

FRANTIŠEK KOUKOLÍK

JÁ.

O MOZKU, VĚDOMÍ
A SEBEUVĚDOMOVÁNÍ

KAROLINUM

Já.

O mozku, vědomí a sebeuvědomování

František Koukolík

Recenzenti: prof. MUDr. Pavel Kalvach, CSc.

doc. MDDR. MUDr. Jiří Šedý, Ph.D., MBA



**Národní
plán
obnovy**



**Financováno
Evropskou unií**
NextGenerationEU



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Publikace byla vydána za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy a Národního plánu obnovy v rámci projektu Transformace pro VŠ na UK (reg. č. NPO_UK_MSMT-16602/2022).

Vydala Univerzita Karlova

Nakladatelství Karolinum

Praha 2024

Redakce Lenka Ščerbaničová

Grafická úprava Jan Šerých

Sazba DTP Nakladatelství Karolinum

Vydání třetí, přepracované

© Univerzita Karlova, 2024

© František Koukolík, 2024

ISBN 978-80-246-5854-4 (epub)

ISBN 978-80-246-5853-7 (pdf)

ISBN 978-80-246-5843-8 (print)

OBSAH

- 7 **PŘEDMLUVA K TŘETÍMU VYDÁNÍ**
- 9 **1 / CAMBRIDGESKÁ DEKLARACE**
- 15 **2 / NEURONOVÁ REPREZENTACE**
- 17 **3 / VĚDOMÍ MÁ VÍCE ROZMĚRŮ**
- 19 **4 / NEJROZŠÍŘENĚJŠÍ SOUČASNÉ TEORIE VĚDOMÍ**
- 25 **5 / BIOLOGICKÁ EVOLUCE A VZNIK VĚDOMÍ**
- 33 **6 / VÝVOJ VĚDOMÍ**
- 51 **7 / NEURONOVÝ KORELÁT VĚDOMÍ**
- 57 **8 / KONEKTOMIKA**
- 59 **9 / SEBEUVĚDOMOVÁNÍ**
- 75 **10 / SPÁNEK A SNY**
- 83 **11 / CELKOVÁ ANESTEZIE**
- 85 **12 / HYPNÓZA**

89	13 / MEDITACE
93	14 / PSYCHEDELICKY PŮSOBÍCÍ LÁTKY
97	15 / PORUCHY VĚDOMÍ
101	16 / FUNKČNÍ NEUROLOGICKÉ PORUCHY
105	17 / SPEKTRUM AUTISTICKÝCH PORUCH
109	18 / SCHIZOFRENIE
113	19 / DEPRESE
115	20 / ZKUŠENOST BLÍZKÉ SMRTI
119	21 / ZÁPAD A VÝCHOD
123	22 / SVOBODNÁ VŮLE
129	23 / MOZKOVÉ ORGANOIDY
131	24 / QUALIA
133	25 / FILOZOFICKÉ OTÁZKY A CESTY ŘEŠENÍ
137	26 / STROJE
141	27 / DOŠLI JSME AŽ SEM
143	POZNÁMKY A LITERATURA
187	TABULKY

PŘEDMLUVA K TŘETÍMU VYDÁNÍ

Třetí vydání knihy sleduje výzkum vztahu mozku a vědomí v průběhu let 2013–2023. Za tu dobu se rozšířily a zdokonalily všechny metody zkoumající mozek lidí a zvířat způsobem, který si před prvním vydáním z r. 2003 uměl představit jen málokdo.

Poločas informace je v neurovědách nižší než pět let.

Předchozí, druhé vydání z r. 2013 bylo tedy nutné aktualizovat.

Přepřpracovaný text popisuje soudobé definice vědomí, neuronový korelát a evoluci vědomí včetně sebeuvědomování; dále změněné stavy vědomí, a to spánek, anestezii, hypnózu, meditaci a účinek psychedelik; některé druhy poškozeného vědomí, například kóma, funkční poruchy, autismus, schizofrenii a depresi; otázku svobodné vůle, a také jak je vědomí ovlivňováno kulturou, v níž jsme vyrostli a žijeme.

Knížku jsem rozdělil do tří částí.

První část představuje pro širokou veřejnost poměrně přístupný text, v němž jsem se snažil o co největší srozumitelnost.

Druhá část, pojmenovaná Poznámky a literatura, uvádí prameny, z nichž jsem čerpal. Některé z nich komentují a podrobněji objasňují vybrané nejsložitější teorie vysvětlující vědomí, například integrovanou teorii a teorii globálního pracovního prostoru. Užití prameny uvádím v pořadí, které odpovídá odvíjení textu první části knihy, proto nejsou srovnány abecedně.

Třetí část obsahuje doplňující tabulky.

Problém vidím v anatomickém názvosloví. Žádná publikace se mu nevyhne. Motivovaní čtenáři mohou zjistit polohu a spojení mozkových oblastí, o nichž je v knize řeč, navštíví-li *Human Brain Atlas at Michigan*

State University – jeden z velkého počtu atlasů lidského mozku. Na rozdíl od jiných je pro laiky i studenty medicíny a psychologie poměrně srozumitelný a volně přístupný na adrese: <https://brains.anatomy.msu.edu/brains/human/index.html>.

