo extroverze. Ovlivňují i tendenci vyhledávat nové, případně vzrušující podněty, nebo naopak sklon k opatrnosti, míru závislosti na psychologické a sociální odměně. Prakticky nikdy tak nečiní výlučně. Vždy jsou ve hře vlivy zevního prostředí. A náhody.*

Jak nás geny řídí?

Mají *regulační oblasti*. Ty jsou trvale ovlivňovány signály vnitřního a zevního prostředí. Regulační oblasti genům na základě těchto signálů udají tempo a druh přepisu informace, kterou geny nesou, do bílkovin.

Signálem ze zevního prostředí je například maminčino hlazení.

Jestliže vás stresující prostředí nehladí, jde o jiný soubor signálů.

Souborem signálů ze zevního prostředí je učení ve škole, stejně jako psychoterapeutovo slovo.

Vaše smyslová čidla, například zrak a sluch, signály zevního prostředí převedou do řeči nervových vzruchů, které okamžitě změni činnost vašeho mozku. Některých částí víc než jiných. V jedněch místech ji zvýší, v dalších utlumí.

Neuronální činnost mozku stejně okamžitě osloví regulační oblasti genů v jádrech nervových buněk prostřednictvím nitrobuněčných informačních systémů, které by se daly přirovnat k vodním kaskádám v zahradách nejkrásnějších zámků.

Na základě takového oslovení geny změni tempo a druh přepisu. Důsledkem jsou změny tvorby stavebních i funkčních bílkovin. Tím se signály zevního i vnitřního prostředí převádějí nejen do změn činnosti buněk, tkání, orgánů, ale i do změn chování.

## Genomika a heritabilita

Genomika je mladá věda, zkoumá stavbu a funkci genomů, veškeré genetické informace všech podob života.

A právě genomika v posledních letech dokázala, že je stavba a činnost genů podstatně složitější, pružnější a rychlejší, než se donedávna zdálo. Genom, souhrnná genetická informace, je podstatně plastičtější a dynamičtější, než vypadaly dosavadní představy, a jeho relativní »oddělenost od prostředí« je podstatně menší.

Prostředí na genom působí, aniž by měnilo stavbu genů, neboli počet a pořadí »písmen« čili bází v genech. Geny zůstanou, jaké jsou, vliv prostředí je však dokáže umlčet, nebo naopak jejich činnost zvýšit.

Zkusím připomenout, že se mechanismy dědičnosti uplatňují dvojím způsobem:

1. ve vlastním organismu, například v průběhu vývoje embrya do zralého jedince a v průběhu obnovy tkání a orgánů, například obnovy výstelky trávicí trubice a dýchacích cest nebo obnovy nervových buněk mozku ze zárodečných buněk,
2. přesunem genetické informace z generace do generace.  
Z generace do generace se však, jak dokázala genomika a další obory, informace přesouvá pěti, nikoli jedním způsobem:
  - »klasicky«, dědičná informace rodičů se přenáší do potomků prostřednictvím pohlavních buněk;
  - epigeneticky;
  - rodičovskými efekty;
  - kromě toho existuje ekologická a
  - kulturní heritabilita.

Těmto pěti mechanismům přesunu informace z generace do generace se říká *souhrnná neboli inkluzivní heritabilita*.

Překvapením je, že přibližně 48 % genomu tvoří »skákající geny«, opakující se pohyblivé sekvence DNA, říká se jim *transpozony*.

Existuje řada typů transpozonů, lze je však rozdělit do dvou tříd:

*První třídu* tvoří sekvence – pojem sekvence znamená nějaký počet a pořadí »písmen« neboli bází DNA – odpovídající asi 3 % lidského genomu. Tyto

sekvence (neboli části řetězu DNA) se v genomu pohybují mechanismem »vy-  
stříhni a vlož«, podobně jako je tomu u textových editorů. Považují se za ne-  
funkční a vývojově prastaré zbytky lidské DNA.

Druhou třídu tvoří *retrotranspozony*, dohromady odpovídají asi 45 % lid-  
ského genomu. Chovají se podobně jako RNA viry. Nejdříve se »přepíše«  
do RNA. Původní sekvence DNA, kterou okopírují, zůstává na místě. Poté  
se přemísť a reverzním, neboli »převráceným«, mechanismem mezi RNA →  
DNA se »přepíše« do řetězu DNA zpět. Množství DNA v genomu se tímto způ-  
sobem zvětšuje a retrotranspozony v místě, kam se vloží, mění sekvenci (ne-  
boli pořadí) »písmen« DNA.

Nové retrotranspozice se mohou týkat i tělesných buněk, těch, které v tě-  
lech nahrazují opotřebené buňky.

Velký počet se jich prokazuje zejména v nervových buňkách mozku.

Nervové buňky se tam obnovují z vrstvy, která je bezprostředně pod výstel-  
kou mozkových komor, v nichž obíhá mozkomíšní mok, a v jedné části hipo-  
kampu, to je struktura ve vnitřní části spánkových laloků klíčová pro ukládání  
i vyvolávání dat z dlouhodobé paměti.

