

SVĚTOVÝ
BESTSELLER

Norman Doidge

VÁŠ

MZEK
SE DOKÁŽE
ZMĚNIT

Neuvěřitelné příběhy osobního vítězství
díky objevům na poli neurovědy

Tato kniha je pozoruhodným a optimistickým portrétem
neskutečné přizpůsobivosti lidského mozku. – *Oliver Sacks*



Cerebrum

Připraveno ve spolupráci
se společností CEREBRUM

 P R E S S

Váš mozek se dokáže změnit

Vyšlo také v tištěné verzi

Objednat můžete na
www.cpress.cz
www.albatrosmedia.cz



Norman Doidge
Váš mozek se dokáže změnit – e-kniha
Copyright © Albatros Media a. s., 2018

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

ALBATROS  **MEDIA** a.s.

Norman Doidge

VÁŠ MOZEK SE DOKÁŽE ZMĚNIT

CPress
Brno
2012

*Pro Eugena L. Goldberga, M.D.,
protože řekl, že by se mu tahle kniha mohla líbit*

OBSAH

PÁR SLOV ÚVODEM	7
PŘEDMLUVA	9
ŽENA, KTERÁ PROŽÍVALA NEKONEČNÝ PÁD...	13
VYBUDOVAT SI LEPŠÍ MOZEK	35
PŘEORGANIZOVAT SVŮJ MOZEK	51
JAK PŘICHÁZEJÍ TOUHY A LÁSKY	91
PŮLNOČNÍ ZMRTVÝCHVSTÁNÍ	123
JAK ODEMKNOUT ZÁMEK V MOZKU	151
BOLEST	163
PŘEDSTAVIVOST	179
JAK SE NAŠE PŘÍZRAKY PROMĚŇUJÍ V PŘEDKY	195
OMLÁDNOUT	221
VÍC NEŽ JEN SOUHRN JEJÍCH ČÁSTÍ	233
DODATEK I.	257
Etnikum Moken	258
Kulturní aktivity mění strukturu mozku	259
Uvázly naše mozky v období pleistocénu?	261

Proč se nositeli kultury staly právě lidské bytosti	263
Ne-darwinovský způsob, jak měnit biologické struktury	263
Plasticita a sublimace: Jak civilizujeme své zvířecí instinkty	265
Když je mozek polapen mezi dvěma kulturami	266
Cítění a vnímání jsou plastické	268
Neuroplasticita a sociální rigidita	272
Zranitelný mozek – Jak nás přetvářejí média	273
DODATEK II.	279
<i>Perfectibilité</i> – Vrtkavé požehnání	281
Od zdokonalitelnosti k myšlence pokroku	282
PODĚKOVÁNÍ	285
O AUTOROVI	289
REJSTRÍK	290
ODKAZY A POUŽITÁ LITERATURA	293

PÁR SLOV ÚVODEM

Název knihy kanadského psychiatra, psychoanalytika a esejisty Normana Doidge „Váš mozek se dokáže změnit“ slibuje na první pohled cosi neuvěřitelného, co je za hranicí nejenom našeho poznání, ale i našich současných nadějí. Její obsah však s použitím mimořádně zajímavých kazuistik potvrzuje to, co na základě nedávného mohutného pokroku v neurovědách již tušíme. Mozek je schopen nejenom plastické sebestroměny, ale i regenerace a především dokáže změnit svou vlastní strukturu a funkci působením myšlenkové aktivity. Kniha je určena všem, kdo byli fascinováni dílem neurologů a neurovědců Olivera Sackse či Antonia Damasia nebo neuvěřitelnými pracemi Antonia Batta či Vilayanura Ramachandrana. Kniha přibližuje mnoho pozoruhodných objevů včetně těch, jež přinášejí neotřelé spojení neurověd s psychoanalytickými představami, demonstrované na životě a díle nositele Nobelovy ceny Erica Kandela. Publikaci lze vřele doporučit nejenom lékařům, přírodovědcům a psychologům, ale všem, kteří se o rozhraní přírodních, kognitivních a humanitních věd upřímně zajímají.

Prof. MUDr. Cyril Höschl, DrSc., FRCPsych.
Ředitel Psychiatrického centra Praha
a Centra neuropsychiatrických studií v Praze

Před pouhými několika desetiletími se mozek považoval za fixní, „pevně zapojený“, a tím pádem se většina jeho poškození pokládala za nevléčitelná. Dr. Doidge, znamenitý psychiatr a vědec, se nechal ohromit tím, jak výrazně tomu odporovaly proměny jeho vlastních pacientů, a tak se vydal na cestu za objevením nové vědy o neuroplasticitě; uskutečnil rozhovory jak s vědeckými průkopníky v oboru neurověd, tak s pacienty, kteří měli z této neuro-rehabilitace nesmírný užitek. V této knize píše ve fascinujícím osobním vyprávění o tom, jakou má mozek, dalece vzdálený „pevnému zapojení“, pozoruhodnou moc změnit svou vlastní strukturu a kompenzovat i ty nejnepríznivější neurologické podmínky. Doidgeova kniha je pozoruhodným a optimistickým portrétem neskutečné přizpůsobivosti lidského mozku.

Oliver Sacks
Neurolog a psychiatr
Autor několika bestsellerů o vztahu mozku a duše

Právě se vám dostává do rukou české vydání knihy *Váš mozek se dokáže změnit*. Tato publikace velmi čtivým způsobem představuje úžasnou schopnost lidského mozku zvanou neuroplasticita, která umožňuje kompenzovat ztracené či poškozené mozkové funkce.

Příběhy lidí, jejichž mozek dovedl sám sebe „přeorganizovat“, připomínají téměř žánr vědecko-fantastické literatury. Nicméně na základě praktických zkušeností s lidmi po poranění mozku můžeme potvrdit, že se o sci-fi nejedná. Trénink kognitivních funkcí, který s lidmi po poranění mozku provádíme, dokazuje, že při správně cílené rehabilitaci je možné poškozené funkce mozku do určité míry zlepšit či obnovit.

Věřím, že vám tato kniha otevře nové obzory a přiblíží fungování nejdokonalejšího zařízení na světě – lidského mozku.

Ing. Kristýna Radochová,
CEREBRUM – Sdružení osob po poranění mozku a jejich rodin



Cerebrum

CEREBRUM – SDRUŽENÍ OSOB PO PORANĚNÍ MOZKU A JEJICH RODIN

je občanské sdružení, jehož posláním je přispívat k porozumění problematice poranění mozku, poskytovat informace a zejména podporovat občany, kteří utrpěli traumatické či jiné poškození mozku, nebo jejich rodinné příslušníky a pečující.

www.cerebrum2007.cz, www.poranenimozku.cz

POZNÁMKA PRO ČTENÁŘE

Veškerá jména osob, jež podstoupily neuroplastické změny, jsou skutečná, s výjimkou několika označených případů a dětí a jejich rodin.

PŘEDMLUVA

Hlavním předmětem této knihy je **revoluční objev, že lidský mozek dokáže proměňovat sebe sama**; dokumentují to příběhy vědců, lékařů a pacientů, kteří společně dosáhli těchto úžasných změn. Bez jakýchkoli operací a medikamentů dokázali využít dosud neznámou schopnost mozku měnit se. Někteří z těchto lidí byli pacienti s poruchami a onemocněními mozku, které všichni považovali za nevléčitelné; jiní zase neměli specifické obtíže, ale zkrátka chtěli vylepšit fungování svého mozku, nebo si jej zachovat i navzdory stárnutí. Po čtyři sta let bylo něco takového naprosto nepředstavitelné, protože klasická medicína a věda věřily, že anatomie mozku je pevně daná a neměnná. Obecně panovalo přesvědčení, že jediné změny v mozku po ukončení dětství jsou ty, k nimž začíná docházet v dlouhém procesu stárnutí a ochabování mozku. Přesvědčení, že pokud se mozkové buňky řádně nevyvinuly, byly poškozeny nebo odumřely, není možné je nahradit. Že mozek nemůže nikdy změnit svou strukturu a najít novou cestu k fungování, pokud byla jeho část zničena. Teorie neměnnosti mozku zatratila lidi, kteří se narodili s nějakým mozkovým či mentálním omezením nebo utrpěli poškození mozku, jako doživotně limitované nebo postižené. Vědci, kteří uvažovali o tom, zda se zdravý mozek může zdokonalit a zachovat si svou funkčnost prostřednictvím aktivity nebo mentálních cvičení, podle „seriózní“ vědy jen plýtvali časem. Zakořenil se jakýsi neurologický nihilismus – dojem, že léčba je u mnoha mozkových obtíží neúčinná nebo dokonce neoprávněná – a rozšířil se celou naší kulturou, aby bránil všem našim rozhledům hledajícím lidskou podstatu. Jelikož mozek nebylo možno změnit, i lidská povaha, která z něho vyplývá, se musela nevyhnutelně jevit jako fixní a nezměnitelná.

Přesvědčení, že mozek se nemůže proměnit, mělo tři základní zdroje: skutečnost, že pacienti s poškozením mozku se jen velmi zřídka zcela uzdravili; naši neschopnost pozorovat mikroskopické aktivity *živého* mozku; a myšlenku – pocházející z dob samých počátků moderní vědy – že lidský mozek je

něco jako složitý stroj. A stroje, přestože dokážou dělat spoustu pozoruhodných věcí, se nemění a nerostou.

Myšlenka proměňujícího se mozku mě začala zajímat díky mému zaměstnání výzkumného psychiatra a psychoanalytika. Pokud pacienti nedosahovali tak výrazného psychologického pokroku, jak se doufalo, obvyklá odpověď medicíny zněla, že jejich problémy jsou pevně „zapojené“ do neměnného mozku. Toto „zapojení“ je vlastně další strojní metaforou pocházející z představy mozku jako počítačového hardwaru s natrvalo propojenými okruhy, z nichž každý je navržen k vykonávání specifické, neměnné funkce.

Když jsem poprvé uslyšel zmínky o tom, že lidský mozek možná není pevně zapojen, musel jsem pátrat a posuzovat důkazy na vlastní pěst. A toto pátrání mě zavedlo daleko od mé ordinace.

Zahájil jsem dlouhou řadu cest, během nichž jsem potkal skupinu vynikajících vědců z pomezí kognitivních věd, kteří uskutečnili koncem 60. a počátkem 70. let 20. století řadu nečekaných objevů. Prokázali, že mozek s každou odlišnou aktivitou, již vykonává, proměňuje svou strukturu a zdokonaluje své okruhy tak, aby lépe odpovídaly aktuálnímu úkolu. **Jestliže určité „součásti“ selžou, jiné části mozku někdy dokážou jejich úlohu převzít.** Metafora stroje, mozku jako orgánu se specializovanými součástmi, nemůže nikdy plně vysvětlit všechny změny, kterým tito vědci přihlíželi. **Tuto zásadní schopnost mozku začali nazývat „neuroplasticitou“.**

V průběhu svých cest jsem se setkal s vědcem, jenž umožnil lidem nevidomým od narození začít vidět, a s jiným vědcem, který umožnil slyšet neslyšícímu; mluvil jsem s lidmi, kteří prodělali před desítkami let mozkové příhody a byli prohlášeni za nevléčitelné – a neuroplastická terapie jim pomohla zotavit se; potkal jsem lidi s odstraněnými poruchami učení a se zvýšeným IQ; viděl jsem důkazy, že je možné zbystrit paměť osmdesátiletých lidí tak, že funguje stejně jako v jejich pětapadesáti letech. Viděl jsem lidi, jak proměňují své mozky prostřednictvím myšlení, jak se zbavují kdysi nevléčitelných obsesí a traumat. Hovořil jsem s laureáty Nobelovy ceny, kteří rozčileně debatovali o tom, jak je nutné přehodnotit naši představu mozku, teď, když víme, že se neustále mění.

Část slova *neuro* označuje neurony, nervové buňky v našich mozcích a nervových systémech. Druhá část slova, *plasticita*, znamená proměnlivost, poddajnost, tvárnost. Zpočátku se mnozí vědci neodvažovali použít slova „neuroplasticita“ ve svých publikacích; byli znevažováni svými kolegy za prosazování blouznivých idejí. Přesto však vytrvali a začali pozvolna sesazovat doktrínu neměnného a nezměnitelného mozku. Prokázali, že děti ne vždy uvíznou na duševních schopnostech, s nimiž se narodí; že poškozený mozek dokáže mnohdy sám sebe reorganizovat, takže při selhání jedné jeho části ji může často zastoupit jiná; že odumřelé mozkové buňky lze někdy nahradit; že spousta „okruhů“ a dokonce základních reflexů není pevně zapojena, navzdory rozšířenému přesvědčení. Jeden z těchto vědců dokonce prokázal, že myšlení, učení a jednání může aktivovat či deaktivovat naše geny, a tak ovlivňovat nejen naše chování, ale i anatomii našeho mozku – bezpochyby jde o jeden z nejpozoruhodnějších objevů dvacátého století.

Myšlenka, že **mozek dokáže změnit svou vlastní strukturu a funkci prostřednictvím myšlení a aktivity**, je podle mého názoru v našem vnímání mozku nejvýznamnější změnou od dob, kdy jsme poprvé načrtli jeho základní anatomii a činnost jeho elementární částice, neuronu. Jako všechny revoluce i tato bude mít nesmírné následky a já doufám, že tato kniha začne objasňovat některé z nich. Neuroplastická revoluce má, mimo jiné, dopad na naše pochopení toho, jak naše mozky proměňuje láska, sex, zármutek, vztahy, učení, závislosti, kultura, technologie a psychoterapie. Postihuje veškeré humanitní předměty, sociální vědy i přírodovědné obory, zabývající se lidskou povahou, i všechny formy vzdělávání a výcviku. Všem těmto oborům nezбудe než se smířit s faktem, že mozek se sám proměňuje, a uvědomit si, že architektura mozku se liší od jedné osoby k druhé a že se rovněž proměňuje v průběhu našich individuálních životů.

Zatímco se zdá, že lidský mozek podcenil sám sebe, idea neuroplasticity není výlučně dobrou zprávou; odhaluje naše mozky nejen jako vynalézavější, ale také jako zranitelnější a citlivější na vnější vlivy. **Neuroplasticita má moc vyvolat nejen flexibilnější, ale také rigidnější chování** – tento úkaz jsem nazval „plastickým paradoxem“. Je až ironické, že některé z našich nejneústupnějších návyků a potíží jsou produktem právě naší plasticity. Jakmile se v mozku objeví určitá plastická změna a dobře se tu etabluje, může zabránit výskytu jiných změn. Musíme proto porozumět jak pozitivním, tak i negativním následkům plasticity, abychom skutečně pochopili celý rozsah lidských možností.

Ti, kdo provádějí novou věc, si zaslouží i nové jméno; proto jsem lékaře, průkopníky této nové vědy proměňování mozku, nazval „neuroplastiky“.

Tato kniha vypravuje příběhy mých setkání s nimi a s pacienty, jejichž mozky dokázali proměnit.

1

ŽENA, KTERÁ PROŽÍVALA NEKONEČNÝ PÁD...

...A KTEROU ZACHRÁNIL MUŽ,
JENŽ ODHALIL PLASTICITU NAŠICH SMYSLŮ

*Veškeren pak lid viděl hřímání to a blýskání,
a zvuk trouby, a horu kouřící se.*

Exodus 20:18

Cheryl Schiltz se cítí, jako by prožívala dlouhý, nekonečný pád. A protože se stále cítí, jako by padala, skutečně padá.

Když vstane bez opory, během chvilky začne mít pocit, jako by stála na okraji propasti a měla do ní každým okamžikem spadnout. Nejprve zakolísá její hlava a nakloní se k jedné straně, potom začnou její paže tápat v prostoru v zoufalé snaze stabilizovat postoj. Brzy se celé její tělo začne chaoticky pohybovat sem a tam a ona vypadá jako někdo, kdo kráčí po visutém laně v onom okamžiku zběsilého kolísání, po němž následuje ztráta rovnováhy a pád – až na to, že obě její nohy stojí široce rozkročené pevně na zemi. Ta žena nejenže vypadá, jako by měla strach z pádu: vypadá, jako by měla strach, že ji do propasti někdo postrčí.

