

PROBLEM ZAVESTI OSTAJA NERAZREŠEN

Vid Pogačnik

Ključne besede: zavest, samozavedanje, možgani, percepcija.

Keywords: consciousness, self-consciousness, brain, perception.

POVZETEK

Kljub velikemu napredku v zadnjih letih znanost narave zavesti še ni razkrila. Izvor zavestnega doživljanja so vzorci nevronske aktivnosti v specializiranih predelih možganske skorje, ki pogojujejo subjektivne občutke, ki se med seboj kvalitativno razlikujejo. Dodatno morajo biti izpolnjeni še pogoji, kot so: ustrezen nivo aktivacije možganske skorje, ustrezna stopnja integracije nevronskega vzorca, usmerjena pozornost kratkoročnega spomina, zadosten čas nevronskega vznburjenja in drugi. Naša hipoteza aktivacije nevronskega ozadja predpostavlja, da zavestni občutek nastane kot posledica hkratnega obstoja dveh bioelektričnih polj, ko sta hkrati prisotna tako specifičen nevronski vzorec (kot posledica na primer zunanje stimulacije) kot tudi aktivirano nevronske ozadje tega predela možganske skorje. Vzbujenost nevronskega ozadja zagotavlja ta splošni nivo aktivacije možganske skorje preko ARAS sistema in hitro usmerjanje dodatne stimulacije preko sistema pozornosti. V pogledu elementarnih zavestnih doživetij človek ni absolutno privilegirano bitje, saj živali svet zaznavajo še z drugimi čuti, oziroma v drugačnih razponih. Vendar pa človeka odlikuje samozavedanje. Velikanske dodatne kapacitete možganske skorje mu omogočajo od zunanjega sveta ločeno zavestno manipuliranje z reprezentacijami zunanjih objektov, pojavov in odnosov med njimi, vključno z reprezentacijo lastnega jaza. Tok zavesti je enovit samo v pogledu zavedanja reprezentacijskih vsebin in paralelen, kar zadeva elementarne zavestne danosti, npr. gledanje, slišanje, čustvovanje itd.

THE PROBLEM OF CONSCIOUSNESS REMAINS UNSOLVED

ABSTRACT

In spite of a great advance in last years science did not reveal the nature of consciousness. The origin of conscious experiences are patterns of neurone activity in specialised areas of cerebral cortex. They produce subjective perceptions, each of them having its distinct quality. Some more conditions must be fulfilled, such as: proper level of cerebral cortex activation, proper degree of neurone pattern integration, selective attention of short term memory, duration of neurone activation, and others. Our hypothesis of activation of neurone background says that a conscious feeling might emerge as a consequence of a simultaneous coexistence of two bioelectrical fields: that of a specific pattern of neurone activity (e.g. resulting from an external stimulation) and that of an activated neurone background of this brain area, resulting from the general brain activation (due to ARAS - ascending reticular activation system) or from an attentional system, which quickly relays additional activation. In regard of elementary conscious experiences human beings are not absolutely privileged. Animals perceive world with some other senses, or in different ranges. But humans are distinguished by self-consciousness. Enormous additional capacities of cerebral cortex enable humans to manipulate consciously and independently of outer world, with representations of outer objects, events and relations among them, including with the representation of proper self. The stream of consciousness is unitary regarding representational entities, but parallel regarding elementary conscious experiences such as vision, hearing, emotions etc.

Za razumevanje bistva duševnosti je pojem zavesti ključnega pomena. Pri živih bitjih, ki se na dogodke v zunanjem okolju odzivajo, ne da bi pri tem tudi karkoli subjektivno občutila, o kaki zavesti ne govorimo. Sončnica, ki se obrača za soncem, tega (in tudi ničesar drugega) ne počne zavestno. Čeprav je včasih moč slišati mnenje, da tudi rastline čutijo, naj zaenkrat (dokler znanost ne dokaže drugače) velja, da gre pri takih izjavah za nenatančno uporabo izraza "čutiti". Tudi gorski potok, v katerega se s pobočja gore vsuje zemeljski plaz, tega ne občuti, čeprav "reagira" tako, da spremeni svoj tok. Tudi računalnik ne čuti, kako prav zdajle premikam miško, čeprav mi izpolni vsak tako dani ukaz. Čutiti pomeni *zavestno čutiti*, pomeni, da poleg dogajanja v materialnem svetu obstaja še nek duševni pojav s svojo značilno kvaliteto.

