

K otázke vedomia: Bazálna vrstva vedomia

J. Kafka, M. Dobeš¹

Súhrn

Predložená práca je naším príspevkom do diskusie o neobyčajne zložitej, ale veľmi dôležitej otázke vedomia. Chceme si ujasniť, čo možno dnes povedať o vedomí. V troch relatívne samostatných častiach budeme hovoriť o dvoch vrstvách ľudského vedomia, ako o našej pôvodnej koncepcii. Za prvú označujeme bazálnu vrstvu, ktorá je predmetom tejto práce, nasledovať bude rozvinuté vedomie ako druhá vrstva ľudského vedomia a v tretej časti chceme opísať niektoré poznatky z psychopatológie a psychiatrie, ktoré uvedenú koncepciu skôr podporujú. Získané fakty dovoľujú viac interpretácií, vedú viacerých autorov k neistote až k rezignácii na štúdium vedomia.

V predloženej práci o bazálnej vrstve vedomia na doplnenie alebo aj zvýraznenie predchádzajúceho príspevku Kráľa a Hulína (2001) opisujeme najskôr vedomie ako vlastnosť kognitívneho systému, upozorňujeme na vedomie ako bdenie a spánok a venujeme sa AJ otázke idiognózie. Dotýkame sa fylogénzy vedomia, pripúšťame „nejakú“ formu bazálneho vedomia aj u iných živých tvorov. Napokon uvádzame možnosti modelovania vedomia umelými prostriedkami (lit. 58).

Kľúčové slová: bazálna vrstva vedomia, primárne vedomie, vedomie ako vlastnosť kognitívneho systému, vedomie ako bdenie a spánok, vedomie ako idiognózia, modelovanie vedomia

Úvod

O otázke podstaty vedomia sa diskutuje už niekoľko storočí a táto otázka bude zrejme nezodpovedaná ešte dlho. Zdá sa však, že nebude nesprávne, ak si ju opäť položíme a budeme sa k nej vracieť, hoci jej definitívne vyriešenie sa zatiaľ nečrtá. Narastanie poznatkov z rozličných oblastí skúmania vedomia si vyžaduje urobiť určitú – hoci aj predbežnú – dobovú predstavu o tomto fenoméne. Pokúsime sa to urobiť aj my, hoci možno by sa našli aj povolanejší, veríme však, že doplníme z našich autorov najmä prácu Kráľa a Hulína (2001) a ďalších.

Svoj príspevok k tejto oblasti predložíme v niekoľkých pokračovaniach. V prvej časti chceme hovoriť o tzv. primárnom vedomí, ako ho poznávajú neurovedy a čo v tejto oblasti prináša počítačová technika.

Začneme jednou nezvyčajnou koncepciou fyziológa Laufbergera, ktorý v súvislosti s analýzou vzruchu a vytvorením vzruchovej teórie (Laufberger, 1947) analyzuje podrobnejšie pociťovanie aj vedomie. Rozlišuje päť stupňov vedomia:

1. hlboký spánok: vedomie je vyradené, vzruchy krúžia bez koordinovaného spojenia,
2. snívanie, snové vedomie, snová skutočnosť,
3. snenie, stav medzi spánkom a bdením,

4. bdenie,

5. bdenie a vedomé správanie.

Okrem toho uvádza ešte dva stavy vedomia: bezvedomie a hypnózu.

Vedomie považuje za premenlivý stav ústredného nervstva, ktorý charakterizujú dve fázy (bdenie a spánok), ktoré sprevádzajú mnohé vzruchové a humorálne zmeny. Za základ považuje zážitok a podľa toho určuje dĺžku vedomia, ktorú ohraničuje na 6–8 zážitkov v dôsledku možnosti pamäti (7 ± 2). Obsahom vedomia je svet, ktorý tvorí objekt – no oproti tomu aj subjekt, ja. Energia plyúca z objektu vytvára podnety a na ich základe sa tvorí fyziologický stav uvedomovania, pociťovania, vedomia. Z takého hľadiska je obsahom vedomia najmä pociťovanie, pocity, predstavy. Laufberger predpokladá, že jestvuje vzruchový paralelizmus charakterizovaný touto postupnosťou: podnet-vzruch vstupný, zmyslový-vzruch, kórový-pocit; vzťahy podľa jeho mienky sú na úrovni miesta, početnosti a vytvárajú celky, ktoré vedú až k abstrakcii, k mysleniu. Nazdáva sa, že vzruchovou teóriou bude možné osvetliť aj vedomie.

Ďalší vývoj poznatkov a faktov získaných neurovedou nebudeme analyzovať, začneme výkladom amodálnej reprezentácie podľa autorov Kráľa a Hulína (2001). Autori charakterizujú amodálne reprezentácie ako od zmyslov nezávislé reprezentácie a dokladajú, že tieto by mohli vzniknúť v niektorých asociačných areáloch mozgovej kôry (parietookcipitotemporálna kôra), v časti temporálneho laloka a časti prefrontálnej kôry (areály 22, 37, 39, 40, 44–47). Parietálna

Psychiatrická klinika LF UPJŠ, Košice a ¹Spoločenskovedný ústav SAV, Košice

Adresa: Prof. MUDr. Jozef Kafka, DrSc., Psychiatrická klinika LF UPJŠ, Trieda SNP 1, 040 66 Košice, Slovensko

asociačná kôra má rozhodujúcu úlohu pri orientácii pozornosti v priestore, temporálna je spojená s pamäťovými procesmi a možno aj s jazykom. Prefrontálna kôra sa uplatňuje v procedurálnych, časovo-sekvenčných procesoch a pri tzv. pracovnej pamäti, areály 39, 40 zabezpečujú identifikáciu objektov. Podľa mnohých neurofyziológov je uvedomovaná iba aktivita vo vyšších (sekundárnych a asociačných) areáloch. Dokladajú tiež, že sa predpokladajú aj recipročné spojenia v ďalších areáloch a nielen v jednej modalite (napr. popri sluchovej sa zapája aj vizuálna).

I. Vedomie ako vlastnosť kognitívneho systému

V predloženej práci vychádzame z koncepcie, že vedomie možno chápať (je to pomerne úzke, ale plodné chápanie) ako vlastnosť kognitívneho systému, čo má viac predností pri interpretácii, lebo vedomie možno považovať skutočne za prirodzenú súčasť najmä tohto systému.

V ostatnom čase bolo publikovaných niekoľko rozsiahlejších prác týkajúcich sa predpokladov vzniku tohto typu vedomia. Všetky sa zhodujú na dvoch predpokladoch vzniku vedomia – otázky lokalizácie a potreby simultánnej aktivity kritického množstva neurónov.

