

David EAGLEMAN

# MOZEK



VÁŠ PŘÍBĚH

Bizbooks®

# Mozek

Vyšlo také v tištěné verzi

Objednat můžete na  
[www.bizbooks.cz](http://www.bizbooks.cz)  
[www.albatrosmedia.cz](http://www.albatrosmedia.cz)

**Biz**books®

**David Eagleman**

**Mozek – e-kniha**

Copyright © Albatros Media a. s., 2017

Všechna práva vyhrazena.  
Žádná část této publikace nesmí být rozšiřována  
bez písemného souhlasu majitelů práv.

  
**ALBATROS** MEDIA a.s.

**MOZEK**  
VÁŠ PŘÍBĚH

DAVID  
EAGLEMAN

BIZBOOKS  
BRNO 2017

## Obsah

Úvod	5
1 Kdo jsem?	7
2 Co je realita?	37
3 Kdo tady velí?	69
4 Jak se rozhodují?	99
5 Potřebuji tě?	131
6 Co z nás bude?	159
Poděkování	202
Poznámky	204
Slovníček	217
Ilustrace	220
O autorovi	222
Řekli o této knize	223

## Úvod

Studium mozku je velmi dynamicky se rozvíjející vědní obor. Zřídka se zastavíme a zamyslíme nad aktuálním stavem znalostí a vědomostí. Zřídka se snažíme přijít na to, co výsledky vědeckých studií znamenají pro náš každodenní život. A zřídka debatujeme s ostatními o tom, co to vlastně znamená být živou bytostí. Tato kniha se o to pokusí.

Věda zabývající se studiem mozku má svůj neoddiskutovatelný význam. Ten podivný výpočetní materiál v našich lebkách je radarem, pomocí něž se pohybujeme ve složitých vodách tohoto světa, a materiálem pro naše rozhodnutí a představitivost. Naše sny i všechny úkony učiněné v bdělém stavu pocházejí z miliard aktivních buněk. Pokud lépe pochopíme mozek, pochopíme i sebe sama, naše vztahy s ostatními a všechno, co se v jejich rámci děje: jak se hádáme, proč se milujeme, proč je pro nás to či ono pravdou, jak bychom se měli vzdělávat, jak můžeme zdokonalovat sociální politiku a jak připravit naše těla na další století, která je čekají. Dějiny a budoucnost lidstva jsou vyleptány do mikroskopicky spletité struktury mozku.

Uvážíme-li jeho důležitost, vždy mě překvapovalo, proč se jím naše společnost tak málo zabývá a proč jsou namísto toho v éteru drby o celebritách a reality show. Teď už ale tuším, že nedostatek pozornosti věnované mozku není chyba, ale signál: jsme natolik pohlaceni svou realitou, že je neskonalé obtížné si uvědomit to, že jsme vůbec pohlaceni.

Mohlo by se zdát, že není, o čem bychom mluvili. Je jasné, že kolem nás jsou barvy. Je jasné, že paměť je svého druhu videokamera. A samozřejmě známe pravé důvody, proč v něco věříme.

Na stránkách této knihy se na tyto domněnky zaměříme. Při psaní jsem se chtěl vyhnout akademickému popisu a jít do hloubky a vysvětlit, jak se rozhodujeme, jak vnímáme realitu, kým jsme, kam se ubírají naše životy, proč kolem sebe potřebujeme jiné lidi a kam směřujeme jako živočišný druh, který to má konečně všechno pod

kontrolou. Smyslem této knihy je postavit most mezi akademickou literaturou a životy nás, obyčejných majitelů mozků. Je to jiný přístup, než na jaký jsem zvyklý jako autor článků pro univerzitní sborníky nebo jiných knih z oblasti neurověd. Mírím na jinou čtenářskou obec. Nepředpokládají se tu předchozí znalosti, snad jen zvědavost a chuť poznávat sebe sama.

Připravte se na cestu do našeho vnitřního vesmíru. V husté spleti miliard mozkových buněk a bilionů synapsí snad objevíte něco, co jste tam ani nečekali. Sebe.

# 1



**KDO JSEM?**

Všechny životní zkušenosti,  
ať už to jsou krátké  
rozhovory s ostatními,  
nebo celá kultura,  
utvářejí mikroskopické  
detaily v našem mozku.  
Z neurologického pohledu  
se dá říci, že to, čím jsme,  
závisí na tom, kde jsme  
dosud byli. Náš mozek se  
neustále utváří a opakovaně  
přepojuje sám sebe.  
A stejně jako jsou jedinečné  
naše zkušenosti, je  
jedinečná i složitá a spleť  
sít' neuronů našeho mozku.  
A protože se náš život  
neustále mění, je i naše  
identita jakýmsi pohyblivým  
cílem, kterého nebude  
nikdy dosaženo.



Přestože jsou neurovědy můj denní chléb, stejně žasnu pokaždé, když držím v dlani lidský mozek. Jakmile mě přestane udivovat jeho hmotnost (mozek dospělého člověka váží asi 1,4 kg), podivná konzistence (asi jako tuhé želé) a vrásčitý povrch (hluboká údolí mezi kopci), co mě opravdu dostane, je zdánlivý nesoulad mezi tím, jak podivně vypadá, a úžasnými věcmi, které umí vytvořit.

Naše myšlenky, sny, vzpomínky a zkušenosti pocházejí z tohoto kusu nervové hmoty. Odpověď na otázku, kdo jsme, najdeme ve spleti elektrochemických impulzů. Pokud by tato činnost ustala, nebyli bychom ani my. A pokud se nějak zásadně změní, například v důsledku zranění nebo užívání drog, od základů se změní i naše osobnost. Na rozdíl od jiných částí těla, v případě poškození byť jen malého kousku mozku dojde k radikální změně. Abychom pochopili, proč tomu tak je, bude třeba začít od samého začátku.

*Celý život protkaný agóniemi a extázemi se odehrává v tomto kile a půl.*



## Novorozené polotovary

Lidští novorozenci jsou bezmocní. Trvá nám rok, než se naučíme chodit, a přibližně další dva roky, než se naučíme souvisle vyjadřovat své myšlenky, a mnoho dalších let, než se naučíme postarat se sami o sebe. Naše přežití zcela závisí na lidech kolem nás. Delfíni se rodí v pohybu, žirafy se postaví na nohy během několika hodin, malá

zebra se umí rozběhnout už 45 minut po narození. Porovnáme-li se s jinými savci, zjistíme, že naši přátelé ze zvířecí říše jsou obdivuhodně samostatní už krátce po porodu.

Mohlo by se zdát, že to je velká výhoda. Ve skutečnosti jsou s tím spojena zásadní omezení. Mláďata se vyvíjejí rychleji, protože jejich mozky jsou předem naprogramované. Za tuto předpřipravenost však platí nízkou adaptabilitou. Představme si, že by se malý nosorožec ocitl na Sibiři, na vrcholku osmitisícovky nebo uprostřed Tokia. Neměl by předpoklady přizpůsobit se (což je také důvod, proč v těchto oblastech nosorožci nežijí). Strategie, při níž mláďata přicházejí na svět s již téměř hotovým mozkem, může fungovat jen ve vymezeném ekosystému. Jakmile zvíře svou niku opustí, jeho šance prospívat jsou nízké.