„Vypadáte jako někdo, kdo balancuje na mostě,“ říkám jí.

„Ano, mám pocit, jako bych se chystala skočit, aniž bych to chtěla.“

Když se na ni podívám z větší blízkosti, vidím, že když se pokouší stát na místě, trhá sebou, jako by ji neustále postrkovala neviditelná tlupa chuligánů, nejdříve z jedné strany, potom z druhé, surově se snažíc srazit ženu na zem. Jenže tahle tlupa je ve skutečnosti uvnitř Cheryl a takhle ji trápí už pět let. Jakmile se Cheryl pokusí o chůzi, musí se přidržovat zdi a neustále vrávorá jako opilec.

Pro Cheryl neexistuje chvíle klidu, dokonce ani poté, co upadne na podlahu.

„Co cítíte potom, co jste upadla?“ ptám se jí. „Odezní váš pocit, že padáte, ve chvíli, kdy přistanete na zem?“

„Jsou chvíle,“ odpovídá Cheryl, „kdy doslova ztrácím schopnost cítit pod sebou zem... a otevře se jakýsi fiktivní poklop, který mě spolkně.“ Dokonce i když už upadla, má Cheryl pocit, že stále padá, věčně, nepřetržitě, do nekonečné propasti.

Cheryl má ten problém, že její vestibulární aparát, smyslový orgán rovnovážného systému, nefunguje. Je velice unavená a pocit neustálého volného pádu ji přivádí k šílenství, protože nedokáže myslet na nic jiného. Bojí se budoucnosti. Brzy poté, co se její potíže objevily, přišla o práci mezinárodní obchodní zástupkyně a teď žije z invalidního důchodu 1 000 dolarů měsíčně. Objevil se u ní strach ze stárnutí. A trpí také vzácnou formou úzkosti, kterou nelze pojmenovat.

Nevyslovený, avšak o to intenzivnější aspekt našeho pocitu blaha a duševního zdraví se zakládá na tom, že máme normálně fungující rovnovážný smysl. Ve 30. letech 20. století zkoumal psychiatr Paul Schilder způsob,

jakým je pocit duševního zdraví a obraz „stabilního“ těla spojen s vestibulárním systémem. Mluvíme-li o tom, že „se usadíme“, cítíme se „pohnuti“, jsme „vyrovnaní“ nebo „nevyvážení“, „máme své kořeny“ nebo jsme „vykořenění“, „stojíme pevně na zemi“ nebo jsme „rozechvělí“, hovoříme vlastně vestibulárním jazykem, jehož opodstatněnost je nejlépe patrná právě na lidech jako Cheryl. Není pak vůbec překvapivé, že lidé s podobnou poruchou se často psychicky zhroutí a mnoho z nich spáchá sebevraždu.

Máme smysly, o kterých ani nevíme – dokud o ně nepřejdeme; rovnováha je jedním z nich a normálně funguje tak dobře, tak dokonale, že nebyla ani zařazena do seznamu pěti smyslů popsaných Aristotelem a ještě celá staletí po něm byla přehlížena.

Rovnovážný systém nám propůjčuje smysl pro orientaci v prostoru. Jeho smyslový orgán, vestibulární aparát, se skládá ze tří půlkruhových kanálků ve vnitřním uchu, které nám říkají, kdy jsme ve vzpřímené pozici a jak ovlivňuje gravitace naše tělo detekováním pohybu v třídimenčním prostoru. Jeden kanálek detekuje pohyb v horizontální rovině, druhý v rovině vertikální a třetí tehdy, pohybujeme-li se dopředu, nebo dozadu. Půlkruhové kanálky obsahují miniaturní chloupky a tekutinu. Když pohneme hlavou, tekutina pohybuje s chloupky, které vyšlou našemu mozku signál, že jsme zvýšili svou rychlost v určitém směru. Každý jednotlivý pohyb vyžaduje odpovídající přizpůsobení zbytku těla. Pohneme-li hlavou kupředu, náš mozek poručí náležitým oddílům těla, aby upravily svou polohu, mimovolně, abychom mohli vyvážit onu změnu v našem centru gravitace a udržet si tak rovnováhu. Signály z vestibulárního aparátu procházejí po nervových vláknech do specializovaného shluku neuronů v mozku, zvaného „vestibular nuclei“, který je zpracuje a následně vyšle příkazy do svalů, aby vhodně upravily svou polohu. Zdravý vestibulární aparát má rovněž silnou spojitost s naším zrakovým systémem. Dobíháte-li autobus s hlavou poskakující nahoru a dolů kvůli rychlému běhu, jste přesto schopni udržet jedoucí autobus v ohnisku svého pohledu, protože váš vestibulární aparát posílá mozku zprávy o tom, jak rychle a jakým směrem běžíte. Tyto signály umožní mozku otáčet a upravovat polohu očních bulv tak, aby zůstaly namířené na váš cíl – autobus.

Já, Cheryl, Paul Bach-y-Rita – jeden z velkých průkopníků porozumění mozkové plasticitě – a jeho tým jsme právě v jedné z Paulových laboratoří. Cheryl je naplněná nadějí, pokud jde o dnešní experiment, a stoická, byť otevřená, pokud jde o její stav. Yuri Danilov, týmový biofyzik, provádí výpočty na datech sbíraných v Cherylině vestibulárním systému. Je to Rus,

neobyčejně inteligentní a má výrazný přízvuk. Říká mi: „Cheryl je pacientka, která přišla o vestibulární systém – z devadesáti pěti až sta procent.“

Z konvenčního pohledu je Cherylin případ zcela beznadějný. Konvenční pohled spatřuje mozek jako orgán sestavený ze skupiny specializovaných pracovních modulů, pevně geneticky určených k samostatnému provádění specifických funkcí, které se vyvíjely a zdokonalovaly po miliony let evoluce. Dojde-li u jednoho z nich k poškození, nelze ho nahradit. Teď, když je její vestibulární systém poškozen, má Cheryl na znovuzískání rovnováhy asi stejnou šanci jako osoba s poškozenou sítnicí na to, aby znovu viděla.

Dnes se však tenhle pohled na věc stane předmětem pochybností.

Cheryl má na hlavě nasazenou konstrukci, jež má po stranách otvory a uvnitř zařízení zvané akcelerometr. Na jazyk si umístí tenký plastový pásek s malými elektrodami. Akcelerometr v přilbě vysílá signály do pásku a obojí je napojené na nedaleký počítač. Když se Cheryl zadívá na přilbu, začne se smát, „protože kdybych se nesmála, rozpláču se.“

Tento přístroj je jedním z bizarně vyhlížejících Bach-y-Ritových prototypů. Má nahradit Cherylin vestibulární aparát a posílat rovnovážné signály do mozku z jejího jazyka. Přilba by mohla odstranit Cherylinu každodenní noční můru. V roce 1997, po rutinní hysterektomii, postihla tehdy devětatřicetiletou Cheryl pooperační infekce a lékaři podali Cheryl antibiotika na bázi gentamicinu. Nadměrné užití gentamicinu je známé tím, že poškozuje struktury vnitřního ucha a může způsobit ztrátu sluchu (kterou Cheryl neutrpěla), zvonění v uších (kterým trpí) a devastaci rovnovážného systému. Protože je však gentamicin levný a účinný, stále se předepisuje, ač obvykle jen na krátký časový úsek. Cheryl říká, že jí byl lék podáván v nadměrném množství. A tak se stala členkou malého kmene obětí gentamicinu, kteří si sami mezi sebou říkají „wobblers“ („vrávorači“ – pozn. překladatele).

Jednoho dne náhle zjistila, že nedokáže stát, aniž by začala padat. Otočila hlavou – a začala se pohybovat celá místnost. Nedokázala určit, je-li původcem pohybu ona, nebo okolní zdi. Nakonec se postavila na nohy a přidržujíc se zdi se jí podařilo dostat k telefonu, aby zavolala svému lékaři.

Když přijela do nemocnice, lékaři ji podrobili nejrůznějším testům, aby zjistili, jestli její vestibulární systém funguje. Lili jí do uší ledovou i teplou vodu a různě ji nakláněli i s vyšetřovacím stolem. Když ji požádali, aby si stoupla se zavřenýma očima, skácela se k zemi. Lékař jí řekl: „Váš vestibulární systém je pryč.“ Testy prokázaly, že jí z původní funkce zůstala asi dvě procenta.

Cheryl vzpomíná: „Byl tak nonšalantní. ‚Vypadá to na vedlejší účinek gentamicinu.‘“ V tuto chvíli se u Cheryl začínají projevovat emoce. „Proč mi o tom, pro všechno na světě, nikdo neřekl? ‚Poškození je trvalé‘, řekl mi. Byla jsem sama. Moje matka mě odvezla k lékaři, vrátila se však zpátky do auta a čekala na mě venku. Zeptala se: ‚Bude to zase v pořádku?‘ A já se na ni podívala a řekla: ‚Je to napořád... už se toho nikdy nezbavím.‘“

Protože má Cheryl porušené spojení mezi vestibulárním aparátem a vizuálním systémem, její oči nedokážou plynule sledovat pohyblivý cíl. „Všechno, co vidím, poskakuje jako špatné amatérské video,“ říká. „Jako by všechno, na co se dívám, bylo vyrobené z želatiny. Jakmile udělám krok, všechno se roztřeše.“

Přestože Cheryl nedokáže očima sledovat pohyblivé objekty, její pohled je to jediné, co jí říká, je-li ve vzpřímené poloze. Naše oči nám pomáhají určit, kde v prostoru se nacházíme, tím, že se upírají k horizontálním liniím. Jakmile někde zhasla světla, Cheryl okamžitě upadla na zem. Pohled však pro ni znamená jen velmi nespolehlivou oporu, protože jakýkoliv pohyb před ní – třeba i přibližující se člověk – ještě zhoršuje její pocit, že padá. Dokonce i klikaté čáry na koberci ji dokážou srazit k zemi – vyvolají explozi chybných signálů, díky kterým si Cheryl myslí, že stojí nakřivo, i když tomu tak není.

Navíc Cheryl trpí naprostým duševním vyčerpáním z toho, že musí být neustále v nejvyšší pohotovosti. Zachovat si vzpřímený postoj vyžaduje od jejího mozku nesmírnou námahu – energii, která je tak ubírána jiným duševním funkcím jako paměť a schopnost uvažovat.

Zatímco Yuri připravuje počítač pro Cheryl, žádám, zda si mohu přístroj vyzkoušet. Nasazuji si přilbu a беру do úst plastové zařízení s elektrodami zvané jazykový displej. Je ploché a tloušťkou připomíná plátek žvýkačky.

Akcelerometr či senzor v přilbě detekuje pohyb ve dvou rovinách. Když pokývám hlavou, pohyb je převeden do formy mapy na počítačovém monitoru, což umožňuje týmu, aby jej sledoval. Tatáž mapa se promítá do miniaturního seskupení 144 elektrod vložených do plastového pásku na mém jazyku. Nakloním-li se dopředu, vytvářejí se na špičce mého jazyka elektrické impulzy připomínající bublinky ze šampaňského, které mi sdělují, že se nahýbám dopředu. Na počítačovém monitoru mohu vidět, kde je právě moje hlava. Nahnu-li se dozadu, pocítím jemnou vlnu víření šampaňského vzadu na jazyku. Totéž se stane při naklonění do stran. Zavírám oči a experimentuji s nacházením své cesty prostorem prostřednictvím jazyka.

Brzy zapomínám, že smyslové informace přicházejí z jazyka, a dokážu se v prostoru orientovat.

Teď si přilbu nasazuje opět Cheryl. Udržuje rovnováhu tak, že se opírá o stůl.

„Začneme,“ říká Yuri a ujímá se ovladačů.

Cheryl s přilbou na hlavě zavírá oči. Zvedá se od stolu, nechá na něm jen dva prsty, aby si udržela kontakt. Zatím nepadá, přestože nemá naprosto žádné signály o tom, co je nahoře nebo dole, kromě víření šampaňských bublinek na jazyku. Odpoutává své prsty od stolu. Už se nekymácí. Propuká v pláč – její tvář zaplavují slzy, které následují její trauma: teď, když má na hlavě přilbu a cítí se v bezpečí, může se uvolnit. Jakmile si nasadila přístroj na hlavu, pocit neustálého pádu ji opustil – poprvé po pěti letech. Dnes je jejím cílem stát vzpřímeně s přilbou na hlavě po dobu dvaceti minut a snažit se soustředit. Zůstat vzpřímeně stát po dvacet minut vyžaduje trénink a zručnost stráží Buckinghamského paláce od kohokoliv – natož od „wobblera“.

Cheryl vypadá naprosto klidně. Dělá jen drobné korekce své polohy. Její potácení ustalo a záhadní démoni, které v sobě dřív měla, kteří ji postrkovali a lomcovali s ní, se rozplynuli. Její mozek teď dešifruje signály pocházející z umělého vestibulárního aparátu. Pro Cheryl představují tyto okamžiky klidu zázrak – neuroplastický zázrak, protože ony chvějivé pocity na jejím jazyku, které si normálně razí svou cestu do oblasti mozku zvané senzorická kůra – což je tenká vrstva na povrchu mozku, která zpracovává hmatové vjemy – teď postupují po zcela nové cestě do té části mozku, která má na starosti rovnováhu.

„Teď usilujeme o to, zmenšit tohle zařízení tak, aby se dalo ukrýt do úst,“ vysvětluje Bach-y-Rita, „jako zubní rovnátka. To je naším cílem. Potom se bude moci Cheryl a kdokoli se stejným problémem navrátit do normálního života. Mělo by být možné nosit tenhle aparát, mluvit s ním a jíst, aniž by o něm musel někdo vědět.“

Nejde však jen o pomoc lidem, kterým uškodil gentamicin,“ pokračuje vědec. „Včera byl v New York Times článek o pádech starších osob. Staří lidé mají větší strach z pádu než z přepadení. Třetina starších lidí někdy upadne, a protože z toho mají strach, zůstávají doma, nepoužívají své končetiny, a proto jsou fyzicky stále slabší. Podle mě však část problému spočívá v tom, že vestibulární smysl – stejně jako sluch, chuť, zrak a další smysly – začíná se narůstajícím věkem slábnout. Naše zařízení může těmto lidem pomoci.“

„Už je čas,“ říká Yuri a vypíná přístroj.

Teď dochází k druhému neuroplastickému zázraku. Cheryl si vyndává zařízení z úst a odkládá přilbu. Její ústa se roztahují v širokém úsměvu. Stojí vzpřímeně se zavřenýma očima – a nepadá. Potom otevírá oči, a aniž by se dotkla stolu, zvedá jednu nohu ze země a udržuje rovnováhu na té druhé.

„Tohohle člověka miluju,“ povídá, dojde k Bach-y-Ritovi a objímá ho. Potom přechází ke mně. Přetéká emocemi, je zaplavená znovunabytým pocitem země pod svýma nohama a bere do náruče i mě.

„Cítím se jakoby ukotvená, pevná. Nemusím přemýšlet, kde jsou moje svaly. Konečně mohu myslet i na jiné věci.“ Vrací se k Yurimu a obdaruje ho polibkem.

„Musím zdůraznit, že se jedná o opravdový zázrak,“ říká Yuri, který sám sebe považuje za skeptika řízeného pouze daty. „Ona totiž nemá prakticky žádné přirozené senzory. V uplynulých dvaceti minutách jsme ji vybavili umělým senzorem. Skutečný zázrak však spočívá v tom, co se děje *teď*, když jsme jí přístroj odebrali a ona nemá ani umělý, ani přirozený vestibulární aparát. Zdá se, že jsme uvnitř Cheryl probudili jakousi vnitřní sílu.“

Když zkoušeli speciální přilbu poprvé, Cheryl ji měla na hlavě asi jen minutu. Vědci si všimli, že když si Cheryl přilbu sundala, objevil se jakýsi „reziduální účinek“, který trval ještě asi dvacet vteřin, tedy třetinu doby, po kterou měla přilbu na hlavě. Potom si Cheryl nasadila přístroj na dvě minuty a zbytkový efekt trval asi čtyřicet vteřin. Proto tým prodloužil dobu na dvacet minut a očekával, že reziduální účinek potrvá ještě necelých sedm minut. Místo třetiny času však tento účinek trval trojnásobně dlouho – po celou hodinu. Bach-y-Rita vysvětluje, že dnes se pokusí zjistit, jestli dalších dvacet minut s přístrojem navíc povede k nějakému druhu tréninkového efektu, tedy jestli reziduální účinek potrvá ještě déle.