Překlad základních orientačních pojmů atlasu obsahuje úvod oddílu Poznámky a literatura.

Další problém představují ilustrace. S ohledem na velmi rychlý vývoj funkčních zobrazovacích metod připomínají všechny obrázky políčka vystřižená z filmu, který se odvíjí pořád dál. Současný stav vystihuje moje kniha *Lidský mozek. Funkční systémy. Norma a poruchy*. 4., přepracované vydání, Praha: Galén 2022. Do štíhlé knížky, kterou držíte v ruce, by se rozsáhlý obrazový materiál nevešel.

Velké poděkování oběma recenzentům za obohacující připomínky, a zvláště pak paní Mgr. L. Ščerbaničové za tradičně dokonalou práci.

František Koukolík
Praha, 1. září 2023

V krátkém rukopisu, který se jmenuje O svaté nemoci a popisuje epilepsii (napsal ho kolem roku 400 př. n. l. Hippokrates z Kósu, zvaný otec lékařství, cca 460–380 př. n. l.), čteme:

Lidé by měli vědět, že z ničeho jiného než z mozku nepřicházejí radosti, slasti, smích i zábavy, starosti, žaly, sklíčenost i bédování. Mozkem zvláštním způsobem získáváme moudrost a poznání, vidíme a slyšíme a poznáváme, co je špatné a správné, co je bídné a spravedlivé, špatné a dobré, sladké a nechutné... Díky mozku zešílíme a blouzníme, útočí na nás strach i hrůza, na někoho v noci, na jiného ve dne, sníme a putujeme mimo čas...

Úvahy o vztahu mozku a vědomí trvají dodnes a budou pokračovat, co bude věda vědou a filozofie filozofií.

Sedmého července r. 2012 byla světově významnými neurovědci Phillipem Lowem, Geraldem Edelmanem a Chrisem Kochem při zakončení konference o vědomí lidí a nonhumánních živočichů, uspořádané na památku Francise Cricka (spoluobjevitele DNA), vydána Cambridgeská deklarace. Konference probíhala v Churchill College Cambridgeské univerzity ve Spojeném království. Účastníci konference, byť údajně ne všichni, podepsali Deklaraci též večer v přítomnosti Stephena Hawkinga v Balfourově sále hotelu Du Vin v Cambridgi.

Výsledky konference a její poselství znamenají předěl mezi minulými a budoucími směry výzkumu mozku a jsou výkladem jejich výsledků.

PRVNÍ POSELSTVÍ

Nějakou podobu vědomí mají nejen všichni savci a ptáci, ale i bezobratlí živočiši, například hlavonožci a někteří členovci.

DRUHÉ POSELSTVÍ

Základní podobu sebeuvědomování neboli Jáství prokazatelnou u malých dětí mají šimpanzi, některé asijské slonice, delfini a některé straky.

TŘETÍ POSELSTVÍ

Lidé mají se zvířaty společný podklad emocí a pocitů, přičemž k prožívání emocí není nutná mozková kůra.

Od vyhlášení Cambridgeské deklarace uplynulo 12 let.

Pokusím se shrnout, co tyto roky při zkoumání vztahu mozku, vědomí a sebeuvědomování přinesly.

Jednoduché to není.

Studie Sattinovy skupiny r. 2021 totiž uveřejnila

- 27 definic vědomí,
- 21 adjektiv a substantiv popisujících jednotlivé kategorie pojmu vědomí,
- 29 modelů vztahu vědomí a mozku.

Chcete-li se jimi proklestit (opravdu jde o džungli pojmů, hypotéz a teorií), jen se podívejte na poznámku ke stejnojmenné kapitole.

Citovaná studie konstatuje, že vědomí znamená

- a) být si něčeho vědom (*being aware of something*), čímž nic moc neříká, protože jde o definici kruhem
- b) subjektivní zkušenost (*subjective experience*).

Subjektivní zkušenost má tři rozměry:

1. rozlišování a vnímání obsahu smyslových vstupů ze zevního i vnitřního prostředí organismu,
2. přípravu k akci založenou na poznávacích funkcích,
3. sledování a záměrnou kontrolu vlastních průběžných myšlenek, emocí a motivací.

POJMOVÁ HOUŠTINA

Pokusím se o výklad pojmů, které se ve vědeckých studiích cílených na vědomí vyskytují nejčastěji. Různé autority užívají stejné pojmy tak, že se částečně překrývají, zčásti jsou odlišné. Obsah následujících pojmů dělá v literatuře dojem písečných dun, díky větru trvale posouvaných.