Naproti tomu lidé mohou pohodlně žít v mnoha rozličných prostředích – od zmrzlé tundry přes vysoká pohoří až po centra velkých měst. Je tomu tak právě proto, že lidský mozek se nerodí hotový. Místo abychom přišli na svět „pevně zapojení“, má lidský mozek úžasnou schopnost přetvářet se vlivem každodenních zkušeností. Z toho důvodu je lidské mládě poměrně dlouho bezmocné, zatímco se jeho mozek pomalu formuje k obrazu jeho životního prostředí. Stává se „připojeným k životu“.

## Synaptický pruning: sochání z mramoru

Čemu vděčíme za onu pružnost mladého lidského mozku? Tajemství není v tom, že by mozkové buňky přibývaly, ve skutečnosti je jejich počet u dětí a dospělých stejný; spočívá v jejich propojení.

Po narození jsou neurony v dětském mozku nepropojené a spojení se začnou překotně utvářet během prvních dvou let života díky smyslovým informacím. V mozku novorozence vznikají každou vteřinu dva miliony synapsí. Ve dvou letech věku už je jich více než sto bilionů, což je dvakrát více než u dospělého.

## TRVALE ZAPOJENÍ



Mnohá zvířata se rodí geneticky předem naprogramována k určitému chování a instinktům. Geny u nich předurčují stavbu těla a mozku, což ve výsledku definuje i to, kým budou a jak se budou chovat. Mouše velí její reflex uletět, pokud spatří pohyblivý stín, drozd je naprogramován odletět na zimu do teplých krajín. Dalším příkladem je potřeba zimního spánku u medvědů nebo psí instinkt chránit svého pána – toto instinktivní chování je předem naprogramováno pevně spojenými neurony v mozku. Díky těmto pevným spojmům se mláďata ihned po narození naučí chodit stejně dobře jako jejich rodiče a v některých případech si sama opatří potravu a přežijí bez pomoci druhých.

U lidí je situace poněkud odlišná. Je pravda, že i lidský mozek přichází na svět do jisté míry předem zapojený (například pro dýchání, pláč, sání, rozpoznávání obličejů a schopnost naučit se řeč). Ve srovnání se zbytkem zvířecí říše je však lidský mozek nezvykle nehotový. Předem určený diagram, jak mají být neurony v lidském mozku propojeny, neexistuje – místo toho geny určí jen základní rámec pro rozvržení neuronové sítě a zbytek dotvoří vlastní zkušenost, což umožňuje přizpůsobení se životním podmínkám.

Díky možnosti přizpůsobit lidský mozek světu, do kterého se jedinec narodí, byl náš druh schopen adaptovat se na všechny ekosystémy, co jich na naší planetě je, a poté zamířit ke hvězdám.

Tím mozek dosáhl maxima, má nyní mnohem více spojení, než bude kdy potřebovat. Od této chvíle je utváření nových spojení nahrazeno strategií, která by se dala přirovnat k zastřihávání stromku, neboť se v odborné terminologii i stejně jmenuje – pruning. Jak jedinec dozrává, polovina synapsí bude zase „odpojena“.

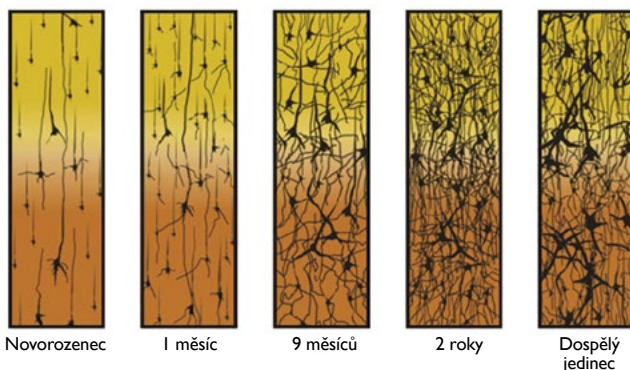
Která spojení zůstanou a která zmizí? Jakmile je spojení využíváno, posiluje se. Neužitečná spojení se oslabují, až nakonec zmizí. Je to jako s pěšinkou v lese – pokud ji nepoužíváme, zaroste a ztratí se.

Svým způsobem lze říci, že kým se stáváme, závisí na „odříznutí“ některých možností, které jsme dostali. Naši osobnost neutváří to, co se nám v mozku vytvoří, ale co z něj zmizí.

V průběhu dětství je náš mozek utvářen prostředím, v němž žijeme. Ze záplavy možností se vynořují ty, které korespondují se světem, s nímž se setkáváme. Synapsí je méně, ale jsou silnější.

Například jazyk, který slyšíme jako novorozenci (řekněme angličtina nebo japonština), utváří schopnost lépe vnímat zvuky rodného jazyka, a naopak snižuje schopnost vnímat zvuky jiných jazyků. Dítě narozené v Japonsku a dítě narozené ve Spojených státech nejprve slyší oba jazyky a reagují na ně, postupem času dítě vyrůstající v Japonsku ztratí schopnost rozlišovat mezi hláskami R a L (protože japonština je nerozlišuje). To je důkaz, že nás tvaruje prostředí, do kterého se narodíme.

***V mozku novorozence není propojení neuronů rozvinuté. Během prvních tří let života síť houstne a synapsí přibývá. Následně se počet synapsí zase snižuje a v dospělosti je jich méně a jsou silnější.***



## Když si příroda hraje

Během našeho dlouhého dětství mozek postupně odpojuje nepotřebné synapse a formuje se vlivem konkrétního prostředí. Na jednu stranu je to chytrá strategie, spárovat mozek s prostředím, přináší ale i rizika.

Pokud není rozvíjejícímu se mozku dopřáno správné a „očekávané“ prostředí, v němž je dítě opečováváno a dostává se mu pozornosti, kterou potřebuje, nebude se mozek vyvíjet normálně. Rodina Jensenových z amerického státu Wisconsin s tím má přímou zkušenost. Carol a Bill Jensenovi adoptovali Toma, Johna a Victorii, když byly dětem čtyři roky. Šlo o sirotky, kteří až do adopce žili v hrozných podmínkách rumunských států provozovaných sirotčinců. A tyto podmínky se podepsaly na vývoji mozku dětí.

Když manželé děti vyzvedli a nasedli s nimi do taxíku, Carol požádala řidiče, aby jí překládal, o čem se děti baví. Taxikář jí ale vysvětlil, že je to zmet' slov, které z rumunštiny nezná. Protože neměly možnost normálně komunikovat, utvořily si děti svůj vlastní jazyk. Jak vyrůstaly, projevovaly se u nich nejrůznější poruchy učení, které byly všechny způsobeny zanedbáním v nejrannější fázi života.

