

Kognitívne vedy – Neurovedy 2 – Vedomie

Ľubica Beňušková

Môžeme štúdiom mozgu odhaliť podstatu vedomia?

Názor, že vedomie je vlastnosťou vysoko organizovanej neurónovej hmoty mozgu nie je nový. V súčasnosti už experimenty dovoľujú istú konkrétnu predstavu - hypotézu o mechanizmoch vedomia, ktoré sa v krátkosti pokúsime načrtnúť.

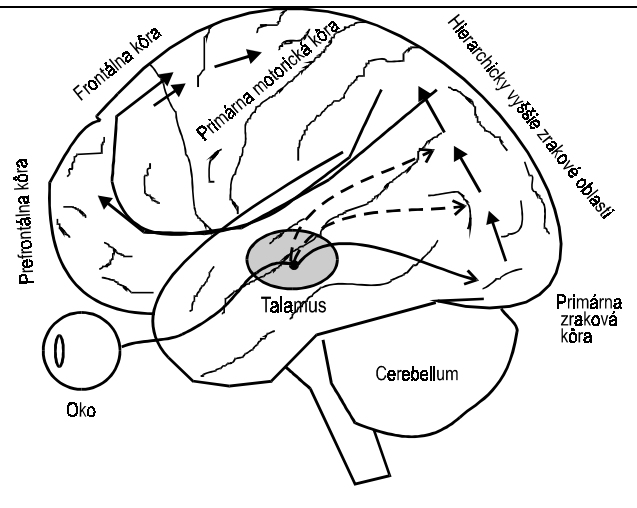
Z introspekcie a pozorovania iných ľudí vieme, že si uvedomujeme veci, ktoré vidíme. Niektorí učenci toto nazývajú primárne alebo pred-reflexívne vedomie (reflexívne, od slova reflexia). Existuje mnoho indícií, že zvieratá toto pred-reflexívne vedomie majú. Teda, že si uvedomujú to, čo vidia. Že zrkové objekty vyvolávajú v ich hlavách to, čo voláme vnem. **Pred-reflexívne vedomie** je teda svet zrkových vnemov (vo všeobecnosti samozrejme všetkých zmyslových vnemov). Uvedomovanie si toho, že si uvedomujeme, že vidíme, už ide ruka v ruku s uvedomovaním si toho, že sme to my, kto vidí. Toto sa niekedy nazýva aj reflexívne alebo sekundárne vedomie. **Reflexívne vedomie** je to, keď ja si uvedomujem, že Vy si uvedomujete, že druhí si uvedomujú, že Vy si uvedomujete. Je možné, že toto reflexívne resp. sekundárne vedomie je vyhradené iba človeku. Ale nie je vylúčená možnosť, že nejaké to reflexívne vedomie majú aj ľudoopy, konkrétne šimpanzy a bonobovia (druhová príbuzní šimpanzov). Napríklad, tieto ľudoopy pri pohľade do zrkadla vedia, že sú to ony, a nie nejaká iná opica. Tiež si uvedomujú svoje postavenie v hierarchii tlupy.

Na možný súvis s mozgom poukazuje i to, že **vedomie sa vyvíja**, ako v priebehu života človeka tak aj v priebehu evolúcie, a to smerom od primárneho pred-reflexívneho vedomia k reflexívnemu. Inými slovami, úroveň vedomia trojročného dieťaťa je iná ako úroveň (či reflexívnosť) 12-ročného a 42-ročného človeka. Takisto dnešný *Homo Sapiens* má asi reflexívnejšie vedomie ako mal neandertálec. Pokračujme v našej hypotéze. Na to, aby sa v individuálnom vývoji človeka a v evolúcii vynorilo vedomie (či už pred-reflexívne alebo reflexívne), musí existovať **neurónálny nevyhnutný predpoklad** (conditio sine qua non).

Predpokladajme, že *mechanizmy reflexívneho vedomia sú odvodené od mechanizmov vnímania*, teda že reflexívne vedomie je vybudované na primárnom vedomí. Preto sa najprv budeme venovať mechanizmom videnia, ako v súčasnosti najviac preštudovaného zmyslového systému. Veľa sa o mechanizmoch videnia v poslednej dobe zistilo, keď sa študovali mechanizmy tzv. slepého videnia (angl. **blindsight**) (Sahraie et al., 1997).