Greenfieldová (1997; 2000) postuluje, že vedomie ako celok nemá konkrétnu lokalizáciu, v danom okamihu vedomia je však jeho epicentrom skupina neurónov, ktorá postupne „verbuje“ ďalšie neuróny tak, ako „kameň hodený do vody postupne vytvára kruhové vlny“. Nemusia to byť nevyhnutne priestorovo najbližšie neuróny, ide skôr o neurónové okruhy. To, nakoľko úspešný je prenos tejto aktivácie, hovorí i o tom, aký silný zážitok vedomia vzniká na kontinuu medzi nevedomím a sústredeným vedomím. Pri empirických dôkazoch pre svoju teóriu sa okrem iného odvoláva na Libetove experimenty (Libet a spol., in Greenfieldová, 1997) kde po dotykovej stimulácii subjektu sa tento signál dostal do mozgu, avšak až po 500 milisekundách testovaná osoba oznámila, že niečo cíti (je si vedomá dotyku). Tento čas je podľa Greenfieldovej potrebný na rozšírenie signálu zo senzorickeho epicentra na kritické množstvo neurónov potrebných pre vznik vedomého vnemu.

Llinás (2001) hovorí o hierarchii a časovosti ako predpokladoch vzniku vedomia. Pri lokalizácii vedomých vnemov predpokladá existenciu neuronálnych okruhov v kôrových oblastiach. Cituje Penfielda a Rasmussena (Llinás, 2001), ktorí stimulovaním somatosenzorických a asociačných oblastí kôry vyvolali viac či menej komplexné vedomé vnemy. Llinás uvádza, že pri anestéze somatosenzorickej kôry (čím sa naruší elektrická konektivita príslušných neuronálnych okruhov) pri stimulácii osoba nemá vedomie príslušnej stimulácie.

Čo sa týka časovosti, Llinás je zástancom teórie, že vedomie vzniká, keď sú príslušné neuronálne okruhy aktivizované v 40 Hz oscilácii.

Dva nasledujúce prístupy neodporujú predošlým hypotézam, vysvetľujú však vedomie v inom odtieni kognitívno-vednej paradigmy – ako aktivizátora podvedomých modulov na riešenie komplexnejších úloh. Kým Greenfieldová a Llinás

chápu pod vedomím aj také jednoduché vnemy ako je napríklad uvedomenie si dotyku, LeDoux, Dehaene a Naccache vnímajú vedomie ako organizátora či dispečera.

Dehaene a Naccache (2001) vychádzajú pri svojom prístupe z Baarsovej teórie pracovného priestoru (Baars a McGovernová, 1998). Podobne ako Greenfieldová vravia o top-down amplifikácii ako o mechanizme, ktorý mobilizuje modulárne nevedomé procesy a tak ich robí vedomými. Brain-imaging štúdie potvrdili existenciu neuronálnych okruhov a ich koreláciu so zážitkami vedomia. Ako príklad uvádzajú areu V5, ktorej aktivizácia koreluje s vedomým pocitom pohybu. Podobne Rees, Kreiman a Koch (2002) uvádzajú ako neurálne koreláty vedomia špecifické vzory mozgovej aktivity.

Ďalšiu rozsiahlejšiu prácu reprezentujúcu tento kognitívno-vedný pohľad na vedomie ponúka Le Doux (2002). Do veľkej miery stotožňuje vedomie s pracovnou pamäťou a chápe ho najmä ako mechanizmus spracovania zložitejších úloh. Čo sa týka lokalizácie, vidí úlohu prefrontálneho kortexu pri tvorbe vedomia. Vychádza z výskumov Luriju a Bentona, ktorí opisovali pacientov s poškodeným frontálnym kortexom. Sám však priznáva, že prefrontálny kortex nie je potrebný pri riešení jednoduchých úloh. Ďalší argument čerpá z práce Cricka a Kocha (1995). Podľa nich máme prístup k informáciám spracúvaným v oblastiach, ktoré sú spojené s prefrontálnym kortexom, ale nemáme prístup k informáciám z oblastí, ktoré s ním nie sú spojené.

Rozvime doteraz povedané a pozrime sa na problém vzniku vedomia na kontinuu vedomie – nevedomie. Z výskumov zameraných na vedomie zrkovového podnetu (Crick a Koch, 1995; Rees a spol., 2002) vyplýva, že pri spracúvaní optických signálov z vonkajšieho prostredia sa v oblasti V1 uskutočňujú relatívne jednoduché „výpočty“ pri spracúvaní signálu. Táto aktivita nekoreluje so zážitkom vedomia. Koreláciu nájdeme až vo vyšších oblastiach (V5), kde sú aj „výpočty“ zložitejšie, čo znamená, že sa musí aktivizovať viac neurónov. Ak si pripomenieme Greenfieldovej teóriu, môže zážitok vedomia korelovať so zložitou podnetu – a teda fyziologicky s väčším počtom súčasne aktívnych neurónov. Túto hypotézu podporuje aj známy fakt, že do vedomia sa dostávajú podnety zložité, nové, nezvyčajné (Baars a McGovernová, 1998). Takto by teda vedomie nebolo ničím iným, len odrazom vyšších nárokov na kognitívny systém. Nárokov, ktoré neurčuje žiadna vyššia sila, ale cytoarchitektúra mozgových oblastí a sila a množstvo elektrických stimulov, ktoré nimi prebiehajú. Mohli by sme potom hovoriť o akomsi postupnom vyladovaní kognitívneho systému – pri vstupe novej informácie je nevyladený – jeho šum zahŕňa množstvo neurónov (vedomú aktivitu), no postupne ako sa adaptuje na podnety, postupne sa „ladí“, je efektívnejší, potrebuje na to isté spracovanie menej neurónov a tým sa už za ten čas zastaralý podnet dostáva do nevedomia (spomeňme si, keď sa učíme bicyklovať, sústreďujeme sa na každý pohyb, používame oveľa viac svalových skupín ako je potrebné, ale postupným cvikom už robíme všetky potrebné pohyby podvedome). Zároveň väčšie množstvo synchronne aktívnych neurónov koreluje s tým, že ich aktivita trvá dlhší čas a je v nej

zapojených viac elektrochemických procesov. To môže mať za následok to, že sa vedomé zmeny majú šancu prejaviť v krátkodobej či neskôr dlhodobej pamäti. Môžeme citovať Yehoudu (2002), ktorý uvádza, že nevedomé aktivity sa od vedomých líšia práve tým, že nevedomé nie sú zapamätávané v explicitnej pamäti. Takisto Dennett a Kinsbourne (1992) pri výskume retroaktívnej inhibície (ak po podnete, ktorý je nadprahový, nasleduje silnejší podnet, prvý podnet nie je uvedený aj keď by za normálnych okolností bol) uvádzajú, že možnou príčinou toho, prečo sme si nie vedomí prvého podnetu je, že nemá dostatok času na to, aby sa dostal do krátkodobej pamäti.