*Epigenetika* se zabývá dědičnými změnami přepisu genů a fenotypu, k nimž  
dochází, aniž by se měnilo pořadí písmen DNA. Týkají se jak tělesných buněk,  
tak vajíček a spermií. Pouhá přítomnost genu v genomu totiž neznamená, že  
se musí přepisovat.

Činnost genů spouští, tlumí a mění biochemický regulační systém sou-  
hrnně nazývaný *epigenom*. Epigenom může odpovídat na vlivy prostředí  
a úměrně tomu měnit přepisování genů.

Jinak řečeno: pomocí epigenomu může zevní prostředí genům našich buněk,  
včetně nervových buněk mozku, říkat: »Přepisuj se! Vyráběj nové bílkoviny!«,  
nebo naopak: »Zastav činnost!« – *aniž by se přítom stavba genů nějak změnila.*

Příkladem *rodičovských vlivů* jsou důsledky stresu samic v průběhu tě-  
hotenství. Následuje zvýšení hladiny stresového hormonu kortizolu v krvi  
plodu. Důsledkem jsou odchylky vývoje neuronů, a tím pádem i odchylky cho-  
vání mláďat po porodu. Mláďata zvýšeně odpovídají na stresující podněty, je-  
jich chování je úzkostnější.

Vědci například sledovali chování juvenilních opic, které se narodily  
matkám uvedeným v průběhu těhotenství do stresu. Stresem byl přesun

do tmavého experimentálního prostředí 5 dnů v týdnu, další složkou stresu byly přerušované nepříjemné zvuky.

Stresování trvalo 6 týdnů z celkem 24 týdnů těhotenství a probíhalo buď brzy, a to 50.–92. den po koncepci, nebo později, a to 105.–147. den po početí.

Mláďata jak časně, tak pozděně stresovaných matek zkoumala v porovnání s kontrolními mláďaty nestresovaných matek své prostředí podstatně méně, měla odchylky emotivity, měla vyšší hladinu kortizolu v krvi, sníženou míru tvorby nových nervových buněk hipokampu a snížený objem hipokampu. Hipokampus je v nejnitivnější části spánkových laloků mozku a rozhodujícím způsobem se podílí jak na ukládání informací do dlouhodobé paměti, tak na jejich vyvolávání.

*Prenatální stres* neboli stres, jehož obětí je dítě ještě před porodem, se u lidí uvádí do vztahu k autismu, depresi, poruchám pozornosti s hyperaktivitou (ADHD), schizofrenii, vývojovým poruchám učení a poruchám vývoje poznávacích funkcí.

Lépe proto chápeme prastarou zkušenost tradovanou babičkami: »Nastávající matka musí být v klidu, nesmí se rozčilovat!«

Epigenetickým mechanismem se mohou prosazovat nejružnější rodičovské vlivy.

Vědci uvedli do vztahu úzkostnou, resp. depresivní náladu matek v poslední třetině těhotenství se stavem genu, který kóduje stresový receptor v neuronech mozku jejich novorozenců. Zvýšená míra úzkosti/deprese matek odpovídala míře změn zmíněné genové oblasti novorozenců, stejně jako zvýšení koncentrací stresového hormonu kortizolu ve slinách těchto novorozenců v průběhu odpovědi na stresující podněty. Změna novorozencova genu je úměrná citovému stavu matky a ovlivňuje stresovou odpověď jejího dítěte po narození.

Přednost, kterou dávají lidé a další savci pachovým podnětům nebo některým druhů potravy, lze ovlivnit mateřskou dietou v průběhu těhotenství i v průběhu kojení. Děti matek, které v průběhu kojení požívaly karotku, anýz, česnek a různé druhy ovoce, dávaly v dalším věku těmto druhům vůni a potraviny přednost.

Vědci rozlišují čtyři kritéria *kulturní heritability*.

Má-li být nějaký znak považován za důsledek kulturní heritability, musí být naplněna všechna kritéria současně:



1. *kritérium*: znak musí být výsledkem sociálního učení, jehož podkladem může být imprinting, imitace, kopírování a učení v úzkém slova smyslu, jehož příkladem je u lidí škola a dílna. Známými příklady jsou anglické sýkorky, které se naučily otevírat láhve s mlékem, i samičky japonských makaků, které se naučily omývat batáty, jimž se u nás říká sladké brambory, stejně jako početné druhy sociálního učení šimpanzů;
2. *kritérium*: sociálně naučená informace se musí přenášet z generace do generace, od starších jedinců jedincům mladším. Příkladem je učení zpěvu u různých ptačích druhů. Otevírání mléčných lahví sýkorkami a mytí batátů samičkami japonských makaků tento znak splňují;
3. *kritérium*: sociální učení musí trvat dostatečně dlouho na to, aby se mladší jedinci dokázali jeho obsahu naučit;
4. *kritérium*: jedinci musejí být schopni naučenou sociální informaci zobecnit užitím v nových souvislostech.