Tom, John ani Victoria si ze svého někdejšího života v Rumunsku příliš nepamatují. Kdo si však na tyto dětské domovy velmi dobře pamatuje, je doktor Charles Nelson, profesor pediatrie Bostonské dětské nemocnice. Poprvé je navštívil v roce 1999 a to, co viděl, jej vyděsilo. Malé děti byly drženy ve svých postelích a nedostávalo se jim žádných podnětů. Na každých patnáct dětí připadala jedna ošetřovatelka, již bylo doporučeno nebrat děti do náruče a neprojevat jim žádné city, dokonce ani když plakaly. Panovala zde obava, aby pak děti nevyžadovaly tím více pozornosti, což by při omezeném množství personálu nebylo možné zajistit. Vše bylo striktně organizováno. Děti vykonávaly potřebu do řady plastových nočníků a bez ohledu na pohlaví měly všechny stejný účes. Byly stejně oblečené a krmené dle rozpisu, vše bylo mechanizováno.

Děti, jejichž pláč zůstával bez odezvy, se brzy naučily neplakat. Nikdo je nepochoval a nehrál si s nimi. Přestože jejich základní potřeby byly naplněny (jídlo, hygiena, oblečení), kojencům se nedostávalo citů, podpory a podnětů. V důsledku toho se u nich vyvinulo tzv. bezpodmínečné přátelství. Nelson popisuje, jak vešel do místnosti plné malých dětí, s nimiž se nikdy předtím nesetkal. Okamžitě jej obklopily, chtěly vzít do náruče, sedět mu na klíně, vzít jej za ruku, nebo s ním dokonce odejít. Přestože to na první pohled může působit roztomile, jedná se copingovou (vyrovnávací) strategii zanedbávaných dětí, která je následkem nenaplněné potřeby k někomu citově přilnout, a projevuje se u dětí, které vyrůstaly v kojeneckých ústavech a dětských domovech.

Otřesený těmito podmínkami vytvořil doktor Nelson se svým týmem Bukurešťský program včasné intervence. Testovali 136 dětí ve věku od šesti měsíců do tří let, které žily od narození v ústavech. Ze všeho nejdříve přišli na to, že tyto děti mají IQ 60–70, přičemž obvyklý průměr jejich vrstevníků je IQ 100. Vykazovaly znaky opožděného vývoje mozku i řečových schopností. Když pomocí EEG měřili elektrickou aktivitu jejich mozku, shledali ji dramaticky nízkou.

Bez citové vazby a bez dostatku podnětů z prostředí se lidský mozek nemůže vyvíjet normálně. Ale z Nelsonovy studie vyplývá i dobrá zpráva: mozek umí do jisté míry regenerovat, jakmile se děti ocitnou v bezpečném a milujícím prostředí. Čím dříve se tak stane, tím lepší je výsledek. Děti, které jsou umístěny do náhradních rodin dříve, než dosáhnou věku dvou let, se dokážou úplně zotavit. U těch starších sice dochází ke zlepšení, ale projevují se u nich (v závislosti na věku) různě závažné vývojové potíže.

Výsledky Nelsonova výzkumu jsou jasným důkazem nepostradatelnosti milujícího a pečujícího prostředí pro zdravý rozvoj mozku dětí. A jsou také důkazem podstatné role prostředí na naše formování. Vývoj synapsí během prvních let života způsobuje, že jsme velmi vnímaví k okolí. Kým jsme teď, podstatně závisí na tom, kde jsme byli.

## RUMUNSKÉ SIROTČINCE



Ve snaze zvýšit počet obyvatel, a zajistit tak dostatečnou pracovní sílu, zakázal v roce 1966 rumunský prezident Nicolae Ceaușescu antikoncepci a potraty. Zavedl tzv. „menstruační policii“, kdy státem řízení gynekologové sledovali ženy plodného věku, mají-li dostatek potomků. Rodiny, které měly méně než pět dětí, musely platit „daň z celibátu“. Porodnost se rapidně zvýšila.

Mnohé chudé rodiny si však péči o tolik dětí nemohly dovolit, takže je dávaly do státních dětských domovů. V reakci na to začal stát zřizovat obrovská množství těchto zařízení. V roce 1989, kdy byl prezident sesazen, bylo ve státních kojeneckých ústavech a dětských domovech 170 000 dětí.

Vědci brzy odhalili důsledky ústavní výchovy na vývoj mozku. Výsledky těchto studií ovlivnily změnu vládní politiky. Postupem času se většina rumunských sirotků vrátila k rodičům, anebo byli umístěni do pěstounských rodin. V roce 2005 Rumunsko přijalo zákon, podle kterého děti mladší dvou let nesmějí být v ústavní péči, kromě těch s vážným postižením.

Po celém světě žijí ve státem řízených kojeneckých ústavech a dětských domovech miliony sirotků. Uvážíme-li, jak důležité je milující prostředí pro správný vývoj dětského mozku, je nezbytné, aby vlády našly způsoby, jak dětem co nejdříve toto prostředí zajistit.

## Dospívání jako klíčová fáze

Ještě před několika desítkami let převládal názor, že vývoj mozku prakticky končí s dětstvím. Dnes už víme, že proces budování lidského mozku trvá pětadvacet let. Během dospívání je proces reorganizace a změn synapsí tak intenzivní, že zásadně určuje to, kým navenek jsme. Hormony se starají o viditelnou fyzickou proměnu v dospělého, ale očím skryté změny našeho mozku jsou obdobně výrazné. Tyto změny zásadně předurčí, jak se budeme chovat a jak budeme reagovat na svět kolem sebe.

Jedna z těchto změn se týká vnímání sebe sama a utváření sebevědomí. Abychom lépe pochopili, jak mozek teenagera pracuje, provedli jsme jednoduchý pokus. Požádali jsme dobrovolníky, aby se posadili na židli ve výkladní skříni obchodu. Poté jsme rozhrnuli závěs a dobrovolník se mohl dívat na svět venku za výlohou a kolemjdoucí zase na něj.

Ještě než jsme naše dobrovolníky vystavili této sociálně zátěžové situaci, napojili jsme každého na přístroje, abychom mohli měřit emoční reakce. Jeden z nich měří galvanický odpor kůže (GSR), což je dobrý indikátor úzkosti – čím více se aktivizují potní žlázy, tím vyšší je vodivost kůže. (Na stejném principu mj. funguje detektor lži.)

Experimentu se zúčastnili dospělí i dospívající. Dle očekávání jsme u dospělých zaznamenali stresovou reakci na okukování cizími lidmi. U teenagerů ale tatáž situace zvýšila hladinu emocí natolik, že se někteří třáslí po celém těle – v mladých lidech vyvolává situace, v níž jsou pozorováni, velmi silnou úzkostnou reakci.

Co způsobuje tento rozdíl mezi dospělými a dospívajícími? Odpověď musíme hledat v části mozku nazvané mediální prefrontální kůra. Tato oblast mozku se aktivuje, pokud člověk přemýšlí sám o sobě a zejména o emočním významu, který pro něj situace má. Doktorka Leah Somervilleová a její kolegyně z harvardské univerzity zjistili, že v čase mezi dětstvím a dospíváním se mediální prefrontální kůra v sociálních situacích stále více aktivuje, což vrcholí někdy



kolem patnáctého roku věku. V této fázi života provázejí sociální interakce velmi intenzivní emoce vedoucí ke stresové reakci z toho, že nás jiní pozorují. Jinými slovy, během dospívání je přemýšlení o sobě a sebehodnocení obzvláště důležité. Naproti tomu mozek dospělého jedince je s obrazem sebe sama už sžitý, stejně jako si časem rozchodíme nové boty. A proto situaci, kdy jej ve výloze pozorují cizí lidé, neprožívá tak intenzivně.