V tejto súvislosti je potrebné uviesť práce Libeta a spol. (in Kráľ a Hulín, 2001), ktorí uvádzajú, že elektrické stimuly potrebujú okolo 500 ms na to, aby vytvorili takú aktivitu, ktorá je vnímaná a teda, že vnímanie neurálneho (alebo objektívneho času) a vedomého času (času subjektívneho) je neparalelné, túto časť odlišnosti (asi 300 ms) ukázali aj pri iniciácii a vykonávaní vôľových pohybov.

Libet (1998) tiež uvádza časové trvanie aktivity ako dôležitú podmienku vzniku vedomého zážitku. Zo starších Libetových výskumov o kombinácii intenzity a dĺžky trvania stimulu v oblasti neokortexu potrebného na vyvolanie vedomého vnemu tiež vyplýva, že tieto dva faktory sú do veľkej miery komplementárne – vedomý prah bol dosiahnutý buď vysokou intenzitou a krátkym trvaním stimulu, buď nízkou intenzitou a dlhým trvaním alebo ich kombináciou približne v tvare hyperbolickej krivky. To naznačuje určitú kritickú hodnotu elektrickej energie potrebnú na to, aby stimul prenikol kognitívnym systémom, kým neaktivizuje dostatočne veľa neurónov potrebných na vznik vedomého vnemu. Ak táto energia nie je dostatočná, signál pravdepodobne nebude dost silný na to, aby v nezmennej podobe prenikol do ďalších oblastí a aktivizoval ich. Efektívnosť prenikania bude zrejme aj v súvislosti s architektúrou jednotlivých mozgových oblastí. V oblastiach, kde je málo konkurenčných prepojení a kde sú projekčné dráhy relatívne konzistentné, bude na šírenie stimulu potrebná menšia energia ako v oblasti, kde sa prelínajú výstupy z mnohých neurálnych skupín.

Ak by všetky tieto mechanizmy takto prirodzene fungovali, zostalo by vôbec miesto pre slobodnú vôľu? Libetove výskumy (Libet, 1998) existenciu slobodnej vôle silno spochybňujú. Vo svojich experimentoch nechal Libet ľudí, aby „svojevoľne“ vykonali jednoduchý motorický pohyb. Za pomoci v mozgu implantovaných elektród meral čas, ktorý uplynul od vzniku prípravného potenciálu (readiness potential), ktorý predchádza vykonaniu vôľového motorického aktu, až do uvedomenia si človekom toho, že sa „slobodne“ rozhodol tento pohyb vykonať. Priemerný čas bol 360 ms. To znamená, že podobne ako pri stimule zvonka, je potrebný určitý čas na uvedomenie si podnetu (nezávisle na tom, či je vnútorný či vonkajší). Z toho by vyplývalo, že vedomie veci neovplyvňuje priamo, je len príznakom toho, že niektoré veci boli zapamätané.

Ako sme naznačili, s výskumom bazálneho vedomia sa prirodzene spája problematika krátkodobej pamäti. Je na to viac dôvodov. Jednak niektorí autori stotožňujú vedo-

mie a krátkodobú pamäť (Engel a spol., 1999). Ďalej mnohé vnemy, ktoré sa vyskytujú vo vedomí, sa musia vyskytovať v nejakej forme krátkodobej pamäti – predstavme si červeno-zelenú farbu. Je to farba, ktorú sme nikdy nevideli, nemáme vytvorenú jej pamäťovú reprezentáciu, napriek tomu si ju vieme vedome predstaviť a pracovať s ňou. Malo by preto jestvovať médium, ktoré nám umožní krátkodobé zapamätanie (a uvedenie) si takýchto konceptov. A napokon, ak si vezmeme problematiku vedomia z evolučného pohľadu, pre jeho praktickú využiteľnosť je potrebné, aby informácie, ktoré raz boli vedomé, zostali aj v pamäti (najmä krátkodobej a následne dlhodobej).

Ako môže takýto mechanizmus vzniknúť? V mozgu existujú (minimálne) dva spôsoby kódovania informácií – priestorové či architektonické (informácia sa uchováva vo forme vzájomných prepojení neurónov) a časové (informácia je kódovaná vo frekvencii excitácie neurónov). Tieto dva mechanizmy sa vzájomne dopĺňajú a z nich vychádzame aj pri nasledujúcich možnostiach vysvetlenia krátkodobých vedomých vnemov.

Rakús (1998) uvádza odchýlky transmembránového napätia ako mechanizmus dočasnej zmeny váhy synapsie medzi neurónmi. Ak vychádzame z teórie umelých neurónových sietí (Levine, 1991), takýmto dočasným posunom sa môže modifikovať informácia uložená v rekurentnej neurónovej sieti, ktorá inak reprezentuje dlhodobú pamäť. Predstavme si modul reprezentujúci červenú farbu. Mohlo by ísť o rekurentnú sieť, ktorá ak je zvonka aktivizovaná, vygeneruje sekvenciu aktivity kódujúcu červenú farbu a propaguje ju ďalej. Ak však informácia, ktorá do nej prichádza, nie je „vyladená“, líši sa od typickej, spôsobí krátkodobú zmenu v excitačných prahoch a tým aj v informácii, ktorá sa propaguje z modulu ďalej. Tak možno z červenej farby vznikne ekvivalent červenooranžovej.

Ďalším mechanizmom môže byť krátkodobé vytvorenie a udržiavanie informácií vo forme kruhovej excitácie a amplifikácie skupiny neurónov na spôsob reverberačných okruhov. Pri vstupe signálu do takéhoto okruhu môžu podľa povahy signálu neurónov tohto okruhu vykazovať premenlivé vzorce elektrickej aktivity, ktoré vysielajú ďalej do projekčných oblastí, kde tento signál môže byť vnímaný. Dopamínový inhibičný mechanizmus (opísaný nižšie) môže potom slúžiť na „resetovanie“ takýchto okruhov (Durstewitz, in LeDoux, 2002). Výstupy motorického systému inhibujú dopamínotvorné bunky v mozgovom kmeni, a tak sa ukončí inhibícia umožňujúca fungovanie jasne definovaných okruhov a tieto sa rozpadnú.