1. *Sentience*, doslovně citivost, je slovo, které bylo v angličtině užito prvně počátkem 17. století k tomu, aby oddělilo emoce od rozumu. Odborníci, kteří se zaměřují na citlivé zacházení se zvířaty (*animal welfare*), mají za to, že *sentience* v širokém slova smyslu obnáší všechny citěné zkušenosti, například zrakové, sluchové, dotykové, stejně jako pocity tepla, chladu, únavy, žízně, vzrušení, nudy, stresu, úzkosti, bolesti, slasti a radosti.

Schopnost cítit by měla být odlišována od jiných schopností:

Bytost vybavená pouze *sentience* není schopná sdělit své cítění a není schopná porozumět cítění druhých bytostí. Na první pohled je tedy zřejmé, že toto pojetí *sentience* je neúplná podoba sebeuvědomování, která

- a) není s to mentalizovat, neboli nemá teorii mysli, není tedy schopná odhadnout, co se děje uvnitř psychiky příslušníka vlastního druhu,
- b) není s to své prožitky sdělit.

Podklady a důkazy *sentience* jsou:

1. Čidla neboli receptory citlivé na poškozující podněty, nociceptory.
2. Neuronové sítě propojující nociceptory s oblastmi mozku, které slučují informace.
3. Schopnost slučovat informace z různých smyslových zdrojů, tedy schopnost integrovat.
4. Změny chování, které jsou odpovědí na poškozující podněty, je možné ovlivnit:
 - místními anestetiky, například mesokainem, dále analgetiky, jako jsou opiáty, a dále látkami tlumícími u lidí úzkost nebo pocit smutku – lze tedy předpokládat, že zvířatům tlumí bolest nebo stres také, zvířata jsou nositeli niterného přenašečového systému, který ovlivňuje odpovědi na stres a bolest.
5. Motivační porovnání: zvířata jsou s to porovnat zápornou hodnotu ohrožujícího nebo poškozujícího podnětu s kladnou hodnotou odměny, což umožňuje pružnější chování.
6. Pružná ochrana sama sebe, například útek od vyvolávající příčiny a následné ošetřování rány. Zvířata poznají umístění poškozujícího podnětu na vlastním těle.

7. U zvířat lze prokázat asociativní učení, v jehož průběhu jsou poškozující podněty asociovány s podněty neutrálními, nebo se zvíře naučí vyhýbat poškozujícímu podnětu díky zpětnovazebnému posílení (*reinforcement*).

Pouhá *habitua*ce, „zvyk“, nebo její opak, *senzitivizace*, „zcitlivění“, nestačí.

Příkladem habituace může být pocit, který vznikne, jakmile si oblékne na tělo košili; pocit po krátké době vymizí, „zvykli jsme si“. Jestliže něco za košili zatahá, uvědomíme se, že ji máme na těle, a to je senzitivizace.

Oblékne-li si košili, dotyková nervová zakončení vysílají rychlé a mohutné vzruchy, po krátké době se jejich četnost i mohutnost sníží. To je podklad habituace. Když za košili něco zatahá, četnost vzruchů opět vzroste – to je podklad senzitivizace.

8. Přednost dávaná prostředkům proti bolesti. Pokusné zvíře se naučí, může-li, při poranění samo sobě podávat látky tlumící bolest a dává jim přednost před potravou.

Odlíšné vymezení sentience říká, že jde o schopnost vyhodnotit chování druhých a tvořit vztahy, pamatovat si vlastní akce a užívat paměť k budoucímu chování, při rozhodování vyhodnotit riziko a prospěch, prožívat kladné a záporné afektivní stavy, jako jsou bolest, strach a slast, a mít nějaký stupeň *awareness* neboli základního vědomí.

Toto pojetí *sentience* je blízké sebeuvědomování, kterému by chyběla empatie, schopnost vcítit se, a mentalizace, schopnost pochopit, že druhý člověk není pouhá věc, že má niterné stavy, tužby a představy.

Nový objev však konstatuje, že mentalizace a empatie jsou základní složky sociálního poznávání, mají dvě krajnosti a mezičlánek a hierarchickou strukturu podobnou struktuře inteligence nebo osobnosti.

1. Je tedy zřejmé, že *sentience* je okřídlený pojem se spoustou významů.
2. Pojem *sentience* je podobně okřídlený, jako je pojem *mind*, jenž má podle souvislostí desítky významů a často se překládá jako mysl.
3. Další okřídlený pojem je *awareness*, tedy vědomí něčeho, povědomí. Pro některé autory je tento pojem víceméně totožný s pojmem *conscience*, pro jiné je odlišný.
4. Čtvrtý okřídlený pojem je *conscience*, vědomí, který různí autoři užívají rovněž různě. Někdy totožně s pojmem *sentience*, jindy totožně s pojmem *awareness*, v dalších případech oba pojmy ostře oddělují.
5. Psychologicky a filozoficky ladění autoři spojují pojem vědomí s pojmem *qualia*, což jsou subjektivní nesdělitelné aspekty vědomí. Příkladem je proslulá červenost červené barvy. Já vidím červenou barvu,

ty ji vidíš také, já slyším zvuk hoboje, ty rovněž, ale podle těchto filozofů věda nezjistí, jak já tu červenou barvu nebo zvuk hoboje prožívám – a vzájemně je to nesdílitelné. Označuje se to za těžký problém vědomí. Lehkým problémem mají být smyslová vědomí, třeba zrakové.