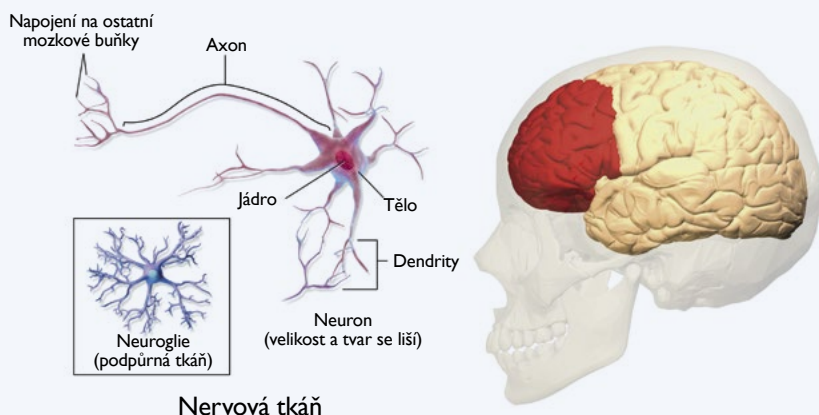
*Dobrovolníci seděli ve výloze, kde je pozorovali kolemjdoucí lidé. Teenageři tuto zkušenost prožívali se zvýšenou mírou vypětí, což odráží stav vývoje mozku v dospívání.*



Kromě sociální neobratnosti a přecitlivělosti je mozek dospívajícího jedince také náchylnější k riskování. Ať už jde o rychlou jízdu nebo sdílení nahých fotek, je rizikové jednání lákavější pro mladý mozek než pro dospělého. Má to co dělat se způsobem, jakým reagujeme na nutkání a odměny. Čím blíže dospívání, tím více mozek reaguje na odměny aktivací oblastí souvisejících s prožíváním rozkoše (jedna taková se nazývá nucleus accumbens). Mozková aktivita u dospívajících je zde stejná jako u dospělých. Avšak aktivita v orbitofrontální kůře, která se podílí na rozhodování, pozornosti a vyvozování důsledků, je stále stejná jako u dítěte. V mozku tedy zároveň fungují vyspělá centra rozkoše s nedozrálou orbitofrontální kůrou. V praxi to znamená, že dospívající jedinec je velmi emocionální, ale zároveň je mnohem méně než dospělý schopen své emoce ovládat.

Vědecký tým doktorky Somervilleové vyslovil hypotézu, proč má sociální tlak tak zásadní vliv na chování teenagerů: oblasti mozku podílející se na společenské interakci (například zmíněná mediální

# UTVÁŘENÍ DOSPÍVAJÍCÍHO MOZKU

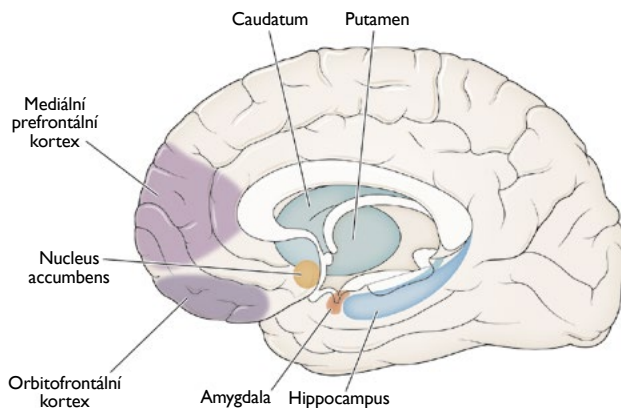


Po skončení dětství a před nástupem puberty nastává druhá fáze nadprodukce, kdy prefrontální kortex vytváří nové buňky a synapse, a tím i nové možnosti jejich zapojení. Poté nastává asi desetileté období prořezávání, synaptického pruningu. V období dospívání slabší synapse zanikají, zatímco silnější spojení se ještě více posilují. Výsledkem je snížení objemu prefrontálního kortexu o jedno procento ročně. To, jaká spojení si utvoříme během dospívání, nás připraví na životní zkušenosti přicházející s dospělostí.

Jelikož se tyto zásadní změny odehrávají v oblastech mozku podílejících se na složitějších myšlenkových operacích a ovládání nutkání, je období dospívání také obdobím zásadních kognitivních změn. Dorzolaterální prefrontální kortex, který hraje klíčovou roli v ovládání impulzů, dozrává až jako jedna z posledních oblastí mozku, o jeho dospění hovoříme až po dvacátém roce věku. Na výrazné změny mozku u dospívajících přišly pojišťovny dávno před neurovědci a přizpůsobily tomu své zvýšené sazby pro mladé řidiče. Odráží se to i v soudním systému, který odedávna přistupuje k mladistvým delikventům jinak než k dospělým.

prefrontální kůra) jsou silně propojeny s těmi oblastmi mozku, které převádějí motivy v činy (striatum a jeho síť synapsí). To by mohlo vysvětlovat, proč teenageři častěji podstupují riziko, pokud jsou obklopeni přáteli.

**Vnímání sebe sama se zásadně mění v období dospívání, a to v souvislosti se změnami v oblastech mozku podílejících se na plánování, motivacích a odměňování.**



To, jak vnímáme svět v dospívání, souvisí s evolučně naprogramovaným vývojem mozku. Díky těmto změnám roste sebeuvědomění, ale i sklon riskovat a jednat pod vlivem vrstevníků. Pro frustrované rodiče z celého světa může být užitečné uvědomit si, že to, jací teenageři jsou, není výsledkem jejich volby nebo postoje. Je to důsledek intenzivních a nevyhnutelných změn mozku.

## Plasticita v dospělosti

Když je nám pětadvacet let, vývoj mozku, který trval celé dětství a dospívání, je u konce. Otřesy doprovázející hledání identity a vlastní osobnosti jsou za námi. Náš mozek by měl být již zcela zralý. A také by se mohlo zdát, že to, kým jsme jako dospělí, je už stabilní a neměnné. Ale není tomu tak, náš mozek se mění i v dospělosti. Pokud můžeme nějakou hmotu přetvořit do nového tvaru, který si udrží, hovoříme

o plasticitě. Stejnou vlastnost má i mozek, a to i v dospělosti. Zkušenost vytvoří změnu, která v mozku zůstane zachována.