Ne vemo natančno kakšna stopnja razvoja živčevja je potrebna, da nastane zavestno doživljanje. Če bi to vedeli, bi poznali tudi strukture, ki omogočajo zavest. Ali zadostujejo preprosti gangliji, ali je potreben centralni živčni sistem, ali smo nemara samo ljudje zavestna bitja? Večina naravoslovno usmerjenih znanstvenikov bi se verjetno strinjala, da so zavestnega doživljanja zmožna tudi bitja, ki so na razvojno nižji stopnji od človeka. Domnevamo, da na primer tudi psi občutijo bolečino, vidijo, slišijo itd., sicer na neposreden, nerefleksiven način, ne da bi se torej zavedali hkrati tudi lastnega jaza, samega sebe kot opazovalca, kar na značilen način spremlja zavestno doživljanje pri človeku, a vendarle tako, da lahko govorimo o zavestnem,

psihičnem dogajanju. A o tem bomo še govorili. Za začetek je morda najbolje ugotoviti, da nastanek zavesti pripisujemo centralnemu živčnemu sistemu oziroma možganom.

Vprašanje, "kaj je zavest", predstavlja torej eno najtežjih vprašanj, ne le za empirično vedo, kakršna je psihologija, ampak tudi za filozofijo. Nekateri so celo prepričani, da je znanstveno raziskovanje nečesa takega, kot je zavest, brezplodno, da je zavest pojav, ki se izmika objektivnemu, empiričnemu, znanstvenemu opazovanju. Drugi pa menijo, da vseeno velja poskusiti in vztrajati toliko časa, da bodo nakopičene težave in nezmožnost razlage pojavov raziskovalce prisilile k novim miselnim paradigmam. Ob tem F. Crick in C. Koch (1992) pravita: "Spomnimo se samo, kako velike spremembe v načinu znanstvenega mišljenja je zahtevala od nas kvantna mehanika." Oglejmo si torej za začetek v kratki ilustraciji zgodovino pojmovanja zavesti v zadnjih stoletjih.

Izraza *zavesten* in *zavest* označujeta dve različni stvari. Ćlovek je pri zavesti takrat, ko je buden. Toda ljudje tudi takrat, ko so budni, počenejo nekatere stvari nezavedno (opaćanje, odloćanje za nekatere aktivnosti itd.). Filozofi in psihologi s pojmom zavesti oznaćujejo pozornost na vsebino ali delovanje ćlovekove lastne duševnosti. Zahodni svet je na zavest postal bolj pozoren v 17. stoletju, ko so si jo J. Locke, R. Descartes in njuni sodobniki predstavljali kot "*notranje oko*" ki gleda, kaj se v duhu dogaja. Še več, tako Locke kot Descartes sta trdila, da pri budnem ćloveku nobeno duševno stanje za njegovega lastnika ni neopaćeno, da je torej ćlovekov duh v celoti *transparenten* sam zase in tako tudi dostopen spoznavanju. Transparentnost je ostala opredeljujoća lastnost duševnosti skoraj 300 let, med drugim je kulminirala tudi v psiholoških teorijah W. Wundta in E. Titchenerja, ki sta na tej osnovi v znanost uvedla *metodo introspekcije*. Doktrina transparentnosti duševnosti se je najprej zamajala s S. Freudom in z njegovim poudarjanjem pomena nezavednega. Moćen vir kritik je prišel tudi od behavioristov. J. B. Watson, B. F. Skinner in drugi so introspekciji odrekli status znanstvene metode, saj naj bi ta po definiciji morala biti objektivna in ponovljiva. Tudi kognitivna psihologija je v drugi polovici tega stoletja potrdila, da velik del obdelovanja informacij pri ćloveku poteka tako, da ga z introspekcijo ni moć opisati. Sodobna znanost pa zavest spet skuša objektivno proućevati. Duševna stanja preprosto pojmuje kot fizićna stanja centralnega ćivćnega sistema, dostopna tako notranjemu ćutu kot tudi objektivnim metodam (nevrokemije, na primer).