Ako tieto (krátkodobé) koncepty potom vnímame, ako sme si ich vedomí? Podobne, ako sme spomínali. Z týchto krátkodobých centier sa informácia podáva a spracúva ďalej. Akonáhle je pri jej spracúvaní potrebný nadkritický počet neurónov, vzniká vedomie tohto vnemu. Tak samozrejme nevnímame všetky vzruchy, ktoré v mozgu neustále vznikajú a zanikajú, iba tie najzložitejšie či najrelevantnejšie (čo v neuronálnej mechanike môže byť to isté), inak povedané, tie, ktoré dokážu aktivovať najviac neurónov a vygenerovať najsilnejší elektrický signál.

Zdá sa, že vedomými sa tieto podnety stávajú až po určitom pretrvávajú v kôre. Král a Hulín (2001) na základe literatúry uvádzajú, že toto zabezpečujú talamokortikotalamické okruhy, ktoré generujú aj tzv. neskoré aktivity v mozgovej kôre.

Ak hovoríme o vedomí ako o integrátore, je nevyhnutné spomenúť problematiku bindingu, teda otázku toho, ako sa jednotlivé vnemy distribuované po celom mozgu spájajú pri vedomom spracovaní podnetov do zložitejších konceptov. Binding niektorí autori (Llinás, 2001; Metzinger, 1995) považujú za jeden z predpokladov vzniku vedomia. Podľa nášho názoru však k bindingu môže dochádzať aj na nevedomých úrovniach (porovnaj Gray, 2000) – znova to závisí od toho, aké množstvo neurónov je do procesu zapojených. Tiež si môžeme byť vedomí jedného „čistého“ vnemu, ktorý sa nemusí viazať do zložitejších konceptov.

Pri vysvetľovaní mechanizmu bindingu sa v zásade uvádzajú dva mechanizmy (spomínané v súvislosti s krátkodobou pamäťou). Viaženie podnetov na základe mozgovej architektúry, existencie prepojení a priestorového usporiadania jednotlivých oblastí v mozgu (spaciálne kódovanie) a viaženie na základe časovej synchronizácie podnetov (temporálne kódovanie) (Llinás, 2001; Engel a spol., 1999). Tieto dva mechanizmy sa navzájom dopĺňajú a spoločne vytvárajú jasný a konzistentný vnem. Systémom bottom-up prepojení sa informácie z primárnych oblastí agregujú do zložitejších konceptov a postupne sa rozširuje projekčná oblasť neurónov postavených hierarchicky vyššie v kognitívnom systéme.

Pri bindingu má dôležitú úlohu pozornosť (Grossberg, 2000; Desimone, 2000; Kamps a Velde, 2001). Stimuly zvonka „súťažajú“ o to, ktorý z nich sa bude propagovať ďalej. Pri vysvetľovaní fyziologických mechanizmov pozornosti Arnstenová (1998) vychádza z účinkov dopamínu v oblasti prefrontálneho kortexu. Dopamínové receptory na dendritoch excitačných neurónov redukujú prenos excitácie z dendritov na telo neurónu. Okrem toho dopamín pravdepodobne podporuje aj GABA inhibíciu. Pri vyšších úrovniach dopamínu sa teda nerónovou sieťou kortexu propagujú iba dostatočne silné a koherentné signály. To môže byť základom „zúženia“ pozornosti iba na najsilnejšie (najdôležitejšie podnety).

Binding však pravdepodobne neprebíha iba od primárnych sensorických oblastí smerom hore. Podmienky potrebné pre jeho fungovanie sú v celej mozgovej kôre a preto je oprávnené predpokladať, že pôsobia aj pri agregovaní sensorických konceptov do vyšších a zložitejších celkov.

II. Vedomie ako bdenie a spánok

Človeka, podobne ako všetky stavovce, charakterizuje cyklus bdenia, ktoré podobne ako spánok možno považovať za súčasť tzv. primárneho vedomia. Bdenie charakterizuje aktivácia mozgovej kôry, ktorá je podľa doterajších prác mnohých autorov (napr. Nevšimalová a Sonka, 1997), zabezpečovaná niekoľkými spolu pôsobiacimi mozgovými systémami. Z tých najdôležitejších sú to kôra a retikulárna formácia metencefala, mostu a oblongáty. Projekcia do kôry je troma cestami

– prvá sú nešpecifické jadrá talamu, druhá je posterolaterálny hypotalamus a tretia je dráha začínajúca v pons a šíriaca sa prostredníctvom nucleus Meynerti do kôry. Ďalej tu pôsobí locus coeruleus, podporujúci bdlosť, adrenergický oblongátový systém, zvyšujúci tonus sympatiky, dopaminergický nigrostriátový systém, podnecujúci pozornosť, ventrolaterálny zadný hypotalamus a napokon serotoninergický nucleus raphae, ktorý sa podieľa na riadení bdlosti.

Spánok je aktívny útlmový proces mozgu, odlišný od stuporu a kómy nielen stupňom bdlosti a pretrváváním uvedomenia podnetov aj po začatí spánku, ale aj pomerne ľahkým a rýchlym návratom do bdleho stavu spojeným s plným rozpamätávaním sa na okolnosti pred spánkom. Pripúšťa sa, že spánok má základnú úlohu pri zotavovaní organizmu a podporuje rast a tvorbu rezerv (napr. Beňačka, 2001). Mechanizmy nREM spánku nie sú dostatočne známe, pri zaspávaní sa uplatňuje hypotalamus. REM spánok prebieha v troch rovinách – prvou rovinou sú mechanizmy lokalizované v mozgovom kmeni, druhou sú neuromodulátory riadené hypotalamo-hypofyzárnym systémom a treťou sú cirkadiálne viazané rytmy humorálneho základu.

Doterajšie poznatky, stále nedostatočné, ale podrobnejšie mapujúce pozadie cyklu, ukazujú, že na vedomí sa podieľajú aj ďalšie mozgové systémy, vrátane retikulárnej formácie a mozgového kmeňa (Becker, 1998).

III. Idiognózia

Celkom otvorenou otázkou je, či idiognózia ako schopnosť rozpoznáť seba od druhých, je vlastná iba človeku a či je súčasťou primárneho vedomia. Podľa Edelmana (1989) primárne vedomie obsahuje iba neofoném uvedomenia toho, čo momentálne stimuluje zmyslové orgány. V práci však postulujeme širšie chápanie primárneho vedomia, ktoré obsahuje aj idiognóziu ako formu gnózie rozpoznávania seba a okolia. U človeka sa na idiognózii podieľa viac štruktúr – osobitne areály 7,19 a 31, potom gyrus cinguli, ktorý má vzťah k štruktúram zodpovedným za primárne emócie, a tiež prefrontálna kôra. Ale nemožno vynechať ani mozgový kmeň a retikulárnu formáciu. Vzhľadom na to, že ide o štruktúry, ktoré majú starý fylogenetický základ, je pravdepodobnosť, že ide o jav patriaci k primárnemu vedomiu, ešte väčšia.

