

///// studie / article //////////////////////////////////////

HISTORIE NEUROGENEZE: IMPLICITNÍ DEFINICE A PRAGMATICKÁ FALSIFIKACE

Abstrakt: Tato studie se snaží o filosofickou analýzu problematických aspektů neurogeneze. V první řadě se zaměřuje na moderní historii neurogeneze, která je obecně považována za historii dogmatického přesvědčení, které předpokládalo, že v mozku dospělého savce nemohou vzniknout nové neurony. Tato konvence přežívala v neurovědě po několik desítek let a její kořeny sahají až do dob Ramóna y Cajala. Důležitá část této filosofické analýzy se zaměřuje na aspekt tzv. zaštitování dogmatu pomocí ad hoc hypotéz. Analýza se dále věnuje implicitním definicím, které hrají roli axiomů neurovědy, a problematice falsifikace potenciálních falsifikátorů. Na konci této filosofické analýzy jsou prezentovány argumenty, které dospívají k tomu, že historie neurogeneze není historií dogmatického uvažování, jak většina autorů předpokládá, ale že jde o historii vědeckého pragmatismu.

Klíčová slova: neurogeneze; implicitní definice; falsifikace; dogma; ad hoc hypotézy; pragmatismus; zaštitování

MAREK HAVLÍK

Katedra filosofie FF ZČU
Sedláčkova 19, 306 14 Plzeň
email / mshavlik@kfi.zcu.cz

History of Neurogenesis: Implicit Definitions and Pragmatic Falsification

Abstract: This study is seeking a philosophical analysis of the history of neurogenesis. History of neurogenesis is considered to be a history of dogmatic belief that new neurons cannot grow up in an adult mammalian brain. This belief survived in the field of neuroscience for several decades and its roots date back to the time of Ramón y Cajal. An important part of this philosophical analysis focuses on the aspect of the “shielding” of dogma by ad hoc hypotheses. The analysis further investigates implicit definitions, which play the role of axioms of Neuroscience, and problematic aspects of falsification. At the end of this philosophical analysis I present arguments supporting the opinion that history of neurogenesis is not in fact a history of dogmatic thinking, as most authors assume, but rather it is a history of scientific pragmatism.

Keywords: neurogenesis; implicit definitions; falsification; dogma; ad hoc hypothesis; pragmatism; shielding

1. Úvod

Na následujících stránkách se budeme zabývat filosofickou analýzou historie neurogeneze. Tato specifická kapitola z dějin neurovědy je velmi úzce spojena s tzv. dogmatickým přesvědčením, že v mozku dospělých savců nedochází ke vzniku nových neuronů. Studie nejdříve krátce přiblíží velikost této vědecké revoluce v kontrastu s dalšími neurovědeckými objevy dvacátého století. V rychlosti se tak dotkneme tzv. zrcadlových neuronů (mirror neurons) a klidové sítě mozku (default mode network). Pro naše účely bude také nutné se seznámit s termíny paradigma a dogma v neurovědeckém výzkumu, jelikož jsou v této sféře užívány velmi pragmatickým způsobem. Studie poté projde historií neurogeneze, přičemž se zaměří na důležité mezníky ve vědeckém výzkumu, které je možno spojit s tzv. zaštiťováním před falsifikací. Na tento fenomén se zaměříme v detailnější analýze, v níž prozkoumáme, jakým způsobem docházelo k zaštiťování dogmatu a jaké byly rozhodující impulzy pro toto jednání. Na otázku, proč bylo dogma tímto způsobem chráněno, podáme ještě detailnější odpověď ve finální části článku, která se zabývá analýzou tzv. implicitních definic, které hrály zásadní roli v historii neurovědy, neboť se vlastně jedná o její samotné axiomy. Před samotným závěrem ještě projdeme důležitými body naší analýzy a zvážíme, je-li historie neurogeneze opravdu historií vědeckého dogmatismu.

2. Tři vědecké revoluce

Na přelomu 20. a 21. století lze na poli neurovědy zaznamenat tři důležité revoluce, na jejichž základě neurovědecká komunita prohloubila své znalosti o fungování centrální nervové soustavy.

Zrcadlové neurony byly objeveny v roce 1992.¹ Jedná se o specifické neurony, které jsou aktivní ve chvílích, kdy člověk pozoruje u jiného člověka nějaký úkon. Tyto neurony procházejí aktivitou, o které se dá hovořit takovým způsobem, že „zrcadlí“ aktivitu neuronů jiného člověka.

Tato studie byla podpořena v rámci projektu OPVK Výzkumné centrum pro teorii a dějiny vědy, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/20.0138 spolufinancovaného z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.

¹ Giuseppe Di PELLEGRINO – Luciano FADIGA – Leonardo FOGASSI – Vittorio GALLESE – Giacomo RIZZOLATTI, „Understanding Motor Events: A Neurophysiological Study.“ *Experimental Brain Research*, roč. 91, 1992, č. 1, s. 176–180.

Dalším zásadním objevem, který můžeme hodnotit jako objev revoluční, je pozorování a popsání tzv. klidové sítě mozku. V roce 1998 předložil Marcus Raichle článek, v němž se zabývá tzv. výchozím (defaultním) stavem mozku. K tomuto fenoménu je v současné době odkazováno jako k *default mode network (DMN)*.² K publikaci a obecnému přijetí tohoto objevu došlo až o tři roky později po úspěšné replikaci naměřených dat. Vědecká komunita tak uznala existenci klidové sítě mozku, která je nezávislá na vnější stimulaci a vyznačuje se téměř stejně vysokou neurální aktivitou jako stavy mozkové aktivity vyvolané vnější stimulací. Uznáním existence klidových stavů mozku byla vyvrácena zatvrzelá konvence, podle níž je mozek pouze reflexivním nástrojem k vnějšímu prostředí. Tento objev otevřel dveře novým možnostem pozorování mozku – na jeho základě byly např. získány zcela nové informace o mozkové aktivitě při degenerativních poruchách.

Rok 1998 je však důležitým rokem i pro další přehodnocení názorů vědecké komunity. V tomto roce vyšel zásadní článek, který doložil existenci nových neuronů v mozcích několika dospělých lidí. Ten byl tzv. posledním hřebíčkem do rakve obecně přijímaného dogmatu, které předpokládalo, že v mozku dospělých savců se nemůže objevit žádný nový neuron. Tento článek však nebyl ojedinělou vědeckou prací, která by se existencí zcela nových neuronů v centrální nervové soustavě zabývala. První vědecká studie, která předkládala existenci nových neuronů v mozku dospělého savce, byla opublikována již v roce 1962. Tato studie a všechny následující ovšem narážely na odmítavý postoj odborné komunity. V jistém smyslu tak lze říci, že výzkum nových neuronů po více než třicet let narážel na neproniknutelnou zeď vystavenou z *ad hoc* hypotéz, které dogma zaštiťovaly před falsifikací.

Na zrcadlové neurony, klidovou síť mozku a neurogenezi můžeme z pozice filosofie vědy nahlížet jako na „velké“ vědecké revoluce a do jisté míry je lze považovat za současná paradigmatu vědeckých disciplín zabývajících se centrální nervovou soustavou. Vědecká komunita tak zaznamenala zásadní změny ve svých přesvědčcích. Mnoho autorů se nyní přiklání k hypotézám, které zrcadlové neurony vztahují k imitaci a které hovoří o tom, že právě tyto neurony byly hnacím motorem při formování lidské kultury. Změna, která přišla s klidovou sítí mozku, vedla k přehodnocení pohledu na charakter mozku a jeho aktivitu. Změna související s neurogenezí narušila rigidní

² Marcus E. RAICHLE – Ann Mary MACLEOD – Abraham Z. SNYDER – William J. POWERS – Debra A. GUSNARD – Gordon L. SHULMAN, „A Default Mode of Brain Function.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, roč. 98, 2001, č. 2, s. 676–682.

pohled neurovědy, který předpokládal, že centrální nervová soustava je odkázána pouze k fixnímu počtu neuronů, které mohou pouze umírat.

3. Paradigma a dogma v neurovědě

Začít se věnovat historii neurogeneze bez předchozího porozumění tomu, jak se sama neurověda své vlastní historie dotýká, by mohlo být v dalších částech článku do jisté míry problematické. Proto se krátce podíváme na to, s jakými pojmy neurovědci pracují, když odkazují na svou vlastní historii.

Při bližším pohledu na neurovědecké články a jejich obsah utkví v paměti dva zásadní termíny, které jsou neurovědci hojně užívány. Prvním termínem, který neurovědci rádi používají, je paradigma. Tento termín je pro vědeckou a experimentální komunitu velmi přitažlivý; plní totiž funkci tzv. chytlavé fráze (*catch-phrase*). Vágnost tohoto pojmu je pro neurovědce vhodná k přiblížení či označení trendu, který diktuje směr současnému výzkumu. Teoretikové vědy, z jejichž prostředí termín pochází, chápou paradigma jako něco, na čem stojí tzv. normální věda. Ovšem s termínem „normální věda“ se v neurovědeckých článcích už tak často nesetkáme.