NEVROLOŠKE OSNOVE

V nadaljevanju bomo najprej opisali, kako nekateri raziskovalci danes z *modelom nevronske mreće* ponazarjajo in razlagajo dogajanje v moćganih. Podroćje je izrazito interdisciplinarno, številna spoznanja je v zadnjih desetih letih omogoćil nagel razvoj ved, kot so: nevrologija, psihologija, računalništvo, biokemija itd.

Nevronska mreća je sistem, sestavljen iz mnoćice elementov - *nevronov* in iz mnoćice *povezav* (interakcij) med njimi. Ćloveški moćgani so najbolj kompleksna do sedaj znana stvar v vesolju. Biološki nevron sestavljajo telo celice, več kratkih konćev (dendritov) in eno daljše vlakno (akson). Akson se proti koncu razveja, na zakljućkih so stiki (sinapse), s katerimi se nevron povezuje z drugim nevronom. Draćljaji, ki prihajajo iz drugih nevronov, se v našem nevronu *sumirajo*, će seštevek

prese□e doloēen prag, je nevron vzdra□en, sicer ne. Sinapse so dveh vrst: prve delujejo vzpodbujevalno (sosednji nevron vzdra□ijo), druge zaviralno. Ta dva procesa sta na neki sinapsi lahko tudi razliēno moēna. K verjetnosti skupnega vzdra□enja nevrona torej vsaka taka zveza prispeva doloēen koliēinski dele□, ki pa ima tudi pozitiven (vzdra□enje) ali negativen (zaviranje) predznak. Po ocenah je v ēlovekovih mo□ganih na tisoēe *vrst* razliēnih nevronskih celic. Vseh celic naj bi bilo okrog sto milijard, vseh sinaps pa deset bilijonov. Predstavljajte si torej, koliko razliēnih kombinacij to omogoēa, ēe je še na vsaki sinapsi mo□na razliēna stopnja obte□itve signala. Nevrone v mo□ganih bi lahko razdelili v dve veliki skupini: (1) v prvi so celice urejene tako, da signali potujejo le v eno smer (od periferije v notranjost), informacijo le predajajo naprej, tako zgradbo najdemo na primer v senzornih predelih mo□ganov; (2) za drugi tip organizacije pa so znaēilne tudi povratne zveze, najdemo ga v asociativnih predelih mo□ganov.

Pomembna lastnost je tudi *plastiēnost mo□ganov*. Nevronski krogi se kot posledica aktivnosti spreminjajo. Med uēenjem se število povezav med celicami poveēa, ko sosednje celice niso veē aktivne, aksoni še aktivnih celic vzbrstijo in poišēejo nove partnerje. To remodeliranje še pomno□i funkcionalno sposobnost mo□ganov.