Abychom získali lepší představu, jak obdivuhodné tyto změny mohou být, podíváme se na mozky velmi specifické skupiny mužů a žen z Londýna – řidičů taxíků. Ti procházejí velmi náročným čtyřletým školením, aby při závěrečné zkoušce, která patří mezi nejobtížnější testy paměti vůbec, prokázali znalost Londýna. Uchazeči o tuto práci si musejí zapamatovat síť londýnských ulic včetně všech spojení, která přicházejí v úvahu: 320 různých tras Londýnem, 25 000 ulic a 20 000 míst, jako jsou hotely, divadla, restaurace, ambasády, policejní stanice, stadiony a další místa, kam by si zákazník mohl přát odvézt. Účastníci kurzu tráví obvykle tři až čtyři hodiny denně odříkáváním možných tras.

***Zácvik londýnských taxikářů spočívající v učení tamních ulic, tras a míst je jedinečným příkladem tzv. memorování. Po skončení školení jsou taxikáři schopni odříkat nejlepší (a legální) trasu mezi dvěma místy v Londýně a bezprostředním okolí, aniž by se museli dívat do mapy. Výsledkem tohoto intelektuálního cvičení je viditelná změna na mozku.***



Jedinečná náročnost této zkoušky vzbudila zájem neurovědčů z University College London, kteří pořídili snímky mozku několika londýnských taxikářů. Zaměřili se zejména na malou oblast mozku zvanou hippocampus, a to kvůli jejímu klíčovému významu pro paměť a prostorovou představivost.

Vědci našli okem viditelné změny na mozcích těchto taxikářů, kteří měli oproti kontrolní skupině zvětšenou zadní část hippocampu, což bylo patrně způsobeno vyššími nároky na orientační schopnosti.

Výzkumníci rovněž zjistili, že čím déle sloužící taxikář, tím větší změna se v dané oblasti mozku odehrála, což dokazuje, že se nejedná o predispozici u těch, kteří se rozhodnou této profesi věnovat, ale o důsledek dlouhodobé praxe za volantem taxíku.

Tato studie dokazuje, že ani dospělý mozek není hotový a neměnný. Dokáže se změnit tak, že je to zkušeným okem viditelné.

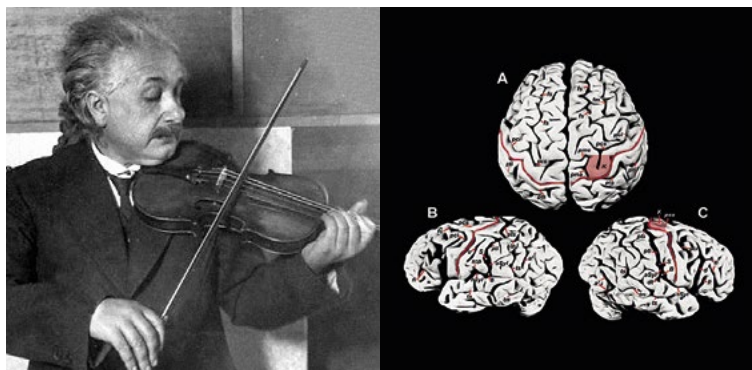
*U absolventů kurzů pro londýnské taxikáře došlo v důsledku učení ulic, míst a tras k viditelným změnám na hippocampu, což odráží zlepšování prostorové představivosti a orientačních schopností.*



Taxikáři nejsou jedinou profesí, která mění mozek. Jeden z nejznámějších mozků 20. století při podrobném zkoumání neprozradil tajemství geniality svého nositele Alberta Einsteina. Ukázalo se však, že oblast mozku ovládající prsty levé ruky se u něj zvětšila a utvořila útvar připomínající řecké písmeno omega – to vše díky jeho vášni pro hru na housle. Stejnou změnu můžeme najít i u jiných zkušených houslistů, kteří intenzivně trénují obratnost prstů levé ruky na strunách. Pianisté mají omegu připomínající útvar vyvinutý v obou hemisférách, protože trénují prsty na obou rukách.

Základní topografie mozku, útvary připomínající hory a údolí, je u všech lidí v podstatě stejná a jedinečnost každého člověka je vepsána v malých detailech. Právě ty nejlépe vypovídají o tom, kdo jedinec je a kde byl. Přestože většinu těchto změn nelze rozpoznat pouhým

*Albert Einstein a jeho mozek. Mozek při pohledu shora; přední část mozku je vyobrazena v horní části. Oblast vyznačená červenou barvou je nebyvale zvětšená a tato tkáň tvoří útvar připomínající řecké písmeno omega vzhůru nohama.*



okem, všechno, co člověk prožije, mění strukturu mozku – od projevů genů až po pozice molekul a stavbu neuronů. Náš původ, kultura, přátelé, práce, každý film, který jsme viděli, každý rozhovor, který jsme kdy vedli... to všechno zanechává stopy v naší nervové soustavě. Tyto nepatrné, ale nesmazatelné vrypy nás v souhrnu dělají tím, kým jsme, a předurčují, kým se můžeme stát.

## Patologické změny

Změny v našem mozku představují to, co jsme kdy udělali a kým jsme. Co se ale stane, změní-li se mozek následkem nemoci nebo zranění? Změníme se i my, naše osobnost a naše chování?

Prvního srpnového dne roku 1966 vyjel pětadvacetiletý Charles Whitman výtahem na vyhlídkovou plošinu věže univerzity v texaském Austinu, odkud začal střílet po náhodných chodcích dole na ulici. Než Whitmana zastřelila policie, zabil třináct lidí a třiatřicet dalších zranil. Při prohlídce jeho domu se pak zjistilo, že Whitman předešlé noci zabil svou manželku a matku.

Nejprekvapivější bylo, že takový čin by u něj nikdy nikdo nepředvídal. Byl aktivní ve skautu, pracoval za přepážkou v bance a na univerzitě studoval strojní inženýrství.

**Policejní fotografie těla Charlese Whitmana z vyšetřovacího spisu. Policie zastřelila Whitmana v srpnu 1966 poté, co několik desítek minut střílel z věže univerzity v texaském Austinu. V dopise na rozloučenou požádal o provedení pitvy, protože měl dojem, že u něj probíhají změny na mozku.**



Krátce po vraždě manželky a matky napsal vzkaz, který později policie označila za dopis sebevraha:

*V poslední době se nepoznávám. Měl bych být průměrně rozumný a inteligentní mladý muž. Jenže už nějakou dobu (nepamatuji si, kdy to začalo) mě pronásledují neobvyklé a iracionální představy. Přeji si, aby byla po mé smrti provedena pitva, která by ukázala, nemám-li nějakou viditelnou fyzickou abnormalitu.*

Jeho žádosti bylo vyhověno a patolog v pitevní zprávě uvedl, že Whitman měl mozkový nádor velikosti malé mince. Ten tlačil na část mozku zvanou amygdala, která reguluje strach a agresivitu. Tento jemný tlak na amygdalu měl za následek řetězovou reakci v mozku, která vyústila v činy za normálních okolností neslučitelné s jeho povahou. Se změnou fyziologie mozku se změnila i jeho osobnost.

Whitmanův případ je extrémní, ale faktem je, že i méně dramatické změny na mozku mohou změnit podstatu toho, kým jsme.