Pri pokusoch neurofyziologicky lokalizovať druhú vrstvu vedomia, ja, autori väčšinou hovoria o prefrontálnom kortexe (LeDoux, 2002; Vogeley a spol., 1999). Vychádza sa mnohokrát zo štúdie porúch self-modelu pri schizofrénii (Proust, 1999), pri autizme (Shalom, 2000), či pri disociatívnej poruche identity (Forrest, 2001). Podľa Putnama (1977) vzniká self ako integrácia diskretných behaviorálnych stavov, ktoré predominujú v postnatálnom období. Podľa Wheelera a spol. (1997) je prefrontálny kortex zodpovedný za mentálnu reprezentáciu a uvedomovanie si subjektívnych skúseností a ich časovú integráciu. Podľa Fustera (1997) sú dva regióny prefrontálneho kortexu zodpovedné za tri funkcie potrebné pri vzniku a udržiavaní self: dorzolaterálna časť je zodpovedná za krátkodobú pamäť a prípravu motorických odpovedí, or-

bitofrontálna časť zodpovedá za inhibičnú kontrolu organizácie správania a (časovú) integráciu správania.

Podobne podľa Vogeleyho a spol. (1999) sa prefrontálny kortex zdá byť základným neuronálnym komponentom modelu self. Jeho spojenia s unimodálnou asociačnou kôrou a limbickým systémom mu tiež umožňujú agregovať údaje z prostredia organizmu.

Oblasti frontálneho laloka sú teda pravdepodobne kľúčové pre vznik mentálnej reprezentácie seba. Vedomie seba potom môže vznikáť tak, ako naznačuje Blackmoorová (2000), že všetky vnemy, pri ktorých je súčasne aktivovaná aj oblasť self dostávajú nádych subjektivity. Zjednodušene povedané, ak nastanú podmienky pre vznik procesuálneho vedomia, o ktorom sme hovorili vyššie, v lokalite self modelu, vzniká u nás vedomie seba.

Ak sa teda detailnejšie pozrieme na vedomie seba, ide skôr o kognitívnu entitu, ktorá sa (za podmienok a mechanizmov podobných ako pri iných častiach kognitívneho systému resp. iných kôrových oblastiach) niekedy dostáva a inokedy nedostáva do vedomia. Zatiaľ čo mnoho empirických údajov hovorí o poruchách vedomia seba, málokedy sa stretávame s poruchami vedomia v zmysle chýbania procesuálneho či fenomenálneho vedomia. To nepriamo znova potvrdzuje distribuovanú povahu týchto typov vedomia.

Okrem neurovedných metód používaných na zodpovedanie horeuvedených otázok vystupuje v ostatnom čase do popredia možnosť prispieť k výskumu vedomia prostredníctvom (najmä) počítačových modelov procesov, ktoré môžu prispieť k vzniku vedomia.

IV. K otázke fylogény vedomia

Problematika je pomerne jednoduchá, keď budeme ľudské vedomie považovať za jedínú formu vedomia – ale na druhej strane celkom otvorená a neobyčajne zložitá, keď pripustíme, že určité formy vedomia (nebude to vedomie ľudské) by sa dali postulovať u tých tvorov, ktoré majú vytvorenú pamäť (a tá je už u najjednoduchších foriem života). Zdá sa však, že pre vedomie nepostačuje iba pamäť a treba rátať s bdením a možno aj ďalšími faktormi.

Ak otázku zúžime, najčastejšie sa posudzuje a porovnáva naše vedomie s prejavmi antropoidných opíc, a pretože sa predkladá, že geneticky sú najbližšie šimpanzy, potom sa výskum zameriava na tieto opice.

Viacere práce (Yerkes a Learned, 1925; Ladygina a Kots, 1959; Povinelli a spol., 1993; Bard, 1998 a ďalší) sa pokúšajú zistiť, či by sa dalo dokázať, že šimpanzy majú idioznóziu (čo je úloha veľmi obtiažná pre chýbanie jazyka u týchto tvorov). Pomocou dômyselných experimentov možno doložiť, že šimpanzy sa dokážu spoznať v zrkadle (podobne ako deti) vo veku 18.–24. mesiaca. Inou metódou je tzv. rouge test založený na tom, že probantovi umiestnime na špičku nosa červenú značku, u detí do dvoch rokov je tendencia túto značku odstrániť, u šimpanzov sa podobné správanie ukazuje do piatich rokov a aj to iba u 30 %.

Doterajšie výskumy nedávajú teda jednoznačnú odpoveď, nakoľko je prítomná idioznózia, ale skôr pripúšťajú jej existenciu,

ako by ju vyvracali. Súčasne je treba povedať, že je takmer jednoznačné stanovisko k otázke tzv. rozvinutej vrstve vedomia alebo aj vyššej forme vedomia, lebo táto nie je prítomná ani u bonobo šimpanzov (napr. Savage-Rambaugh, 1991).

Nemožno teda zatiaľ robiť určitejšie závery. Jednotný názor je iba v tom, že ľudské vedomie je celkom osobité a na našej planéte Zem nie je mu nič podobné. Isto je to aj preto, že človek má rečový a jazykový systém a osobitnú formu symbolov a tým aj možnosti reflexie (Nádvořník a spol., 2002; Pogády a spol., 2002). Ak však pripustíme, že aj živé tvory majú nejakú formu integrácie a túto označíme za funkciu vedomia, potom je vedomie prítomné u všetkých. Ak za vedomie označíme fenomény bdenia a spánku, potom to už platí iba o určitých živočíchov. Stav bdenia a spánku u rastlín a v ďalších ríšach živých organizmov sa nedá dostatočne opísať. A odkedy začína idioznózia – schopnosť rozoznať (nie ešte uvedomiť si) – bude rovnako ťažko posúdiť, lebo identifikácia je vlastnosť opísaná už u invertebrát, osobitne u hmyzu a u stavovcov. Stavovce dokážu rozoznať svoje mláďatá v mnohonásobnom hniezdišti, nie je to teda určitá forma identifikácie? Aké iné mechanizmy, ak nie schopnosť rozpoznať, je v základe takého správania? Nemožno pochybovať ani o tom, že stavovce majú určitú formu najmenej somatickej idioznózie, lebo rozoznávajú svoje telo, hoci aj na priamu otázku nemôžu odpovedať, dokladom je odstraňovanie cudzích predmetov, udržiavanie telesného stavu, ale aj vytváranie určitej podoby vzhľadom na zabezpečenie potomstva a párenie – takých dokladov je iste viac.