Jiní autoři považují těžký problém vědomí za pseudoprobém.

6. Slovo *fenomé*n označuje to, co se člověku ukazuje, bez rozlišení, zda jde o skutečnost nebo klam.

Pojem fenomenologického vědomí (*phenomenal conscience*) může přiblížit otázka amerického filozofa Thomase Nagela: „Jaké to je, být netopýrem?“ Jinak řečeno: „Má netopýr subjektivitu?“

Přečetl jsem si jeho studii a vybavila se mi taoistická historka:

Kdysi se Čuangovi zdálo, že je motýlem poletujícím kolem. Motýl se cítil motýlem a nic mu nechybělo – nevěděl, že je Čuangem! Náhle se probudil a ustrnul – je Čuang! A neví: zdálo se Čuangovi, že je motýl, nebo se teď zdá motýlu, že je Čuang? Čuang nebo motýl – přece tu musí být nějaký rozdíl!

Rozdíl tu je. Najdete ho v kapitole o hmyzu.

Filozofové i někteří vědci užívají pojem *fenomenologické vědomí* víceméně totožně s pojmem *vědomá zkušenost* (*phenomenal consciousness, conscious experience*).

Pravděpodobně nejprostší filozofický popis fenomenologického vědomí uveřejnil r. 2016 Američan Eric Schwitzgebel.

Praví, že

- součástí fenomenologického vědomí *jsou* smyslové a tělesné zkušenosti, vědomé představy, emoční zkušenosti, myšlení a tužby, sny a druzí lidé,
- součástí fenomenologického vědomí *nejsou* homeostatické jevy uvnitř organismu ani předvědomé neuronové automatismy.

Proloženě píše, že pro většinu lidí je fenomenologické vědomí běžná věc nebo rys, který má vyjmenované pozitivní znaky, a naopak nemá vyjmenované negativní znaky.

7. *Vědomá zkušenost* (*conscious experience*) je opět u různých autorů totožná s pojmem sebevědomování nebo s pojmem *qualia* a také s pojmem fenomenologické vědomí.

NÁVRH

Pokoušíme-li se pochopit nejsložitější známý jev, jímž je funkce mozku a jeho vztah k vědomí, je prospěšné začít co možná nejjednodušeji.

Na začátek a pro jednoduchost navrhuji chápat vědomí jako souhrnný pojem vycházející z pozorování lidí v průběhu běžné lékařské činnosti a z pozorování zvířat.

Lidé i zvířata

1. *jsou v bdělém stavu*, jehož opakem je spánek nebo bezvědomí,
2. *mají vědomí, které si uvědomují*, například vědomí zrakové, sluchové, somatosenzitivní, dále vědomí bolesti včetně specializovaných smyslových vědomí, která mají zvířata žijící v odlišných nikách. Příkladem je sonar netopýřů.

Zjednodušeně řečeno: zvíře vidí, slyší, něco se ho dotýká, bolí ho něco v břiše a uvědomuje si to. Přitom si pravděpodobně neuvědomuje, nebo jen v různé míře a omezeně uvědomuje, že jsem to Já, kdo vidí, slyší...

Takhle může vypadat vědomí nejmenších dětí, savců, ptáků, snad i hlavonožců.

3. *Mají sebeuvědomování* podmíněné průběžnou seberegistrací, dále autobiografickou pamětí, sebepoznáváním, empatií a mentalizací neboli teorií mysli. Vidím, slyším, něco se mne dotýká, bolí mne v břiše. Současně vím, že vidím, slyším, cítím dotyk a bolest břicha. A navíc ještě vím, že jsem to Já, kdo vidí, slyší, cítí dotyk a bolest břicha.

Je pravděpodobné, že plně vyvinuté sebeuvědomování začínají mít děti ve věku kolem 40 měsíců, přičemž se tato podoba vědomí vyvíjí celý další život u jednotlivých lidí různou rychlostí, do různé hloubky a šířky. Záleží na osobnosti, inteligenci, motivaci, sociálních vztazích včetně kulturního kontextu.

Tři základní podoby vědomí, o nichž vyprávím, jsou kontinuum, nikoli ostře oddělené stavy. Musíme být v nějaké podobě bdělí, abychom si uvědomovali svět kolem nás a v nás. Musíme si uvědomovat svět kolem nás i v nás, abychom si uvědomili, že se tato vědomí týkají nás samotných.

Tento relativně jednoduchý popis by odborníky neuspokojil, zejména ne filozofy, ale na úvod stačí.

Neuronová reprezentace je pojem, s nímž se v knížce budeme přímo nebo nepřímo setkávat častěji.

Příklad: díváme se na jedoucí červené auto. Oční sítnice zpracuje fotony odražené od auta a převede je do neuronových impulzů, „vzruchů“, jejichž časoprostorové uspořádání se odlišuje od impulzů spuštěných jinými objekty, například jiným autem, chodcem nebo semaforem.