Cheryl začíná žertovat a předvádět se. „Můžu zase chodit jako ženská. Pro většinu lidí to zřejmě nic neznamená, pro mě je ale úžasné, že teď nemusím chodit s nohama daleko od sebe.“

Vstává ze židle a vyskakuje do výšky. Potom se sehne dolů, aby sbírala předměty z podlahy, a vzápětí předvádí, že se dokáže sama narovnat. „Když jsem tohle dělala naposled, skákala jsem ve zbývajícím čase přes švihadlo.“

„Ohromující je to,“ říká Yuri, „že si Cheryl dokáže uchovat nejen svůj postoj. Po nějaké době se zařízením se začne chovat téměř normálně. Balancovat na obrubníku. Řídit auto. Cheryl znovu získala svou vestibulární funkci. Když pohne hlavou, dokáže přitom sledovat očima svůj cíl – takže i spojení mezi vizuálním a vestibulárním systémem bylo obnoveno.“

Zvedám oči a vidím Cheryl, jak tančí s Bach-y-Ritou.

A vede ona jeho.

Jak je možné, že Cheryl teď může tančit a vrátila se k normálnímu fungování i bez přístroje? Bach-y-Rita si myslí, že to má hned několik důvodů. Za prvé, její poškozený vestibulární systém je neuspořádaný a „zanesený“ a vysílá náhodné signály. Šumy z poškozené tkáně tak brání veškerým signálům vysílaným zdravou tkání. Přístroj pomáhá posílit signály z Cheryliných zdravých tkání. Bach-y-Rita tvrdí, že přístroj také pomáhá založit nové cesty – a právě tady nastupuje plasticita mozku. **Mozkový systém je tvořen mnoha neurálními drahami nebo neurony, které jsou vzájemně propojené a pracují společně. Dojde-li k zablokování určitých klíčových drah, mozek začne k jejich obejití používat starší dráhy.** „Dívám se na to takhle,“ vysvětluje Bach-y-Rita. „Když pojedete odtud do Milwaukee a hlavní most je mimo provoz, budete nejdřív ochromen. Potom se vydáte na cestu po starých venkovských silnicích. Později, když po nich budete jezdit často, začnete po cestě nacházet zkratky, s jejichž pomocí se začnete dostávat do cíle rychleji a rychleji.“ Dochází k „odhalení“ či „odmaskování“ „venkovských“ nervových drah a, používají-li se, i k jejich posílení. A tohle „odhalení“ se obecně považuje za jeden z hlavních způsobů, jakými plastický mozek reorganizuje sám sebe.

Skutečnost, že reziduální účinek se u Cheryl postupně prodlužuje, vnukává myšlenku, že odhalená dráha se postupně posiluje. Bach-y-Rita doufá, že Cheryl dokáže s pomocí tréninku pokračovat v prodlužování reziduálního účinku přístroje.

O několik dnů později dostává Bach-y-Rita od Cheryl z domova e-mailovou zprávu o tom, jak dlouho trval reziduální účinek. „Celková doba byla 3 hodiny, 20 minut... Teď už se mi v hlavě zase objevuje třes – jako obvykle... Mám potíže nacházet slova... Točí se mi hlava. Unavená, vyčerpaná... v depresi.“

Strastiplný příběh o Popelce: návrat dolů z normálního stavu je nesmírně tvrdý. Když k němu dojde, Cheryl se cítí, jako by umírala, vrátila se do života a začala znovu umírat. Na druhou stranu, tři hodiny a dvacet minut po pouhých dvaceti minutách s přístrojem znamená desetkrát větší reziduální efekt, než byla doba strávená s přilbou. Cheryl je první „wobblers“ v dějinách, který se dočkal léčby, a i kdyby se doba reziduálního účinku už nikdy neprodloužila, Cheryl si teď může čtyřikrát denně krátce nasadit na hlavu přilbu a žít normálním životem. Existují však dobré důvody, aby očekávala víc, protože se zdá, že každé sezení trénuje její mozek k tomu, aby se reziduální účinek prodloužil. Kdyby to tak pokračovalo...

... A ono to skutečně pokračovalo. Během dalšího roku nosila Cheryl přístroj častěji, aby jí ulevil a upevňoval reziduální účinek. Ten se u ní prodloužil na mnoho hodin, na celé dny a nakonec na čtyři měsíce. Teď nemusí Cheryl používat přístroj vůbec a už se necítí být „wobblere“.

* * *

V roce 1969 přední evropský vědecký časopis *Nature* publikoval krátký článek, jenž zřetelně vyvolával dojem sci-fi. Osoba jeho hlavního autora, Paula Bach-y-Rity, v sobě zahrnovala vzácnou kombinaci vědce a rehabilitačního lékaře. Článek popisoval zařízení, jež umožnilo vidět lidem, kteří byli od narození nevidomí. Všichni měli poškozenou sítnici a byli považováni za jednoznačně nevléčitelné.

O článku z *Nature* informovaly *The New York Times*, *Newsweek* a *Life*, ale protože bylo toto tvrzení tak nepravděpodobné, zařízení i jeho vynálezce brzy upadli v zapomnění.

Článek byl doprovázen obrázkem bizarně vyhlížejícího zařízení – obřího starého zubařského křesla s vibrujícím opěradlem, spletenec drátů a objemnými počítači. Celý tenhle vynález, vyrobený z vyhozených součástí v kombinaci s elektronikou 60. let, vážil skoro dvě stě kilogramů.

Od narození nevidomá osoba – někdo, kdo nikdy nezískal sebemenší zkušenost s viděním – se posadila do křesla za obrovskou kameru o velikosti kamer v televizních natáčecích studiích té doby. Sedící si „prohlédl“ obraz před sebou tak, že otáčel klikami, které pohybovaly kamerou, která zase vysílala elektrické signály obrazu do počítače, jenž je zpracovával. Elektrické signály byly potom převedeny do čtyř stovek vibračních stimulatorů, uspořádaných do řad na kovové desce připevněné do vnitřku opěradla křesla, takže se dotýkaly kůže nevidomé osoby. Stimulátory fungovaly jako obrazové body vibrující v tmavé části scény a nehybné ve světlejších odstínech. Toto „zařízení pro taktilní vidění“, jak se nazývalo, umožňovalo nevidomým číst, rozeznávat tváře a stíny či rozlišovat, které předměty jsou blíž a které dál. Dovolilo jim objevit perspektivu a pozorovat, jak předměty zdánlivě mění tvary v závislosti na úhlu, z něhož jsou nazírány. Šest osob, které se experimentu zúčastnily, se naučilo rozeznávat předměty jako telefon, a to i tehdy, když byly částečně ukryty za vázou. Experiment probíhal v 60. letech, a tak se výzkumné osoby naučily rozeznat dokonce i fotografii anorektické supermodelky Twiggy.

Každý, kdo použil tento poměrně mohutný přístroj pro taktilní vidění, získal pozoruhodnou smyslovou zkušenost, která přecházela od taktilních vjemů až k „vidění“ lidí a předmětů.

S trochou cviku začaly nevidomé osoby pociťovat prostor před sebou jako trojdimenzionální, přestože informace k nim vcházely skrze dvojdimenzionální zařízení na zádech. Pokud někdo hodil směrem ke kameře míček, osoby sebou automaticky trhly, aby se mu vyhnuly. Když se deska s vibračními stimulatory přemístila z jejich zad na břicho, subjekty stále precizně vnímaly scénu tak, že se odehrává před kamerou. Jestliže byli tito lidé polechtáni poblíž stimulátorů, nezaměňovali polechtání s vizuálním stimulem. Jejich duševní smyslová zkušenost se neodehrávala na povrchu jejich pokožky, nýbrž ve skutečném světě. A jejich vjemy byly komplexní. Jak získávali cvik, dokázali pohybovat kamerou kolem sebe a říkat věci jako: „Tohle je Betty; dneska má rozpuštěné vlasy a nemá na sobě brýle; má otevřená ústa a pohybuje pravou rukou z levé strany k temenu hlavy.“ Ano, rozlišení bylo mnohdy nepřilíš kvalitní, ale jak říkal Bach-y-Rita, vidění nemusí být dokonalé, aby bylo viděním. „Kráčíme-li po ulici v mlze a vidíme siluetu budovy,“ ptal se, „vidíme ji kvůli nedostatku rozlišení o to méně? Díváme-li se na něco černobílého, máme kvůli nedostatku barvy pocit, že to nevidíme?“

Dnes zapomenutý stroj byl jedním z prvních a nejspolehlivějších prostředků neuroplasticity – pokusem nahradit jeden smysl smyslem jiným – a fungoval. Přesto byl považován za nepravděpodobný a ignorován, protože nastavení vědeckého myšlení v té době předpokládalo, že struktura mozku je neměnná a že naše smysly, bulváry, po nichž zkušenost směřuje do našich myslí, jsou pevně zapojené. Tato myšlenka, jež má dodnes mnoho stoupenců, se nazývá „**lokalizacionismus**“. Úzce souvisí s představou, že mozek je jako složitý stroj vyrobený ze součástí, z nichž každá vykonává specifickou duševní funkci a nachází se v geneticky předurčené nebo pevně zapojené *lokaci* – odtud onen název. V mozku, jenž je pevně zapojen a v němž má každá duševní funkce své přesně vymezené místo, zůstává jen malý prostor pro plasticitu.

Idea mozku jako stroje inspirovala a provázela neurovědu od chvíle, kdy byla v 17. století poprvé formulována, aby nahradila spíše mystické představy o duši a těle. Vědci pod dojmem objevů Galilea (1564–1642), jenž prokázal, že planety lze chápat jako neživá těla uváděná do pohybu mechanickými silami a došli k přesvědčení, že všechno v přírodě funguje jako velké kosmické hodiny, podléhá fyzikálním zákonům, a začali vysvětlovat

jednotlivé živé organismy, včetně lidských tělních orgánů, mechanicky, jako by šlo rovněž o přístroje. Tato myšlenka, že veškerá příroda je něco jako obrovský mechanismus a že naše orgány jsou podobné strojům, nahradila dva tisíce let starou řeckou koncepci, která nazírala celou přírodu jako obrovský živý organismus a naše tělní orgány jako všechno, jen ne neživé stroje. Prvním velkým úspěchem této nové „mechanické biologie“ byl však brilantní, originální výkon. William Harvey (1578–1657), který studoval anatomii v italské Padově, kde vyučoval Galileo, objevil způsob, jakým koloje krev v našem těle, a demonstroval, že srdce funguje jako pumpa, tedy jako jednoduchý stroj. Brzy získalo mnoho badatelů dojem, že aby byl výklad vědecký, musí vycházet z mechaniky – tedy podléhat mechanickým zákonitostem pohybu. Harveyho následoval francouzský filosof René Descartes (1596–1650), když prohlásil, že mozek a nervový systém fungují rovněž jako pumpa. Tvrdil, že naše nervy jsou ve skutečnosti trubičky, které vedou z končetin do mozku a zpátky. Descartes jako první vytvořil teorii o tom, jak fungují reflexy: dotkne-li se něco lidské pokožky, látka připomínající tekutinu v nervových trubicích teče do mozku a je mechanicky vyslána nazpět po nervech, aby rozpohybovala svaly. Jakkoli primitivně to zní, Descartes nebyl daleko od pravdy. Vědci jeho primitivní představu rychle zdokonalili, tvrdíce, že nervy neprochází tekutina, nýbrž elektrický proud. Descartova idea mozku jako složitého stroje vyvrcholila v naši dnešní představu mozku jako počítače a v lokalizacionismus. Na mozek, stejně jako na stroj, se nahlíželo jako na komplex tvořený součástkami, z nichž každá má předem pevně dané umístění, vykonává konkrétní funkci, takže pokud se jedna součástka poškodí, neexistuje možnost, jak ji nahradit; koneckonců ani ve strojích nevyrostají nové součástky.

Lokalizacionismus se vztahoval také ke smyslům, prohlašujíc, že každý z našich smyslů – zrak, sluch, chuť, hmat, čich, rovnováha – má vlastní receptory, které se specializují na detekování jedné z různých forem energie kolem nás. Jsou-li podrážděny, vysílají tyto receptorové buňky elektrický signál po vlastním nervu do specifické oblasti mozku, která má tento smysl na starost. Většina vědců věřila, že tyto mozkové regiony jsou natolik specializované, že jeden nemůže nikdy vykonávat činnost jiného.

Bach-y-Rita, takřka v izolaci od svých kolegů, odmítl tato lokalizacionistická tvrzení. Přišel na to, že **naše smysly mají nečekaně plastickou povahu a je-li jeden z nich poškozen, může ho někdy zastoupit jiný**; tento proces nazval „**senzorickou substitucí**“. Vyvinul způsoby, jak senzorickou substituci vyvolat, a přístroje, které nám propůjčují

„supersmysly“. Svým objevem, že nervový systém se dokáže přizpůsobit na vidění kamerou místo sítnicí, položil Bach-y-Rita základ pro největší naději nevidomých lidí: sítnicový implantát, jenž může být chirurgicky vpraven do oka.

Na rozdíl od většiny vědců, kteří tíhnou k jednomu vědnímu oboru, se Bach-y-Rita stal expertem v mnoha odvětvích – medicína, psychofarmakologie, oční neurofyziologie (studium očních svalů), vizuální neurofyziologie (studium zraku a nervového systému) a biomedicínské inženýrství. Následuje myšlenky, kamkoliv ho vedou. Hovoří pěti jazyky a žil po dlouhá období v Itálii, Německu, Francii, Mexiku, Švédsku a na různých místech USA. Pracoval v laboratořích špičkových vědců a držitelů Nobelovy ceny, nikdy se však příliš nestaral o to, co si o něm myslí jiní, a nepouštěl se do politických her, které hraje řada vědců, aby předstihli ostatní. Poté, co se stal lékařem, opustil medicínu a přešel k základnímu výzkumu. Kládl si otázky, které zdánlivě odporovaly zdravému rozumu, jako „Jsou oči nezbytné pro vidění nebo uši pro slyšení, jazyky pro chuť, nosy pro čich?“ A později, ve čtyřiačtyřiceti letech, se stále neklidnou myslí, se vrátil zpátky k medicíně a zahájil svou lékařskou stáž, nekonečné dny a bezesné noci, v jedné z nejbezúspěšnějších specializací vůbec: v rehabilitační medicíně. Jeho ambicí bylo proměnit intelektuální stojaté vody ve vědu – s využitím toho, co se naučil o plasticitě.

Bach-y-Rita je neuvěřitelně skromný člověk. Potrpí si na pětidolarové obleky a nosí oděv z Armády spásy, kdykoliv ho v něm jeho žena nechá odejít. Jezdí zrezivělým, dvacet let starým autem, zatímco jeho žena řídí nový model Passatu.

Na hlavě má hustý porost vlnitých šedých vlasů, mluví tiše a rychle, má snědou pleť středomořského potomka španělských a židovských předků a působí dojmem mnohem mladšího věku, než je jeho šedesát devět let. Je to očividný intelektuál, a přesto z něj sálá klukovské teplo, když jde o jeho ženu Esther – Mexičanku mayského původu.

Je zvyklý být outsiderem. Vyrostl v Bronxu, a když nastoupil na střední školu, neměřil ani metr padesát, protože jeho růst po osm let zpomalovala jakási záhadná choroba (dvakrát mu byla sdělena předběžná diagnóza leukémie). Větší spolužáci ho den za dnem bili a během těchto let se u něj vyvinul mimořádně vysoký práh bolesti. Ve dvanácti letech mu praskl appendix a konečně došlo ke stanovení přesné diagnózy jeho záhadné choroby – vzácné

formy chronické apendicitidy. Vyrostl o dvacet centimetrů a vyhrál svůj první boj.