Na záver tejto časti by sme chceli povedať, že fylogénéza toho, čo sme označili ako bazálnu vrstvu vedomia u človeka a čo by sa u živých tvorov mohlo označovať ako primárne vedomie alebo vedomie jednoduché (nerozvinuté), nie je z takého hľadiska dostatočne preskúmaná a preto otázka zostáva nezodpovedaná.

Naša myseľ je charakterizovaná rozvinutým vedomím a málo vieme povedať o iných vedomiach či mysliach, ak hovoríme o bazálnej podobe ich možného vedomia.

V. Vedomie a možnosti jeho modelovania umelými prostriedkami

Problematika vedomia je v oblasti kognitívnej vedy a umelej inteligencie relatívne nová. Prístupy, ktoré sa snažia definovať priamo vedomie v jazyku umelých systémov (Sun, 1999; Aleksander, 1996) sa skôr pokúšajú vymedziť všeobecný pohľad na problém, ako ponúknuť konkrétne možnosti modelovania.

Modelovanie kognitívnych procesov prostriedkami umelej inteligencie možno považovať za plodnú metódu, ktorá nám pomôže pozrieť sa z iného uhla pohľadu na problém mozgových mechanizmov a získať informácie inými technikami nezískateľné. Výhodou je možnosť experimentov, ktoré by na biologickom substráte trvali veľmi dlhý čas, alebo by boli príliš nákladné, či z etických príčin nerealizovateľné. Nevýhodou je stále malá kapacita a rýchlosť počítačov, ktorá

neumožňuje v dostatočnom anatomickom detaile modelovať veľké množstvá neurónov.

Podobne ako v neurofyziologickom výskume má aj v oblasti počítačovej inteligencie vedomie svoje špecifiká oproti ostatným kognitívnym procesom. Tak, ako sme v časti o neurofyziologických korelátoch vedomia začali definovaním rozličných chápaní pojmu vedomia, je potrebné poskytnúť podobný prehľad aj v oblasti umelej inteligencie.

Na rozdiel od klinickej praxe sa pod vedomím viac-menej nikdy nerozumie schopnosť umelého systému reagovať na vonkajšie podnety. V opačnom prípade by bol takmer každý robot či počítačový program vedomý.

Problematická je pri umelých systémoch aj oblasť kválie. U človeka často stotožňujeme vedomý zážitok napríklad s vnímaním farby. Niektoré výpočtové systémy vedú bezosporu rozoznávať farby, jestvujú mnohé modely zrakového kortexu (Fukushima, 1988; Grossberg a Williamson, 2001). Napriek tomu (ak odhliadneme od panpsychických teórií) by bolo asi nepodložené prisúdiť takýmto systémom zážitky vedomia.

Sľubnejší – a aj viac rozpracovaný – prístup je postupné modelovanie kognitívnych procesov prostredníctvom umelých prostriedkov, najmä umelých neurónových sietí (Levine, 1991). Takto sa dajú modelovať ako funkcie štruktúr (Rudy a O'Reilly, 2001) ako aj všeobecných mechanizmov (Dobeš, 2001). Postupnou agregáciou týchto čiastkových modulov možno potom smerovať k tvorbe komplexných systémov, akým je aj vedomie.

Taylor (1999) pri jednom z pokusov o modelovanie reálnych procesov prostredníctvom umelých systémov vychádza z nasledujúcich predpokladov:

- vedomie vzniká v súbore špecializovaných lokácií pracovnej pamäte,
- modeluje uzly reprezentujúce kôru, bazálne gangliá a talamus,
- dáta generované takýmto umelým systémom majú podľa neho podobnosť s experimentálnymi údajmi Taniho a Shima (1994).

V oblasti vedomia seba sú pokusy zamerané na to, že umelý systém bude schopný monitorovať svoje vnútorné stavy. Jedna vec je, ak umelý systém je schopný napríklad rozoznávať, aká farba prichádza na jeho vstup. Kvalitatívne vyššou činnosťou je, ak systém monitoruje svoj vnútorný stav, teda jednou z informácií je, že na svojom vstupe analyzuje farby. Možno to tvorí aj u človeka rozdiel napríklad medzi „pozeraním“ a „videním“. Jedna vec je automaticky analyzovať stimuly, iné je byť si vedomý tejto aktivity.

Príkladom praktických výsledkov na poli simulovania ľudských kognitívnych procesov počítačmi môže byť projekt „Cog“ na MIT v USA (Dennett, 1995). Ten v robotickom tele simuluje ľudské senzory a centrálné procesory sú schopné monitorovať vnútorné stavy robota, čím sa vytvára spätná väzba potrebná pre vytváranie mentálnych reprezentácií o vlastnom subjekte.

Podobne jestvujú ďalšie oblasti, ktoré niektorí neurovedci považujú za základ či synonymum vedomia u človeka

a ktoré už boli v počítačoch úspešne namodelované. Príkladom môžu byť modely pozornosti (Velde a Kamps, 2001), modely pracovnej pamäte (Monchi a spol., 2000) či modely bindingu (Triesch a Malsburg, 1996). Umelé systémy sú podobne schopné vypovedať o svojich vnútorných stavoch (Dennett, 1995), či vytvárať si interné reprezentácie sveta (Dobeš, 2002). Nemôžeme však zatiaľ povedať, že by samostatne ktorákoveľvek z týchto funkcií vytvárala umelé vedomie.

Ak definujeme vedomie ako vlastnosť kognitívneho systému, potrebujeme prirodzene definovať, čo je v prípade umelej inteligencie kognitívny systém. Tu asi tkvie základná prekážka a aj hlavná cesta pre modelovanie vedomia umelými prostriedkami. Prekážka v tom, že zatiaľ nejstávajú uspokojivé integrované modely pamäte, vnímania, myslenia, emócií a motoriky, čo sú všetko subsystémy, ktoré buď prispievajú alebo priamo sú súčasťou ľudského vedomia. Cesta pre vytváranie modelov vedomia však bude veľmi pravdepodobne založená práve na modelovaní a postupnej agregácii čiastkových kognitívnych procesov. Mnohí autori upozorňujú na to, že umelé vedomie musí postupne emergovať (Holland, 2000), že sa musí vyskladať z viacerých nevedomých systémov (Caulfield a Johnson, 2000) podobne, ako je to u ľudí. Inteligentné systémy v budúcnosti nebude ani tak treba programovať, ako skôr učiť – podobne ako sa učia deti.