Dojde-li k vědecké revoluci, není překonané paradigma neurovědci nadále označováno jako paradigma, nýbrž jako dogma.³ Dogma je iracionální, plně konvencí a zpátečnických přesvědčení. Naštěstí je však překonáno racionálním paradigmatem, které toto dogma, brzdící budoucí výzkum, nezvratně vyvrací. Často se tak zapomíná, že za dogmata jsou teorie prohlášeny až po jejich falsifikaci, před níž je na ně však nahlíženo jako na zásadní doktríny.

I když se toto rozlišení dá jednoduše napadnout, musíme uznat jeho pragmatický přínos pro empirickou vědu, jejímž cílem není v první řadě vyhovět „štouravým“ teoretikům vědy. Tento pragmatický přínos staví na všeobecném chápání těchto dvou termínů. Paradigma je sice termínem vágním, ale značná část vědecké komunity je s jeho významem obeznámena. Je jednoduše uchopitelný a odkazuje k tomu, k čemu odkazovat má. Dogma

³ Můžeme uvést několik příkladů: Luca COLUCCI-D'AMATO – Vincenzo BONAVITA – Umberto di PORZIO, „The End of the Central Dogma of Neurobiology: Stem Cells and Neurogenesis in Adult CNS.“ *Neurological Sciences*, roč. 27, 2006, č. 4, s. 266–270; Charles G. GROSS, „Neurogenesis in the Adult Brain: Death of a Dogma.“ *Nature Reviews Neuroscience*, roč. 1, 2000, č. 1, s. 67–73; Michael S. KAPLAN, „Environment Complexity Stimulates Visual Cortex Neurogenesis: Death of a Dogma and a Research Career.“ *Trends in Neuroscience*, roč. 24, 2001, č. 10, s. 617–620.

je do jisté míry pojmem ještě pragmatičtějším, jelikož jednoduše odkazuje k překonaným myšlenkám.

V následující kapitole, kde se budeme zabývat historií neurogeneze, si pro jednodušší popsání *dějin nových neuronů*, dovolím používat pragmaticky chápaný termín *dogma* i já, přestože se v jistých případech raději přikláním k termínu *konvence*.

4. Historie neurogeneze

Historická analýza tohoto centrálního dogmatu neurovědy – žádné nové neurony se v mozku dospělého savce objevit nemohou – by nebyla kompletní bez prozkoumání prvotních impulzů, které tuto konvenci zapříčinily. Naše analýza proto bude začínat tzv. prehistorií neurogeneze, která je velmi těsně spojena se samotnými základy moderní neurovědy.

V následující pasáži, věnované moderní historii neurogeneze, se zaměříme na rozpětí mezi lety 1962 až 1998. Toto specifické rozmezí více než třiceti let zaznamenalo několik pozorování nových neuronů v centrální nervové soustavě nižších živočichů, ale současně se nese v duchu zpochybňování těchto pozorování z pozic autorit neurovědecké komunity.

4.1 Prehistorie neurogeneze

Pilíř, na kterém stojí moderní neurověda, je ztotožňován se španělským fyziologem a neurologem Ramónem y Cajalem. Tento nositel Nobelovy ceny se do historie neurovědy nezapsal pouze jedním objevem či teorií, ale hned několika zásadními objevy. Pokud bychom však chtěli vyzdvihnout jeden zásadní přínos k neurovědě, s nímž je jeho jméno neustále spojováno, pak je to zcela jistě *neuronová doktrína*.⁴ Tato neuronová doktrína stojí za tím, že k neuronům nyní přistupujeme jako k individuálním buňkám. O tento specifický přístup k charakteru centrální nervové soustavy se neuronová doktrína utkala s tzv. *retikulární teorií*, která naopak předpokládala, že centrální nervová soustava je utvořena jednotným zhuštěním nervových vláken vytvářejících neurální síť.⁵

Přestože Cajal vystupuje jako jistá modla neurohistologie a příbuzných disciplín těšící se velkému uznání od současných neurovědců, není prioritou

⁴ Pedro J. ANDRES-BARQUIN, „Ramón y Cajal: A Century After the Publication of his Masterpiece.“ *Endeavour*, roč. 25, 2001, č. 1, s. 13.

⁵ Javier DEFELIPE, „Cajal’s Place in the History of Neuroscience.“ In: SQUIRE, L. (ed.) *Encyclopedia of Neuroscience*. London: Academic Press 2009, s. 500 (497–507).

totoho článku vyjmenovávat jeho veškeré příspěvky k neurovědě. Bude nás zajímat především jeho vztah k neurogenезi, později jeho neuronová doktrína a zákon dynamické polarizace. Ve svých pracích Cajal obhajoval tezi, která stojí v základech centrálního dogmatu neurovědy dvacátého století. V tomto ohledu se často citují dvě důležité pasáže Cajalových textů:

Není v možnostech cerebrální pružnosti vylepšovat organizaci mozku skrze zvýšení počtu buněk, jelikož je obecně známo, že nervové buňky po embryonickém období ztrácejí schopnost proliferace.⁶

Druhý, historiky často uváděný citát, je poněkud kratší:

Vše může zemřít, nic nemůže být zregenerováno.⁷

Někteří badatelé proto obviňují právě Cajala z vytvoření dogmatu žádných nových neuronů. Avšak druhý citát je do jisté míry upraven, aby se zvýšila jeho síla. Pokud jej zasadíme do širšího kontextu, dozvíme se, že Cajalovy myšlenky ohledně umírání neuronů možná nebyly až tak jednostranné.

Jakmile je vývoj ukončen, pramen růstu a regenerace axonů a dendritů je nenávratně vyschlý. V dospělých centrech jsou nervové trasy fixované, ukončené a neměnné. Vše může zemřít, nic nemůže být zregenerováno. Je na budoucí vědě, aby, je-li to vůbec možné, změnila toto tvrdé usnesení.⁸

Můžeme samozřejmě spekulovat, co vše se může pod jeho slovy skrývat; zda Cajal mínil příchod nových pozorovacích technik nebo možnosti přicházející s novými experimenty. Důležité je však to, že neodmítal budoucí možnost falsifikace svých vlastních myšlenek, které souvisely s jednosměrným umíráním⁹ buněk centrální nervové soustavy bez možnosti jejich

⁶ Ramón y CAJAL, „The Cronian Lecture: La Fine Structure des Centres Nerveux.“ *Proceedings of the Royal Society of London*, roč. 55, 1894, s. 466.

⁷ Raoul Michel MAY, *Cajal's Degeneration and Regeneration of the Nervous System*. New York: Oxford University Press 1991, s. 750.

⁸ *Ibid.*

⁹ Termín jednosměrné umírání buněk vyjadřuje přesvědčení, že buňky centrální nervové soustavy se generují v prenatalní fázi života a po krátkou dobu ve fázi postnatální. Od ukončení této proliferace buněk se je pak centrální nervová soustava omezena na tzv. *jednosměrné umírání* či *jednosměrnou* degeneraci nervových buněk bez jakékoli možnosti jejich objevení. Dospělý neuron nicméně nemá jinou možnost než jednosměrné „zemřít“. Z dospělého neuronu nemohou vzniknout žádné další neurony, jelikož se jedná o postmitotickou buňku, která se již dělit nebude. Tento fakt však neplatí pro tzv. progenitorové buňky, z kterých se neurony či glie „rodí“.

regenerace. Neurovědecká komunita však tento fenomén jednosměrného umírání neuronových buněk bez možnosti regenerace plně přijala a učinila z něj jednu ze zakládajících konvencí, která měla své pevné a implicitní zastání ve všech neurovědeckých diskuzích. Odmítnutím retikulární teorie a přijetím neuronové doktríny tak došlo ke vzniku konvencí zakládajících moderní výzkum mozku. Tímto způsobem došlo k vytvoření jednoho z nejdůležitějších axiomů moderní neurovědy. I přestože se o axiomech hovoří většinou ve vztahu k formálním vědám, jakými jsou logika, matematika či geometrie, troufám si říci, že toto konvenční přesvědčení skutečně hrálo až axiomatickou roli a stalo se neoddiskutovatelným základem neurovědeckého uvažování. Tím se ale budeme zabývat blíže v kapitole *Implicitní definice a axiomy neurovědy*.

4.2 Historie neurogeneze od roku 1962

V šedesátých letech se uskutečnily první experimenty, které svým obsahem začaly vyzývat tuto zásadní konvenci neurovědy. V současné době neurovědecká komunita k těmto myšlenkám – že *v mozku se nemůže objevit nový neuron* – odkazuje jako k myšlenkám dogmatickým, které byly vyvráceny nespočtelným množstvím empirického materiálu. Zvláštní ovšem je, že tato konvence žádných nových neuronů přetrvávala ještě v době, kdy se tyto empirické výzkumy zaznamenávající výskyt nových neurálních buněk v mozcích konkrétních živočichů začaly objevovat.

Pro tuto práci postrádá smysl se detailně zabývat veškerými výzkumy, které se do dnešního data v oblasti neurogeneze objevily.¹⁰ Omezíme proto tento historický výčet na zásadní mezníky, které lze zasadit do doby v rozmezí 1962 až 1998.