Následky konzumace drog a alkoholu jsou všeobecně známým příkladem. Jisté formy epilepsie zvyšují u lidí religiozitu. Pacienti s diagnostikovanou Parkinsonovou chorobou naopak často svou víru ztrácejí, zatímco léky u nich spouštějí nutkání ke gamblerství. Změny však nezpůsobují jen nemoci a chemické látky, ale i filmy, na které se díváme, nebo naše práce, to vše ovlivňuje utváření nervového systému. Kým tedy v hloubi svého nitra opravdu jsme?

## Jsem jen souhrnem svých vzpomínek?

V průběhu života se naše mozky a těla mění, i když je těžké tyto změny vnímat, stejně jako je těžké sledovat pohyb malé ručičky na hodinách. Každé čtyři měsíce se kompletně obnoví červené krvinky a kožní buňky jsou nahrazovány každých několik týdnů. V průběhu sedmi let je každý atom v našem těle nahrazen jiným. Z fyziologického hlediska jsme stále nový člověk. Naštěstí existuje trvalé pojítko, které všechny naše verze drží pohromadě, naše paměť. Je možné říci, že paměť slouží jako nit spojující naše já, je klíčová pro udržení identity a kontinuálního vědomí sebe samého.

*Představme si, že by bylo možné člověka rozdělit na několik osob podle fází života. Shodly by se, pokud jde o tytéž vzpomínky? A pokud ne, jde pořád o jednoho a téhož člověka?*





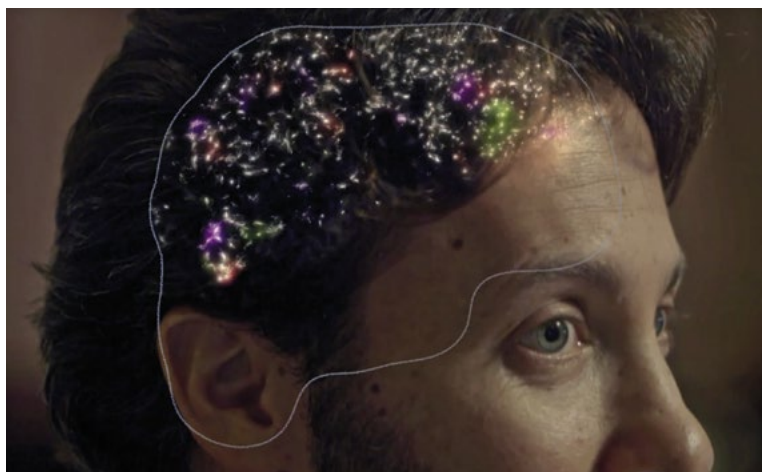
Ale možná to není tak jednoduché. Je možné, aby tato kontinuita byla jen iluzí? Představte si, že bychom šli do parku a potkávali sami sebe v různých stadiích života. Bylo by tu naše šestileté já, naše dospívající já, naše dospělé já, naše šedivějící já i naše seniorské já. Mohli bychom se společně posadit na lavičku a vyprávět si stejné příběhy ze života, a tím tahat za jedinou společnou nitku jediné společné identity.

Anebo by to bylo jinak? Máme sice společné jméno a původ, ale jinak jsme každý trochu jiný, máme trochu jiné cíle a hodnoty. A společné vzpomínky nejsou možná tak společné, jak jsme čekali. Naše vzpomínky na to, jací jsme byli v patnácti, se liší od toho, kým jsme tehdy opravdu byli. Navíc by si každé naše já pamatovalo trochu jinou verzi stejné události z minulosti. A proč? Kvůli tomu, čím paměť je a čím není.

Paměť totiž není videonahrávka okamžiků našeho života. Je to spíše křehký stav mozku v minulém okamžiku, který musí být znovu vyvolán, abychom mohli říci, že si pamatujeme.

Jeden příklad za všechny: jsme v restauraci na oslavě kamarádových narozenin. Všechno, co tam zažíváme, aktivuje určité části mozku, jiné probouzí konverzace s přáteli, jiné vůně kávy nebo chuť dortu. Do paměti se nám zase jiným způsobem запиše i moment, kdy nám číšník strčí palec do našeho šálku s kávou, to vše díky specifické

*Naši vzpomínku na konkrétní událost představuje jedinečná konstelace mozkových buněk zapojených do konkrétních interakcí.*



kombinaci aktivních neuronů. Všechny tyto situace se v našem mozku propojí do spletné sítě asociací, kterou hippocampus přehrává stále dokola, dokud mezi neurony nevzniknou pevné vazby. Neurony, které jsou aktivní ve stejnou chvíli, posilují vazby mezi sebou. Síť, která takto vznikne, představuje jedinečný záznam události a naši vzpomínku na tuto narozeninovou oslavu.

Teď si představme, že uplyne půl roku a my si dáme stejný dort jako tehdy na oslavě. Stane se klíčem, který odemkne celou síť asociací. Tehdy vytvořená soustava buněk se opět aktivuje, jako když se po městě rozsvěcejí pouliční lampy, a přivolá tuto vzpomínku zpět.

I když si toho nejsme vědomi, naše vzpomínka není tak podrobná, jak bychom očekávali. Pamatujeme si, kteří přátelé se té narozeninové oslavy účastnili. Tenhle byl určitě v obleku, protože obleky nosí vždycky. A tahle na sobě měla modré tričko. Nebo fialové? A taky je docela možné, že bylo zelené. Pokud skutečně potrápíme svoji paměť, uvědomíme si, že ani ostatní hosty si nevybavíme se všemi detaily.

Vzpomínky na narozeninovou oslavu postupně blednou. Proč tomu tak je? Jedním důvodem je omezený počet neuronů, které mají navíc na práci i jiné úkoly. Každý neuron se v různou dobu účastní různých propojení. Pracují v dynamické síti měnících se vztahů, která vyžaduje nová a nová zapojení. V důsledku toho jsou naše vzpomínky na narozeninovou oslavu stále zastřenější, protože neurony, které tyto vzpomínky udržovaly při životě, jsou zároveň součástí jiné sítě. Nepřítelem vzpomínek tedy není čas, ale jiné vzpomínky. Každá nová událost vyžaduje vytvoření nového spojení mezi omezeným počtem neuronů v mozku. Překvapivým faktem je, že si blednutí vzpomínek neuvědomujeme. Máme za to, že vzpomínkový obraz je stále jasný a sytý.

Ale vzpomínka na onu událost je ještě pochybnější. Řekněme například, že se během roku dva naši přátelé rozešli. Když pak vzpomínáme na tu narozeninovou večeři, vybavíme si varovné signály, o kterých si myslíme, že si je pamatujeme: Nebyl on zamkljší než obvykle? Nenastalo mezi nimi tu a tam trapné ticho? Jak to bylo doopravdy, už asi nezjistíme, protože tato nová informace ovlivňuje

vzpomínky, které s ní souvisejí. Takže naše současnost nevyhnutelně mění zabarvení naší minulosti. A tak v různých fázích života vnímáme jednu a tutéž událost do jisté míry odlišně.