Činnost sítnice je mapována zrakovým mezimozkem, který je uložen v zadní části talamu a horních hrbolků čtverhrbolí (část středního mozku).

Činnost zrakového mezimozku mapuje zraková korová oblast V1, v týlním pólu mozku, tam, kde se v týlu dotýká třeba klobouk. V1 je označení pro primární zrakovou mozkovou kůru, písmeno V pochází od slova vizuální.

Činnost V1 je postupně mapována synapsemi neuronové kaskády zrakových oblastí v týlní, temenní a spánkové kůře (je jich nejméně 10, označují se V2, V3...). Následně oslovuje paměťové oblasti, limbický systém, který spoluodpovídá za emoce a autoreferenční neboli defaultní systém, jenž spoluodpovídá za pocit Jáství. „Já – vidím – červené auto.“ Což můžeme – nebo nemusíme – říci. A také se můžeme s úlekem a následnou zlostí (opět drsně slovně vyjádřenou) velmi rychle pohnout, všimneme-li si, že auto míří na nás, neboť jeho řidič nerespektoval přechod pro chodce.

Neuronovou reprezentaci si lze představit jako šířící se časoprostorově uspořádanou synaptickou aktivitu, něco jako vlnu spuštěnou závanem větru v poli zrajícího obilí.

REPREZENTACE A MAPOVÁNÍ

Mozek zevní svět nefotografuje, tvoří jeho neuronové reprezentace. To jsou časově a prostorově uspořádané elektrochemické aktivity miliard synapsí, specializovaných míst, kde si neurony vyměňují informace.

Pojem neuronová reprezentace má tři stránky:

1. *korelaci*: neuronová reprezentace odpovídá reprezentovanému obsahu,
2. *kauzální funkci*: reprezentace má vliv na chování,
3. *teleologickou funkci*: smysl chování nebo cíl, ke kterému chování směřuje.

Užil jsem slovo neuronové *mapování*. Jde o metaforu. Činnost neuronů jedné neuronové vrstvy, synapsí jejích neuronů, se bleskově a přesně přenáší dlouhými nervovými vlákny k další, „vyšší“ neuronové vrstvě, k synapsím neuronů této vrstvy. Činnost neuronových vrstev sítnice je tedy mapována činností neuronových vrstev zrakového mezimozku, a ta je mapována činností neuronových vrstev V1, tu pak mapuje činnost neuronových vrstev dalších korových zrakových oblastí V2, V3, V4...

Zpracovávání informací je přitom souběžné neboli *paralelní*, a přitom přenášené na různá místa „vyšší vrstvy“, je tedy *distribuované*. Souhrnně se proto mluví o *paralelně distribuovaném zpracovávání informace*. To umožňuje současné zvládnání velkého počtu různých informací.

„Vyšší“ vrstva, ve směru pohybu informace směřující od smyslových čidel prostřednictvím míchy, mozkového kmene a mezimozku do kůry jednotlivých mozkových regionů, mapuje činnost vrstev „nižších“. Z trupu a končetin stoupají informace páteří míchou, z hlavy (a některých oblastí krku a některých orgánů trupu) přicházejí dvanácti páry hlavových nervů do mozkového kmene (prodloužená mícha, Varolův most a střední mozek), čichový nerv přímo do čichových oblastí mozku, zrakový nerv do mezimozku a odtud do mozkové kůry.

Informační tok pak běží od zadních a spodních částí mozku k oblastem předním, v čelní krajině. Tok informace je mezi vrstvami obousměrný, zpětnovazebný.

Zrovna tak jako existuje informační tok „odspodu vzhůru“, od primárních korových oblastí do spánkových, temenních a čelních oblastí mozku, existuje informační tok obráceným směrem, „shora dolů“. Čelní oblasti mozku takto ovlivňují oblasti temenní, spánkové a týlní.

Nesmíme přitom zapomenout na příčné spojení, jehož prostřednictvím oblasti jedné hemisféry mapují oblasti hemisféry opačné a obráceně.

3 / VĚDOMÍ MÁ VÍCE ROZMĚRŮ

Byla by chyba považovat vědomí za něco jednorozměrného, snadno měřitelného, představovat si, že někteří živočichové nebo lidé mají „méně“ vědomí než živočichové jiní nebo jiní lidé.

Srovnáváme-li projevy vědomí jednotlivých taxonů, je zřejmé, že se jejich vědomí odlišuje v pěti rozměrech, kvantitativně i kvalitativně.

Prvním rozměrem je smyslové rozlišování, například zrakové, sluchové nebo prostorové. Jeden druh zvířat skvěle rozlišuje zrakově, přičemž ale kvalita zrakového rozlišování je různá i u příslušníků stejného druhu, podobně jako je tomu u lidí. Jiný druh lépe rozlišuje sluchově nebo lépe rozlišuje pachy. Zrakové rozlišování dravých ptáků naši představivost přesahuje, stejně tak ji přesahuje míra rozlišení pachů u psů, naopak krcti jsou téměř slepí.