## Plasticita

Geny tedy neznamenají osudové určení, spíš určují statistické pravděpodobnosti. Geneticky určené meze činnosti nervového systému jsou široké meze.

V geneticky daných mezích dokáží nervové buňky pod vlivem vnitřních a zevních podnětů prodlužovat a košatět své výběžky a budovat nové kontakty, synapse, s jinými nervovými buňkami. Stavět nové synapse umějí během desítek sekund.

Jestliže si zapamatujete tohle vyprávění, dokážete si je vybavit a správně užít, je to proto, že váš mozek během krátké doby postavil stovky milionů nových synapsí, novou neuronální síť správně propojenou se sítěmi starými.

Nejplastičtější jsou mozky nejmenších dětí.

Druhou salvou, v níž se plasticita uplatňuje doslova dramaticky, je dospívání. Mozek si však plasticitu dokáže udržet, i když je starší než 90 let.

Pro plasticitu nervových buněk mozku platí něco podobného jako pro naše kosterní svaly. Čím více se v rozumných mezích namáhají, tím jsou v individuálních mezích výkonnější, tím déle si pružnost a sílu uchovávají. Jak známo, zdravé trénované sedmdesátnice uběhnou stejnou trať daleko rychleji než

netrénované třicátнице. Stačí sledovat běžecké závody na 5 a 10 km pořádané třeba v pražských ulicích. Pro mozek platí to samé.

Plasticita mozku je podkladem učení a paměti, citového života i všech dalších funkcí mozku tak, jak se od narození rozvíjejí, včetně případně úspěšného stárnutí.

## Mapování

Jeden ze základních principů činnosti mozku zvířat a lidí je mapování.

Co to znamená?

Činnost nějaké vrstvy nebo skupiny neuronů se prostřednictvím jejich axonů přesune ve zlomcích sekundy, nadto s mikrometrovou přesností, do další neuronální vrstvy nebo skupiny. Například činnost deseti vrstev nervových buněk sítnice se z jejich nejvnitřnější vrstvy tímto způsobem přesune do činnosti zrakové části mezimozku. Odtud se opět ve zlomku sekundy, a opět s mikrometrovou přesností, přesune do IV. vrstvy primární zrakové kůry v týlním laloku mozku. Primární se jí říká proto, že tam zrakové informace dospějí ponejprv.

Z primární zrakové kůry se zrakové informace stejně bleskově přesouvají do dalších, »vyšších«, nejprve výlučně zrakových korových oblastí, poté do smyslových korových oblastí, kde se zrakové informace mohou slučovat s informacemi jiných smyslových systémů, třeba sluchového nebo hmatového.

Následně putují do rozmanitých regionů předních částí a spodních částí mozku, které umožňují jejich ukládání do dlouhodobé paměti, dodávají jim citovou náplň, rozhodují, jak se s nimi naloží, naplánují a provedou na tomto základě nějakou akci.

Zraková část mezimozku tedy mapuje neuronální události sítnice.

A primární zraková kůra mapuje činnost zrakového mezimozku.

Vyšší zrakové korové oblasti – vyšší už proto, že jejich číselné označení má vyšší hodnotu – mapují činnost primární zrakové kůry.

V každé z těchto rychle se přesouvajících neuronálních mapách se přitom informace dále zpracovává.

To samé platí pro přesun informací ze sluchového čidla vnitřního ucha (Cortiho orgánu) do sluchové části mezimozku a odtud do primární sluchové

kůry na horní ploše spánkového laloku mozku i pro přesuny somatosenzorických informací, mezi něž patří různé typy »hmatových« informací.

Stejným způsobem se »přesouvají« jednotlivými články *homeostatického systému* informace o proměnách našeho vnitřního prostředí.

Představte si celé své tělo složené z krychliček o hraně 15 tisíc milimetrů.

V každé krychličce jsou dva druhy nervových zakončení, které trvale snímají proměny řady základních veličin: například koncentraci kyslíku, oxidu uhličitého, míru kyselosti nebo zásaditosti, skutečnost, zda do »krychličky« proniká něco cizorodého, zda se neobjevují látky, které spouštějí kaskádu jevů, jimž říkáme zánět... Některé z těchto veličin mohou odpovídat koncentracím prvků v praoceánu, v němž se pohybovaly první jednoduché buňky, naši pra-prapředkové.

Mozek tyto proměny ve dne v noci mapuje. Do vědomí pronikají jen tehdy, začne-li být něco v nepořádku. Homeostatický systém je tvůrce pocitu »mně nějak je«, a to dejme tomu »došla dobře, ani na to nemyslím«, nebo například »mám žízeň, hlad, bolí mne zub«.

Činnost homeostatického systému je zdrojem základních emocí.

*Neuronální mapa* je tedy velmi dynamický soubor událostí, je to činnost velkého počtu synapsí v nějaké vrstvě nebo jádru nervových buněk rychle a přesně přesouvaná do činnosti velkého počtu synapsí další (»vyšší«) vrstvy nebo skupiny nervových buněk.