Keď sa poškodí celá primárna zrková kôra (pozri Obr. 1), pričom zrková dráha od oka po kôru ostane nepoškodená, človek oslepne, nevidí. Nazýva sa to kortikálna alebo kôrová slepota. Kortikálna slepota sa líši od slepoty, ktorá je spôsobená poškodením oka, sietnice alebo zrkového nervu. Tieto poškodenia totiž eliminujú vstup zrkových podnetov do mozgu, zatiaľ čo deštrukcia primárnej zrkovej kôry nie. Ukážme si to na Obr. 1: podnety z oka idú cez zrkové jadro v talame do primárnej zrkovej kôry. Stadiaľ idú do hierarchicky vyšších oblastí zrkovej kôry. Existujú aj riedke spojenia z talamu do vyšších zrkových oblastí, ktoré obchádzajú primárnu zrkovú kôru (na Obr. 1 sú znázornené prerušovanou čiarou).

Obr. 1. Ľudský mozog – ilustrácia umiestnenia relevantných oblastí. V mozgu človeka sa nachádza rádovo sto tisíc miliónov (10^{11}) nervových buniek – neurónov. Každá z nich vytvára kontakty na rádovo 10-tich tisícok iných neurónov a na sebe prijíma signály z kontaktov od iných rádovo 10-tich tisícov neurónov. Rýchle spracovanie signálov v rámci jednej bunky má elektrickú povahu a prenos signálov z jednej bunky na druhú má chemickú povahu. Samotný neurón je zložitou biochemickou a biofyzikálnou jednotkou. Takéto husto pospájané a hierarchicky zorganizované neurónové siete, v ktorých sa šíri aktivácia z jedného prvku na obrovské množstvo ďalších prvkov, majú zložitú dynamiku, ktorá sa v súčasnosti začína popisovať pomocou pojmového aparátu takých vedeckých disciplín ako sú dynamické systémy a chaos.



K poškodeniu primárnej zrakovej kôry môže dôjsť napr. následkom úrazu, náhlejšej mozgovej príhody, nádoru, a pod. Na prekvapenie vedcov, ktorí vyšetřovali takýchto pacientov, sa zistilo, že ostávajúce časti zrakového systému majú obmedzenú schopnosť spracovať vizuálne podnety. Niektorí takto slepí pacienti (nie všetci) dokážu využiť zrakové podnety na identifikáciu polohy, pohybu a smeru pohybu objektu. Sú dokonca schopní rozlíšiť jednoduché formy, a to tak, že primerane utvarujú svoju ruku, keď sú požiadaní ako by daný objekt uchopili. Toto všetko bez toho, aby boli schopní daný podnet vedome vnímať, a teda vidieť v bežnom slova zmysle. Správnosť vykonania úlohy sa v týchto experimentoch vyhodnocuje štatisticky, to znamená, že za slepé videnie sa považuje úspech vo viac pokusoch ako by zodpovedalo náhode. Pacient si nie je vedomý týchto svojich schopností a experimentátori ho musia pobádať k tomu, aby sa pokúsil niečo hádať. Napríklad ich žiadajú, aby ukázali prstom na objekt. Pre slepeho pacienta je to nezmyselná úloha, lebo objekt nevidí. Podľa svojej interpretácie iba háda a robí niečo len preto, aby vyhovel experimentátorovi. Ale aj tak ukáže správnym smerom štatisticky signifikantne viac krát ako by zodpovedalo náhode.

Na základe zistenej zvýšenej aktivity neurónov v zostávajúcom zrakovom systéme sa usudzuje, že tie riedke spojenia, ktoré obchádzajú poškodenú primárnu zrakovú kôru sú schopné viesť k pohybovej odpovedi pacienta. Avšak tieto dráhy nestačia na vznik vedomého vnemu, a to preto, lebo nie je aktívne dostatočné množstvo (kvantita) neurónov. Všetky tieto merania nasvedčujú tomu, že uvedomovanie si videného závisí na nepoškodenosti primárnej zrakovej kôry, respektíve aspoň jej podstatnej časti v kvantitatívnom zmysle.