První myšlenky, které nepřímou zpochybňovaly toto tvrdošíjné dogma, byly předloženy před neurovědeckou komunitu v článcích Josepha Altmana. V šedesátých letech Altman v sérii svých článků předložil důkaz o vzniku nových buněk v centrální nervové soustavě dospělých savců.

Při systematickém snímání dvou koronárních řezů skrze talamus u několika zvířat [...] byl pozorován různý počet (od šesti do třiceti šesti v jednom řezu) mírně nebo silně označených neuronů a neuroblastů. Většina označených neuronů byla hvězdovitěho typu; v kortexu bylo také nalezeno několik označených pyramidových buněk. Toto indikuje, že nové neurony mohou vzniknout

¹⁰ Například Joseph Altman v šedesátých letech vydal před deset článků, které se zabývaly novými buňkami v mozcích savců, především potkanů.

v mozku dospělých savců, v každém případě v takových formách jakými jsou potkani (*Rattus norvegicus*).¹¹

Ve svých experimentech Altman využíval autoradiografického pozorování buněk centrální nervové soustavy. Tyto buňky byly označeny pomocí *[3H]-Thymidinu*, který byl začleněn do DNA dělicích se buněk. Na základě těchto označení byl Altman schopen determinovat místo a čas „zrození“ nových buněk v centrální nervové soustavě.¹² Posléze, v období 1965 až 1969, se Altman začal plně věnovat problematice vzniku nových neuronů v mozku dospělých savců. Zaměřoval se především na potkany.¹³ Ale v roce 1967 zaznamenal nové neurony také v mozku morčete a posléze i v mozku kočky.¹⁴ Experimenty umožnily pozorování nových neuronů ve specifických neuronálních komponentách – olfaktorického bulbu, hipokampu a neokortexu.¹⁵

Do jisté míry se v literatuře rozcházejí informace ohledně přijetí Altmanových výsledků. Charles G. Gross například tvrdí:

Ačkoli byly výsledky publikovány v jedněch z nejprestižnějších časopisů té doby jako například *Journal of Comparative Neurology*, *Science* a *Nature*, byly tyto objevy zcela ignorovány nebo odmítány jako nepodstatné po dobu dvou dekád.¹⁶

Tyto informace, představující názor, že Altmanova pozorování byla do značené míry odmítána či zcela vědeckou komunitou ignorována, jsou však velmi odlišné od toho, co o přijetí svých výzkumů vypovídá sám Altman:

V šedesátých letech se mi od vědecké komunity dostávalo velmi velké pozornosti. Přicházela nekončící pozvání k přednáškám na různých univerzitách po celých Spojených státech. Možná, že po neustálém opakování stejné přednášky se můj výkon stal nevýrazným.¹⁷

¹¹ Joseph ALTMAN, „Are New Neurons Formed in the Brains of Adult Mammals?“ *Science*, roč. 135, 1962, č. 3509, s. 1127–1128.

¹² Charles G. GROSS, „Three Before their Time: Neuroscientists whose Ideas were Ignored by their Contemporaries.“ *Experimental Brain Research*, roč. 192, 2009, č. 3, s. 328 (321–324).

¹³ Joseph ALTMAN, „The Discovery of Adult Mammalian Neurogenesis.“ In: SEKI, T. – SAWAMOTO, K. – PARENT, J. M. – ALVAREZ-BUYLLA, A. (eds.), *Neurogenesis in the Adult Brain*. Tokyo: Springer 2011, s. 8–9 (3–46); GROSS, „Three Before their Time,“ s. 328.

¹⁴ ALTMAN, „The Discovery of Adult Mammalian Neurogenesis,“ s. 9.

¹⁵ Elizabeth GOULD – Charles G. GROSS, „Neurogenesis in Adult Mammals: Some Progress and Problems.“ *The Journal of Neuroscience*, roč. 22, 2002, č. 3, s. 619 (619–623).

¹⁶ Charles G. GROSS, *A Hole in the Head: More Tales in the History of Neuroscience*. Cambridge, MA: MIT Press 2009, s. 230.

¹⁷ ALTMAN, „The Discovery of Adult Mammalian Neurogenesis,“ s. 31.

Či například:

Isolování jsme nebyli ani v laboratoři. Vzpomínám si na návštěvy, některé velmi dlouhé, od vědců z USA, ale také z ciziny. Mezi návštěvníky si vybavuji například Johna Ecclese z Austrálie, Ottu Creuzfeldta z Německa, Jeana Piageta ze Švýcarska, Jerzyho Kohorskiho z Polska, Michela Jouveta z Francie a další.¹⁸

Na základě výše uvedeného bychom neměli pracovat s myšlenkou, že Altmanovy experimenty nebyly vědeckou komunitou vůbec zaregistrovány. Právě naopak. Altmanovy práce nebyly přehlíženy, byly však posléze zpochybňovány (a jak později ukážeme, doplněny *ad hoc* hypotézami). Diskvalifikace tématu neurogeneze společně se zpochybňováním existence nových neuronů dovedlo Altmana až k zavření laboratoře a ustoupení od tohoto tématu:

[A] na počátku osmdesátých let jsme začínali mít problémy s přijímáním a schvalováním našich grantových žádostí; (b) v polovině osmdesátých let jsme ztratili veškerou grantovou podporu; a (c) na počátku devadesátých let bylo několik našich článků rovnou zamítnuto.¹⁹

Dalším průkopníkem neurogeneze byl Michael Kaplan. V rozmezí let 1977 až 1984 Kaplan předložil několik vědeckých výsledků, které potvrzovaly nejen existenci nových buněk v centrální nervové soustavě, ale přímo vznik neuronů. V roce 1977 Kaplan ukázal, že se v mozku potkana objevují nové neurony, jelikož označené buňky vykazovaly charakteristické rysy neuronů (dendrity a axony) a nikoli rysy astrocytů nebo oligodendrocytů.²⁰

Tyto rysy, zejména dendrity a synapse, posloužily k jednoznačnému identifikování těchto buněk jakožto neuronů. Kromě toho, označené buňky nepřipomínaly neuroglie, protože postrádaly nepravidelné obrysy protoplasmických astrocytů a mikroglíí.²¹

Během následujících let Kaplan předložil další studie, které opět dokazovaly vznik a existenci nových neuronů v mozcích potkana (např. ve vizuálním laloku a neokortexu), ovšem nejdůležitější studii, která ho do jisté míry stála jeho kariéru, publikoval v roce 1983. V tomto roce Kaplan na základě svých

¹⁸ *Ibid.*

¹⁹ *Ibid.*, s. 33.

²⁰ GOULD – GROSS, „Neurogenesis in Adult Mammals,“ s. 619.

²¹ Michael S. KAPLAN – James W. HINDS, „Neurogenesis in the Adult Rat: Electron Microscopic Analysis of Light Radioautographs.“ *Science*, sv. 197, 1977, č. 4308, s. 1092–1094.

výzkumů představil zrod nových buněk v mozku dospělého primáta (makak rhesus).²²

Musíme mít na zřeteli, že neurovědecká komunita opravdu zaujímala velmi skeptický postoj vůči existenci nových neuronů u dospělých savců. Až po rok 1991 se učebnice zmiňují pouze o prenatalní neurogenезi a o výzkumech postnatálního vytvoření nových neuronů u dospělých savců se prakticky nehovoří. Těm, kteří jsou obeznámeni s Kuhnovou filosofií vědy, jistě vyvstane na mysli důležitost toho, co se v učebnicích píše.

Kaplan si zničil kariéru proto, že představil existenci nových neuronů v centrální nervové soustavě dospělého primáta, což bylo v přímém rozporu s přesvědčeními vědecké komunity. Ta do jisté míry přijímala možnost existence nových neuronů, ale pouze u specifických obratlovců, například u ptáků, ryb a některých výjimek mezi savci – např. u hlodavců (v jejich případě ale byly zaváděny *ad hoc* hypotézy).²³ Naprosto ale neuznávala tuto možnost u dospělých savců a už vůbec ne u dospělých primátů.

Vzpomínám si na setkání v New Yorku organizované Fernandem Nottebohemem v roce 1984. Toto setkání neslo název: *Naděje pro novou neurologii* [*Hope for a New Neurology*] a zaměřovalo se na dospělou neurogenезi. [...] Při této příležitosti Rakic vynadal Michaelu Kaplanovi, který přednesl svou práci zabývající se postnatální neurogenезí u potkanů.²⁴

Zásadním zlomem v nadějných dobách neurogenезe byly studie výše zmíněného Pasko Rakice. Tento průkopník ve výzkumu vývoje mozků primátů předložil v roce 1985 dvě důležité studie, které znovu obnovily víru v dogma žádných nových neuronů. Zmíněné studie navazovaly na jeho práci z roku 1974, v níž Rakic tvrdí, že žádné nové neurony v mozcích primátů nemohou vzniknout.