Projíždíme spolu Madison ve státě Wisconsin, kde Bach-y-Rita žije, pokud není právě v Mexiku. Není v něm žádná namyšlenost a až po mnoha hodinách našich rozhovorů vypustí z úst první poznámku, která vzdáleně připomíná chválu sebe samého.

„Dokážu propojit cokoliv s čímkoliv.“ Usmívá se.

„Vidíme mozkiem, ne očima,“ říká mi.

Jeho výrok odporuje představě zdravého rozumu, že vidíme očima, slyšíme ušima, chutnáme jazykem, čicháme nosem a cítíme kůží. Kdo by zpochybňoval taková fakta? Ale podle Bach-y-Rity naše oči toliko zaznamenávají změny ve světelné energii; jsou to naše mozky, které vnímají, a proto i vidí.

Jak přichází vjem do mozku, není pro Bach-y-Ritu důležité. „Když jde slepec s holí, pohybuje jí dopředu a dozadu a má jen špičku hole, tedy jediný bod, který mu dodává informace skrze receptory v pokožce ruky. Tohle mávání holí mu však pomáhá určit, kde je práh dveří či židle, nebo rozlišit její nohu, když na ni narazí, protože se trochu posune. Tyhle informace potom použije k tomu, aby došel k židli a posadil se na ni. Je to jeho ruka, z jejíchž receptorů získává informace a kterou je propojen s holí; to, co *subjektivně* vnímá, však není tlak hole do jeho dlaně, nýbrž rozvržení místnosti: židle, zdi, nohy, trojdimenzionální prostor. Povrch receptorů v dlani se ve skutečnosti stává pouze vysílačem informací, datovým portem. V tomto procesu povrch receptorů ztrácí svou identitu.“

Bach-y-Rita zjistil, že kůže a její hmatové receptory mohou zastupovat sítnici, protože jak pokožka, tak sítnice jsou dvojdimenzionální vrstvy pokryté smyslovými receptory, které umožňují, aby se na nich vytvořily „obrazy“.

Jedna věc je najít nový datový port nebo způsob, jak dostat smyslové vjemy do mozku. Druhá věc však je, že mozek musí tyto hmatové vjemy dekódovat a proměnit je v obrazy. Aby to dokázal, musí se mozek naučit něco nového a část mozku věnovaná zpracování hmatových vjemů se musí adaptovat na nový druh signálů. Tato adaptabilita znamená, že mozek dokáže reorganizovat svůj systém pro smyslové vjemy – je plastický.

Jestliže mozek dokáže reorganizovat sám sebe, prostý lokalizacionismus zkrátka nemůže být správným modelem mozku. Zpočátku byl i Bach-y-Rita lokalizacionista a řídil se podle oslnivých úspěchů této koncepce. Koncept seriózního lokalizacionismu byl poprvé předložen roku 1861, kdy chirurg Paul Broca objevil pacienta po mozkové příhodě, jenž ztratil schopnost mluvit

a dokázal vyslovit pouze jediné slovo. Ať se ho ptali na cokoliv, nešťastný muž odpovídal „tan, tan“. Po jeho smrti podrobil Broca jeho mozek pitvě a objevil poškozenou tkáň v levém frontálním laloku. Skeptikové pochybovali o tom, že by řeč mohla být lokalizována do jediné části mozku, dokud jim Broca neukázal poraněnou tkáň; později psal o dalších pacientech, kteří ztratili schopnost mluvit a měli poškození v téže oblasti. Toto místo se začalo nazývat „Brocovo centrum“ a předpokládalo se, že právě tato část mozku koordinuje pohyby svalů ve rtech a jazyku. Brzy nato další lékař, Carl Wernicke, spojil poškození v jiné části mozku o kousek dál s odlišným problémem: neschopností porozumět řeči. Wernicke prohlásil, že tato poškozená oblast zodpovídá za mentální reprezentace slov a schopnost porozumění. Dostala název „Wernickeovo centrum“. Po dalších sto let se lokalizacionismus stával konkrétnějším, jak nové výzkumy zdokonalovaly mapu mozku.

Bohužel se však argumenty pro lokalizacionismus začaly brzy zveličovat. Z řady fascinujících korelací (pozorování, jak poškození specifické oblasti mozku vede ke ztrátě specifické duševní funkce) se stala všeobecná teorie hlásající, že každá funkce má v mozku pouze jediné, pevně zapojené umístění. Tuto myšlenku lze shrnout do fráze „jedna funkce, jedna lokace“, která vyjadřuje, že je-li poškozena jedna část, mozek není schopen přeorganizovat sám sebe, aby ztracenou funkci získal nazpátek.

Pro plasticitu začalo období temna a veškeré námitky proti ideji „jedna funkce, jedna lokace“ byly přehlíženy. Roku 1868 Jules Cotard studoval případy dětí, které prodělaly mozkovou chorobu, během níž byla těžce postižena jejich levá mozková hemisféra (včetně Brocova centra). Jenže tyto děti mohly i nadále normálně mluvit. To znamená, že i kdyby existoval sklon mozku zpracovávat řeč v levé hemisféře, jak prohlašoval Broca, mozek je možná dostatečně plastický, aby dokázal přeorganizovat sebe sama, je-li to nutné. V roce 1876 Otto Soltmann odebral mláďatům psů a králíků motorickou kůru – část mozku, která podle mínění vědců zodpovídá za pohyb – a zjistil, že zvířata byla přesto nadále schopna pohybu. Tyto objevy se však brzy utopily ve vlnách lokalizacionistického nadšení.

Bach-y-Rita začal o lokalizacionismu pochybovat během svého pobytu v Německu na počátku 60. let. Připojil se k týmu, který studoval fungování zraku tak, že měřil pomocí elektrod elektrické výboje v oblasti zpracování zrakových vjemů v mozku kočky. Tým bezvýhradně očekával, že ukážou-li kočce obrázky, elektroda v její oblasti zpracování vizuálních vjemů zaznamená elektrický impulz, což dokáže, že kočka obraz zpracovává. A to se také stalo. Když však někdo náhodou pohlídl kočku po tlapce, vizuální centrum

se rovněž aktivovalo, čímž se ukázalo, že tato oblast zpracovává i hmatové vjemy. A nakonec vědci zjistili, že vizuální centrum bylo aktivní i tehdy, když kočka slyšela zvuky.

Bach-y-Rita začínal docházet k přesvědčení, že lokalizacionistická idea „jedné funkce, jedné lokace“ nemůže být pravdivá. „Vizuální“ část kočičího mozku zpracovávala přinejmenším dvě další funkce, hmat a sluch. Dospěl k názoru, že **mnoho oblastí mozku je „polysenzorických“ – tedy že smyslové oblasti jsou schopné zpracovávat signály z více než jednoho smyslu.**

To je možné díky tomu, že veškeré naše smyslové receptory převádějí různé druhy energie z vnějšího světa, bez ohledu na její zdroj, do elektrických vzorců, které se pak vysílají po našich nervech. Tyto elektrické obrazy představují univerzální jazyk, kterým se „hovoří“ uvnitř mozku – uvnitř našich neuronů se nepohybují žádné vizuální obrazy, zvuky, vůně nebo pocity. Bach-y-Rita si uvědomil, že oblasti, jež zpracovávají tyto elektrické impulzy, jsou daleko homogennější, než si vědci uvědomovali, a tento jeho názor se ještě utvrdil, když neurovědec Vernon Mountcastle objevil, že vizuální, auditivní i senzorická kůra mají velmi podobnou šestivrstvou strukturu fungování. Pro Bach-y-Ritu to znamenalo, že jakákoliv část mozkové kůry by měla být schopna zpracovat jakékoliv elektrické signály, které jsou do ní vyslány, a že jednotlivé moduly našeho mozku vůbec nejsou tak úzce specializované.

Během několika dalších let začal Bach-y-Rita studovat všechny námitky proti lokalizacionismu. Se svou znalostí jazyků se zanořil do nikdy nepřeložené starší vědecké literatury a znovuobjevil vědeckou práci vykonanou dříve, než se ujala mnohem rigidnější podoba lokalizacionismu. Objevil dílo Marie-Jean-Pierra Flourense, jenž ve 20. letech 19. století prokázal, že mozek dokáže reorganizovat sám sebe. Přečetl si často citovanou, ale zřídka překládanou Brocovu práci ve francouzštině a odhalil, že dokonce ani Broca nezavřel dveře plasticitě tak, jak to učinili jeho následovníci.

Úspěch stroje na taktilní vidění dále inspiroval Bach-y-Ritu, aby znovu přehodnotil svou představu lidského mozku. Koneckonců oním zázrakem nebyl jeho stroj, nýbrž mozek, jenž byl živý, proměnlivý a adaptoval se na nové druhy umělých signálů. Bach-y-Rita odhadoval, že jako součást reorganizace byly signály z hmatového smyslu (původně zpracovávané v senzorické kůře v horní části mozku) převedeny do vizuální kůry v zadní části mozku k dalšímu zpracování, což znamená, že veškeré nervové dráhy vedoucí od pokožky až k vizuální kůře prošly určitým vývojem.

O čtyřicet let později, právě když se království lokalizace zmáhalo ke svým nejúspěšnějším výsledkům, zahájil Bach-y-Rita svůj protest. Uznával úspěchy lokalizacionistických vědců, ale prohlašoval, že „velké množství důkazů naznačuje, že mozek vykazuje jak motorickou, tak senzoryckou plasticitu.“ Publikaci jedné z jeho studií zamítlo šest časopisů po sobě, ne proto, že by důkazy byly diskutabilní, ale proto, že se vědec odvážil vložit slovo „plasticita“ do názvu. Poté, co vyšel jeho článek v *Nature*, pozval ho k sobě na čaj jeho milovaný učitel Ragnar Granit, jenž v roce 1965 obdržel za svůj výzkum sítnice Nobelovu cenu za fyziologii a který zařídil publikování Bach-y-Ritovy diplomové práce ze studia medicíny. Granit požádal svou manželku, aby odešla z místnosti, a poté, co ocenil Bach-y-Ritovu práci o očních svalech, se ho zeptal, proč plýtvá svým časem s „tou hračkou pro dospělé“. Bach-y-Rita přesto vytrval, prostřednictvím řady knih a několika stovek článků dál předkládal důkazy o tom, že mozek je plastický, a začal vyvíjet teorii, která by vysvětlila, jak přesně tyto procesy probíhají.

Bach-y-Ritovým nehlubším zájmem se stalo vysvětlování mozkové plasticity, pokračoval však ve vynalézání zařízení pro smyslovou substituci. Spolupracoval s inženýry na zmenšování zařízení pro nevidomé, kombinujícího zubařské křeslo s počítačem a kamerami. Nemotorná, těžká deska s vibračními stimulatory připevněná k opěradlu byla teď nahrazena tenoučkým proužkem plastu pokrytým elektrodami o šířce stříbrného dolaru, která se pokládala na jazyk. Jazyk je něco, co Bach-y-Rita nazývá ideálním „rozhraním mozek-stroj“, znamenitou vstupní branou do mozku, protože na sobě nemá žádnou necitlivou vrstvu nebo mrtvou tkáň. Také samotný počítač se radikálně zmenšil a kamera, kdysi o velikosti cestovního kufru, se teď dala nosit připevněná k obroučkám brýlí.

Bach-y-Rita pracoval i na dalších vynálezech senzorycké substituce. Dostal finanční podporu od NASA, aby vyvinul elektronickou „citlivou“ rukavici pro astronauty ve vesmíru. Stávající vesmírné rukavice byly tak silné, že pro astronauty bylo velice obtížné cítit přes ně malé předměty nebo dělat jemné pohyby. Na vnější stranu rukavic proto Bach-y-Rita umístil elektrické senzory, jež přenášely elektrické signály na povrchu ruky. To, co zjistil při vývoji těchto rukavic, použil při vynalézání podobného nástroje pro lidi s leprou, jejichž choroba poškozuje kůži a ničí periferní nervstvo, takže malomocní ztrácejí cit v rukách. Tyto rukavice, podobně jako u astronautů, měly na vnější straně senzory a vysílaly signály do zdravé části pokožky – daleko od postižených rukou – jejíž nervy byly nepoškozené.

Zdravá pokožka se stala vstupní branou pro hmatové vjemy rukou. Potom začal Bach-y-Rita pracovat na rukavicích, které by umožnily nevidomým číst počítačové monitory, a dokonce vytvořil návrh kondomu, který, jak doufal, by umožnil obětem poranění míchy, které neměly cít v penisu, prožívat orgasmus. Tento vynález byl založen na předpokladu, že sexuální vzrušení, stejně jako jiné smyslové zkušenosti, se ve skutečnosti nachází „v mozku“, takže vjemy sexuálních pohybů, zachycené senzory na kondomu, lze přeložit do elektrických impulzů, které jsou přenášeny do té části mozku, jež zpracovává sexuální vzrušení. Další potenciální využití Bach-y-Ritova díla zahrnovalo vytváření „supersmyslů“ u lidí, jako např. infračervené nebo noční vidění. Pro speciální jednotky amerického námořnictva Navy SEALs vyvinul zařízení, které jim pomáhá rozpoznávat pod vodou orientaci jejich těla, a jiný aparát, úspěšně testovaný ve Francii, který sděluje chirurgům přesnou polohu skalpelu tím, že vysílá signály z elektrického senzoru připojeného ke skalpelu do malého zařízení připojeného k jejich jazyku a mozku.

* * *

Počátky Bach-y-Ritova porozumění rehabilitaci mozku leží v dramatickém zotavování jeho vlastního otce, katalánského básníka a vzdělance Pedra Bach-y-Rity, po těžké mozkové příhodě. V roce 1959 prodělal Pedro, tehdy pětášedesátiletý vdovec, mozkovou mrtvici, která znehýbnila jeho tvář a polovinu těla a připravila ho o schopnost mluvit.

George, Paulův bratr, dnes psychiatr v Kalifornii, dostal od lékařů informaci, že jeho otec nemá naději na úplné uzdravení a bylo by moudré svěřit ho do péče nějakého ústavu. George, tehdy student medicíny v Mexiku, však místo toho převezl ochrnutého otce z New Yorku, kde žil, zpátky k sobě do Mexika. Nejprve se pro něj pokoušel zařídit rehabilitaci v American British Hospital, která však nabízela pouze typickou čtyřtýdenní kúru, protože nikdo nevěřil, že by mozek mohl profitovat z rozšířené léčby. O čtyři týdny později na tom jeho otec nebyl o nic lépe. Byl stále bezmocný a potřeboval někoho, kdo ho posadí na záchod a osprchuje, v čemž Georgovi pomáhal jeho zahradník.

„Naštěstí byl otec malý, vážil jen pětapadesát kilogramů, takže jsme to dokázali zvládnout,“ vzpomíná George.

George tehdy nevěděl o rehabilitaci nic a jeho nevědomost se proměnila v požehnání: dokázal totiž porušit všechny její tehdejší zásady, protože nebyl zatížen pesimismem jejích teorií.

„Rozhodl jsem se, že místo abych tátů učil chodit, naučím ho nejprve lézt. Řekl jsem mu: ‚Když ses narodil, začal jsi plazením, tak se teď budeš chvíli plazit znovu.‘ Obstarali jsme mu chrániče kolen. Zpočátku jsme se snažili udržet ho na všech čtyřech, ale ruce a nohy ho podpíraly jen málo, takže to byl těžký boj.“ Jakmile se Pedro dokázal trochu podpírat, George ho začal učit lézt tak, aby se slabší rameno a paže opíraly o zeď. „Tohle plazení podél zdi trvalo celé měsíce. Potom jsem tátů přiměl trénovat na zahradě, což vedlo k problémům se sousedy, kteří si stěžovali, že to není hezké, že je nepatřičné nechat profesora plazit se jako psa. Jediný model, který jsem měl, však byl způsob, jak se učí chodit malé děti. A tak jsme si hráli hry na podlaze, kdy jsem mu posílal kuličky a on je měl chytat. Nebo jsme házeli na podlahu mince a on je měl zkoušet zvednout svou slabou pravou rukou. Všechno, co jsme zkoušeli, vlastně proměňovalo běžné každodenní zkušenosti v trénink. Měli jsme cvičení i z mytí nádobí. Otec držel hrnec ve své dobré ruce a tou slabou – byla málo citlivá a dělala spastické, šubavé pohyby – kroužil kolem něj, patnáct minut po směru hodinových ručiček a patnácti minut proti. Obvod hrnce usměrňoval pohyb jeho ruky. Byly to krůčky, z nichž každý o něco přesahoval ten předchozí, a tátovi se kousek po kousku dařilo lépe. Po nějaké době mi začal s plánováním svých cvičení pomáhat. Chtěl dospět až k bodu, kde se dokáže sám posadit a najíst se mnou a dalšími studenty medicíny.“ Tento režim zabral každý den mnoho hodin práce, Pedro však postupně dospíval od plazení, pohybování koleny, po stání a nakonec i k chůzi.