Jakoby si souběžné neboli paralelní řetězy lidí stojících mezi studnou a požárem podávaly vědra vody (a přitom by lidé každé vědro nějakým způsobem zpracovávali).

Smyslová, například zraková informace je v mozku mapována na různých místech, a to »za sebou« i »vedle sebe«, to znamená sériově a paralelně, v mnoha různých místech mozkové kůry.

V případě zrakové kůry malých opiček makaků je těch polí 32, vzájemně je propojuje 305 spojů. V každém z těchto míst se zpracovává. Zrakových koroých polí lidského mozku je známo podstatně méně.

## Neuronální reprezentace

Kromě pojmu neuronální mapa se ve vědách o mozku často užívá pojem neuronální reprezentace.

Mozky »nefotografují« zevní svět – vytvářejí jeho neuronální reprezentace.

Díváme-li se na jablko padající ze stromu, uvědomujeme-li si, co vidíme, odpovídá tomu v některých místech mozku proměna stavby a činnosti bilionů synapsí, vzájemných míst kontaktu mezi nervovými buňkami. Jestliže si tuto událost po čase vybavíme a někomu o ní vyprávíme, odpovídají tomu opět proměny stavby a činnosti bilionů synapsí v některých stejných a mnoha dalších místech našich mozků. Synapse jsou pružné a pohyblivé struktury, které svým způsobem »hmatají« kolem sebe.

*Neuronální reprezentací* nějaké vnější nebo vnitřní události může být prchavá synaptická funkční mapa, ale i mapa »stálá«, to znamená ten soubor synaptických struktur a událostí, které jsou podkladem dlouhodobé paměti bez ohledu na to, zda si ji uvědomujeme nebo neuvědomujeme.

Náš mozek neukládá »fotografii« rychle jedoucího červeného auta.

Může však vytvořit a uložit soubor neuronálních struktur a funkcí, které jsou jeho reprezentací. Počínaje činností sítnice reprezentuje zrakový mozek tu část viditelného zevního světa, kterou dokázaly oči a navazující systémy rozlišit a zpracovat.

Jako mají lidé rozvinutý zrakový mozkový systém, mají delfíni rozvinutý sluchový mozkový systém. Někteří teoretici kladou spíše než na reprezentaci větší důraz na *zpracovávání informací* systémem, tedy na *processing*. Řekl bych, že reprezentace a zpracovávání jsou rubem a lícem téže mince.

## Základní vlastnosti funkčních systémů mozku

Pojem funkční systém lidského mozku je chápán velmi široce. Příklady funkčních systémů lidského mozku jsou smyslové vnímání, poznávání, paměť, řeč a jazyk. Některé funkční systémy máme společné se zvířaty, jiné, například jazyk a sebeuvědomování, lze považovat za lidské, byť lze ve stavbě a funkci mozku některých druhů zvířat pozorovat jejich vývojové předchůdce.

Není známo, kolik funkčních systémů lidský mozek má. Uvádí se pět základních vlastností funkčních systémů lidského mozku:

*Organizace* – vnitřní uspořádání systému a vzájemné vztahy jeho jednotlivých součástí.

*Hierarchizace* – vertikální uspořádání stavby a činnosti systému. Nadřazené části zpětnověně řídí části podřazené. V této souvislosti se mluví o cestě informace a řízení činnosti systému »odspodu–vzhůru«, v případě zrakového systému tedy od sítnice do zrakové části mozku a odtud do primární zrakové kůry.

*Integrace* – vzájemné slučování činnosti jednotlivých částí jednoho systému i různých systémů.

*Anatomická vazba* – projevy činnosti systému jsou zejména v dospělosti vázány spíše na některé části mozku než na části jiné. Poškození »zúženého profilu informačního chodu« systému se projeví poškozením funkce. Například poškození hipokampu, to je část vývojově staré mozkové kůry ve vnitřní části spánkových laloků, která klasickým anatomům připomínala mořského koníčka, způsobí poškození jednoho druhu paměti, zatímco jiné druhy paměti zůstanou nepoškozené.

K těmto základním vlastnostem je nutné připojit nově popsanou další vlastnost: každá oblast a její spojení jsou chápány jako části systému *paralelně distribuovaného zpracování informace*.

Co to znamená?

Sériově činné systémy, jejichž příkladem jsou číslicové počítače von Neumannova typu, zpracovávají velkou rychlostí informace sériově, »jednu za druhou«.

Paralelně distribuované systémy, například masivní paralelní výpočetní systémy, zpracovávají různé informace o témž objektu souběžně, paralelně, »vedle sebe«. Informace jsou v těchto systémech rozložené, zpracovávají se v jednotlivých uzlech sítě. Výsledkem je velká pružnost a rychlost zpracovávání informací při dostatečné toleranci vůči chybám.