Prirodzene jestvuje mnoho odporcov myšlienky modelovania takých komplexných fenoménov, ako je vedomie a to hlavne v radoch filozofov mysle (napr. Chalmers, 1996; Chalmers in Gáliková, 2001). Ich výhrady možno zhrnúť do troch skupín:

1. Filozofické výhrady. Odhliadnuc od námietok teologického charakteru spočívajú v názoroch, že vyššie kognitívne procesy sú neuchopiteľné, že mozog nemôže pochopiť sám seba. Iné názory sa odvolávajú na nevedomie, iracionalitu, na existenciu slobodnej vôle a ďalších nedeterministických procesov. Z psychologického hľadiska sú tieto námietky prirodzené. Modelovanie subjektov podobných nám samým sa vymyká doterajšej ľudskej skúsenosti. Crick (1997) hovorí o kontraintuitívnosti takých ideí. Otázka zdalivej iracionality sa dá napadnúť z dvoch pohľadov. Prvou skutočnosťou je, že množstvo neurónových spojení a prítomnosť veľkého počtu veličín (kvalita a počet neurotransmiterov, stimulov fyzikálneho prostredia, spätná väzba z celého organizmu a ďalšie) tvoria z tohto, v podstate deterministického procesu, proces zdalivo stochastický. Iný pohľad na otázku nevedomia a slobodnej vôle podáva Yehouda (2002), ktorý hovorí, že vlastnosťou systému ľudského mozgu je, že nezaznamenáva všetku svoju aktivitu. Z toho vyplýva, že si neuvedomujeme, ako sme dospeli k niektorým myšlienkam, aj keď boli presne determinované.
2. Výhrady z technologickej nepripravenosti hovoria o nedostatočnej hardvérovej kapacite na modelovanie takých zložitých procesov, o probléme simulácie paralelnosti mozgových procesov, komplexnosti vstupných informácií a podobne. Skutočne, v podmienkach súčasnej

technológie je takmer nemožné namodelovanie niekoľkých miliárd rozhodujúcich jednotiek spolu s biliónmi prepojení, ktoré by simultánne pracovali. Na túto kritiku možno odpovedať dvoma protiargumentami. Neurofyziologické výskumy ukazujú na istú redundanciu v systéme mozgu, ktorá je v biologických systémoch funkčná, no v umelých systémoch nie je potrebná. Ďalej pri modelovaní nie je vždy nevyhnutné dodržiavať presnú štruktúru mozgu a možno niektoré funkcie modelovať jednoduchšie.

3. Vedomostná nepripravenosť spočíva v nedostatočnej objasnenosti funkcií a mechanizmu vedomia. Tento stav je spôsobený nedostatkom vhodných metód na výskum vedomia. V posledných rokoch však vedy zaoberajúce sa mozgom a jeho prejavmi vyvinuli nové prístupy (napr. magnetická rezonancia, pozitronová tomografia, MEG v neurofyziológii), ktoré umožňujú postupne preklenúť i tento problém.

Záver

Uvedené skutočnosti ešte neumožňujú opísanie kompletného fungovania všetkých funkcií typických pre našu duševnú činnosť. Dávajú však dobrý predpoklad pre to, že tieto funkcie budeme môcť vysvetliť výlučne za použitia v súčasnosti známych neurobiologických jednotiek a štruktúr, a tiež, že tieto mechanizmy bude možné modelovať nebiologickými prostriedkami. Kognitívne vedy tak „demysterizáciou“ vedomia a slobodnej vôle a ich zaradením do systému kognitívnych procesov prispievajú k novému, nezvyčajnému obratu, chápaniu vedomia.

Nazdávame sa, že súčasný stav poznania objasňuje stále ucelenejšie a podrobnejšie tú časť vedomia, ktorá sa dá označiť ako primárne vedomie a ktoré v práci označujeme (je to naše pôvodné označenie) ako bazálnu vrstvu vedomia. V nasledujúcej časti podáme výklad toho, čo je – ako si myslíme – typické pre ľudské vedomie a čo označujeme ako rozvinuté vedomie.

Literatúra

1. **Aleksander I.:** Neuroconsciousness: A theoretical framework. *Neurocomputing*, 12, 1996, s. 91-111.
2. **Arnsten A.F.:** Catecholamine modulation of prefrontal cortical cognitive function. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 1998, č. 11, s. 436-447.
3. **Bard K.A.:** Imitation and mirror self-recognition may be developmental precursors to theory of mind in human and non-human primates. *Behav. Brain Sci.*, 21, 1998, s. 115.
4. **Baars B.J., McGovern K.:** Cognitive views of consciousness. In: *Velmans M.(ed.): The science of consciousness*. Routledge, Londýn 1998.
5. **Becker K.J. a spol.:** Coma. In: *Bogousslavsky J., Fisher M. (Eds.): Textbook of neurology*. Butterworth-Heinemann, Boston 1998.
6. **Beňačka R.:** Neufyziológia spánku. S. 19-42. In: *Tomori Z. a spol.: Základy spánkovej medicíny*, Košice 1999.
7. **Blackmoore S.:** Science tackles the self. (2000). www.newscientist.com/nsplus/insight/big3/conscious/1a.html
8. **Caulfield H.J., Johnson J.L.:** Perception, attention and consciousness in human artifacts. *Tucson 2000 Conference*, 2000.
9. **Chalmers D.J.:** (1996) *Das Rätsel des bewussten Erlebens*. Spektrum der Wissenschaft., 1996, s. 40-47.
10. **Crick F.:** *Veda hľadá duši*. Mladá Fronta, Praha 1997.
11. **Crick F., Koch C.:** Are we aware of neural activity in primary visual cortex? *Nature*, 375, 1995, s. 121-123.
12. **Damasio A.R.:** A neurobiology of consciousness. S. 111-119. In: *Neural correlates of consciousness: empirical and conceptual questions*. Ed. Massachusetts Inst. of Technology, 2000.
13. **Dehaene S., Naccache L.:** (2001) Towards a cognitive neuroscience of consciousness: basic evidence and a workspace framework. *Cognition*, 79, 2001, s. 1-37.
14. **Dennett D.C., Kinsbourne M.:** Time and the observer: the where and when of consciousness in the brain. *Behavioral and Brain Sciences*, 15, 1992, s. 183-201.
15. **Dennett D.C.:** *Cog: Steps towards consciousness in robots*. In: *Metzinger T. (Ed.): Conscious experience*. Imprint Academic, Paderborn 1995.
16. **Desimone R.:** A neural basis for attention and binding in visual cortex. <http://www.uni-leipzig.de/~psyall2/symposium/desimone.html> (2000).
17. **Dobeš M.:** Podobnosti procesov počítačových neuronových sietí a ľudského mozgu. In: *Kelemen J., Kvasnička V., Pospíchal J. (Eds.): Kognice a umelý život*. Slezská univerzita, Filozoficko-prírodovedecká fakulta, Opava 2001.
18. **Dobeš M.:** Complex cognitive phenomena - Challenge for artificial intelligence. In: *Sinčák a spol. (Eds.): Intelligent technologies - theory and applications*. New trends in intelligent technologies. IOS Press, Amsterdam, 2002, s. 68-71.
19. **Edelman G.M.:** *The remembered present. A biology theory of consciousness*. N. York, Basic Books, 1989.
20. **Engel A.K. a spol.:** Temporal binding, binocular rivalry and consciousness. *Consciousness and Cognition*, 8, 1999, s. 128-151.
21. **Forrest K.A.:** Toward an etiology of dissociative identity disorder: A neurodevelopmental approach. *Consciousness and Cognition*, 10, 2001, s. 259-293.
22. **Fukushima K.:** *Neocognitron: A self-organising neural network model for a mechanism of pattern*. Biological cybernetics, 1988.