Pedro také sám usiloval o řeč a asi po třech měsících se začaly objevovat náznaky, že i ona se začíná navracet. Po mnoha měsících se chtěl začít vracet k psaní. Sedával před psacím strojem, prostředník nad požadovanou klávesou, a nechal spadnout celou paži, aby do písmena udeřil. Když ovládl tohle, nechával spadnout pouze zápěstí a nakonec jen prsty – vždycky jeden. Nakonec se naučil psát zase normálně.

Na konci roku byl teď osmašedesátiletý Pedro natolik zotavený, že mohl začít znovu učit na plný úvazek na City College v New Yorku. Svou práci velice miloval a vykonával ji až do sedmdesáti let, kdy šel do penze. Poté získal jinou práci profesora na státní univerzitě v San Francisku, znovu se oženil a dál pracoval, cestoval a trampoval. Po mozkové mrtvici žil ještě sedm let aktivním životem. Na návštěvě přátel v kolumbijské Bogotě se vydal na túru vysoko do hor. Ve třech tisících metrů nad mořem dostal srdeční infarkt a krátce nato zemřel. Bylo mu dvaasedmdesát let.

Zeptal jsem se George, jestli chápal, jak neobvyklé bylo tohle zotavení po takové době od otcovy mozkové příhody, a jestli si tenkrát uvědomoval, že uzdravení mohlo být důsledkem mozkové plasticity.

„Viděl jsem to jen z té strany, že se starám o tátu. Ale Paul o tom v pozdějších letech začal mluvit v souvislosti s neuroplasticitou. Ne ale hned. Bylo to až po otcově smrti.“

Pedrovo tělo bylo převezeno do San Franciska, kde Paul pracoval. Psal se rok 1965 a v této době, předcházející moderním metodám snímání mozku, představovaly pitvy běžnou praxi, neboť to byl jediný způsob, jak se lékaři mohli dozvědět víc o mozkových chorobách a o tom, proč pacient zemřel. Paul požádal o provedení pitvy doktorku Mary Jane Aguilar.

„O pár dní později mi Mary Jane zavolala a řekla: ‚Paule, přijď ke mně dolů. Musím ti něco ukázat.‘ Když jsem dorazil do staré Stanfordské nemocnice, na stole byly rozložené řezy mozkiem mého otce.“

Paul oněměl.

„Pocítoval jsem silný odpor, ale viděl jsem zároveň rozčilení Mary Jane: řezy mozkiem totiž ukázaly, že otci zůstala po mrtvici velická léze, která se nikdy nezahojila, přestože otec znovu nabyl všechny ty funkce. Byl jsem rozčilený. Ochromilo mě to. Říkal jsem si, podívejme na všechna ta poškození. A Mary Jane řekla: ‚Jak je možné se uzdravit navzdory takhle rozsáhlému poškození?‘“

Když se Paul podíval pozorněji, všiml si, že sedm let stará léze v mozku jeho otce leží převážně v mozkovém kmenu – části mozku uložené nejbliž k páteřní míše – a že mozková příhoda poničila také další významná mozková centra v kůře, která kontrolují pohyb. Devadesát sedm procent nervů spojujících mozkovou kůru s míchou bylo zničeno – katastrofální poškození, které způsobilo Pedrovo ochrnutí.

„Pochopil jsem, že to znamená, že jeho mozek během té práce, kterou dělal s otcem George, nějakým způsobem totálně přeorganizoval sebe sama. Až do této chvíle jsme netušili, jak pozoruhodné jeho zotavení bylo, protože jsme neměli ponětí o velikosti mozkové léze; v té době neexistovaly snímky mozku. Pokud se lidé po mozkové příhodě uzdravili, měli jsme tendenci předpokládat, že ve skutečnosti nedošlo k tak rozsáhlému poškození. Mary Jane po mně chtěla, abych byl spoluautorem článku, který napíše o otcově případě. Ale já nemohl.“

Příběh Paulova otce byl přímým důkazem toho, že k „pozdnímu“ zotavení může dojít dokonce i přes masivní poškození a u starší osoby. Po ohledání léze a přezkoumání literatury však Paul našel mnohem víc důkazů, že mozek dokáže reorganizovat sebe sama, aby znovu nabyl funkce po ničivých

mozkových příhodách; objevil, že v roce 1915 americký psycholog Shepherd Ivory Franz prokázal, že pacienti ochrnutí po dvacet let byli schopni pozdního zotavení pomocí cvičení ke stimulaci mozku.

„Pozdní zotavení“ jeho otce odstartovalo změnu Bach-y-Ritovy kariéry. Ve čtyřiceti čtyřech letech se navrátil k medicínské praxi a zahájil lékařské stáže v oblasti neurologie a rehabilitační medicíny. Pochopil, že **aby se pacienti zotavili, potřebují být**, podobně jako jeho otec, **motivováni cvičeními, která co nejvíce napodobují každodenní aktivity skutečného života**.

Obrátil svou pozornost k uzdravování pacientů po mozkových příhodách, zaměřil se na „pozdní rehabilitaci“; pomáhal lidem zdolávat vážné neurologické problémy celé roky poté, co u nich začaly, a vyvíjel počítačové videohry, s jejichž pomocí trénoval pacienty po mrtvici, aby začali znovu pohybovat pažemi. To, co věděl o plasticitě, začal zapojovat do návrhů cvičení. Tradiční rehabilitační cvičení končívala typicky po několika týdnech, kdy se pacient přestal zlepšovat, či se „stabilizoval na nejvyšší možné úrovni“, a lékaři proto ztratili motivaci pokračovat. Bach-y-Rita, vycházející ze svých znalostí nervového růstu, však začal zastávat stanovisko, že tyto „nejvyšší možné úrovně“ učení jsou dočasné, jakožto součásti učebního cyklu založeného na plasticitě, v němž se střídají stadia učení s obdobími upevňování, konsolidace. Přestože během stadií konsolidace nedochází k viditelnému pokroku, dochází k vnitřním biologickým změnám, jak se nové dovednosti automatizují a zdokonalují.

Bach-y-Rita vyvinul program pro lidi s poškozenými motorickými nervy v obličeji, kteří nemohli hýbat obličejovým svalstvem, nebyli schopni zavřít oči, srozumitelně mluvit nebo vyjadřovat své pocity, a tak vypadali jako nestvůrní roboti. Bach-y-Rita chirurgicky připojil jeden ze „zvláštních“ nervů, jenž vede normálně do jazyka, k obličejovým svalům pacienta. Potom vymyslel program mozkového cvičení, jehož účelem je, aby se „jazykový nerv“ (a zejména část mozku, která jej kontroluje) naučil sloužit jako obličejový nerv. Tito pacienti se naučili obličejem normálně vyjadřovat emoce, mluvit a zavírat oči – další ukázka Bach-y-Ritovy schopnosti „propojit cokoliv s čímkoliv“.

Třiatřicet let po publikování Bach-y-Ritova článku v časopisu *Nature* podrobili vědci, s použitím maličké moderní verze jeho stroje na taktilní vidění,

pacienty snímkování mozku a potvrdili, že taktilní obrazy, jež vcházejí do pacientů skrze jazyky, jsou skutečně zpracovávány ve vizuální kůře jejich mozků.

Veškeré pochybnosti o tom, že naše smysly lze „přepojit“, nedávno rozptýlil jeden z nejúžasnějších experimentů naší doby z oblasti plasticity. Zahrnoval propojení ne hmatových a zrakových drah, jak to udělal Bach-y-Rita, nýbrž drah pro sluch a zrak – a to doslova. Neurovědec Mriganka Sur takto chirurgicky přepojil mozek velmi mladé fretky. Optické nervy vedou normálně od očí do vizuální kůry, Sur však chirurgicky přeměroval optické nervy z vizuální do auditivní, sluchové kůry fretky a odhalil, že fretka se přesto naučila vidět. S použitím elektrod vložených do jejího mozku Sur prokázal, že když se fretka dívala, neurony v její sluchové kůře byly aktivní a prováděly vizuální zpracování vjemů. Sluchová kůra, natolik plastická, jak se Bach-y-Rita vždycky domníval, přeorganizovala sebe sama, takže nabyla strukturu kůry vizuální. Fretky po tomto zákroku neměly ostrost vidění 20/20, ale asi jen třetinovou, 20/60 – tedy o nic horší než někteří lidé, kteří nosí brýle.

Až donedávna se podobné proměny zdály zcela nevysvětlitelné. Ale Bach-y-Rita, když prokázal, že naše mozky jsou daleko flexibilnější, než připouští koncept lokalizacionismu, pomohl prosadit pravdivější pohled na mozek, jenž dovoluje takovéto změny. Před tím, než vykonal tuto práci, bylo zcela běžné říkat – a mnozí neurovědci to také dělali – že máme v týlním (okcipitálním) laloku „vizuální kůru“, která zpracovává vidění, a v temporálním (spánkovém) laloku „sluchovou kůru“, jež odpovídá za slyšení. Díky Bach-y-Ritovi jsme zjistili, že záležitost je složitější a že tyto oblasti mozku jsou vlastně plastické procesory vzájemně propojené a schopné zpracovávat vstupní data neočekávané rozmanitosti.

Cheryl nebyla jediným člověkem, který měl užitek ze zvláštní přilby Bach-y-Rity. Tým od té doby použil zařízení k tréninku zlepšení rovnováhy a chůze dalších padesáti pacientů. Někteří měli totéž poškození jako Cheryl; jiní prodělali úraz mozku, náhlou mozkovou příhodu nebo trpěli Parkinsonovou chorobou.

Největší význam Bach-y-Rity však spočívá ve skutečnosti, že byl prvním z nové generace neurovědců, kteří pochopili, že mozek je plastický, a tuto vědomost využili praktickým způsobem k tomu, aby ulehčili lidskému utrpení. Celým Bach-y-Ritovým dílem se prolíná myšlenka, že **my všichni jsme se narodili s daleko adaptabilnějším, univerzálnějším, přizpůsobivějším mozkem, než jsme tušili.**

Změny ve chvíli, kdy si Cherylin mozek vyvinul obnovený vestibulární smysl – nebo kdy si mozky nevidomých lidí vyvinuly nové dráhy a naučily se rozpoznávat objekty, perspektivu nebo pohyb – nebyly tajemnou výjimkou z pravidla, nýbrž pravidlem samotným: senzoričká kůra je plastická a přizpůsobivá. Když se Cherylin mozek naučil reagovat na umělý receptor, jenž nahradil ten původní, poškozený, neprovedl vlastně nic výjimečného. Bach-y-Ritova práce v poslední době inspirovala kognitivního vědce Andyho Clarka k vtipnému prohlášení, že my lidé jsme „přirození kyborgové“, kterým míní, že plasticita mozku nám dovoluje vázat se na stroje jako počítače a elektronické nástroje zcela přirozeným způsobem. Naše mozky však restrukturalizují sebe sama i v odpovědi na vstup z toho nejjednoduššího nástroje, jako je slepecká hůl. Plasticita je koneckonců vlastnost, již má mozek propůjčenou již od prehistorických dob. Mozek je mnohem otevřenější systém, než jsme si kdy dokázali představit, a příroda zašla nesmírně daleko, aby nám pomohla zaznamenávat a vnímat svět, jenž nás obklopuje. Dala nám mozek, který přežívá v proměnlivém světě tak, že proměňuje sebe sama.

2

VYBUDOVAT SI LEPŠÍ MOZEK

ŽENA OZNAČENÁ ZA „RETARDOVANOU“ OBJEVUJE,
JAK SE VYLÉČIT

Když vědci učiní významné objevy o mozku, často dochází k tomu, že lidé, jejichž vlastní mozky jsou výjimečné, pracují s lidmi, jejichž mozky jsou poškozené. Je velmi vzácné, když někdo, kdo odhalí něco významného, je právě osoba s nějakou poruchou v mozku; existují však výjimky. Barbara Arrowsmith Youngová je jednou z nich.

„Asymetrie“ je slovo, které nejlépe vystihuje její intelekt v době, kdy byla školáčkou. Narodila se roku 1951 v Torontu a vyrůstala v Peterborough v Ontariu. V některých oblastech vykazovala jako dítě genialitu – v testech dosáhla její sluchová i zraková paměť 99. percentilu. Její frontální laloky byly pozoruhodně vyvinuté, z čehož pramenila její neústupná houževnatost. Její mozek byl však „asymetrický“, což znamená, že tyto výjimečné schopnosti se u ní mísily s oblastmi retardace.

Tato asymetrie zanechala své chaotické stopy rovněž na Barbařině těle. Její matka si z toho dělala legraci: „Porodník tě musel vytáhnout za pravou nohu!“ Její pravá dolní končetina byla delší než levá, což způsobilo posunutí pánve. Pravá paže se nikdy nenarovnala, pravá strana těla byla celkově větší než levá, levé oko méně čilé než pravé. Také Barbařina páteř byla asymetrická a zdeformovaná skoliózou.

Barbara měla matoucí skupinu vážných poruch učení. Oblast jejího mozku věnovaná řeči, Brocovo centrum, nepracovala správně, a tak měla potíže s vyslovováním slov. Barbara také postrádala schopnost prostorového myšlení. Když chceme pohybovat svým tělem v prostoru, používáme prostorové myšlení k vybudování pomyslné dráhy v hlavě dřív, než začneme vykonávat samotný pohyb. Prostorové myšlení je významné pro lezoucí dítě, dentistu vrtajícího zub i hokejistu, jenž plánuje svou další akci. Když byly Barbaře tři roky, chtěla si hrát na matadora a býka. Ona byla býk a auto na příjezdové cestě byla pláštěnka matadora. Vyrazila, s úmyslem zatočit a vyhnout se autu, nesprávně však odhadla prostor, narazila do auta a rozrazila si hlavu. Její matka mi později řekla, že by v té době byla bývala překvapená, kdyby věděla, že se Barbara dožije příštího roku.

Prostorové myšlení je rovněž nezbytné pro vytváření mentální mapy toho, kde jsou různé věci. Tento typ uvažování využíváme k uspořádání svých pracovních stolů nebo k zapamatování, kde jsme si nechali klíče. Barbara neustále něco ztrácela. Bez mentální mapy věcí v prostoru znamená pryč z dohledu doslova totéž co zapomenutý. Proto Barbara musela mít všechno, s čím si hrála nebo na čem pracovala, neustále na hromádkách před sebou a všechny její skříně a zásuvky musely být stále otevřené. Venku pokaždé zabloudila.

Měla také „kinestetický“ problém. Kinestetické vnímání nám umožňuje uvědomovat si, kde v prostoru se nachází naše tělo a končetiny, díky čemuž jsme schopni řídit a koordinovat své pohyby. Pomáhá nám také rozeznávat předměty dotykem. Barbara však nikdy nedokázala říct, jak daleko se pohnuly její paže nebo nohy na levé straně těla. Přestože byla duchem rozpustilá děvče, navenek byla nesmírně nemotorná. Nedokázala držet v levé ruce hrnek džusu, aniž by ho vylila. Často zakopávala a klopýtala. Schody pro ni byly něco vrcholně zákeřného. Na levé straně těla měla oslabenou citlivost, a tudíž neustále plno modřin. Když se nakonec naučila řídit auto, neustále nabourávala jeho levou stranu.

Barbara měla také poruchu zraku. Její zorný úhel byl tak úzký, že když se dívala na stránku potíštěnou písmem, mohla v jednu chvíli vnímat jen několik písmen.