Druhým rozměrem je hodnocení, jež má povahu emocí. U lidí, a pravděpodobně i u zvířat s dostatečně složitým mozkiem, také povahu pocitů. Pocity jsou podle Damasiovy školy emoce, které vstupují do procesu sebeuvědomování.

Emoce i pocity mají dvojí valenci, jsou tedy kladné a záporné, kromě toho mají různou intenzitu od sotva rozlišitelných po bouřlivé. Při zkoumání emocí zvířat je poněkud nudné a nepřesné trvat na antropomorfiaci: neměli bychom promítat lidské emoce do emočních projevů zvířat.

Zvířata umějí porovnávat.

Laboratorní potkan (*Rattus norvegicus domesticus*) je ochoten projít chladnou komorou, získá-li oslazenou tekutinu. Je-li koncentrace

sladkého roztoku vyšší, projde ještě chladnější komorou. Podobné experimenty s podobnými výsledky byly provedeny s krabem poustevníčkem (*Pagurus bernhardus*) a s leguánem (*Iguana iguana*).

Třetím rozměrem vědomí je integrace v jednom okamžiku. Vědomí zdravých lidí je integrované, přestože jsou hemisféry v některých směrech funkčně specializované. U diferencovaných praváků kontroluje levá hemisféra propoziční řeč, pravá hemisféra více než levá kontroluje její citový náboj, označovaný jako prozódie.

Hemisféry lidského mozku jsou kromě dalších vzájemně propojené mohutným svazkem vláken s názvem svorové těleso, *corpus callosum*. Obousměrně spojuje zrcadlové oblasti hemisfér. U nevelké skupiny lidí byly hemisféry odděleny protětím *corpus callosum*, důvodem operace byla jinak neléčitelná epilepsie. Operace zabraňuje šíření epileptické aktivity z jedné hemisféry do opačné. I tito lidé se chovají a cítí jako jedinec, nicméně činnost jejich hemisfér lze v experimentu posuzovat odděleně. Mluví se o syndromu rozštěpeného mozku, *split brain syndrom* – budu o něm vyprávět v části zabývající se hledáním neuronového korelátu vědomí u lidí.

Ptáci hemisféry mozku tímto způsobem propojené nemají. Zda mají jedno nebo dvě vědomí, není známo. Odlišná je stavba nervového systému hlavonožců. Mají-li jedno, dvě nebo více vědomí podle počtu chapadel, rovněž nevíme.

Otázku navozuje spánek delfínů, tuleňů nebo rorýsů. Spí vždy jedna hemisféra, druhá bdí, lze tedy uvažovat o dvou proudcích vědomí.

Čtvrtým rozměrem je integrace v průběhu času neboli temporalita. Zdraví lidé se cítí jednotnou bytostí v minulosti, současnosti i v odhadované budoucnosti. Je pravděpodobné, že schopnost rozlišovat čas mají někteří ptáci, například straka západní.

Pátým rozměrem je sebevědomování neboli Jáství. Sebevědomování se v čase vyvíjí, novorozené děti je vyvinuté nemají. Plně vyvinuté sebevědomování se objevuje kolem čtyřicátého měsíce věku, kdy děti projdou testem Sally–Anne neboli *false-belief testem*, o kterém je více podrobností v poznámkách.

1. *Téorie vědomí jako integrované informace (integrated information theory, IIT, tvůrcem základní podoby teorie je Giulio Tononi, 2008).*

Jde o matematický model. Nezáleží mu na tom, zda systém je nebo není živý. Teorie je náročná, má energické kritiky, více o ní v poznámkách.

Tato teorie byla velkou skupinou současných vědců aktuálně označena za pseudovědu.

2. *Téorie vědomí jako globálního pracovního prostoru (global workspace theory, GWS, tvůrcem základní podoby teorie je Bernard J. Baars, 1983).*

Z integrace jako nutné podmínky vzniku vědomí rovněž vychází teorie vědomí jako pracovního prostoru (*global workspace theory, GWS*), ta se vyvíjí od roku 1988 dodnes.

Dvojitěm teorie globálního pracovního prostoru je *hypotéza dynamického jádra (dynamic core hypothesis)*. Je součástí obecnější představy, kterou autoři pojmenovali neuronální darwinismus. Lepší označení by znělo selekce čili výběr neuronálních skupin, nicméně, viděno dnešními očima, to moc šťastné názvy nejsou. Tvůrci hypotézy – vyvíjí se od r. 1978 – jsou Gerald M. Edelman a Giulio Tononi.

I tato teorie je náročná, více o ní k nalezení v poznámkách.

3. *Téorie vyššího řádu (higher-order theory, HOT, např. Brown et al., 2019).*

Vychází z pojmu vědomí chápaného jako subjektivní zkušenost neboli fenomenologické vědomí, tedy z něčeho složitějšího, než je stav bdělosti a schopnost odpovídat na zevní podněty.