V roce 1985 tak zásadní autorita neurovědeckého výzkumu primátů potvrdila, že na žádném důležitém místě v mozku, které bylo v předchozích studiích spojeno se zrodem či pozorováním nových neuronů (hipokampus, neokortex, olfaktorický bulbus, motorický a vizuální kortex), nebyly spatřeny žádné nové buňky, které by svými rysy odpovídaly neuronům:

Nenalezli jsme ani jedinou silně označenou buňku s morfologickými charakteristikami neuronu v mozcích dospělých zvířat, které jsme testovali.²⁵

²² GROSS, „Three Before their Time,“ s. 8.

²³ GOULD – GROSS, „Neurogenesis in Adult Mammals,“ s. 619.

²⁴ ALTMAN, „The Discovery of Adult Mammalian Neurogenesis,“ s. 33.

²⁵ Pasko RAKIC, „Limits of Neurogenesis in Primates.“ *Science*, sv. 227, 1985, č. 4690, s. 1054–1056.

Po zveřejnění Rakicova článku opadl zájem o studium nových buněk v mozku a byl přijat obecný závěr, že veškeré neurony u primátů (tedy také u člověka) jsou generovány během prenatální fáze života a v počátečních fázích postnatální. Tento článek také vrhal velmi silný stín spekulativnosti na předchozí práce, které tvrdily, že se nové neurony v mozcích dospělých savců objevují. Dnes už víme, že se Rakic mýlil, a v pozdějších letech byl sám nucen přehodnotit svá přesvědčení a přidat se k vlně zastánců postnatální neurogeneze. Podle některých však ještě dluží vysvětlení svých předchozích výsledků:

Několik zpráv zabývajících se postnatální neurogenezí v primátech bylo publikováno ke sklonku devadesátých let [...]. Vzhledem k vršící se evidenci se Rakic připojil k těmto autorům (nyní používajíc BrdU na místo 3H-Thymidinu) a prohlásil, že je zde „kontinuální generování neuronů, oligodendrocytů a astrocytů, v hipokampálním Gyrus dentatus dospělých makaků“.²⁶

Je nutné zdůraznit, že v devadesátých letech dvacátého století byla vytvořena nová metoda k pozorování proliferujících buněk a [3H]-Thymidin byl do značné míry nahrazen Bromodeoxyuridinem (BrdU)²⁷. S pomocí BrdU se objevily nové výzkumy, z nichž za historicky nejdůležitější je považován Erikssonův článek s názvem „Neurogenesis in the Adult Human Hippocampus“. Jelikož BrdU není radioaktivní, bylo preferováno k označování buněk u pacientů s diagnostikovanou rakovinou. Tímto způsobem Eriksson našel nové neurony v mozcích pěti zemřelých pacientů.²⁸

Článek „Neurogenesis in the Adult Human Hippocampus“ se stal posledním prvkem tzv. konečné falsifikace, která neoddiskutovatelně vyvrátila stávající dogma či konvenci žádných nových neuronů. V současné době jsou nové neurony v mozku studovány s ohledem na jejich vztah k paměti, učení, stresu, spánkové deprivaci, závislostem atd.

²⁶ ALTMAN, „The Discovery of Adult Mammalian Neurogenesis,“ s. 34.

²⁷ BrdU má oproti thimidinu několik výhod – nepoškozuje buňky (není radioaktivní – proto byl použit a je používám k označování proliferujících buněk u pacientů s rakovinou), na snímky se nemusí čekat několik týdnů (jako u thimidinu), ale několik dní, jeho použití je levnější a výsledky jsou mnohem přesnější.

²⁸ Peter S. ERIKSSON – Ekaterina PERFILIEVA – Thomas Björk-ERIKSSON – Ann-Marie ALBORN – Claes NORDBORG – Daniel A. PETERSON – Fred H. GAGE, „Neurogenesis in the Adult Human Hippocampus.“ *Nature Medicine*, roč. 4, 1998, č. 11, s. 1313–1317.

5. Zaštiťování před falsifikací

Dogma žádných nových neuronů bylo před falsifikací zaštiťováno řadou prvků. V této části se budeme snažit tyto prvky analyzovat a do jisté míry odpovědět na dvě otázky. V prvním případě se budeme zabývat otázkou, jakým způsobem bylo dogma zaštiťováno, přičemž v druhém případě se budeme snažit odpovědět na otázku proč. Pokusíme se proto vytvořit dvě interpretace, kde v prvním případě budeme hovořit o konvencionalismu, a na straně druhé budeme hovořit o vědeckém pragmatismu.

5.1 Filosoficko-konvencionalistické zaštiťování

Konvencionalistické zaštiťování si především racionální filosofové vědy představují jako iracionální přidávání tzv. pomocných předpokladů či *ad hoc* hypotéz, které mají zachránit systém před jeho vyvrácením. Jedná se tak o přidání pomocných předpokladů, které mají pouze jedinou funkci – vyladit vztah mezi našimi přesvědčeními a naší zkušeností, která by se jinak mohla stát prostředkem k vyvrácení našeho přesvědčení o pravdivosti vědecké teorie.

Popper, stejně jako další racionální filosofové, pochopitelně silně argumentuje proti konvencionalismu. Musíme mít ale na zřeteli, že je zásadní rozdíl mezi filosofií vědy a vědou samotnou. Filosofové vědy se často zapletou do vlastních idejí normativity, které udávají, jak by mělo vědecké poznávání postupovat, vypadat a jak by se mělo vyvíjet. To ovšem v mnoha případech není (zcela) kompatibilní s tím, jak empirická věda opravdu pracuje a jakým způsobem se vyvíjí.

Způsob, jakým někteří filosofové vědy smýšlí o konvencionalismu, a to, co nám může nabídnout, shrnuje do velké míry J. Black:

Obratným uzpůsobením podmínek lze dosáhnout shody téměř každé hypotézy s jevy. Představitost to potěší, k pokroku našeho vědění to však nijak nepřispěje.²⁹

Jak mohou tyto konvencionalistické „triky“ vypadat? Popper odkazuje na několik takových triků, byť si nečiní nárok na kompletnost.

Můžeme tudíž zavádět *ad hoc* hypotézy. Nebo můžeme modifikovat takzvané „ostenzivní definice“. Nebo můžeme zaujmout skeptický postoj vůči spolehli-

²⁹ Joseph BLACK, *Lectures on the Elements of Chemistry*. Sv. I. Edinburgh 1803, s. 193. Cit. podle Karl R. POPPER, *Logika vědeckého zkoumání*. Praha: OIKOYMENH 1997, s. 68.

vosti experimentátora, jehož pozorování, která ohrožují náš systém, můžeme vyloučit z vědy na základě toho, že nejsou dostatečně podpořena, že jsou nevědecká, nebo neobjektivní, nebo dokonce na základě toho, že experimentátor je lhář. [...] Nakonec můžeme vždy vrhnout stín pochyb na schopnosti teoretika.³⁰

První na seznamu Popperových konvencionalistických triků jsou *ad hoc* hypotézy. Ty jsou podle Poppera vůbec zásadní přítěží, jelikož většinou snižují falsifikovatelnost systému. O *ad hoc* hypotézách se proto Popper vyjadřuje tak, že je možné je používat pouze v případě, kdy nesníží stupeň falsifikovatelnosti systému, ale právě naopak jeho falsifikovatelnost zvýší. V této souvislosti uvádí i příklad, jak takováto hypotéza nemá vypadat:

Příkladem neuspokojivé pomocné hypotézy by byla hypotéza kontrakce Fitzgeralda a Lorentze, která nemá žádné falsifikovatelné důsledky, nýbrž slouží pouze k obnovení shody mezi teorií a experimentem.³¹

V případě neurogeneze tyto *ad hoc* hypotézy není tak těžké najít. V první řadě můžeme tvrdit, že všechny v historii zavedené *ad hoc* hypotézy se opíraly o konvenci, která tvrdila, že v mozku dospělého savce nemohou vzniknout nové neurony. Jak jsme viděli výše, objevilo se mnoho výzkumů, které existenci nových neuronů doložily. V historii neurogeneze byly do jisté míry tyto naměřené výsledky přijaty, vždy ale byly pohotově doplněny obratnou *ad hoc* hypotézou.

S mírnou nadsázkou bychom mohli zobecnit formu všech *ad hoc* hypotézy asi takto: Ano nějaká měřitelná dospělá neurogeneze existuje, ale ... (*ad hoc* hypotéza). Tento případ nastal například při předložení důkazu o existenci nových neuronů u potkanů. Vědecká komunita tak do jisté míry přiznala, že se nové neurony u těchto tvorů mohou objevovat, ale:

Autoři zpochybňovali zprávy o dospělé neurogenezi u potkanů s návrhem, že potkani nikdy nepřestanou růst, a tudíž se nikdy nestanou dospělými.³²

Tato *ad hoc* hypotéza tak velmi obratně vyladila naši zkušenost s našimi přesvědčeními tím, že zpochybnila dospělost potkanů – a jak je známo, nové neurony se rodí i v počátcích postnatálního života.

Další *ad hoc* hypotézy nepožadovaly tak vysokou míru sofistikované argumentace. Jednalo-li se například o důkazy o nových neuronech u ptáků,

³⁰ *Ibid.*, s. 66–67.