To ale nebyly její největší slabiny. Jelikož část jejího mozku, která pomáhá porozumět vztahům mezi symboly, nefungovala normálně, Barbara měla problémy chápat gramatiku, matematické pojmy, logiku, příčinu a následek. Nedokázala poznat rozdíl mezi „otcovým bratrem“ a „bratrovým otcem“. Rozluštit dvojité zápor pro ni bylo nemožné. Nedokázala číst hodiny, protože nemohla pochopit vztah mezi ručičkami. Doslova neuměla rozlišit levou ruku od pravé, nejen proto, že jí chyběla prostorová mapa, ale i proto, že zkrátka nedokázala porozumět vztahu mezi „levou“ a „pravou“. Vztahovat jeden symbol k druhému se mohla naučit jen s vynaložením mimořádného duševního úsilí a díky neustálému opakování.

Zaměňovala b a d, q a p, „šel“ četla jako „leš“ a četla i psala zprava doleva, což je porucha zvaná zrcadlové psaní. Její dominantní rukou byla pravá, ale protože psala zprava, veškerou práci si rozmazala. Učitelé ji považovali za neukázněnou a problémovou. Protože byla také dyslektička, dělala někdy ve čtení chyby, které jí značně komplikovaly život. Její bratři si uchovávali kyselinu sírovou na experimenty v Barbařině staré lahvičce na nosní kapky. Jednou, když se Barbara rozhodla ulevit si od rýmy, nesprávně přečetla novou etiketu, kterou bratři napsali. Ležela pak v posteli s kyselinou pronikající do nosních dutin a příliš se styděla, než aby matce řekla o této nehodě.

Protože nechápala vztah mezi příčinou a následkem, dělala společensky podivné věci, neboť si nedokázala spojit chování a jeho následky. V mateřské škole nedokázala pochopit, když jsou její bratři ve stejné školce, proč nemůže odejít ze své třídy a navštívit tu jejich, kdykoli se jí zachce. Dokázala si zapamatovat matematické postupy, neuměla však porozumět matematickým pojmům. Vzpomněla si, že pět krát pět je dvacet pět, ale nechápala proč. Učitelé na to reagovali dáváním zvláštních cvičení a její tatínek strávil hodiny

vysvětlováním – bez výsledku. Maminka vytvořila kartičky s jednoduchými matematickými úlohami. Protože je Barbara nedokázala vyřešit, našla si místo k sezení, odkud slunce prosvěcovalo papír, takže mohla přečíst odpovědi ze zadní strany. Pokusy o nápravu však nikdy nepronikly ke kořenům problému: jen učinily situaci ještě trýznivější.

V zoufalé snaze prospívat dokázala Barbara absolvovat základní školu tak, že se učila věci nazpaměť během přestávky na oběd a po škole. Na střední škole byly její výkony extrémně kolísavé. Naučila se používat paměť ke kompenzování svých deficitů a díky tréninku si dokázala zapamatovat celé stránky fakt. Před testy se modlila, aby byly založené na faktech, protože tehdy byl její výsledek stoprocentní. U zkoušek založených na porozumění vztahům dosahovala jen několika málo procent.

Barbara nechápala nic v reálném čase, ale vždycky až s nějakým zpožděním. Protože nerozuměla, co se kolem ní děje, v té chvíli, kdy se to dělo, trávila hodiny zkoumáním minulosti, aby dala dohromady její zmatené útržky a učinila ji tak srozumitelnou. Jednoduché rozhovory, dialogy z filmů nebo slova písní si musela dvacetkrát po sobě přehrávat v hlavě, protože ve chvíli, kdy dospěla ke konci věty, nemohla si vzpomenout, o čem byl její začátek.

Její emocionální vývoj pochopitelně strádal. Protože měla potíže s logikou, mátlý ji rozporuplnosti v řeči nadanějších řečníků, a tak si nikdy nebyla jistá, komu může věřit. Přátelství pro ni bylo obtížnou záležitostí a v jednu dobu nedokázala mít víc než jeden vztah.

Co ji ale soužilo nejvíc, byla neustálá pochybnost a nejistota, již pocítovala v souvislosti se vším. Tušila ve všem nějaký smysl, nikdy si ho však nemohla ověřit. Její heslo znělo „nezvládám“. V duchu si říkala: „Žiju v mlze a svět není o nic pevnější než cukrová vata.“ Tak jako mnoho dětí s vážnými poruchami učení si Barbara začínala myslet, že je možná blázen.

* * *

Barbara vyrůstala v době, kdy pro ni existovalo jen málo možností pomoci.

„V 50. letech, v malém městě jako Peterborough, se o těchhle věcech nemluvilo,“ říká. „Přístup byl takový, že to člověk buď zvládne, nebo ne. Neexistovali učitelé se speciálním vzděláním, konzultace s lékařskými specialisty nebo psychology. Termín ‚poruchy učení‘ se nezačal výrazněji používat ještě dalších dvacet let. Můj učitel na prvním stupni řekl rodičům, že mám ‚mentální blok‘ a nikdy se nebudu učit stejně jako ostatní. To byl ten

nejindividuálnější přístup, jaký byl možný. V té době jste byl buď chytrý, průměrný, pomalý, nebo mentálně retardovaný.“

Ti, kdo byli mentálně retardováni, byli umístěni do „zvláštních tříd“. To ale nebylo to pravé místo pro děvče s geniální pamětí, které excelovalo v testech zaměřených na fakta. Barbařin přítel z dětství Donald Frost, dnes sochař, říká: „Byla ve škole pod neuvěřitelným tlakem. Všichni z rodiny Youngů dosahovali těch nejlepších výkonů. Její otec Jack byl elektroinženýr a vynálezce s čtyřiatřiceti patenty pro Canadian General Electric. Když se vám podařilo odtrhnout ho od knihy, aby se šel navečeřet, byl to malý zázrak. Přístup Barbařiny matky Mary byl: ‚Ty to dokážeš; o tom není pochyb,‘ a ‚Když máš problém, vyřeš ho.‘ Barbara byla vždycky velice citlivá, laskavá a milující,“ pokračuje Frost, „ale své problémy dokázala dobře skrývat. Byly přísně tajné. V poválečných letech panoval smysl pro čest, který znamenal, že ke svým nezpůsobilostem jste nesměl přitahovat pozornost druhých o nic víc než k pupínkům na svém obličejí.“

Barbaru přitahovalo studium dětského vývoje, protože doufala, že jí to pomůže rozřešit vlastní potíže. Během vysokoškolského studia na University of Guelph se u ní opět projevil obrovské nerovnosti v duševních schopnostech. Naštěstí si její učitelé všimli, že má pozoruhodnou schopnost vnímat neverbální signály při pozorování dětí, a tak ji požádali, aby vyučovala jeden z předmětů. Cítila, že někde muselo dojít k chybě. Potom byla přijata na fakultu OISE (Ontario Institute for Studies in Education). Většina studentů si četla vědecké články jednou nebo dvakrát, Barbara si však musela nejčastěji přečíst článek dvacetkrát a k tomu mnoho jeho zdrojů, aby získala alespoň zběžnou představu o jeho významu. Přežívala s čtyřmi hodinami spánku denně.

Protože Barbara v tolika oblastech vynikala a byla takovým mistrem na pozorování dětí, její učitelé na fakultě nemohli uvěřit, že je handicapovaná. Byl to Joshua Cohen, jiný student OISE s nadáním, ale i poruchami učení, kdo jí jako první porozuměl. Řídil malou kliniku pro děti s poruchami učení, která využívala standardních metod, „kompenzace“ založené na všeobecně přijímané teorii té doby: jakmile mozkové buňky odumrou nebo se vyvinou špatně, nelze je obnovit. Kompenzace obcházejí problém. Lidé s potížemi se čtením poslouchají audionahrávky. Ti, kdo jsou „pomalí“, dostanou na testy víc času. Ti, kdo mají problém sledovat argumentaci, mají vybarvovat její hlavní body. Joshua vytvořil pro Barbaru kompenzační program, který jí však připadal příliš časově náročný. Kromě toho její diplomová práce, studie dětí s poruchami učení, které byly léčeny na klinice

OISE, prokázala, že u většiny z nich ve skutečnosti problémy neustoupily. A ona sama měla tolik potíží, že bylo mnohdy těžké nalézt zdravé funkce, které by je dokázaly nahradit. Protože měla tak úžasné úspěchy v rozvoji své paměti, řekla Joshuovi, že si myslí, že musí existovat lepší způsob.

Jednou jí Joshua navrhl, aby se podívala do knih Alexandra Lurii, které právě četl. Barbara se do nich pustila, nesčetněkrát za sebou pročítala obtížnější pasáže, zvláště kapitolu Luriových *Basic Problems of Neurolinguistics* (Základní problémy neurolingvistiky) o lidech po úrazu nebo mozkové příhodě, kteří měli potíže s gramatikou, logikou a čtením hodin. Luria, narozený roku 1902, dospíval v revolučním Rusku. Hluboce se zajímal o psychoanalýzu, souhlasil s Freudem a psal články o psychoanalytické metodě „volných asociací“, při níž pacienti říkají vše, co jim přijde na mysl. Jeho cílem bylo vyvinout objektivní metody ke zhodnocení Freudových myšlenek. Už když mu bylo něco přes dvacet let, vynalezl prototyp detektoru lži. Když začaly velké čistky Stalinovy éry, psychoanalýza se proměnila ve scientia non grata a Luria byl odsouzen. Veřejně se zřekl svého díla, připouští, že udělal jisté „ideologické chyby“. Potom, aby nebyl na očích, se stáhl na lékařskou fakultu.

S psychoanalýzou se ale tak docela nerozloučil. Aniž by přitahoval pozornost ke své práci, včleňoval do neurologie aspekty psychoanalytických metod a psychologie a stal se zakladatelem oboru neuropsychologie. Jeho případové studie, místo stručných charakteristik soustředěných hlavně na symptomy, věnovaly pacientům podrobný popis. Jak napsal Oliver Sacks, „Lurii je co do případových studií, jejich preciznosti, životnosti, bohatství a hloubky detailu možno srovnávat pouze s Freudem.“ Jedna z Luriových knih, *The Man with a Shattered World* (Člověk s roztržitým světem), byla shrnutím a komentářem k deníku pacienta nacházejícího se ve velmi neobvyklém stavu.

Koncem května roku 1943 přišel do Luriovy ordinace v rehabilitační nemocnici, kde Luria pracoval, Comrade Lyova Zazeckij, muž, který působil jako chlapec. Byl to mladý ruský důstojník, zraněný nedávno v bitvě u Smolensku, kde byli chabě vybavení Rusové hnaní proti útočící nacistické válečné mašinerii. Zranila ho střela, jež pronikla hluboko do nitra mozku a masivně poškodila levou stranu jeho hlavy. Dlouhou dobu ležel v komatu. Když se probudil, objevily se velmi neobvyklé symptomy. Střepina se usadila v té části jeho mozku, která nám pomáhá porozumět vztahům mezi symboly. Zazetsky teď nechápal logiku, příčinu a následek nebo prostorové vztahy. Nedokázal rozlišit levou a pravou stranu. Nerozuměl prvkům gramatiky, kde

se nějak uplatňovaly vztahy. Předložky jako „v“, „z“, „před“, „po“, „s“ nebo „bez“ teď pro něj postrádaly smysl. Nedokázal pochopit celé slovo, porozumět celé větě nebo si vybavit celou vzpomínku, protože veškeré tyto činnosti vyžadují spojování symbolů do vztahů. Chápal jen prchavé útržky. Jeho čelní laloky – které mu dovolovaly vyhledávat, co je relevantní, plánovat, vytvářet strategie a záměry a uskutečňovat je – byly neporušené, a tak si své potíže uvědomoval a přál si je zdolat. Ačkoliv nemohl číst, protože čtení je činnost spojená z velké části s vnímáním, mohl psát, protože psaní je záměrná aktivita. Začal si proto psát útržkovitý deník, který nazval *Budu bojovat dál (I'll Fight On)* a který se nakonec rozrostl na tři tisíce stran. „2. března 1943 jsem byl zabit,“ píše, „ale díky jakési životní síle mého organismu zůstalo mé tělo zázračně naživu.“

Luria ho pozoroval přes třicet let a snažil se přijít na způsob, jak Zazetského zranění ovlivnilo jeho duševní aktivity. Stal se svědkem Zazetského neúnavného boje „o život, ne jen pouhou existenci“.

Když si četla Zazetského deník, Barbara si pomyslela: „On popisuje můj život.“

„Věděl jsem, co znamenají slova ‚matka‘ a ‚dcera‘, ale spojení ‚matčina dcera‘ pro mě bylo nepochopitelné,“ psal Zazetsky. „Výrazy ‚matčina dcera‘ a ‚dceřina matka‘ mi zněly úplně stejně. Měl jsem také potíže s úlohami jako ‚Je slon větší než moucha?‘ Všechno, co jsem věděl, bylo, že moucha je malá a slon je velký, ale slovům ‚větší‘ nebo ‚menší‘ jsem nerozuměl.“

Když se díval na film, napsal Zazetsky: „Dříve než jsem měl možnost pochopit, co herci říkají, začala nová scéna.“

Luria začal jeho problém pozvolna chápat. Zazetského střela uvízla v levé hemisféře, na spojnici tří hlavních vjemových oblastí, kde se setkává temporální (spánkový) lalok (který normálně zpracovává zvuk a jazyk), okcipitální (týlní) lalok (jenž normálně zpracovává vizuální obrazy) a parietální (temenní) lalok (který normálně zpracovává prostorové vztahy a sjednocuje informace z různých smyslů). Na tomto rozcestí dochází ke spojení a sloučení vjemových vstupů z těchto tří oblastí. Zatímco Zazetsky dokázal bez problémů vnímat, Luria si uvědomil, že nedokázal spojit své různé vjemy nebo části věcí do celku. Nejdůležitější bylo, že měl velké problémy se vzájemným spojováním množství symbolů, jak to normálně děláme, když myslíme ve slovech. Zazetsky proto často mluvil v malapropismech, tedy zaměňoval slova za jiná, která zněla podobně. Bylo to jako kdyby neměl dostatečně velkou síť, která by uchopovala a udržovala slova a jejich význam, a často nedokázal

spojit slova s jejich významem nebo definicí. Žil mezi útržky a napsal: „Jako bych byl celou dobu v mlze... Vše, co probleskne mou myslí, jsou obrazy... mlhavé představy, které se náhle objeví a stejně náhle zase zmizí... Prostě nedovedu pochopit nebo si zapamatovat, co znamenají.“

Poprvé v životě Barbara uviděla, že její hlavní mozkový deficit má nějaké umístění. Luria jí však neposkytl to jediné, co potřebovala: léčbu. Když si uvědomila, jak „narušená“ ve skutečnosti je, cítila se ještě vyčerpanější a sklíčenější a tušila, že takhle nemůže pokračovat. Na nástupišťích metra začala hledat místo, ze kterého skočit, aby byl účinek co nejjistější.

Právě na tomto místě v jejím životě, když jí bylo dvacet osm let a stále byla na fakultě, se jí dostal do ruky zajímavý článek. Mark Rosenzweig na Kalifornské univerzitě v Berkeley studoval krysy ve stimulujičím a nestimulujičím prostředí a při posmrtných vyšetřeniích objevil, že mozky stimulovalých krys obsahovaly větší množství neurotransmiterů, měly větší hmotnost a byly lépe zásobované krví než mozky krys z méně podnětného prostředí. Byl to jeden z prvních vědců, kteří demonstrovali neuroplasticitu, když ukázal, že **aktivita může zapříčinit změny ve struktuře mozku**.

Pro Barbaru to bylo jako blesk z čistého nebe. Rosenzweig prokázal, že mozek se může změnit. Přestože o tom mnozí pochybovali, pro ni to znamenalo, že kompenzace nemusí být jediným možným řešením. Teď se jí před očima objevila možnost, jak prolomit své nesnáze: propojit Rosenzweigův výzkum s tím Luriovým.