Teorie neuronové reprezentace prvního řádu, tedy reprezentace smyslových událostí, např. zrakových nebo sluchových, které nejsou s to vytvořit fenomenologické vědomí, odlišuje od reprezentací vyššího řádu, což jsou reprezentace reprezentací neboli metareprezentace řádu prvního.

Teorie vyššího řádu mají několik variant, nejstarší se přičítá filozofům Johnu Lockeovi (1632–1704) a Immanuelu Kantovi (1724–1804).

Od teorie globálního prostoru odlišuje teorie vyššího řádu právě metareprezentace, teorie globálního prostoru ji nevyžaduje.

4. *Teorie vědomí jako stupňovitého vývoje od homeostatických regulací k pocitům (tvůrcem základní podoby teorie je Antonio Damasio, 1999).*

Jádro této teorie má za to, že automatická identifikace spojující vědomí a jeho mozek, v pojmech folkové psychologie duši s tělem, je dána trvalým tokem homeostatických proměn, což je velký počet molekulárních, buněčných a orgánových jevů, které jsou podkladem života. Příkladem je udržování rozdílné koncentrace sodíku, draslíku, vápníku a glukózy v mezibuněčném prostředí a v nitru buněk, přičemž jejich koncentrace mají úzké pásmo mezi dolní a horní hranicí. Jakmile jsou hranice překročeny, snaží se je řada mechanismů upravit do normy. Překročení hranic trvající delší dobu znamená poškození nebo zánik.

Pocity vznikají z nepřerušovaných procesů regulace života a odpovídají podstatným odchýlkám od homeostatické rovnováhy, jako jsou žízeň (zvýšená koncentrace sodíku například v důsledku nedostatku vody), hlad (nízká koncentrace glukózy), bolest (signalizace poškozujících procesů), a naopak odpovídají stavům v rámci homeostatické rovnováhy, „jsem v pohodě“.

Homeostatické pocity jsou tedy úvodní projevy vědomí v biologické evoluci. Byly selektovány neboli „vybrány“ evolučními mechanismy proto, že informace, které přinášejí o současné regulaci životních funkcí, poskytují organismům, které jsou jimi vybaveny, výhodu proti skrytým regulacím u živočichů bez tohoto vědomí.

Mechanismus vzniku pocitů je založen na dvou řetězech událostí:

- první je neuronová, reprezentativní a mentální,
- druhá je non-neuronová, viscerální a chemická.

Proměny zevního prostředí mapují smyslové systémy; kromě nich síť neuronů a jejich spojů, tedy synaptické síť z povrchu těla a pohybového aparátu.

Proměny vnitřního prostředí mapují interoceptivní systémy a interoceptivní neuronové mapy, což jsou synaptické sítě z nitra organismu, například vnitřních orgánů.

Proměny neuronových map mohou spouštět *akční programy*. To jsou množiny vrozených fyziologických akcí, které rozlišují změny a uchovají nebo obnoví homeostatickou rovnováhu.

Existují dva typy akčních programů:

1. *drives*, lze přeložit jako pudy, případně instinkty. Doslovně jde o hnací mechanismy, jejichž cílem je nasycení základních potřeb. Příkladem je hlad, žízeň, libido, zkoumání okolí a hra, péče o potomstvo a vazba k pohlavním partnerům;
2. *emotions*, emoce, příkladem jsou strach, hnus, štěstí, smutek, hrdost, pýcha, pohrdání, soucit, obdiv, úžas atd. Emoce jsou spouštěny převážně zevními podněty, a to bezprostředními i těmi, které si vybavíme v paměti. Strach mohou spustit *zevní* podněty, například ohrožující jedinec, stejně jako *niterné* podněty, třeba náhlá bolest na hrudi.

Změny, které jsou výsledkem činnosti akčních programů, oslovují interoceptivní systém. Proměny interoceptivního systému jsou mapovány mozkem.

Akční programy a pocity jsou označovány často stejně, nicméně jde o různé události.

Například strach je

- a) *emoce*, to znamená množina geneticky programovaných fyziologických změn, kterou lze měřit a je spouštěná podnětem, který ho vyvolá,
- b) *pocit*, to znamená vědomý prožitek, „zkušenost“ strachu.

Pocit lze také definovat jako poznání, pochopení, subjektivní prožití emoce.

Všeobecně rozšířená představa říká, že strach je univerzální vrozená emoce, kterou lidé získali od svých savčích předků. Stejně oprávněný názor jde v čase a prostoru do větší hloubky a praví, že to, co jsme získali od svých savčích předků a ti zase od vývojově vzdálenějších obratlovců, a ti na oplátku od předcházejících strunatců, neuronová síť nebo také „obvod“ strachu *není*. Ve skutečnosti jsme získali *obrannou neuronovou síť neboli obvod přežití*, který rozlišuje hrozby a spouští druhy chování směřující k přežití, včetně jejich fyziologických podkladů. Tento systém se objevuje v samém úsvitu života. Strach je vývojově podstatně mladší a je projevem funkce korových poznávacích sítí.