³¹ *Ibid.*, s. 69.

³² GROSS, „Three Before their Time,“ s. 329.

bylo jednoduše konstatováno, že to nejsou savci, tudíž v jejich případě může k novým neuronům klidně docházet. Stejně utvořená *ad hoc* hypotéza byla použita i v případě objevu nových neuronů u ryb. V případě dalších savců, jako například morčat nebo koček, bylo řečeno, že k neurogenезi může docházet u specifických *malých* a především *nižších* živočichů, ovšem u *vyšších* živočichů jako například u primátů či přímo u člověka k tomuto fenoménu rozhodně dojít nemůže.

Neurogenезe u dospělých jedinců je nejvíce prominentní u druhů, které mají značnou kapacitu pro regeneraci axonů. Jsou to např. ryby a obojživelníci, nebo k tomuto může docházet v ptačím mozku s jednotlivými sezónními změnami, které se vztahují k zpěvu. Nicméně mozek primátů, jakož i jiných druhů, může být unikátně specializovaný v tom smyslu, že postrádá schopnost neuronální reprodukce ve chvíli, kdy dojde do stádia dospělosti.³³

Tyto myšlenky navíc podporovaly Rakicovy výzkumy, které tvrdily, že u primátů nenastává žádná viditelná neurogenезe. Když posléze Kaplan předložil před neurovědeckou komunitu svá pozorování nových neuronů v mozku makaka, vyvrátil tak výše uvedené *ad hoc* hypotézy. V tuto chvíli už vědecká komunita nebyla schopna vytvořit odpovídající *ad hoc* hypotézu a proto přeladila na jiný konvencionalistický trik – skeptický postoj vůči kompetencím vědce a jím předložených výsledků.

5.2 Vědecko-pragmatické zaštitování

Zaštitování před falsifikací v jistém úhlu pohledu mohou ve filosofické interpretaci vypadat jako absolutně iracionální rozhodnutí. Ovšem jak již bylo zmíněno, ne vždy filosofické názory odpovídají vývoji a úkonům empirické vědy. Při bližším pohledu na reálné fungování empirické vědy se jistě počiny a rozhodnutí vědců do velké míry jeví jako racionální a pragmatické. Tvrdit tak, že empiričtí vědci jednají iracionálně a konvencionalisticky, protože nepostupují podle Popperovy metody falsifikace, je značně omezené. Podle mého názoru vědci uvažují velmi pragmaticky, a proto je nutné se blíže podívat na to, s jakými přesvědčeními operovali, když se k nim dostaly první zmínky o existenci nových neuronů v mozcích dospělých savců.

Již jsme zmínili Ramóna y Cajala a jeho podstatný vliv na neurovědu dvacátého století. Zaštitování před falsifikací ale nelze vysvětlit pouze na základě důležité osobnosti a jejího zásadního vlivu. Nutně musí existovat

³³ RAKIC, „Limits of Neurogenesis in Primates,“ s. 1055.

mnohem více faktorů, které v zaštitování dogmatu hrály podstatnou roli, než pouhé příklánění se k autoritě.

Zdá se, že zde bylo několik důvodů, proč byl Altmanův objev neurogeneze v hipokampu a olfaktorickém bulbu ignorován. Zaprvé, nebyly zde spolehlivé techniky pro objektivní rozlišení malých neuronů od glií, zejména pak astrocytů. Až do devadesátých let mohlo být toto rozlišení uděláno pouze „okem experta“ a téměř z definice „expert věděl“, že k neurogenezi u dospělých savců nedochází.³⁴

Na tuto expertní znalost – že žádné nové neurony v dospělém savci nemohou vzniknout – má Cajal a jeho dílo *Estudios sobre la Degeneración y Regeneración del Sistema Nervioso* zřejmý vliv, který je stejně velký jako jeho vliv na axiomy neurovědy, jimž se budeme věnovat záhy. Jak ale bylo řečeno výše, pouhá autorita nestačí. Nedostatečné technické vybavení a nemožnost rozlišení mezi novým neuronem a astrocytem by se mělo setkat s vědeckým skepticismem, spíše než s automatickým přijetím nového objevu. Nedostatečné technické vybavení doby, na které poukazuje výše uvedený citát, je prvním prvkem, který z pragmatického hlediska bránil přijetí neurogeneze a zamítnutí obecně přijímané konvence.

Další důvod pro pragmatické odmítání nových výzkumů je spojen s neurodegenerativními poruchami. Kliničtí pacienti s neurodegenerativními onemocněními, jako například s Alzheimerovou či Parkinsonovou chorobou, ale i s lézemi, vyvolanými traumaticky, nevykazovali (a do jisté míry ani dnes nevykazují) zlepšení svého stavu. Průběh většiny neurodegenerativních poruch lze sice zpomalit, ale k vyléčení těchto chorob má i současná neurologie ještě daleko. Nově vzniklé neurony se také poji s přesvědčením, že degenerované či poškozené neurony mohou být nahrazeny neurony novými. Jestliže tedy nedochází u klinických pacientů ke zlepšení, nové neurony nenahrazují neurony poškozené – to znamená, že žádné nové neurony v dospělých mozcích nevznikají.

Vědci si uvědomovali, že některé orgány, jako například játra, mohou zregenerovat většinu své hmoty; a od osmdesátých let osmnáctého století bylo známo, že buňky podstupují mitotickou obnovou ve většině orgánů těla, včetně kůže, střev a krve. Nicméně bylo také známo, že mozek je něco jiného, protože se po poranění neregeneruje, a když buněční biologové mohli pozorovat chromozomy vně buněk, nespatořovali žádnou evidenci po mitóze v buňkách dospělého

³⁴ GROSS, „Three Before their Time,“ s. 10.

mozku. To znamenalo, že „vypnutí“ replikace bylo pro dospělý mozek něčím speciálním.³⁵

Dalším podnět k obraně *status quo* byla představa, že vznik nových neuronů by v důsledku byl pro funkci centrální nervové soustavy kontraproduktivní. Neurální funkce jsou zodpovědné například za pozorovatelné chování. Tyto funkce založené na komunikujících neuronech jsou specificky vyladěny tak, aby vždy produkovaly správnou reakci k vnějšímu prostředí, pozorovatelnou právě jako chování. Tudíž, jakýkoli zásah do takto specificky vyladěného a specificky komunikujícího systému by mohl mít za následek špatné odpovědi neurálních funkcí k vnějšímu prostředí. Dá se to říci mnohem snáze – pokud by byly přidávány nové neurony, organismus by se mohl začít chovat jinak (nesprávně). Testovaný organismus se chová stále stejně, ergo, v jeho mozku se neobjevují nové neurony.

Tuto interpretaci obhajoval například výše zmíněný Pasko Rakic:

Rakic předpokládal, že „sociální a kognitivní chování“ primátů může vyžadovat absenci dospělé neurogeneze.³⁶

V pořadí čtvrtým důvodem proč odmítat neurogenezi byla špatná přesvědčení ohledně paměti. Tento prvek do jisté míry stojí na podobné argumentaci jako výše uvedená problematika s chováním. Vybavování z paměti souvisí s pevnou a neměnnou strukturou neuronů, nové neurony by tak logicky měly paměť narušit.

Stabilní populace neuronů u primátů, včetně člověka, může být důležitá pro kontinuitu učení a paměti po celý život.³⁷

Pokud shrneme tyto čtyři důležité prvky, které zcela jistě hrály v odmítání neurogeneze důležitou roli, pak to jsou nedostatečně průkazné pozorovací metody, nevyvážení degenerativních aspektů mozku, nepřicházející alterace pozorovatelného chování a nepřicházející alterace paměti.

5.3 Pragmatické zaštiťování a finální falsifikace

Výše jsme se snažili přiblížit dva možné pohledy na zaštiťování dogmatu žádných nových neuronů. První do jisté míry nahrává kovencialismu,

³⁵ Gordon M. SHEPHERD, *Creating Modern Neuroscience: The Revolutionary 1950s*. New York: Oxford University Press 2010, s. 26.

³⁶ GROSS, „Three Before their Time,“ s. 9.