A teraz sa dostávame k vlastnej hypotéze nie ešte reflexívneho vedomia, ale vedomého videnia. Jej autormi a hlavnými hovorcami sú Francis **Crick** a Christoph **Koch** (Crick and Koch, 1995; Koch, 1996). (F.C. je spolunositeľom Nobelovej ceny za objav dvojitej špirály DNK a C.K. je významnou kapacitou v oblasti modelovania biologických neurónov a ich sietí). Preskočíme popis veľkého množstva ďalších experimentov, na ktorých svoju hypotézu založili, a povieme si rovno ich závery:

(1) Okrem primárnej zrakovej kôry musia byť na **vznik vedomého zrakového videnia** nepoškodené aj ostatné, hierarchicky vyššie zrakové oblasti mozgovej kôry (resp. ich podstatné časti v zmysle kvantitatívnom). Požiadavka **aktivácie nadprahovej kvantity neurónov** súvisí s fenoménom slepeho videnia, lebo pri ňom sú aktivované iba stopové kvantita neurónov v zrakových oblastiach kôry a uvedomenie si videného nevzniká.

(2) Pre uvedomovanie si videného musí mať reťaz týchto zrakových oblastí na svojom konci **priame spojenia do tzv. frontálnych resp. prefrontálnych častí mozgovej kôry** (pozri Obr. 1).

Teraz vysvetlíme, na čo sú dobré tieto frontálne a prefrontálne oblasti. Sú umiestnené vpredu, pred primárnou motorickou kôrou. Primárna motorická kôra je aktívna tesne pred tým, ako vykonávame vôľou riadené pohyby. Frontálne a prefrontálne oblasti sa zúčastňujú na plánovaní vôľou riadených pohybov svalov. Čím hierarchicky vyššie je daná frontálna oblasť (teda čím je ďalej vpredu), tým je časová škála jej plánovania našich pohybových aktivít dlhšia. Inými slovami, tento 2. bod hypotézy hovorí, že aktivácia nadprahovej kvantity neurónov musí vyústiť do aktivácie centier súvisiacich s našou vôľovou činnosťou.

(3) Posledný bod hypotézy je tento: v hierarchicky najvyšších oblastiach, **zraková časť - frontálna časť**, musí byť po istý čas (rádovo stovky milisekúnd, 100-200 ms) **synchrónne aktívna** istá kvantita, isté nadprahové množstvo neurónov.

Neuróny vydávajú elektrické impulzy. V skupine neurónov môžu jednotlivci vydávať impulzy kedy chcú, v náhodnom poradí, alebo istá podskupina môže vydávať impulzy naraz, v rovnakých časových intervaloch. Vtedy o nich hovoríme, že sú synchrónne aktívne.

Experimentálne sa zistilo, že vnem tváre bol u ľudí sprevádzaný takouto krátko trvajúcou (180 ms) synchronizáciou aktivity neurónov medzi hierarchicky najvyššou zrakovou oblasťou a frontálnou oblasťou (Rodriguez et al., 1999). Je zaujímavé, že táto **synchronizácia** nastala iba v **ľavej hemisfére**, ktorá je tzv. jazykovou hemisférou. U väčšiny ľudí tam sídli spracovanie reči. Pri pozeraní na nezmyselné škrvny, takáto synchronizácia nenastala. K synchronizácii aktivity došlo neskôr aj v pohybových oblastiach oboch hemisfér. Táto synchronizácia sprevádzala pohybovú odpoveď subjektu - t.j. stlačenie tlačítka indikujúceho, či vidí tvár alebo "netvár".

Aby sme zhrnuli povedané, podľa Kocha a Cricka uvedomovanie si videného musí byť sprevádzané (Crick and Koch, 1995; Koch, 1996):

(1) synchrónnou aktivitou dostatočného (nadprahového) počtu neurónov a

(2) na konci tejto reťaze musia byť aktivované prefrontálne a frontálne kôrové oblasti, ktoré sú zodpovedné za plánovanie vôľou riadených činností.

Týmto sme si predstavili hypotetický neuronálny mechanizmus vnímania, respektíve pred-reflexívneho vedomia. Wolf **Singer** (spoluobjaviteľ synchronných oscilácií súvisiacich s vnímaním, Fries et al., 1997) si myslí, že reflexívne vedomie by vzniklo z takých istých procesov, ale tieto procesy by sa neaplikovali na signály prichádzajúce z primárnej zmyslovej kôry, lež na signály pochádzajúce z asociačných častí mozgovej kôry, ktoré zahŕňajú hlavne oblasti spracúvajúce jazyk (reč a text) a oblasti, v ktorých sídlia naše predstavy (Singer, 1997). Avšak k neuronálnej hypotéze reflexívneho vedomia pridáva ešte **štvrtý bod** – a to požiadavku **komunikácie medzi mozgami** – potenciálnymi nositeľmi vedomia. Na uvedenie si toho, že Vy si uvedomujete, že ja si uvedomujem, musia byť komunikujúce mozgy schopné vytvoriť si **model stavu** toho druhého mozgu, a toto nie je bez komunikácie možné.