Rozdíly mezi akčními programy, instinkty, emocemi a pocity vystihuje tab. 1. Život a přežití s homeostázou stojí a padá.

MAPOVÁNÍ HOMEOSTÁZY

Proměny homeostázy jsou mapovány v horním kmeni a mozkové kůře. Proměny činnosti neuronových map spustí fyziologickou korektivní odpověď. Souhrnně se této odpovědi říká *alostáza* a jsou to všechny mechanismy vedoucí k obnově homeostázy. Zastaví ji, jakmile se výkyv od homeostatické normy upraví směrem k normě.

Vývoj neuronových map sledujících stav vnitřního prostředí je tedy adaptivní, tím pádem je zřejmá evoluční výhoda. Připomenu, že biologicky adaptivní je vše, co zvyšuje pravděpodobnost delšího života a pravděpodobnost vzniku zdravého potomstva, které bude mít další zdravé potomstvo.

Další výhodou byl zisk schopnosti rozlišovat *valenci*, to znamená buď *něco příjemného*, nebo *něco nepříjemného*.

Jakmile odchylka od homeostázy, například pokles hladiny krevního cukru, který se projeví vlčím hladem, získala valenci „nedobré“, „nepříjemné“ a následný návrat k fyziologickým hodnotám, a poté co se organismus nasytil, získal valenci „dobré“, „příjemné“, začaly pocity oznamovat biologickou hodnotu podnětu a vést adaptivní chování.

Zkušenost, resp. prožitek homeostatického neuronového mapování lze tedy podle této hypotézy jak fylogeneticky, tak ontogeneticky chápat jako nejnižší úroveň vědomí. Vývojově neboli fylogeneticky mladé oblasti mozku, například mozková kůra, k pocitům přispívají, nicméně pro jejich vznik nejsou bezpodmínečně nutné. Z toho plyne, že pocity nejsou výlučnou vlastností lidí, nemusí být ani výlučnou vlastností savců, viděno z tohoto hlediska mohou být vlastností vývojově starších živočišných taxonů.

PROBLÉM VĚDOMÍ–MOZEK DLE DAMASIOVY HYPOTÉZY

Tisíciletý problém duše-tělo, později vědomí-mozek, podle Damasiovy hypotézy řešení má: homeostatické pocity trvale tvoří mentální podobu tělesných procesů.

Nejjednodušší emoce (emotion primitives) lze chápat jako adaptivní mechanismy, které se projevují přibližováním nebo vzdalováním vůči podnětu a jsou výrazem proměn stavu vnitřního prostředí.

Tohle chování je patrné již u nejjednodušších, jednobuněčných podob života, které se přibližují ke zdrojům potravy a vzdalují se z prostředí, které je ohrožuje.

Emoce se projevují fyziologickými změnami, které lze měřit: například vylučováním stresových hormonů, růstem krevního tlaku, změnou srdeční akce. Přitom si jich lidé nemusí, nicméně mohou být vědomi. Lze předpokládat, že stejné fyziologické proměny u zvířat a lidí mají stejné příčiny a mechanismy.

Jestliže jsou pocity mentálními reprezentacemi emocí, pak je dobře možné, že zvířata, jejichž poznávací funkce jsou blízké poznávacím funkcím lidským, například šimpanzi, delfíni, havranovití ptáci, mohou být nositeli pocitů blízkých pocitům lidským.

ČAS

S časem je zásadní problém. Fyzika dokázala, že existuje časoprostor nebo prostoročas. Čas a prostor jsou různé aspekty téhož. Jestliže se směr času obrátí, fundamentální fyzikální zákony se nemění. Albert Einstein (1879–1955) říkal, že čas je tvrdošijná iluze.

Systémům, které zvyšují organizovanost, tedy snižují svou entropii (míru chaosu) na vrub okolí, v němž proto entropie stoupá, se říká *disipativní*, také *disipační*. Disipativní systémy – život je jedním z příkladů – se přitom vyvíjejí v čase jednosměrně. Popisuje to termodynamická šipka času. Disipativní systémy jsou proto v čase asymetrické, běží jedním směrem.

V případě činnosti mozku to lze prokázat z elektroencefalografického záznamu.

Činnost zdravého mozku, který je ve vědomém stavu, se odlišuje od činnosti mozku, který spí. Elektroencefalografický záznam lze v čase obrátit, podobně jako třeba záznam řeči nebo záznam filmový. Z analýzy EEG záznamu činnosti mozku bdělých nonhumánních primátů plyne, že hlavní změnou odpovídající časové asymetrii činnosti mozku pozorované během vědomé bdělosti je přechod mezi pomalou (přibližně 20 Hz) a rychlou frekvencí (více než 40 Hz) vln záznamu. Tento směr v čase současně odpovídá neuronové aktivitě podmiňující vědomou činností.

Jinak řečeno: jednosměrný, nezvratný tok aktivity mozku v čase je známkou vědomí. A naopak: při poruchách vědomí tato časová asymetrie činnosti mozku chybí.