³⁷ RAKIC, „Limits of Neurogenesis in Primates,“ s. 1055.

jelikož si bere na mušku specifické prvky, které vysvětluje jako iracionální a dogmatické. Na rozdíl od toho druhý přístup nahrává vědeckému pragmatismu, který je do jisté míry zdrženlivý před velmi rychlým přijetím něčeho, co je v zásadním rozporu se zašlou konvencí. Popper se ke konvencionalismu vyjadřuje striktně:

Jediným způsobem, jak se vyhnout konvencionalismu, je rozhodnout se: rozhodnout se nepoužívat jeho metody. Rozhodnout se, že když je náš systém ohrožen, pak jej nikdy nebudeme zachraňovat žádným druhem konvencionalistického triku.³⁸

Domnívám se však, že některé konvencionalistické triky hrají role vědecko-pragmatických postojů a výše představené *ad hoc* hypotézy můžeme považovat za prvky vědeckého pragmatismu. Pokud bychom objevili nové neurony u dospělých ryb, měli bychom automaticky falsifikovat veškeré teorie, které předpokládají, že v žádném dospělém mozku se nové neurony nerodí? Norma, která by nás nutila takto uvažovat při jakémkoli výzkumu (nejen nových neuronů), by nás nakonec patrně dovedla k odmítnutí celé neurovědy. V tomto ohledu se *ad hoc* hypotéza, která se snaží vytvořit bariéru mezi vědeckým důkazem nových neuronů u ryb (nebo potkanů) a nemožností empirické evidence u dalších živočichů a lidí, zdá velmi pragmatická, jelikož zaštiťuje konvenci před kompletní falsifikací, pro kterou ještě nemáme dostatečnou empirickou evidenci. Pasko Rakic říká o své roli v historii neurogeneze toto:

Víte, často jsem považován za toho špatného v diskuzi ohledně neurogeneze. Lidé chtějí nové buňky, protože si myslí, že nabízejí novou naději. A myslí si, že já jsem ten, kdo vždycky říká „Podívejte se na mé rty – žádné nové neurony.“ Ale toto nikdy nebylo mou pozicí. Neměl jsem námitek vůči Fernandovým ptákům [důkaz nových neuronů u zpěvných ptáků – M.H.]. Měl jsem pouze námitek, když tvrdil, že to, co viděl u kanárek, by mohlo být aplikováno na lidské bytosti.³⁹

Jakým způsobem tedy budeme přistupovat k falsifikaci této konvence *žádných nových neuronů*?

Za falsifikovanou [teorii] ji budeme pokládat jen tehdy, objevíme-li reprodukovatelný jev, který teorii vyvrací. Jinými slovy falsifikaci přijímáme jen tehdy,

³⁸ POPPER, *Logika vědeckého zkoumání*, s. 67–68.

³⁹ Michael SPECTER, „How the Songs of Canaries Upset a Fundamental Principles of Science.“ *The New Yorker*, July 23, 2001, s. 47.

je-li předložena a koroborována empirická hypotéza nízké úrovně, která tento jev popisuje. Tento druh hypotézy lze nazvat falsifikující hypotézou.⁴⁰

A dále:

Že je nějaká teorie falsifikovaná, říkáme, pouze když jsme přijali základní tvrzení, která jsou s ní ve sporu.⁴¹

Když tudíž nalezneme reprodukovatelný jev takového typu, že v dalších a dalších mozcích dospělých potkanů nalezneme nové neurony, falsifikujeme nevyvratitelně teorii (či spíše konvenci), že v mozcích dospělých potkanů nemůže dojít k vytvoření žádného nového neuronu. Důležité je věnovat trochu pozornosti i slovu „přijali“, které by nás do jisté míry mělo vrátit do polí vědeckého pragmatismu, kde *ad hoc* hypotézy mohou uchránit naši konvenci do doby, než přijde empirická evidence. Bráníme tak racionalitu, když se chráníme před automatickým přijetím unáhlených tvrzení, že je tomu tak ve všech případech. Tento proces přijetí vědecké falsifikace ale plně spočívá v kompetenci vědecké komunity. Neurovědecké dogma bylo falsifikováno až v roce 1998. V tomto roce již nebylo možné či nutné zaštiťovat vědeckou doktrínu o jednosměrném umírání neuronů, jelikož již byly falsifikovány veškeré *ad hoc* hypotézy. Finální falsifikace tedy nastala ve chvíli, kdy byly veškeré použité *ad hoc* hypotézy vyvráceny a když už nebylo možné stanovit další. Až v roce 1998 Erikssonův důkaz falsifikuje poslední vznesené *ad hoc* hypotézy, které ještě předpokládaly, že mozek člověka je přece jen něco trochu odlišného. Již nelze stanovovat jakékoli další *ad hoc* hypotézy, které by bránily přijetí existence nových neuronů.

Finální falsifikace ale s sebou nese i jisté kreativní prvky, jelikož už žádné *ad hoc* hypotézy a s nimi spojené konvence či vědecký pragmatismus nebrání vynořování nových výzkumných programů, které budou položeny na základě právě vyvráceného dogmatu. Můžeme se zmínit o nadšení kritických racionalistů, které pramení právě z takové falsifikace:

My i ti, kdo náš postoj sdílejí, budeme doufat v nové objevy; a budeme doufat, že nám v tom pomůže nově vybudovaný vědecký systém. Budeme mít tudíž největší zájem na falsifikujícím experimentu. Budeme jej oslavovat jako úspěch, neboť nám otevřel nové pohledy do světa nových zkušeností.⁴²

⁴⁰ POPPER, *Logika vědeckého zkoumání*, s. 73.

⁴¹ *Ibid.*

⁴² *Ibid.*, s. 66.

Na základě této inspirace lze zavést jednoduchý pojem *kreativní falsifikace*. Jedná se o to, že pokud jisté prvky v rámci neurovědy začnou být neúnosné a na základě empirických dat proběhne falsifikace, otevírají se dveře zcela novým výzkumům a vědeckým hypotézám, které byly doposud nemožné kvůli konvencionalistickému přístupu vědecké komunity.

Z hlediska normativního nelze rozlišit, kdy se jedná o racionální pragmatické aspekty vědeckého výzkumu a kdy o iracionální lpění na konvencích, opírající se o vědecké autority. Můžeme ale tento aspekt v případě neurogeneze blíže analyzovat v další kapitole, ve které předpokládáme, že dogma žádných nových neuronů, bylo vlastně jedním z axiomů moderní neurovědy.

6. Implicitní definice a axiomy neurovědy

Důvod, proč je problematika neurogeneze tak obtížná a proč s ní byl takový problém, spočívá v tom, že se pod tvrzením „žádné nové neurony se nemohou v *dospělém mozku objevit*“ skrývá jeden z axiomů moderní neurovědy.

Pokusit se stanovit axiomy takto mladé disciplíny jakou je neurověda (a její příbuzné disciplíny) se může někomu zdát až marným úkolem. Někdo by zcela určitě rád doplnil, že o axiomech by se mělo hovořit pouze ve vědách, které jsou formalizovatelné a v nichž axiomy a odvozovací pravidla hrají zásadní roli – geometrie, matematika a logika. Nicméně na axiomy lze pohlížet také trochu obratněji, po vzoru slavného filosofa vědy Karla R. Poppera. Popper nesdílí názor, že axiomy systémů je třeba brát jako samozřejmé. Za axiomy systému pokládá konvence nebo empirické (vědecké) hypotézy.⁴³

Automaticky se objevuje otázka: jak budou axiomy neurovědy vypadat a jak je stanovit, pokud to mohou být konvence, nebo vědecké hypotézy (kombinace obou zmíněných není možná, jak uvidíme dále). Při tomto hypotetickém stanovení axiomů neurovědy se odvoláme na kapitolu *Prehistorie neurogeneze* a důležitou postavu Ramóna y Cajala. Pokus o výčet axiomů, s nimiž v historii neurovědců pracovali, by se tak měl opírat o prvky neuronové doktríny.

Termín „neuron“ byl zaveden pro označení nervových buněk a takzvaná neuronová doktrína začala být populární. Koncem devatenáctého století byla tato teorie nejvíce přijímanou teorií k vysvětlení organizace nervového systému,

⁴³ *Ibid.*, s. 57.

v němž byl neuron považován za anatomickou, psychologickou, genetickou a metabolickou jednotku nervového systému.⁴⁴

A dále:

Formuloval důležité teorie [míněno Cajal], z nichž nejpůvodnější byla neuronová doktrína a zákon dynamické polarizace neuronu. Histologické deskripce byly tak přesné, že jeho klasické dílo shrnující tyto studie, *Textura del Sistema Nervioso del Hombre y de los Vertebrados*, je stále titul, na který odkazuje mnoho neurovědeckých laboratoří.⁴⁵

Celá neurověda se v minulosti (a i dnes) opírala o dva ústřední termíny či dvě základní ideje. První ideou či termínem, je neuron. Druhý termín či idea je o trochu komplexnější, ale jedná se o to, jakým způsobem proudí informace skrze jednotlivé neurony. Obě dvě základní ideje obsáhl Cajal ve svých pracích. Popsal neuron a zákon dynamické polarizace, který vysvětluje, jak neuron komunikuje s jinými neurony: dendrity nemají pro neuron vyživovací funkci, ale přijímají informace z jiných neuronů, které posléze putují přes tělo neuronu, dostávají se do axonu a z něho pak přecházejí do dalšího neuronu.⁴⁶

První termín tedy popisuje základní jednotku centrální nervové soustavy, druhý představuje způsob, jak tato základní jednotka centrální nervové soustavy komunikuje s další takovou jednotkou. Tyto dvě základní ideje tvoří základní stavební kameny neurovědy (dnes už mají samozřejmě pozměněnou formu – za základní jednotku centrální nervové soustavy je považována synapse; další důležitou roli hraje tzv. akční potenciál). Nejedná se však o axiomy neurovědy, jak by se mohlo na první pohled zdát. Jakou formu tedy mají axiomy neurovědy? Podle mého názoru se jedná o konvence.