Izolovala se od světa a začala pracovat do úmoru až na hranici vyčerpání, týden po týdnu – jen s krátkými přestávkami na spánek – na mentálních cvičeniích, která sama vymyslela, třebaže neměla žádnou záruku, že k něčemu povedou. Místo trénování kompenzace začala procvičovat svou nejjvýrazněji oslabenou funkci – vztahování řady symbolů jednoho ke druhému. Jedno cvičení zahrnovalo čtení stovek kartiček s hodinami zobrazujícími různé časy. Joshua Cohen jí na zadní strany kartiček napsal správný čas. Kartičky zamíchala, aby si nemohla odpovědi zapamatovat. Vzala si jednu kartu, pokusila se přečíst čas, zkontrolovala odpověď a přešla co možná nejrychleji k další kartičce. Když se jí nedařilo čas přečíst, trávila celé dny s opravdovými hodinami a pomalu pohybujíc ručičkami se snažila pochopit, proč je ve 2.45 hodinová ručička ve třech čtvrtinách cesty k trojce.

Když se jí konečně začalo dařit správně odpovídat, přidala i ručičky pro vteřiny a šedesátiny vteřin. Po mnoha vyčerpávajících týdnech nejenže dokázala číst hodiny rychleji než většina lidí, ale začala pocítovat pokrok

i v jiných problémových oblastech spojených se symboly a poprvé v životě začala chápat gramatiku, matematiku a logiku. Co bylo nejdůležitější, začala chápat, co lidé říkají, už ve chvíli, kdy to řekli. Poprvé v životě začala žít v reálném čase.

Pobízená počátečním úspěchem začala Barbara vymýšlet cvičení k dalším svým problémům – potížím s prostorem, neschopnosti určit, kde jsou její končetiny, k zrakovým vadám – a vypracovala se i v těchto oblastech až na průměrnou úroveň.

Barbara a Joshua se vzali a v roce 1980 otevřeli Arrowsmith School v Torontu. Společně se věnovali výzkumu a Barbara den za dnem pokračovala v provádění mozkových cvičení a řízení školy. Nakonec se zase rozešli a Joshua v roce 2000 zemřel.

Protože jen málo lidí vědělo o neuroplasticitě, akceptovalo ji nebo věřilo, že mozek lze trénovat podobně jako sval, existovalo jen minimum souvislostí, v nichž bylo možné chápat Barbařinu práci. Objevily se jen reakce kritiků, kteří prohlašovali, že její tvrzení – že poruchy učení lze napravovat – nelze podložit důkazy. Ale Barbara měla daleko k tomu, aby se nakazila nejistotou; pokračovala ve vývoji cvičení pro oblasti mozku a funkce, které mají lidé s poruchami učení nejčastěji oslabené. V letech dlouho předtím, než byly k dispozici špičkové mozkové skenery, se Barbara spoléhala na Luriovu práci v otázce, které oblasti mozku obvykle zpracovávají které duševní funkce. Luria si díky práci s pacienty jako Zazetsky vytvořil vlastní mapu mozku. Pozoroval, v jaké lokalitě došlo u vojáka ke zranění, a tuto oblast spojoval s pozbytými mentálními funkcemi. Barbara přišla na to, že poruchy učení jsou často jen slabší verze myšlenkových deficitů objevujících se u Luriových pacientů.

Uchazeči o studium na Arrowsmithově škole – děti i dospělí – podstupují až čtyřicetihodinovou diagnostiku vytvořenou tak, aby přesně určila, které mozkové funkce jsou oslabené a je-li dotyčnému možné pomoci. Přijatí studenti, z nichž mnoho bylo v běžných školách opravdu nešťastných, poklidně pracují u svých počítačů. Někteří s diagnózou poruch pozornosti kombinovaných s poruchami učení užívali v době nástupu do školy Ritalin. Díky provádění cvičení mohli mnozí z nich medikaci vysadit, protože jejich problémy s pozorností jsou teprve sekundárním důsledkem zásadních poruch učení.

V této škole dnes děti, které podobně jako Barbara nebyly schopné číst hodiny, čtou na počítači neuvěřitelné komplexy hodin o deseti ručičkách (nejen pro minuty, hodiny a vteřiny, ale také pro další časové úseky jako dny, měsíce, roky) za pouhých několik vteřin. Sedí klidně, intenzivně se

soustředí, a když dosáhnou dostatečného počtu odpovědí k postupu do další úrovně, vykřikují hlasitě „Jo!“ a monitory jejich počítačů se rozsvěcují ke gratulaci. V době, kdy školu končí, dokážou číst mnohem složitější hodiny než kdokoli z „normálních“ lidí.

U jiných stolů studují děti urdská a perská písmena, aby posílily svou vizuální paměť. Tvary těchto písmen jsou neznámé a mozkové cvičení vyžaduje, aby se studenti naučili rozpoznávat tyto nezvyklé tvary co nejrychleji.

Jiné děti, jako malí piráti, nosí pásku přes levé oko a pilně obkreslují perem složité linie, klikyháky a čínské znaky. Páska přes oko nutí vizuální vstup vcházet do pravého oka a potom do té strany mozku, kde má dítě problém. Tyhle děti se neučí jen lépe psát. Většina z nich přichází se třemi vzájemně souvisejícími problémy: potíží plynule hovořit, úhledně psát a číst. Barbara, podobně jako Luria, věří, že všechny tři tyto problémy způsobuje oslabení mozkové funkce, která nám normálně pomáhá sjednotit a zkombinovat množství pohybů během provádění těchto úkonů.

Když mluvíme, náš mozek proměňuje sled symbolů – písmen a slov dané myšlenky – do sledu pohybů prováděných jazykovým a retním svalstvem. Barbara je, opět ve shodě s Luriou, přesvědčená, že tyto pohyby kombinuje dohromady část mozku zvaná levá premotorická kůra. Já sám jsem několik lidí s oslabením této mozkové funkce poslal do Barbařiny školy. Jeden chlapec s tímto problémem byl neustále frustrován, protože jeho myšlenky přicházely rychleji, než je dokázal proměňovat v řeč, a tak mnohdy vynechal velký kus informací, měl potíže s hledáním slov a mluvil nesouvisle. Byla to velice sociální bytost, jenže se nedokázal vyjádřit, a tak po většinu času mlčel. Když se ho ve škole na něco zeptali, často znal správnou odpověď, ale vyslovit ji mu zabralo tak mučivě dlouhou dobu, že se jevil daleko méně inteligentní, než ve skutečnosti byl, a tak o sobě začínal pochybovat.

Když zapisujeme nějakou myšlenku, naše mozky přitom proměňují slova – což jsou symboly – v pohyby prstů a rukou. Tentýž chlapec měl velmi kostrbaté písmo, neboť jeho kapacita proměňovat symboly v pohyby se snadno přetížila, a tak musel psát pomocí spousty oddělených, malých pohybů místo těch velkých a plynulých. Přestože se snažili naučit ho psát rukopisem, dával přednost tiskacím písmenům. (Jako dospělý lze lidi s tímto problémem mnohdy poznat podle toho, že dávají přednost tiskacímu písmu. Píšeme-li tiskacím, vytváříme každé písmeno zvlášť, pomocí jen několika pohybů tužky, což je pro mozek méně namáhavé. V psacím písmu vytváříme několik písmen zároveň a mozek musí zpracovávat daleko složitější pohyby.) Pro tohoto chlapce bylo psaní zvlášť mučivé, protože často znal správné

odpovědi v testech, ale psal tak pomalu, že je nestihl všechny zaznamenat. Někdy také myslel na jedno slovo, písmeno nebo číslici, ale psal jinou. Takovéto děti bývají často obviňovány z nedbalosti, ve skutečnosti však jejich přetížené mozky vysílají chybné motorické signály.

Žáci s tímto handicapem mívají také potíže se čtením. Normálně když čteme, náš mozek přečte část věty, potom nasměruje oči, aby se na stránce posunuly o tu správnou vzdálenost k přečtení další části věty, což vyžaduje nepřerušovaný sled přesných očních pohybů.

Čtení tohoto chlapce však bylo velmi pomalé, protože přeskakoval slova, ztrácel se v textu a následně ztrácel koncentraci. Čtení pro něj bylo naprosto vysilující. Při zkouškách si často chybně přečetl otázku, a když se pokoušel zkontrolovat své odpovědi, mnohdy přeskočil celé úseky.

Cvičení mozku tohoto chlapce na Arrowsmithově škole zahrnovalo obkreslování složitých linií ke stimulaci neuronů v oslabené premotorické oblasti. Barbara odhalila, že obkreslovací cvičení zlepšují výkony dětí ve všech třech oblastech – řeč, psaní i čtení. V době, kdy tento chlapec ukončoval studium, četl nadprůměrně dobře a poprvé v životě si mohl číst i pro radost. Mluvil spontánněji v delších, ucelených větách a také jeho psaní se zlepšilo.

V Barbařině škole poslouchají někteří žáci zvukové nahrávky a učí se nazpaměť básně, aby zdokonalili svou slabou sluchovou paměť. Takové děti často zapomínají zadání a jsou považovány za nezodpovědné nebo líné, i když ve skutečnosti mají mozkové potíže. Zatímco průměrný člověk si dokáže zapamatovat průměrně sedm nesouvisejících položek (jako sedmi-místné telefonní číslo), tito lidé si zapamatují jen dvě nebo tři. Někteří si zuřivě píší poznámky, aby nezapomínali. V těžších případech nedokážou sledovat text písně od začátku do konce a jsou touto snahou tak přetížení, že zkrátka přestávají vnímat. Někteří mají problémy se zapamatováním nejen mluvené řeči, ale dokonce i vlastních myšlenek, protože jejich myšlení v jazyce je pomalé. Tento deficit je možné napravit cvičeními na mechanické zapamatovávání.

Barbara vyvinula také mozková cvičení pro děti, které jsou sociálně nemotorné, protože mají oslabenou mozkovou funkci umožňující číst neverbální signály. Jiná cvičení se zaměřují na děti s nedostatky v čelním laloku, které bývají impulzivní nebo mají potíže s plánováním, vyvíjením strategií, rozlišováním relevantního od nepodstatného, utvářením cílů a jejich realizací. Často se jeví jako rozvrácené, těkavé a neschopné učit se ze svých chyb. Barbara věří, že mnoho lidí označených za „hysterické“ nebo „asociální“ trpí oslabením této oblasti mozku.

Mozková cvičení mají nedozírný dopad na celý život. Jeden americký absolvent této školy mi řekl, že když do ní ve třinácti letech nastoupil, jeho matematika a čtení byly na úrovni třetí třídy. Po absolvování neuropsychologických testů na Tufts University mu řekli, že nemá naději na zlepšení. Jeho matka ho zkoušela dávat do nejrůznějších škol pro děti s poruchami učení, ale žádná z nich nepomohla. Po třech letech v Arrowsmithově škole četl a počítal na úrovni prvního ročníku střední školy. Teď má za sebou vysokou školu a pracuje v oblasti rizikových investic. Jiný student přišel do Arrowsmith v šestnácti letech a četl jako žák první třídy. Jeho rodiče, oba učitelé, na něm vyzkoušeli veškeré standardní kompenzační techniky. Po čtrnácti měsících na Arrowsmith čte na úrovni sedmé třídy.

Každý z nás má slabší některou z mozkových funkcí, takže takovéto **techniky založené na myšlence neuroplasticity mají obrovský potenciál pomoci prakticky každému**. Naše slabá místa mohou mít nesmírný dopad na náš profesní úspěch, protože většina povolání vyžaduje používání četných mozkových funkcí. Barbara použila mozková cvičení k pomoci talentovanému výtvarníkovi, jenž měl prvotřídní schopnost kreslit i smysl pro barvu, ale jen slabou schopnost rozpoznávat tvary předmětů. (Schopnost rozeznávat tvary závisí na zcela odlišné mozkové funkci než kreslení a vidění barev; je to tatáž schopnost, která dovoluje některým lidem excelovat ve hrách jako je vyhledávání jedné postavičky na stránce plné postaviček. Ženy jsou v této oblasti obvykle zručnější než muži, což zřejmě vysvětluje, proč mají muži větší problémy s nacházením věcí v ledničce.)

Barbara pomohla také jednomu právníkovi, slibnému advokátovi, jenž kvůli deficitu v Brocově řečovém centru podával u soudu jen velmi slabé výkony. Jelikož se zdá, že vynaložení zvláštního duševního úsilí k podpoře oslabené oblasti dokáže zaměstnat i silnější zóny, pro osobu s problémem v Brocově centru může být také obtížnější přemýšlet během mluvení. Po vykonání mnoha mozkových cvičení zaměřených na Brocovo centrum zahájil tento právník úspěšnou kariéru v soudní síni.

Přístup Arrowsmithovy školy – a využívání mozkových cvičení obecně – má zásadní dopady na vzdělání. Je patrné, že mnoho dětí by mělo prospěch z diagnostiky orientované na jednotlivé oblasti mozku, která by odhalila jejich oslabené funkce, a z programu jejich posílení – jde o daleko plodnější přístup než doučování, jež pouze zopakuje školní hodinu a vede k nekonečné

frustraci. **Pokud se posílí „slabé články řetězu“, lidé získávají přístup k dovednostem, jejichž rozvoj byl dříve zablokován,** a pociťují nesmírné osvobození. Jeden můj pacient, než začal provádět cvičení mozku, měl pocit, že je velmi chytrý, ale nedokáže svou inteligenci plně využít. Po dlouhou dobu jsem si myslel, že jeho potíže pramení v první řadě z psychologických konfliktů, jako je strach ze soupeření, a z vytěsněných konfliktů z toho, že předčil své rodiče a sourozence. Takové konflikty skutečně existovaly a bránily mu v rozvoji. Časem jsem ale zjistil, že jeho konflikt spojený s učním – jeho přání vyhnout se mu – je založený hlavně na letech frustrace a na oprávněném strachu ze selhání, vycházejícím z limitů jeho mozku. Jakmile ho arrowsmithská cvičení osvobodila od jeho obtíží, vrozená láska k učení se projevila v plné síle.

Tyto nové objevy v sobě ukrývají velkou ironii: zdá se, že po stovky let pedagogové cítili, že dětský mozek je nutno budovat prostřednictvím cvičení s rostoucí obtížností, která posílí mozkové funkce. V devatenáctém a na počátku dvacátého století klasické vzdělání často zahrnovalo mechanické učení, memorování dlouhých básní v cizích jazycích, které výrazně posiluje sluchovou paměť (a tudíž i myšlení v jazyce), a téměř fanaticky se soustředilo na ruční psaní, které pravděpodobně pomáhalo posilovat motorické schopnosti, a tak prospívalo nejen samotnému rukopisu, ale také zvyšovalo rychlost a plynulost čtení a mluvy. Značná pozornost se věnovala řečnickému umění a zdokonalování výslovnosti slov. V 60. letech 20. století však pedagogové vyřadili tato tradiční cvičení z kurikula, protože byla příliš rigidní, nudná a „irelevantní“. Ztráta tohoto drilu nás však přišla draho: představoval mnohdy jedinou příležitost pro studenty, aby si museli systematicky cvičit mozkové funkce, které nám propůjčují plynulost a nadhled v práci se symboly. Pro nás ostatní přispělo vymizení těchto cvičení k celkovému úpadku řečnické způsobilosti, jež vyžaduje paměť a určitou úroveň auditivní inteligence, jakou má dnes už jen málokdo. V době debat Lincolna a Douglase v roce 1858 dokázali diskutující bez potíží hovořit hodinu nebo déle bez poznámek, v dlouhých naučených odstavcích. Dnes mnoho i těch nejvzdělanějších z nás, vychovaných od 60. let v nejelitnějších školách, dává přednost všudypřítomné počítačové prezentaci – poslednímu druhu kompenzace slabé premotorické oblasti mozkové kůry.