Příkladem paralelně distribuovaného zpracovávání informací je činnost zrakového systému mozku.

Dejme tomu, že zrakově sledujeme, jak se zleva přibližuje rychle jedoucí červené auto. Zrakový systém souběžně, paralelně, zpracovává informace o tvaru, barvě, prostorové hloubce, rychlosti i směru pohybu předmětu, zároveň aktivuje pracovní paměť a funkční systém orientované pozornosti.

Vzápětí zrakový systém porovná neuronální reprezentace tvaru, barvy a prostorové hloubky s neuronálními reprezentacemi uloženými v dlouhodobé slovní a neslovní paměti. Od určité úrovně zpracování se celý informační komplex dostává do funkčního systému zrakového vědomí – uvědomíme si, že vidíme rychle jedoucí červené auto.

Sériové zpracování těchto informací by přes veškerou rychlost, s jakou pracují digitální systémy, vyžadovalo delší dobu než jejich zpracování paralelní.

Za funkční systémy mozku se dají považovat smyslové vnímání a poznávání, paměti (existuje víc než jeden druh paměti), řeč a jazyk, naučené složité pohyby neboli praxie, řídicí systémy čelních laloků, které například umožňují rozhodování, a mnoho dalších.

## Proměna evoluční psychologie

Evoluční psychologie je teoretický obor, který se rozvíjí od osmdesátých let minulého století. Lze ho považovat za součást evoluční biologie. Má vlivné autory, například L. Cosmidesovou, J. Toobyho, S. Pinkera a D. M. Busse, i vlivné kritiky, například S. Rosea, kteří evoluční psychologii považují za sporou. Důvodem sporů jsou hypotézy, které jsou v rozporu s tradiční psychologií, výsledky empirických studií, které mohou být morálně zneklidňující a jsou považovány za »biologizující«, což je spor táhnoucí se od Wilsonovy knihy Sociobiologie.

Jako prvního evolučního psychologa lze chápat Charlese Darwina.

V roce 1859, na konci knihy *Původ druhů přírodním výběrem*, Charles Darwin píše:

*»Ve vzdálené budoucnosti... bude psychologie spočívat na novém základu a stupňovitěm získávání každé duševní mohutnosti a kapacity. Rozsáhle osvětlen bude původ člověka a jeho dějin.«*

Teoretickým základem rané podoby evoluční psychologie je Darwinova teorie přírodního výběru. Výsledkem přírodního výběru jsou:

1. adaptace, což jsou dědičné charakteristiky, které v průběhu doby, v níž se vyvinuly, lépe řeší problémy přežití a reprodukce než jejich alternativy;

2. vedlejší výtvoř, které jsou spjaty s adaptacemi;
3. šum, to jsou proměny daných charakteristik, dané genetickými mutacemi nebo náhodnými proměnami prostředí.

## Psychologické adaptace

Psychologické adaptace jsou v očích klasické evoluční psychologie projevy činnosti neuronálních »modulů«, které zpracovávají informace do výstupů řešících problémy, s nimiž se opakovaně, miliony let, setkávali naši vývojoví předci.

Adaptivních problémů byl a je velký počet, přičemž úspěšné řešení jednoho problému nemusí znamenat úspěšné řešení jiného.

*Typickými adaptivními problémy byly a mnohé dodnes jsou:*

- vyhledávání a složení potravy;
- výběr pohlavních partnerů;
- volba habitatů neboli místa obsahujícího zdroje a možnost úkrytu;
- rodičovské investování do potomků;
- příbuzenské vztahy (tím vyšší míra »investic«, čím vyšší míra genetického příbuzenství);
- vztahy ke členům vlastní skupiny a kooperace (detekce podrazáků a detekce černých pasažérů);
- selektivní agrese (spouštěcí mechanismy násilných konfrontací);
- vnitroskupinová hierarchie (eliminace rivalů, zvládnutí vztahu nadřazenosti a podřazenosti).

Evoluční psychologie není jednotná teorie.

Jednotliví autoři a jejich skupiny se odlišují ve výkladu například:

- individuálních psychologických rozdílů;
- existence doménově obecných mechanismů, jejichž příkladem je tzv. *dynamická (fluid) inteligence*, to je typ inteligence umožňující manipulovat s informacemi, na rozdíl od inteligence *krystalizované*, která se dá považovat za informační skladiště;
- i ve významu *skupinového výběru* znovu po několika desítkách let úspěšně zaváděného do evoluční teorie.

Evoluční psychologové se shodují v názoru, že psychologické adaptace byly utvořeny mechanismy evoluce, zejména *nezáměrným* přírodním výběrem. Přírodní výběr, jak je dnes známo, však není jediným a nemusí být hlavním »motorem« biologické evoluce.

## Empirické testování

Hodnota teorií je dána daleko víc, než tím, co a jak vykládají, jejich testovatelnými předpověďmi. Existuje velký počet empirických studií testujících nejrůznější předpovědi evoluční psychologie, například tabu incestu, volbu potravy, vnitroskupinové interakce, vztah k příslušníkům jiných skupin (out-groups), adaptace odhadující černé pasažéry ve spolupracujících skupinách a při sociální smměně, odlišnou strategii žen a mužů při získávání pohlavních partnerů.