Pokládají-li se axiomy za konvence, pak vymezují používání nebo význam základních idejí (nebo primitivních *termínů* nebo *pojmu*), zavedených axiomy; určují, co lze a co nelze o těchto *základních idejích* říci. Někdy se o axiomech říká, že to jsou „*implicitní definice*“ idejí, jimi zaváděných.⁴⁷

Axiomy neurovědy tedy vymezují význam základních idejí, na kterých neurověda stojí. Neuron je tak například definován jako určitá buňka s urči-

⁴⁴ DEFELIPE, „Cajal's Place in the History of Neuroscience,“ s. 503.

⁴⁵ *Ibid.*, s. 498.

⁴⁶ *Ibid.*, s. 505–506.

⁴⁷ POPPER, *Logika vědeckého zkoumání*, s. 57.

tou velikostí atp. V historii neurovědy došlo k tomu, že do systému *implicitních definic* pronikla i taková, která tvrdila, že tato buňka centrální nervové soustavy nemůže v dospělém mozku vzniknout. Jedna z těchto definic tak zapříčinila to, k čemu se nyní odkazuje jako k dogmatu žádných nových neuronů. Cajal předpokládal fixní počet neuronů, které mohou v centrální nervové soustavě pouze umírat, ne se však vznikat. Mozek podle něj nemůže obnovovat své neurony, jelikož schopnost proliferace těchto buněk zcela zanikla s prvními roky života.

Implicitní definice tedy mohou hrát roli axiomů a definovat základní ideje, na kterých vědecký systém stojí. To znamená, že axiomy jsou specifické věty speciálního jazyka. Termín X je pak vysvětlen či přímo definován právě prostřednictvím těchto speciálních vět. Axiomy (speciální věty) pak *implicitně definují* konkrétní termín X, jelikož vymezují jeho užití a vlastnosti. Základní ideje, o nichž je zde řeč – 1) neuron a 2) způsob komunikace mezi neurony – jsou tak právě těmito speciálními termíny X, které jsou implicitně definované speciálními větami specifického jazyka. Axiomy jsou tak *implicitními definicemi* termínů neuron a komunikace neuronu, a definují, co jsme o těchto dvou termínech schopni vypovědět. Konvence jsou právě těmito speciálními axiomatickými větami, které určují, co jsme o těchto termínech schopni říci. Popper také říká, že tímto způsobem můžeme postihnout jakýkoli vědecký systém:

Každý daný vědecký systém lze interpretovat jako systém implicitních definic.⁴⁸

Zřejmě by bylo možné podat vyčerpávající seznam implicitních definic, které budou definovat naše dvě základní ideje (*neuron* a jeho *komunikaci*), nebude to však jednoduchý úkol. Jak by takové implicitní definice mohly vypadat? Měly by například zahrnovat to, že neuron je vždy buňkou, že neuron má buněčné jádro, že má dendrity, axony atd. Naštěstí se v této práci nemusíme zabývat vyčerpávajícím výčtem implicitních definic, jelikož v problematice neurogeneze nám bude stačit pouze jedna, která tvrdí: *Neuron nemůže v dospělém mozku vzniknout.*

Tento způsob implicitního definování však nevyhnutelně vede k tomu, že ze systému axiomů se stane systém analytických tvrzení (jelikož jsou dány právě konvencí), která jsou vždy pravdivá. Takovýto systém však nelze považovat za systém empirický, jelikož z něho vzešlé důsledky budou taktéž analytické (nikoli syntetické), čímž odolají falsifikaci.⁴⁹

⁴⁸ *Ibid.*, s. 65.

⁴⁹ *Ibid.*, s. 59.

Není totiž vskutku možné rozhodnout analýzou logické formy systému, zda je tento systém tvrzení konvenčním systémem nevyvratitelných implicitních definic, anebo zda je to systém empirický v mém smyslu; tj. systém vyvratitelný.⁵⁰

Aby však bylo možné praktikovat „trademark“ kritického racionalismu (falsifikace), musí být systém axiomů (v tomto případě implicitních definic) systémem syntetických tvrzení, to znamená empirických hypotéz.

Je možné se zeptat, co když se ale axiomatický systém interpretuje jako systém empirických nebo vědeckých hypotéz? Obvyklý názor je, že se primitivní termíny, vyskytující se v axiomatickém systému, nemají pokládat za implicitně definované, nýbrž za „extralogické konstanty“. Například takové pojmy jako „přímka“ a „bod“, které se vyskytují v každém axiomatickém systému geometrie, lze interpretovat jako „světelný paprsek“ a „průsečík světelných paprsků“. Myslí se, že se tím tvrzení axiomatického systému stanou tvrzeními o empirických objektech, tj. syntetickými tvrzeními.⁵¹

Specifické implicitní definice tak lze interpretovat jako tvrzení o empirických objektech. V neurovědě to zřejmě bude o něco jednodušší, jelikož zde termíny jako přímka nebo bod tak důležité role nehrají. Tímto způsobem jsme schopni z axiomatických implicitních definic vytvořit syntetická tvrzení, jejichž pravdivostní hodnota není automaticky dána tím, co tyto analytické výroky tvrdí. Analytická tvrzení se nemohou stát základem přírodní vědy, tudíž v základu musí stát tvrzení syntetická (vyvratitelná). Kdy se však z analytických tvrzení, na které hledíme jako na konvence, stanou syntetická tvrzení?

6.1 Axiomy a potenciální falsifikátory

Popper říká, že systém axiomů by měl být složen z univerzálních jmen (univerzálních tvrzení, která se budou vztahovat na veškeré typy těchto věcí, což lze vyjádřit obecným kvantifikátorem) a ne z ostensivních definic.⁵²

V tomto ohledu však narazíme na jistý problém. Jelikož se axiomatický systém musí skládat z univerzálních jmen, musí tato univerzální jména být definována jinými univerzálními jmény. Nemůžeme se tak vyhnout tomu, že některá univerzální jména musí zůstat nedefinovaná. Pokud však použijeme na definování jednoho univerzálního jména jiné univerzální jméno, co pak

⁵⁰ *Ibid.*, s. 67.

⁵¹ *Ibid.*, s. 59.

⁵² *Ibid.*

definuje to univerzální jméno, které definuje univerzální jméno před tím? Abychom se nedostali do kruhových definic nebo nekonečného regresu, musíme připustit, že některá univerzální jména musí zůstat nedefinovaná. Pokud však některá univerzální jména musí zůstat nedefinovaná, pak se tím zákonitě vracíme k tomu, že používáme tyto některé pojmy v neempirickém smyslu tj. jako implicitně definované pojmy – tudíž jako konvence. A tohle ničí naši empirickou povahu systému.⁵³ Mohli bychom však tvrdit, že empirickou povahu systému můžeme zachovat pomocí další konvence, která na toto bude upozorňovat. Některá univerzální jména jednoduše zůstanou analytická a pod náporom empirické evidence se stanou empirickými (syntetickými) tvrzeními. Spasíme se tak před kruhem, ale ne před nekonečným regresem. To však v Popperově filosofii nevadí. Navíc, jak jsme viděli, něco musí být dáno konvencemi a jedna pragmatická konvence navíc už vadit určitě nebude.

Konvencím se tedy v empirickém výzkumu nemůžeme vyhnout. Ať už stojí v základě našeho empirického systému nebo jsou pragmatickou konvencí, která chrání empirický charakter našeho systému. Výše bylo řečeno, že axiomatický systém by měl být složen z univerzálních jmen. Univerzální tvrzení lze stanovit na základě obecného vztahu, které platí ve všech případech.

$$\forall x (P(x) \rightarrow Q(x))$$

Potřebujeme-li definovat neuron, jediným prostředkem jsou axiomatické implicitní definice. Výše byl stručně načrtnut krátký výčet těchto implicitních definic neuronu (buňka, axony atd.). Nyní se pokusíme ukázat, jak takovéto definice mohou vypadat ve formalizované podobě:⁵⁴

Pro všechna x , která mají vlastnost P (být neuron) platí, že mají vlastnost Q (být buňkou).

Pro všechna x , která mají vlastnost P (být neuron) platí, že mají vlastnost Q (mít axon).

Pro všechna x , která mají vlastnost P (být neuron) platí, že mají vlastnost Q (mohou pouze umírat).⁵⁵

atd.

⁵³ *Ibid.*, s. 60.

⁵⁴ V tomto ohledu jsou implicitní definice našeho termínu *neuron* na pravé straně od implikace.

⁵⁵ Neuron jako postmitotická buňka už se dále nedělí, což není případ progenitorových buněk. Viz poznámka pod čarou č. 9.

V problematice neurogeneze nás zajímá především následující implicitní definice, která hraje taktéž důležitou roli konvenčního axiomu – nevyvratitelného analytického tvrzení: Žádné nové neurony nemohou v *dospělém mozku vzniknout*. Podle mého názoru zastávala tato implicitní definice roli jednoho z několika axiomů neurovědy, o kterých se jednoduše nepochybovalo. Toto poslední univerzální pravidlo či analytické tvrzení však po roce 1962 prošlo důležitou „mutací“, během níž se přesunulo ze sféry analytických, vždy pravdivých tvrzení, do sféry syntetických tvrzení. Mutace či přesunutí z jedné sféry do druhé otevírá množinu falsifikovatelných prvků, tedy se systém, teorie či hypotéza stávají falsifikovatelnými. V tomto případě se z nepochybnitelného axiomu stala empirická hypotéza.