Práce Barbary Arrowsmith Youngové nás nutí přemýšlet o tom, kolik dobrého by se dalo dosáhnout, kdyby každé dítě dostalo možnost diagnózy orientované na mozek a, v případě odhalení problémů, na míru ušitého programu vytvořeného k posílení zásadních funkcí v raném věku, kdy je

neuroplasticita největší. Bylo by mnohem lepší zlikvidovat mozkové problémy hned v zárodku, než dovolit dítěti, aby si do mozku zakódovalo myšlenku, že je „hloupé“, začalo nenávidět školu i učení, přestalo pracovat v oslabené oblasti a přišlo tak o veškerou sílu, kterou mohlo mít. Mladší děti dělají u mozkových cvičení často rychlejší pokroky než adolescenti, zřejmě proto, že v nezralém mozku je počet synapsí, spojení mezi neurony, o padesát procent vyšší než v mozku dospělém. Když dosáhneme adolescence, započne v mozku akce masivního „prořezávání“ a synaptické spoje a neurony, jež nebyly výrazněji používány, náhle odumírají – jde o klasický případ „use it or lose it“; co nevyužijeme, o to přijdeme. Proto je pravděpodobně nejlepší posilovat oslabené oblasti v době, kdy jsou všechny tyto korové potenciály ještě k dispozici. Diagnostika založená na mozkových funkcích však může pomoci během celé školní docházky, a dokonce i na vysoké škole, kde mnoho studentů prospívajících na střední škole bez potíží selže, protože při prudkém zvýšení nároků dojde k přetížení jejich slabších mozkových funkcí. Také odhlédneme-li od těchto krizí, kterýkoliv dospělý může profitovat z kognitivní diagnostiky založené na mozkových funkcích, z tohoto kognitivního fitness testu, jenž mu pomůže lépe porozumět svému vlastnímu mozku.

Je to už mnoho let, co Mark Rosenzweig poprvé provedl experimenty s krysy, které Barbaru inspirovaly a sdělily jí, že podnětné prostředí a stimulace vedou mozek k růstu. Po dlouhou dobu jeho i jiné laboratoře prokazovaly, že **stimulováním mozek roste v téměř všech myslitelných ohledech**. Zvířata chovaná v obohaceném prostředí – obklopená jinými zvířaty, objekty ke zkoumání, hračkami k dovádění, žebříčky ke šplhání a kolečky k běhání – se učí lépe než geneticky totožná zvířata vychovávaná v prostředí chudém na podněty. Hladina acetylcholinu, chemické látky v mozku nezbytné pro učení, je vyšší u krys trénovaných ve složitých prostorových úlohách než u krys, vykonávajících jen jednoduchá cvičení. Duševní trénink nebo život v obohaceném prostředí zvyšuje hmotnost mozku o pět procent v oblasti mozkové kůry zvířat a až o devět procent v oblastech, na jejichž stimulaci se trénink přímo zaměřuje. Trénované nebo stimulované neurony si vyvíjejí o dvacet pět procent víc výběžků a zvětšují se, roste také počet spojů na jeden neuron a zlepšuje se zásobování krví. K těmto změnám může dojít i později během života, přestože u starších zvířat neprobíhají tak rychle jako u mladých. Podobné účinky tréninku a obohacování prostředí na anatomii mozku byly prokázány u všech doposud testovaných zvířecích druhů.

Také u lidí posmrtná ohledání prokázala, že **vzdělání zvyšuje počet spojů mezi neurony**. Zvýšené množství výběžků posunuje neurony dále od sebe, což vede k nárůstu objemu a mohutnosti mozku. Myšlenka, že **mozek je jako sval, jenž narůstá spolu s cvičením**, není jen pouhou metaforou.

Některé věci se už nikdy nedají znovu složit. Deník Lyovy Zazetského zůstal až do samého konce převážně řadou útržkovitých myšlenek. Alexandr Luria, jenž rozluštil význam těchto útržků, mu ve skutečnosti nedokázal pomoci. Zazetského životní příběh však Barbaře Arrowsmith Youngové umožnil uzdravit sebe sama a následně i jiné.

Dnes je Barbara Arrowsmith Young bystrá a zábavná žena bez jakýchkoliv zjevných překážek v duševních procesech. Přechází od jedné činnosti k druhé, od jednoho dítěte k druhému a mistrně ovládá mnoho dovedností.

Barbara dokázala, že děti s poruchami učení mohou často dojít dál než jen ke kompenzaci, mohou napravit základní problém ukrytý za vnějšími projevy. Jako u všech programů mozkového tréninku pracuje i ten její nejlépe a nejrychleji u lidí, kteří mají potíže jen v málo oblastech. Protože však vyvinula cvičení na tolik mozkových dysfunkcí, je mnohdy schopná pomoci i dětem s mnohonásobnou poruchou učení – takovým dětem, jako byla ona sama, než si vybudovala lepší mozek.

3

PŘEORGANIZOVAT SVŮJ MOZEK

VĚDEC PROMĚŇUJE MOZKY, ABY ZBYSTRIL VNÍMÁNÍ A PAMĚŤ,
ZVÝŠIL RYCHLOST MYŠLENÍ A NAPRAVIL POTÍŽE S UČENÍM

Michael Merzenich je hnací silou ukrytou za výsledky neuroplastických inovací a praktických vynálezů a já jsem na cestě do města Santa Rosa v Kalifornii, abych jej našel. Je to vědec, kterého nejčastěji vychvalují jiní neuroplastikové, a přitom je zdaleka nejobtížnější ho vystopovat. Teprve když jsem vypátral, že navštíví jednu konferenci v Texasu, dojel tam a usadil se vedle něho, nakonec se mi podařilo domluvit si s ním schůzku v San Francisku.

„Použijte *tuhle* e-mailovou adresu,“ řekl mi.

„A když mi neodpovíte?“

„Budte neodbytný.“

Na poslední chvíli přemístil naši schůzku do své vily v Santa Rose.

Merzenich je ale někdo, po kom stojí za to pátrat.

Irský neurovědec Ian Robertson ho popsal jako „předního světového výzkumníka v oblasti mozkové plasticity“. Merzenichovou specializací je zlepšovat schopnost lidí myslet a vnímat tím, že přeorganizuje mozek pomocí tréninku specifických oblastí zpracování, zvaných mozkové mapy, takže dokážou vykonávat víc duševní práce. Povedlo se mu také, zřejmě víc než komukoliv jinému, popsat v bohatství vědeckých detailů způsob, *jak* se oblasti zpracování v mozku mění.

Tahle vila v kopcích Santa Rosy je místem, kde Merzenich zvolňuje tempo a regeneruje své síly. Zdejší vzduch, stromy, vinice působí jako kousek Toskánska přesunutý do Severní Ameriky. Strávil jsem tu noc u Merzenicha a jeho rodiny a ráno jsme se vydali do jeho laboratoře v San Francisku.

Ti, kdo s ním pracují, mu říkají „Merz“ a jeho jméno rýmují s „whirs“ a „stirs“ (bzukot a rozruch, pozn. překladatele). Když řídí svůj malý kabriolet na jednotlivé schůzky – většinu odpoledne ho očekávají hned na několika místech najednou – jeho šedivé vlasy poletují ve větru a on mi vypráví, že mnohé z jeho nejživějších vzpomínek v této, druhé polovině života – je mu jedenašedesát let – se týkají konverzací o vědeckých idejích. Slyším ho, jak je svým chraplavým hlasem chrlí do telefonu. Když přejíždíme jeden z velkolepých sanfranciských mostů, platí mýtné, které platit nemusí, protože je tak zabraný do konceptů, o nichž diskutujeme. Účastní se současně tuctů spoluprací a experimentů a založil několik společností. Sám sebe popisuje jako „zkrátka takhle šíleného“. Šílený není, ale představuje zajímavou směs prudkosti a neformálnosti. Narodil se v Lebanonu ve státě Oregon, je německého původu, a přestože jeho jméno je germánské a jeho práce morálně neústupná, jeho přízvuk připomíná západní pobřeží, je všední a pohodový.

Ze všech neuroplastiků s pevným, přírodovědeckým akademickým základem vyslovil Merzenich ta nejambicióznější tvrzení v oboru: že **mozkový trénink může být stejně účinný jako léky při léčbě tak těžkých chorob, jako je schizofrenie; že plasticita existuje od narození až do smrti; a že radikální zlepšení kognitivní výkonnosti – učení, myšlení, vnímání a pamatování – je možné i u starších osob.** Jeho nejnovější patenty se vztahují k technikám, které dávají dospělým osobám naději naučit se cizím jazykům bez namáhavého memorování. Merzenich tvrdí, že cvičení nové dovednosti může za správných podmínek změnit stovky milionů a možná miliardy spojů mezi nervovými buňkami v našich mozkových mapách.

Jste-li vůči takovým odvážným tvrzením skeptičtí, mějte na paměti, že je vyslovil muž, kterému se již povedlo vyléčit několik poruch, považovaných vždy za nepřekonatelné. V počátcích své kariéry vyvinul Merzenich spolu se svým týmem nejčastěji používanou podobu kochleárního implantátu, jenž umožňuje slyšet od narození neslyšícím dětem. Jeho současná práce v oblasti plasticity pomáhá žákům a studentům s poruchami učení zlepšit jejich poznávací funkce a vnímání. Tyto techniky – jeho řada počítačových programů založených na plasticitě, *Fast ForWord* – už pomohly stovkám tisíc lidí. *Fast ForWord* je přestrojený za dětskou počítačovou hru. Co je na něm ohromující, je rychlost, s níž dochází ke změnám. V některých případech se stav lidí, kteří měli po celý život kognitivní potíže, zlepšil po pouhých třiceti až šedesáti hodinách léčby. Program také nečekaně pomohl i mnoha autistickým dětem.

Merzenich tvrdí, že dochází-li k učení způsobem, který je v souladu se zákonitostmi řídicími plasticitu mozku, duševní „soustrojí“ mozku lze zlepšit tak, že se potom učíme a vnímáme s větší přesností, rychlostí i trvalostí.

Když se učíme, zkrátka zvyšujeme množství svých vědomostí. Merzenich ale tvrdí, že je možné změnit také samotnou strukturu mozku, a tak zvýšit jeho učební kapacitu. Na rozdíl od počítače se mozek neustále přizpůsobuje.

„Mozková kúra,“ říká o tenké vnější vrstvě mozku, **„ve skutečnosti selektivně vylepšuje své zpracovatelské schopnosti tak, aby co nejlépe odpovídaly aktuálnímu úkolu.“** Mozek se jen neučí; neustále se „učí, jak se učit“. Mozek, který Merzenich popisuje, není neživá nádoba, kterou naplňujeme; připomíná spíš hladovou živou bytost, která může růst a měnit se, dostává-li správnou výživu a trénink. Před Merzenichovým dílem se na mozek nahlíželo jako na složitý stroj s nezměnitelnou kapacitou paměti, rychlosti zpracování a inteligence. Merzenich prokázal, že všechny tyto domněnky jsou chybné.

Merzenich neměl v úmyslu porozumět tomu, jak se mozek mění. Pouze si během své práce uvědomil, že mozek dokáže reorganizovat své mapy. A třebaže to nebyl první vědec, který demonstroval neuroplasticitu, díky experimentům, jež prováděl v počátcích své kariéry, začal hlavní proud neurovědců pomalu plasticitu mozku uznávat.

Abychom porozuměli tomu, jak lze změnit mozkové mapy, potřebujeme mít nejprve představu o tom, jak vypadají. Tento obraz u lidských bytostí jako první vytvořil neurochirurg dr. Wilder Penfield v Montrealském neurologickém institutu ve 30. letech 20. století. Pro Penfielda „zmapovat“ pacientův mozek znamenalo najít, kde v mozku jsou zastoupeny jednotlivé části těla a zpracovávány jejich aktivity – ryze lokalizacionistický projekt. Lokalizacionisté odhalili, že frontální laloky jsou sídlem *motorického* systému mozku, jež vyvolává a koordinuje pohyb našich svalů. Tři laloky za frontálním (čelním) lalokem, tedy lalok temporální (spánkový), parietální (temenní) a okcipitální (týlní), vytvářejí *senzorický* systém mozku, zpracovávají tedy signály vyslané do mozku z našich smyslových receptorů – očí, uší, hmatových receptorů a podobně.

Penfield strávil mnoho let mapováním senzorických a motorických částí mozku tak, že prováděl mozkové operace u pacientů s rakovinou a epilepsií, kteří mohli být během operací při vědomí, protože mozek samotný neobsahuje receptory bolesti. Jak senzorické, tak motorické mapy jsou součástí mozkové kůry, která pokrývá povrch mozku, a je proto snadno přístupná pro sondu. Penfield zjistil, že když se dotkne pacientovy senzorické mapy mozku elektrickou sondou, vyvolá tak pocity, které pacient cítí někde v těle. Užíval elektrickou sondu, která mu pomáhala rozlišit zdravou tkáň, již chtěl zachovat, od chorobných nádorů nebo patologických tkání, které chtěl odstranit.

Když se normálně dotkneme něčí ruky, projde elektrický signál páteřní míchou až do mozku, kde aktivuje buňky v mapě, díky nimž osoba cítí dotek na své ruce. Penfield zjistil, že pocit, že se někdo dotýká jeho ruky, může v pacientovi vyvolat elektrickou aktivaci oblasti ruky na mozkové mapě. Když stimuloval jinou část mapy, pacient cítil, že se někdo dotýká jeho paže; na jiném místě to zase byla tvář. Pokaždé když stimuloval nějaké místo, ptal se pacientů, co přesně cítí, aby se ujistil, že neodřízne zdravou tkáň. Po mnoha takových operacích byl schopen stanovit, kde na senzorické mapě mozku jsou zastoupené všechny části povrchu těla.

Totéž udělal s mapou motorickou, částí mozku, která kontroluje pohyb. Stimulováním různých oblastí mapy dokázal vyvolat pohyby v pacientových nohách, pažích, tváři nebo v dalších svalech.

Jeden z velkých objevů, které Penfield učinil, se týkal toho, že senzorká a motorická mapa mozku, podobně jako zeměpisné mapy, jsou topografické, což znamená, že sousedící oblasti na povrchu těla spolu obvykle sousedí i na mozkových mapách. Odhalil také, že když se dotkne určitých částí mozku, dokáže vyvolat dávno zapomenuté vzpomínky na dětství nebo výjevy podobné snění – což znamenalo, že vyšší duševní aktivity jsou v mozku rovněž zmapovány.

Penfieldovy mapy ovlivnily pohled na mozek několika generací. Protože ale vědci věřili, že mozek se nemůže změnit, domnívali se – a vyučovali – že mapy jsou pevně dané, neměnné a univerzální – stejné u všech z nás – přestože sám Penfield tohle nikdy netvrdil.

Merzenich odhalil, že tyto mapy nejsou ani neměnné u jednotlivých mozků, ani univerzální pro všechny lidi, nýbrž se od jednoho člověka k druhému liší velikostí a hranicemi. V řadě úžasných experimentů prokázal, že **tvár našich mozkových map se mění v závislosti na tom, co děláme v průběhu života**. Aby to však dokázal, potřeboval nástroj mnohem preciznější než Penfieldovy elektrody, nástroj, jenž by byl schopen odhalit změny na úrovni pouhých několika neuronů.

Jako student Portlandské univerzity měl Merzenich přítele, který používal elektronické laboratorní vybavení, aby ukázal tok elektrické aktivity v neuronech u hmyzu. Tyto experimenty zaujaly pozornost jednoho profesora, jenž obdivoval Merzenichův talent a zvědavost a doporučil ho k postgraduálnímu studiu na fakultách Harvardovy univerzity i Univerzity Johnse Hopkinse. Na obě fakulty byl Merzenich přijat. Rozhodl se pro Johns Hopkins University, aby získal titul Ph. D. v oblasti fyziologie pod vedením jednoho z velkých neurovědců té doby, Vernona Mountcastla, jenž v 50. letech dokázal, že lze objevit miniaturní detaily mozkové architektury studováním elektrické aktivity neuronů s použitím nové techniky: mikromapování s mikroelektrodami ve tvaru špendlíku.

Mikroelektrody jsou tak malé a citlivé, že je lze vložit do *jediného* neuronu, nebo vedle něj, a dokážou zaznamenat, když jeden jediný neuron vyšle své elektrické signály k jiným neuronům. Signál neuronu je z mikroelektrody veden do zesilovače a potom na monitor osciloskopu, kde se zobrazí jako ostrý trn. Merzenich vykonal většinu svých významných objevů s pomocí mikroelektrod.

Tento významný vynález dovolil neurovědcům rozluštit komunikaci mezi neurony, kterých obsahuje mozek dospělého člověka přibližně sto miliard.