Uvedu příklady plynoucí z *některých aspektů lidské paměti, z teorie zvládnání omylů a ze socializace*.

*Některé aspekty lidské paměti* je možné chápat jako doménově specifickou adaptaci. Z toho plyne, že by si lidé měli lépe zapamatovávat a vybavovat spíše některé než jiné druhy informací. Lidská paměť by tedy měla být citlivější na obsahy, které mají vztah k biologické zdatnosti (k přežívání a reprodukci), takže by si lidé měli lépe zapamatovávat obsahy týkající se potravy, predátorů, úkrytu a pohlavních partnerů. Experimenty předpověď potvrdily. Lidé si tyto obsahy v porovnání s evolučně irelevantními obsahy lépe zapamatovávají a vybavují. Evolučně irelevantním obsahům, v porovnání s obsahy evolučně relevantními, dokonce nepomáhají kódovací techniky, například vizualizace nebo vazba k obsahu autobiografické paměti.

Jinou testovanou předpovědí je *teorie zvládnání omylů* (error management theory).

Ta říká: žijeme v nejistém prostředí. Naše pozorování se s realitou kryje jen s nějakou pravděpodobností. Můžeme se tedy se zbylou pravděpodobností mýlit, a to dvěma způsoby: usoudíme, že neexistující jev existuje, dopustíme se tedy falešně pozitivního úsudku, nebo naopak usoudíme, že existující jev neexistuje, a dopustíme se falešně negativního úsudku. V prvním případě



usoudíme, že pohyb křoví prozrazuje nebezpečí, přičemž jde o výsledek náhodného závanu větru, ve druhém usoudíme, že je pohyb křoví výsledkem náhodného závanu větru, přičemž se v křoví pohybuje predátor. S ohledem na přežití byl výhodnější falešně pozitivní úsudek.

Tohle je důvod, proč lidé považují vzdálenost z vršku štíhlé vysoké struktury, například věže nebo stromu dolů, za podstatně větší než stejnou vzdálenost při pohledu odspodu vzhůru. Ze stejného důvodu považujeme vzdálenost zdroje zvuku, který se blíží, za kratší, než je stejná vzdálenost zdroje zvuku, jenž se vzdaluje.

*Socializace* neboli vrůstání do společnosti byla převažujícím výkladem vývoje osobnosti a genderových rozdílů v průběhu celého minulého století. Lze ji považovat za podobu víc než 2000 let staré představy, podle níž jsou lidé při narození nepopsaná tabulka, neurčený materiál formovaný sociálními vlivy. Empirické studie behaviorální genetiky tuto představu zamítly. Sdílené vlivy v rodině, které měly být hlavním socializačním vlivem, mají na základní rozměry osobnosti vliv jen zcela zanedbatelný.

Metaanalýza (to je statistický postup shrnující a vykládající velký soubor vědeckých prací na stejné téma) 172 studií rodičovské výchovy děvčat a chlapců rovněž ukázala, jak nepatrný je její vliv. Malí samečkové kočkodanů dávají přednost »chlapeckým« hračkám, například autíčkům, samičky dávají přednost panenkám.

Skutečnost, že rodiče na celém světě více střeží dcery než syny, vykládá evoluční psychologie ochranou jejich sexuální pověsti, a tím ochranou jejich hodnoty coby zdroje potomstva a ochranou před sexuální exploatací.

## **Evoluční psychologie – geny a prostředí**

Evoluční psychologie považuje genetický determinismus – »geny mohou za všechno« – za mylnou teorii.

Za stejně mylnou považuje představu »lidé přicházejí na svět coby nepopsané tabulky, lidi formuje prostředí«.

Evoluční psychologie důsledně zastává představu interakcí mezi geny a prostředím.

Prostředí je zdrojem selekčních tlaků, jejichž výsledkem jsou psychologické adaptace. Adekvátní vývoj adaptací, příkladem může být vývoj jazyka u malých dětí, je na oplátku dán zpětnou vazbou k prostředí.

Geny nekódují fyziologické ani behaviorální znaky, které se týkají chování, přímo. Geny kódují proteiny.

Příkladem může být odlišná četnost alel (alely jsou různé formy téhož genu) genu kódujícího dopaminový receptor DRD4. Jeho alela 7R má vazbu na extroverzi a na temperamentový rys označovaný *vyhledávání nového* (novelty seeking) sedmírozměrového modelu osobnosti Cloningerovy skupiny. Lidé, jejichž osobnost má v tomto rozměru vysoké skóre, se nebojácně ženou do nových prostředí, riskují.

Alela 7R je podstatně četnější u populací nomádů než u populací usedlých. Předpokládá se, že poskytuje výhodu při získávání zdrojů v novém prostředí.