23. **Gáliková S.:** Úvod do filozofie mysle. Honner, Martin 2001.
24. **Gray J.:** Unconscious vs conscious feature-object binding: a speculative hypothesis. (2000). <http://www.uni-leipzig.de/~psyall2/symposium/Gray.html>
25. **Greenfield S.A.:** The private life of the brain. The Penguin Press, Londýn 2000.
26. **Greenfield S.A.:** How might the brain generate consciousness? *Communication and Cognition*, 30, 1997, s. 285-300.
27. **Grossberg S.:** Binding, attention, and learning by the laminar circuits of visual cortex. (2000). <http://www.uni-leipzig.de/~psyall2/symposium/grossberg.html>
28. **Grossberg S., Williamson J.K.:** A neural model of how horizontal and interlaminar connections of visual cortex develop into adult circuits that carry out perceptual groupings and learning. *Cerebral Cortex*, 11, 2001, s. 37-58.
29. **Holland O.:** Engineering artificial consciousness: You will there when the brass head speaks. Tucson 2000 Conference, Tuscon 2000.
30. **Kamps M. de, Velde F. van der:** Using a recurrent network to bind form, color and position into a unified percept. *Neurocomputing*, 38-40, 2001, s. 523-528.
31. **Kráf A., Hulín I.:** Neurofyziologické predpoklady vedomia. *Psychiatria*, 8, 2001, č. 3. s. 86-98.
32. **Ladygina-Kots N.N.:** Konstruktivnaja i orudijnaja dejatel'nost' vyššich objezan. Moskva 1959.
33. **Laufberger V.:** Vzruchová theorie. SČL, Praha 1947.
34. **LeDoux J.:** Synaptic self. How our brains become who we are. Viking, New York 2002.
35. **Levine D.S.:** Introduction to neural and cognitive modeling. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale 1991.
36. **Libet B.:** Neural processes in the production of conscious experience. In: Velmans M.(Ed.): The science of consciousness, Routledge, Londýn 1998.
37. **Llinás R.:** I of the vortex. From neurons to self. The MIT Press, Londýn 2001.
38. **Metzinger T.:** Faster than thought. Holism, homogeneity and temporal coding. In: Metzinger T.(Ed.): Conscious experience. Schöningh, Paderborn 1995.
39. **Monchi O., Taylor J.G., Dagher A.:** A neural model of working memory processes in normal subjects, Parkinson's disease and schizophrenia for fMRI design and predictions. *Neural Networks*, 13, 2000, č. 8-9, s. 953-973.
40. **Nádvořník P., Bernadič M., Pogády J.:** Fyziologické základy myšlení. I. část. *Psychiatria*, 9, 2002, č. 1, s. 17-20.
41. **Nádvořník P., Bernadič M., Pogády J.:** Fyziologické základy myšlení. II. část. *Psychiatria*, 9, 2002, č. 2, s. 77-80.
42. **Nevšimalová S., Šonka K.:** Poruchy spánku a bdění. Jessenius-Maxdorf, Praha 1997.
43. **Pogády J., Bernadič M., Nádvořník P.:** Pamäť. *Psychiatria*, 9, 2002, č. 2, s. 81-82.
44. **Povinelli D.J., Rulf A.B., Landan R.K., Bierschwale D.T.:** Self-recognition in chimpanzees (*Pan troglodytes*): distribution, ontogeny, and patterns of emergence. *J. Comp. Psychol.*, 197, 1993, s. 347-372.
45. **Proust J.:** Self model and schizophrenia. *Consciousness and Cognition*, 8, 1999, s. 378-384.
46. **Rakús A.:** Neurobiologické základy psychiatrie. In: Kafka J.: *Psychiatria*. Osveta, Martin 1998.
47. **Rees G., Kreiman G., Koch C.:** Neural correlates of consciousness in humans. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 2002, s. 261-270.
48. **Rudy J.W., O'Reilly R.C.:** Conjunctive representations, the hippocampus and contextual fear conditioning. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*, 1, 2001, s. 66-82.
49. **Savage-Rumbaugh E.S.:** Language learning in the bonobo: how and why they learn. In: Krasnegor N.A., Rumbaugh D.M., Schiefelbusch R.L., Studdert-Kennedy M.(Eds.): Biological and behavioral determinants of language development. Hillsdale, NJ, Erlbaum 1991.
50. **Shalom D.B.:** Developmental depersonalization: The prefrontal cortex and self-functions in autism. *Consciousness and Cognition*, 9, 2000, s. 457-460.
51. **Sun R.:** Accounting for the computational basis of consciousness: A connectionist approach. *Consciousness and Cognition*, 8, 1999, s. 529-565.
52. **Taylor J.G.:** Towards the networks of the brain: from brain imaging to consciousness. *Neural Networks*, 12, 1999, s. 943-959.
53. **Triesch J., Malsburg von der C.:** Binding - a proposed experiment and a model. In: Proceedings of the ICANN 1996. Springer Verlag, Berlin 1996.
54. **Velde van der F., Kamps de M.:** From knowing what to knowing where: Modeling object-based attention with feedback disinhibition of activation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13, 2001, č. 4, s. 479-491.
55. **Vogeley K. a spol.:** Essential functions of the human self model are implemented in the prefrontal cortex. *Consciousness and Cognition*, 8, 1999, s. 343-363.
56. **Wheeler a spol.:** Toward a theory of episodic memory: The frontal lobes and autonoetic consciousness. *Psychological Bulletin*, 121, 1997, č. 3, s. 331-353.
57. **Yehouda H.:** Human cognition in the human brain. human-brain.org/human-brain-index.html (2002).
58. **Yerkes R.M., Learned B.W.:** Chimpanzees intelligence and its vocal expression. Baltimore, 1925.

Do redakcie došlo 20.10.2002.