## Ovlivnitelnost paměti

Tvárnost naší paměti poprvé podrobněji zkoumala profesorka Elizabeth Loftusová z Kalifornské univerzity v Irvine. Díky jejímu výzkumu dnes víme, jak snadno je lidská paměť ovlivnitelná. Profesorka Loftusová ve svém experimentu požádala dobrovolníky, aby sledovali záběry dopravních nehod, a poté jim položila sérii otázek, aby zjistila, co si zapamatovali. Formulace otázky ovlivňovala odpovědi, které dostala. „Když jsem se zeptala, jak rychle auta jela, když do sebe narazila, anebo když nabourala, byly odhady rozdílné. Když jsem použila slovo nabourala, uváděli vyšší rychlost.“ Loftusová tak došla k překvapujícímu závěru, že sugestivní otázky mohou „kontaminovat“ lidskou paměť, a rozhodla se svůj výzkum rozšířit.

Bylo by možné do paměti implantovat vzpomínku na něco, co se vůbec nestalo? Aby to zjistila, vytvořila profesorka Loftusová výzkumný vzorek dobrovolníků a požádala své spolupracovníky, aby od jejich rodin získali informace o jejich minulosti. Na základě těchto informací sestavili pro každého účastníka čtyři příběhy z jeho dětství. Tři z nich byly pravdivé, čtvrtý příběh byl věrohodný, ale zcela vymyšlený. Šlo v něm o to, že se dotyčný ztratil v nákupním centru, kde jej objevil milý starší člověk a vrátil ho rodičům.

Během setkání si účastníci výzkumu vyslechli tyto čtyři příběhy. Skoro čtvrtina z nich pak uvedla, že si na onu příhodu z nákupního centra pamatuje, přestože se ve skutečnosti nestala. To však nebylo všechno. „Na začátku uváděli, že si z toho dne něco málo pamatují. Když se ale vrátili o týden později, pamatovali si mnohem více. Uvedli třeba, že to byla starší žena, kdo jim pomohl,“ popisuje profesorka Loftusová. Jak čas ubíhal, do falešné vzpomínky se začaly

vkrádat další a další detaily: „Ta stará dáma měla na hlavě klobouček“ nebo „Měl jsem v ruce svoji oblíbenou hračku“ anebo „Máma tehdy byla pěkně naštvaná“.

Nejenže je možné vytvořit falešné vzpomínky na něco, co se nikdy nestalo, ale my je bereme za své a přikrášlujeme, čímž nevědomky necháváme fantazii, aby se podílela na utváření naší identity.

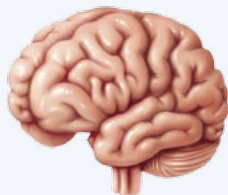
Každý z nás je náchylný podlehnout manipulaci se vzpomínkami, stalo se to dokonce i profesorce Elizabeth Loftusové. Když byla malá, její matka se utopila v bazénu. O mnoho let později zmínil její příbuzný pozoruhodný detail, že to byla právě Elizabeth, kdo objevil tělo. To ji šokovalo – nevěděla to, a ani tomu v dané chvíli nevěřila. Jak ale uvádí, když se vrátila domů, začala o tom přemýšlet: „Možná to tak bylo. Začala jsem uvažovat o dalších věcech, které jsem si pamatovala, například že přijela záchranka a že mi dávali kyslík. Možná jsem ho potřebovala kvůli silnému rozrušení z toho, že jsem objevila to tělo?“ Netrvalo dlouho a byla schopna si vybavit matčino tělo v bazénu.

Jenže později se jí ozval onen příbuzný s tím, že se spletl a že to nebyla Elizabeth, kdo tělo objevil, ale její teta. Díky tomu si profesorka Loftusová sama na sobě ověřila, jaké to je, když si jedinec uchovává a silně prožívá detailní vzpomínky na něco, co se nestalo.

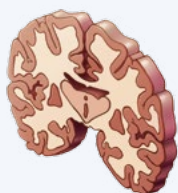
Naše minulost není hodnověrný záznam. Je to spíše rekonstrukce, která občas nemá daleko k mýtům. Když se vracíme ke svým vzpomínkám, měli bychom mít na mysli, že ne všechny detaily jsou přesné. Některé totiž pocházejí z vyprávění druhých, jiné byly dotvořeny na základě našeho přesvědčení, že tak se to přece muselo stát. Pokud je tedy vaše odpověď na otázku, kým jste, založena vyloženě na vzpomínkách, je vaše identita něco jako nikdy nekončící a neustále se proměňující podivný příběh.

## VZPOMÍNKA NA BUDOUCNOST

Normální mozek



Mozek Henryho Molaisona



Henry Molaison utrpěl svůj první epileptický záchvat v den svých patnáctých narozenin. Od té doby se záchvaty často opakovaly. S vědomím, že by ho jinak celý život trápily silné konvulze, podstoupil Henry experimentální operaci, která spočívala v odstranění střední části temporálního laloku (včetně hippocampu) na obou stranách mozku. Na jednu stranu se zbavil záchvatů, ovšem s hrozným vedlejším účinkem: po zbytek života už nebyl schopen uchovat si žádné nové vzpomínky. To ale nebylo všechno; nejenže si nebyl schopen uchovat nové vzpomínky, navíc nebyl schopen představit si budoucnost.

Představme si, že bychom měli jít zítra na pláž. Na co bychom se těšili? Na surfaře a hrady z písku, vlny narážející na břeh nebo paprsky slunce pronikající přes mraky? Kdybychom se zeptali Henryho, jeho odpověď by asi zněla: „Napadá mě jedině modrá barva.“ Jeho osud ukazuje, proč mozek uchovává vzpomínky, proč máme paměť. Jejich účelem není jen zaznamenat minulost, ale umožnit nám očekávat budoucnost. Abychom si mohli představit, co se stane zítra na pláži, potřebujeme hlavně hippocampus, který nám tuto budoucnost vymaluje na základě minulé zkušenosti.

## Když mozek stárne

V dnešní době žijeme mnohem déle než kdy v minulosti, což představuje jistou výzvu, pokud jde o uchování zdraví mozku. Alzheimerova, Parkinsonova a podobné choroby útočí na naši mozkovou tkáň, a potažmo tedy na naši osobnost.

Dobrou zprávou ale je, že mozek je i v pokročilejším věku stejně formovatelný prostředím i naším chováním jako v mládí.

Více než jedenáct set jeptišek, kněží a řeholníků z celých Spojených států se účastnilo unikátního výzkumu, jehož cílem bylo zkou-

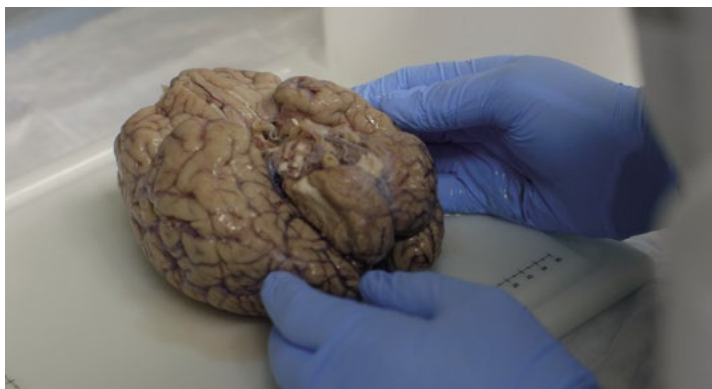
***Aktivní životní styl  
ve vyšším věku prospívá  
mozku.***



mat vliv stárnutí na mozek. Tato studie se zaměřovala na odhalení rizikových faktorů vzniku Alzheimerovy choroby. Do výzkumného vzorku byli zařazeni jedinci starší pětadesáti let, kteří nevykazovali žádné příznaky této nemoci.