Pravdepodobne časť ťažkostí, ktoré máme s predstavou, že vedomie vzniká v dôsledku vývoja našej mozgovej hmoty a komunikácie, možno pripísať tomu, že determinujúca komunikácia, ktorá má za následok uvedomovanie si seba samého prebieha v prvých rokoch života človeka. A na toto obdobie nemáme žiadne explicitné spomienky. Prvé naše spomienky spadajú do obdobia okolo asi troch rokov a zodpovedajú zábleskom nášho sebauvedomovania. V spomienke si uvedomujeme sami seba kdesi na poli medzi kvetmi, čo nám siahajú skoro po pás, či cestou na pieskovisko s kýblikom v ruke, alebo vidíme svoje malé nožičky sediac na stoličke. Aj neskôr sú naše spomienky na nás samých (a na iných) fragmentárne, zlomkovité, vynárajú sa bez kontextu. Kontext doplní rozprávanie rodičov. Akýsi kontinuálny vedomý záznam toho, kto sme a aké je naše miesto medzi ostatnými možno vystopovať zhruba od puberty.

Čiže, **vznik reflexívneho vedomia** predpokladá: 1) určitú **kvantitu** neurónov (inými slovami povedané, dostatočne veľký mozog), 2) ich rýchlu a prchavú **synchronizáciu** v rámci jedného mozgu, 3) existenciu a hierarchiu **evolučne novších mozgových** oblastí, ktoré súvisia s plánovaním činnosti, a 4) spoločenskú interakciu, **komunikáciu** a dialóg. Už od detstva sa vďaka komunikácii učíme predstavovať si, čo sa deje vo vnútri ostatných ľudí, a vďaka tomu sa naše reflexívne vedomie vyvíja. Vďaka tomu je možná sebareflexia. Filozof by povedal, že subjektívny konotát (reflexívneho) vedomia (teda to, ako ho vo vnútri prežívame) má ontologický status sociálnej reality (čiže vynára sa len vďaka sociálnej interakcii, inak by sa neprejavilo, nevynorilo). A možno preto ho prežívame ako niečo nehmotné...

Záverom len toľko: názor, že vedomie je prejavom vysoko a špeciálne organizovanej hmoty mozgu, nadobudol v súčasnosti detailnejšie argumenty. Tieto argumenty sa pravdepodobne budú v budúcnosti ešte spresňovať, a pribudnú aj mnohé ďalšie, ktoré si teraz ešte nevieme ani predstaviť. V súčasnosti však povaha týchto argumentov nie je definitívna, a preto otázka v nadpise článku ostáva bez odpovede. Ostáva iba pocit, že možno to možné je...

Literatúra

- [1] Crick F. and Koch C. Are we aware of neural activity in primary visual cortex? *Nature*, 375: 121-123, 1995.
- [2] Fries P., Roelfsema P.R., Engel A.K., König P. and Singer W. Synchronization of oscillatory responses in visual cortex correlates with perception in interocular rivalry. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA*, 94: 12699-12704, 1997.
- [3] Koch C. Towards the neuronal substrate of visual consciousness. In: *Towards a Science of Consciousness: The First Tucson Discussions and Debates*, S.R. Hameroff, A.W. Kaszniak and A.C. Scott (eds). The MIT Press: Cambridge, 1996.
- [4] Rodriguez E., George N., Lachaux J.-P., Martinerie J., Renault B. and Varela F.J. Perception's shadow: long-range synchronization of human brain activity. *Nature*, 397: 434-436, 1999.
- [5] Sahraie A., Weiskrantz L., Barbur J.L., Simmons A., Williams S.C.R. and Brammer M.J. Pattern of neuronal activity associated with conscious and unconscious processing of visual signals. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA*, 94: 9406-9411, 1997.
- [6] Singer W. About consciousness. Lecture at New Trends in Cognitive Science, Wien, 1997.