Znaky chování jsou kódovány větším počtem genů, které složitě spolupracují. Uvedený vztah četnosti různých alel genu k odlišným typům chování je proto bezpečněji chápat jako jejich »marker«, »značku« než jako »příčinu«.

Proto je otázka typu »existuje gen žárlivosti?« špatně položená podobně jako otázka »existuje gen nebo geny inteligence?«

Evoluční psychologie dobře nevysvětluje homosexualitu a sebevraždy.

Individuální a kulturní rozdíly vysvětluje evoluční psychologie teorií životní historie (life-time history theory), teorií nákladné signalizace (costly signalling theory), vyvažovaným výběrem (balancing selection), mutační zátěží (mutation load) a nahodilými přesuny úměrnými prostředí a fenotypu.

*Teorie životní historie* popisuje spojitost individuálního života s příjmem a alokováním energie. Ta může být alokována do tělesného růstu a regenerace stejně jako do reprodukce, včetně rodičovství nebo jiného druhu »investic« do příbuzenstva.

*Teorie nákladné signalizace* vysvětluje, proč jsou biologicky nákladné signály poctivými signály: muži soutěžící o ženy (stejně jako samečkové o samice) riskují poškození, ztrátu sociální reputace i život.

*Vyvažovaná selekce* je označení situace, v níž je selekcí uchovaná genetická variabilita tím způsobem, že jsou jednotlivé znaky stejně adaptivní v různých prostředích.

Každý z přibližně 23 000 lidských genů může mutovat. Většina *mutací* je selektivně neutrálních, vzácně jsou mutace prospěšné, o něco častěji poškozují. Selektce v průběhu generací vyřadí poškozující mutace, nicméně ty mutace, které poškozují málo, mohou být vůči selekci dlouhodobě odolné. Mutační zátež je u různých lidí různá. Odhaduje se, že lidé jsou nositeli přinejmenším 500 mutací, které mohou poškodit stavbu a funkci mozku. Nahodilé posuny odpovídají mechanismům, které jsou specifické pro jednotlivé druhy a pružně odpovídají na změny v prostředí.

Překvapujícím objevem evoluční psychologie je lepší paměť žen než mužů pro umístění předmětů v prostoru. Tato adaptace mohla mít vztah ke sbírání. Proč jsou mezi ženami takové rozdíly a proč je paměť některých mužů v této oblasti lepší než paměť některých žen, zůstává zatím bez vysvětlení.

## Čtyři principy

Původní podoba evoluční psychologie vytvořená v Kalifornské univerzitě (Santa Barbara) vycházela ze čtyř principů:

1. prostředí evoluční adaptovanosti (EEA, environment of evolutionary adaptedness),
2. gradualismu,
3. masivní modularity,
4. univerzality lidské podstaty, přirozenosti neboli náтуры.

Ne všichni evoluční psychologové je uznávali v plném rozsahu.

*Princip popisující prostředí evoluční adaptovanosti* říká, že se naše psychologické mechanismy vyvinuly coby adaptace na stabilní znaky prostředí, v němž se naši předkové vyvíjeli, tedy na prostředí odpovídající africké pleistocenní savaně (cca 1,8 milionu let, podle některých autorů 2,6 milionu let – cca 10 tisíc let před současností, za tu se považuje rok 1950).

*Princip gradualismu* sděluje, že se »v našich hlavách skrývá mysl z doby kamenné«. Naše mozky, a tudíž i jejich vědomí v nejširším slova smyslu, nejsou s to odpovídat s dostatečnou rychlostí a pružností na selekční tlaky, zejména na ty, které jsou spjaté s rychlým vývojem moderní společnosti. Mluví se o adaptační prodlevě nebo zpoždění.



**Obr. 6.** Švýcarský armádní nůž. Původní představa evolučních psychologů. Mozek je soubor »modulů«, podobně, jako je tento nůž souborem nástrojů.

*Princip masivní modularity* má za to, že podkladem mysli (mind) jsou modulární programy, »moduly«, které jsou doménově specifické. Příkladem má být modul specializovaný na rozlišování tváří. Původní podoba evoluční psychologie si mysl/vědomí lidského mozku představovala jako švýcarský armádní nůž (obr. 6). Podobně jako má nůž různé druhy nástrojů určené k řešení různých problémů, měla mít lidská mysl »moduly« určené k řešení doménově specifických problémů.

*Princip univerzality lidské podstaty neboli náтуры* dokazuje, že »výpočetní programy« tvořící lidskou mysl jsou univerzální neboli všelidské. Rozdílné »výstupy« činnosti těchto programů mají být spouštěny rozdílnými podmínkami přírodního nebo sociálního prostředí.

Třicet let je při současném vývoji vědeckého poznávání dlouhá doba. Všechny principy původní podoby evoluční psychologie se změnily.