Výběr právě takového výzkumného vzorku měl několik důvodů: jedná se o relativně stálou skupinu, kterou lze snadno každoročně testovat, členové církevních řádů mají velmi podobný styl života, včetně stravy a životních podmínek. Tím jsou vyloučeny mnohé zkreslující faktory či rozdíly, které vykazuje běžná populace, jako například

**Stovky jeptišek věnovaly posmrtně své mozky na vědecké účely. Výsledky zkoumání vědce překvapily.**



styl stravování, socioekonomické postavení nebo vzdělání, které by ovlivnily výsledky studie.

Sběr dat byl zahájen v roce 1994. Doktor David Bennett z Rushovy univerzity v Chicagu a jeho tým zatím shromáždili více než 350 mozků. Všechny jsou pečlivě uchovány a jsou na nich zkoumány mikroskopické změny způsobené chorobami vyššího věku. To je ale jen polovina studie, ta druhá spočívá ve sběru dat o dosud žijících dobrovolnících. Každý z nich každý rok podstoupí komplexní vyšetření zahrnující psychologický rozbor, test kognitivních funkcí, lékařskou prohlídku, tělesné a genetické testy.

Když tým vědců výzkum zahájil, očekával, že najde jednoznačnou spojitost mezi snižováním kognitivních schopností a třemi nemocemi, které jsou nejčastější příčinou demence: Alzheimerovou chorobou, mozkovou mrtvicí a Parkinsonovou chorobou. Zjistili však něco jiného: poškození mozkové tkáně v důsledku Alzheimerovy choroby nemusí nutně znamenat kognitivní potíže. Někteří jedinci prokazatelně umírali na patologické změny zaviněné plně rozvinutou Alzheimerovou chorobou, přesto nevykazovali změny kognitivních schopností. Čím to je?

Vědci se vrátili k výchozím datům a hledali mezi nimi spojitosti. Doktor Bennett zjistil, že ztrátu kognitivních funkcí ovlivňují psychologické faktory a zkušenosti. Jako prevence slouží kognitivní cvičení, což jsou činnosti udržující mozek aktivní, jako jsou křížovky, četba,

řízení auta, učení se a pocit zodpovědnosti za něco konkrétního. Totéž se dá říci o udržování společenského života a fyzické aktivitě.

Na druhou stranu zjistili, že k rychlejšímu zhoršování kognitivních funkcí přispívají samota, úzkost, deprese a sklony ke sklíčenosti. Ochrannou funkci, pokud jde o zdraví mozku, zase plnilo vědomí smyslu života a aktivní životní styl.

Účastníci výzkumu, u nichž bylo zjištěno postižení nervové tkáně, nikoli však zhoršení kognitivních schopností, si vytvořili tzv. „kognitivní rezervu“. S tím, jak postupovala degenerace některých oblastí mozku, jiné byly patřičně namáhány a mohly kompenzovat, nebo dokonce převzít zničené funkce. Čím více udržujeme svůj mozek v kondici cvičením ve formě nových a náročných úkolů, mezi které patří i sociální interakce, tím více spojení z bodu A do bodu B se v mozkové tkáni vytvoří.

Náš mozek bychom mohli přirovnat ke krabici s nářadím. Je-li to kvalitní krabice, obsahuje všechno, co k práci potřebujeme. Pokud potřebujeme vyndat šroub, vezmeme příslušný klíč, pokud ho nemáme, postačí francouzák. A pokud nemáme ani ten, zkusíme kombináčky. V mozku to s kognitivními funkcemi funguje analogicky: přestože mnohá spojení jsou v důsledku nemoci narušená, mozek je nahradí jinými.

Mozky jeptišek jsou zde důkazem, že je možné si mozek chránit a co možná nejdéle zůstat sám sebou. Proces stárnutí nezastavíme, ale pokud využíváme všechny nástroje z naší kognitivní výbavy, můžeme ho zpomalit.

## Jsem vnímavá bytost

Když se zamyslím nad tím, jaký jsem, napadá mě ze všeho nejvíce jeden aspekt, který nelze pominout: jsem vnímavá bytost. Prožívám svoji existenci. Cítím, že jsem tady, a vnímám svět svými očima, sle-



duju tohle pestrobarevné představení a hraju v něm hlavní roli. Říkejme tomu vědomí nebo uvědomění.

Vědci se stále přou o přesnou definici těchto termínů, ale k objasnění stačí prosté srovnání: jsme-li vzhůru, jsme při vědomí, když spíme, tak už nikoli. Toto rozlišení nás přivádí k otázce, jak se liší mozková aktivita v bdělém stavu a ve spánku.

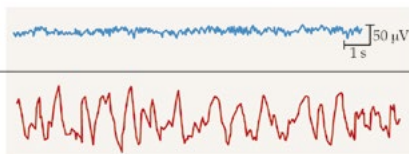
Jedním ze způsobů, jak to zachytit, je elektroencefalografie (EEG), která měří aktivitu miliard neuronů tak, že zachycuje jejich slabé elektrické signály na povrchu lebky. Jedná se o poněkud hrubou metodu; někteří tvrdí, že je to jako pokoušet se pochopit pravidla baseballu tak, že instalujeme mikrofon na chodník před stadionem. Do rozdílů mezi bdělým stavem a spánkem však dokáže EEG vnést přímý vhled.

Jsme-li vzhůru, mozkové vlny prozrazují, že se miliardy našich neuronů zapojují do komplexní výměny informací – jako tisíce rozhovorů, které vede publikum na stadionu.

***Vědomí nastává ve chvíli, kdy se neurony mezi sebou koordinují a tvoří komplexní, mírné a převážně nezávislé rytmy. V hlubokém spánku jsou synchronizovanější a vědomí není přítomno.***

Bdělý stav –  
vysoká frekvence,  
nízká amplituda

Hluboký spánek  
(s pomalými vlnami)  
– nízká frekvence,  
vysoká amplituda



Když jdeme spát, jako by se tělo vypnulo. Přirozeně předpokládáme, že ztichne i náš stadion plný neuronů. V roce 1953 vědci zjistili, že tento předpoklad je mylný, mozek je v noci stejně aktivní jako ve dne. Ve spánku se ale neurony propojují jinak a jejich činnost je sladěnější. Představíme-li si opět diváky na stadionu, v noci dělají stále dokola „mexickou vlnu“.

Asi je jasné, že obsah diskuzí na stadionu je bohatší, pokud si tisíce jednotlivců povídají mezi sebou. Pokud však dav začne jednohlasně fandit, intelektuální úroveň komunikace se snižuje.