Pro Poppera je teorie empirická, pokud má dvě podtřídy základních tvrzení. První z nich je podtřída základních tvrzení, která teorii neprotiřečí, zatímco druhá podtřída je podtřídou základních tvrzení, která s teorií nejsou slučitelná. K této druhé podtřídě se všeobecně odkazuje jako k *potenciálním falsifikátorům*.

Nějaká teorie je falsifikovatelná, je-li třída jejich potenciálních falsifikátorů neprázdná.⁵⁶

Veškeré teorie či hypotézy zabývající se přírodou ze své podstaty automaticky nesou i své potenciální falsifikátory, neboť je postulují ve svých vlastních tvrzeních a utvářejí jejich formu. Teorie složená z univerzálních tvrzení tak automaticky postulují i své potenciální falsifikátory, stejně jako hypotéza, která je vyjádřena jedním univerzálním tvrzením. Na tyto potenciální falsifikátory lze přijít velmi jednoduše prostřednictvím DeMorganových zákonů.

$$\forall x (P(x) \rightarrow Q(x))$$

$$\exists x (P(x) \text{ a } Q(x))$$

Např.:

Pro všechna x , která mají vlastnost P (být neuron) platí, že mají vlastnost Q (být buňkou).

Negace tohoto tvrzení bude:

Není pravda, že by existovalo alespoň jedno x , které by mělo vlastnost P (být neuron) a nemělo by vlastnost Q (být buňkou).

⁵⁶ POPPER, *Logika vědeckého zkoumání*, s. 72.

Teorie tak o svých potenciálních falsifikátorech hovoří poukázáním na podmínky jejich nepravdivosti. Negované tvrzení říká, že nemůže existovat neuron, který by nebyl buňkou. Pokud bychom z tohoto tvrzení vybrali pouze Q, postulujeme potenciální falsifikátor. Veškeré teorie či hypotézy, které předpokládají či tvrdí, že neuron je buňkou, budou vyvráceny, pokud bude nalezen alespoň jeden neuron, který buňkou nebude. To samé platí i pro konvenci – žádné nové neurony nemohou v *dospělém mozku vzniknout*.

Dogma předpokládající, že v *dospělém mozku nemohou vzniknout žádné nové neurony*, bylo vytvořeno na základě právě této implicitní definice, která dlouhou dobu hrála roli nezpochybnitelného axiomu. Tato implicitní definice „programovala“ neurovědeckou komunitu stejným způsobem, jako přesvědčení neurovědecké komunity „programovala“ implicitní definice, která tvrdí, že neuron je buňkou. Jedná se ale opravdu o dogma?

7. Pragmatismus vs. dogmatismus

Na základě výše popsané analýzy lze argumentovat, že historie neurogeneze není historií dogmatu, jak si mnozí myslí, nýbrž historií vědecko-pragmatického zaštitování a pragmatického skepticismu. Není samozřejmě sporu o tom, že tvrzení „žádné nové neurony nemohou v *dospělém mozku vzniknout*“ bylo v tomto specifickém výzkumném procesu konvencí, která podle výše uvedené analýzy byla na stejné úrovni jako ostatní axiomy, předpokládající například, že neuron je buňkou. Jak bylo v naší analýze ukázáno, konvencím neunikne žádná vědecká disciplína. Podobně jako Thomas Kuhn říká, že normální věda nemůže existovat bez nějakého paradigmatu,⁵⁷ bychom mohli říci, že žádná věda nemůže existovat bez jistých konvencí.

Analýza analytických a syntetických tvrzení ukázala, že konvence lze obratnou pragmatickou „mutací“ přehodnotit na vyvratitelné hypotézy, pokud narazíme na empirickou evidenci, která je s konvencí v rozporu. O plnohodnotné „mutaci“ z analytického tvrzení na tvrzení syntetické lze hovořit pouze v případě, kdy začneme naplňovat sféru potenciálních falsifikátorů koroborovanou empirickou evidencí.

Vědecko-pragmatická zaštitění a *ad hoc* hypotézy hrají v historii neurogeneze důležitou roli. *Ad hoc* hypotézy přitom nejsou použity normativním způsobem v Popperově smyslu, který od nich vyžaduje pouze zvýšení falsifikovatelnosti teorie, ale jsou užity pragmaticky s účelem předejít naivní falsifikaci.

⁵⁷ Thomas S. KUHN, *Struktura vědeckých revolucí*. Praha: OIKOYMENH 1996, s. 105.

Ta by mohla vypadat následovně: Pokud předpokládáme, že veškeré labuť jsou bílé, a empirický výzkum objeví, že existuje alespoň jedna černá labuť, měla by být teorie, tvrdící, že všechny labuť jsou bílé, automaticky falsifikována. Pokud se tedy v našem empirickém výzkumu objeví alespoň jeden mozek, v němž se naleznou alespoň jeden nový neuron, bude vyvrácena výše uvedená hypotéza či konvence, která předpokládá, že neurony nemožnou v (dospělém) mozku vznikat.

Tohoto naivního vyvrácení konvence se však svědomitá vědecká disciplína nemůže dopustit, i přestože došlo k objevu falsifikujícího fenoménu. Nemůžeme automaticky předpokládat, že výskyt nových neuronů v mozcích potkanů falsifikuje naši implicitní definici, která předpokládá, že v mozcích dospělých savců nedochází ke vzniku nových neuronů, jelikož důkaz existence nových neuronů v mozcích dospělých potkanů nám neříká vůbec nic o mozcích dalších savců. Pokud bychom se pro naivní falsifikaci přece jen rozhodli, pak bychom automaticky předpokládali existenci nových neuronů ve všech mozcích, které známe, aniž bychom disponovali jakoukoli empirickou evidencí – což je ve svědomité empirické disciplíně absolutně nemožné.

Zaštitování před falsifikací bylo pragmatickým vědeckým prostředkem, který byl podložený jistou mírou skepticismu. *Ad hoc* hypotézy v našem případě představovaly jakési přehradu, které zabráňovaly „přelití“ přehnaných tvrzení (že ve všech mozcích dochází k novým neuronům) do jiných výzkumných programů (studujících jiné druhy mozků), které ještě nedisponovaly empirickou evidencí, tolik potřebnou k falsifikaci. Objevy nových neuronů u potkanů, ryb a ptáků samozřejmě falsifikují implicitní definici, ale falsifikují ji pouze ve výzkumných programech, které se zabývají potkany, rybami a ptáky. Tyto, i když důležité falsifikace neříkají o dalších mozcích a jejich nových neuronech absolutně nic. Proto je pragmatické přehradit tyto falsifikace *ad hoc* hypotézou, zachovat si konvenční implicitní definici a vyčkat na její falsifikaci až při dostatečné empirické evidenci, která s ní bude v rozporu. Vědecká komunita tedy nevědomky u dalších výzkumů zachovává pro tento axiom (implicitní definici či konvenci) formu analytického tvrzení a nevyvratitelného prvku. Už se ale nabízí automatická pragmatická mutace, kdy se v případě nové empirické evidence tento axiom stane syntetickým tvrzením.

Z historického hlediska bylo to, k čemu se obecně odkazuje jako k dogmatu, oprávněně falsifikováno bez jakéhokoli dalšího nároku na přežití až v roce 1998, kdy byly objeveny nové neurony u pěti lidí. Do té doby však toto přesvědčení o neexistenci nových neuronů přetrvávalo a lpělo na zažitém pragmatické konvenci.

Na základě této filosofické analýzy docházíme k závěru, že se nejedná o dogma, ale o vědecko-pragmatická řešení, zavedená z pozice vědeckého skepticismu, pro který byla stěžejní nedostatečná empirická evidence. Analýzu a tento článek tedy uzavřeme konstatováním, že historie neurogeneze je historií pragmatismu a skepticismu, což je v přímém rozporu s názvy většiny neurovědeckých publikací, které předpokládají, že historie neurogeneze je historií dogmatu.

8. Závěr

Studie se drží historických událostí, které se na základě filosofické analýzy axiomů a zaštiťování jeví mnohem více jako úkony pragmatické, než jako pouhé dogmatické lpění na konvenci. Snažil jsem **SE** představit racionální důvody, proč bylo na nově vzniklé neurony v mozcích savců pohlíženo s jistým skepticismem a jaká byly praktické důsledky tohoto skepticismu – vědecká komunita se tak vyvarovala naivní falsifikace jednoho ze zakládajících axiomů neurovědy.

Podle mého názoru by vedle filosofické analýzy bylo potřeba provést rovněž analýzu historie neurogeneze, která by byla vedena z pozice sociologie vědy, jelikož sociologické prvky byly v případě tohoto vědeckého fenoménu velmi výrazné. Tato studie se jich dotkla pouze okrajově s nadějí, že poslouží jako inspirace k jejich hlubší analýze.