### **Současné hodnocení evoluční adaptovanosti a gradualismu**

Genomika zmapovala genomy řady podob života, rostlin i živočichů, lidí i šimpanzů. V průběhu posledních 50 tisíc let se změnilo kolem 10 % genů. Zdrojem výběrových jevů je zejména posledních 10 tisíc let, tomuto období se říká holocén, charakterizovaných vynálezem zemědělství, domestikací zvířat, růstem počtu lidí a vznikem států. Je pravděpodobné, že se lidská evoluce v průběhu této doby zrychlila. Současnou lidskou evoluci značně ovlivnilo a patrně

ovlivňuje kulturní prostředí, které si lidé sami vytvořili a předávají je z generace do generace. Popisuje to teorie niky, o které byla řeč.

Lidské kulturní prostředí změnilo složení potravy, ovlivnilo tím genom: například potomci lidských skupin, které domestikovaly a chovaly hovězí dobytek a pily mléko, mají gen umožňující štěpit mléčný cukr, takže po požití mléka nedostanou průjem. Kulturní prostředí, a to nahuštění lidí ve městech a špatné hygienické podmínky, nechtěně zasahovalo do evoluce našeho druhu epidemiemi, což opět ovlivnilo genom. Lze předpokládat, že nějakým způsobem mohou být podobné důsledky velkých válek.

Evoluční proměny patrně probíhají rychleji, než se vědci ještě před nedávnem domnívali. *Jestliže by evoluce probíhala u lidí stejně rychle jako u 62 druhů nedávno zkoumaných zvířat, pak by u lidí probíhala genetická evoluce po dobu několika staletí!*

Pro pochopení vlastností velkých lidských skupin, například národa vystaveného selekčnímu tlaku, by to mohlo mít význam.

Od představy stabilního prostředí pleistocenní africké savany evoluční psychologie ustoupila. Prostředí totiž stabilní nikterak nebylo. Svět, v němž žili naši předkové v raném pleistocénu, se od světa pozdního pleistocénu značně lišil. Anatomicky moderní lidé žijící v pozdním pleistocénu před 150 tisíci lety žili v jiném prostředí než jejich potomci ve svrchním paleolitu před 40 tisíci lety. Současná evoluční psychologie mluví o prostředí evoluční adaptovanosti jako o abstraktním statistickém prostředí složeném ze všech relevantních minulých prostředí, v nichž se uplatňoval přírodní výběr.

### **Současné hodnocení masivní modularity**

Masivní modularita je představa odvozená jednak z vývoje umělé inteligence, jednak jde o výklad Fodorovy hypotézy stavby a činnosti mozku z roku 1983. Fodor si představoval vstupní informační systémy mozku, například zrakový, sluchový a somatosenzorický (»dotykový«) systém, modulárně, měl tím na mysli, že alespoň v počátečních krocích zpracovávání informací pracují tyto systémy odděleně. Za modulární považoval i jazyk. Informace z těchto modulárních systémů putují do centrálních systémů, například do systému,

který řeší problémy, nebo do systému myšlení; ty Fodor za modulární nepovažoval.

Raná podoba evoluční psychologie rozšířila představu modularity na celý mozek, resp. mysl (mind).

Neurověda však představu modularity zamítá. Srovnávací psychologie prokazuje existenci doménově obecných, nikoli specifických mechanismů. »Tvrdou« modularitu zamítá asociativní učení umožňující zvířatům a lidem vyhmátnout příčinné vztahy neboli kauzalitu mezi velmi rozlišnými událostmi. Stejně funkční systémy mozku řeší velmi různé úlohy, a naopak: různé funkční systémy mozku se namáhají v průběhu stejné zátěže. V lidském mozku tedy lze prokázat jak doménově specifické, tak doménově obecné systémy. První zpracovávají například rané úrovně smyslových informací, druhé řeší problémy spjaté s kognitivní i afektivní zátěží včetně sociálních problémů.

### **Současné hodnocení univerzality lidské nátury**

Původní podoba evoluční psychologie kladla důraz na druhově specifický rejstřík univerzálních psychologických mechanismů, počínaje strachem malých dětí z neznámých lidí přes předpokládaný mechanismus schopný určit podružky (a podrážet) až k typu předností, na jejichž základě ženy a muži volí pohlavní partnery. Rozmanitost lidského chování evoluční psychologie vysvětlovala kontextem. Za tohoto předpokladu by oblíbení pokusní lidé západní vědy, a to vysokoškoláci, obvykle studenti psychologie, měli být reprezentanty lidského druhu.

Nejsou jimi. Aktivace mozku v průběhu stejné zátěže a řešení stejných problémů je závislé na kulturním okruhu, v němž lidé vyrůstají. Lidé ze západního kulturního okruhu řeší stejné problémy jinak než lidé, kteří vyrostli v kulturním prostředí Dálného východu.

Funkční systémy lidského mozku jsou na všech zkoumaných úrovních podstatně plastičtější a dynamičtější, než si vědci ještě nedávno představovali, ze-  
vnní prostředí ovlivňuje jejich stavbu a funkci na všech zkoumaných úrovních – od genů k chování.