Za nevronske mre□e pravimo, da je proces v njih *paralelno distribuiran*. To pomeni, da je vsaka celica hkrati vkljuēena v veē dogajanj. V prvem dogajanju sodeluje ena skupina celic, v drugem druga skupina, v tretjem tretja, vendar lahko nekatere celice (ali celo vse znotraj nekega manjšega sistema) pripadajo vsem trem skupinam. Prepletenost povezav omogoēa, da veē procesov poteka hkrati, pri ēemer se uēinki za posamezno celico (ki je, spomnimo se, lahko le v dveh stanjih: "pri□gana", "ugasnjena") lahko med seboj izniēujejo ali pa krepijo. Vsak proces v nevronskega sistemu poteka tako, da se skupina nevronov, ki sodelujejo, tako *samoorganizira*, da je poraba energije minimalna. Tako nastanejo karakteristiēni *vzorci vzburjenja*, ki so pri posameznih psihiēnih aktih vedno enaki (pod enakimi pogoji, seveda). Na primer: zaznava ērke "A" na beli podlagi vzbudi vedno pribli□no enak vzorec. Nadalje je nevronski sistem hierarhiēno *diferenciran* v posamezne skupke oziroma domene. Med evolucijo so se mo□gani diferencirali v dve hemisferi, nadalje pa v številne topološko loēene specializirane centre (nevronske podmre□e) za posamezne funkcije. Za take *funkcionalne enote* so znaēilne enake oblike impulzov oziroma akcijskih potencialov, enaki vzdra□ni pragi, enaka mre□na arhitektura, enake vhodno-izhodne povezave, enaki zaznavni in asociacijski procesi ter enaka histologija in biokemija. Pri □ivih bitjih so se seveda ohranile tiste funkcionalne enote, ki so vrstam najbolj pomagale pre□iveti, ki so najbolj koristile njihovi prilagoditvi svetu. Nekatere funkcionalne enote opravljajo svoje delo stereotipno (na primer regulacija delovanja srca, □lez, instinktivni odzivi itd.), njihovi programi delovanja so genetsko vkodirani, druge pa so sposobne tvoriti nove vzorce, katerih funkcija je obdelovati informacije na nov naēin in tako omogoēiti pro□no, dinamiēno prilagajanje organizma na nenehno se spreminjajoēe pogoje v okolju. V tem je na primer bistvo inteligentnosti.

Rekli smo, da dra□ljaj, ki pride v sistem (ali v podsistem) od zunaj, povzroēi, da se nevroni pri□igajo in ugašajo, konēno se sistem stabilizira v specifiēen vzorec. To je aktivni del procesa *uēenja*. Vendar je za nevronske mre□e znaēilno tudi, da je sposobna take vzorce *trajno shraniti*. Shranijo se informacije o tem, katere vrednosti so bile na posameznih vezeh med nevroni. Torej se ne shrani sam vzorec pri□ganih in

ugasnjenih nevronov, paè pa *pogoji*, ki so potrebni, da se ta vzorec spet obnovi (zato govorimo tudi o *virtualnih vzorcih*, saj v danem realnem èasu vsi številni vzorci dejansko ne obstajajo). Pride do strukturnih, kemiènih sprememb (na sinapsah), ki kasneje (na primer tudi èez veè let) lahko vzbudijo vzdraženje istega skupka nevronov, tako da nastane enak vzorec. Med tem je bil posamezen nevron lahko aktiven pri oblikovanju številnih drugih vzorcev. Tako se iz prvotne relativne nediferenciranosti (del strukture je èe genetsko vkodiran) nevronska mreža postopno vse bolj *diferencira*. Vsak spomin je delo celotne konfiguracije nevronov in vezi med njimi. V vezeh je shranjena informacija o vzorcu, ko pa spomin oživi (ko se neèesa zavemo), pa spet pride do procesa, katerega posledica so nekateri prižgani in nekateri ugasnjeni nevroni. Èe z razmišljanjem še malo nadaljujemo, se lahko izrazimo tudi takole: *zavest je torej obèutenje za nek trenutek znaèilnega vzorca prižganih in ugasnjenih nevronov*. Zdaj je to lik, ki ga vidimo, zdaj beseda, potem spet èustvo, vzorce, ki nastanejo v teh razliènih domenah, loèimo po njihovi znaèilni *kvaliteti*. Vprašanje, ali se v nekem trenutku lahko zavedamo dveh stvari, dveh takih kvalitèt hkrati, zaenkrat pustimo še odprto. Pri tem seveda ni prav niè potrebno, da bi bila vsebina zavesti verbalne narave, da bi bili za samozavedanje potrebni simboli, besede, jezik. Tudi živali so torej zavestna bitja. Tudi èe je tako pojmovanje zavesti toèno, s tem seveda nismo še niè bližje védenju o *naravi* tega obèutenja vzorca vzdraženosti nevronov v naših možganih. Na nek naèin smo dosegli pravzaprav samo to, da smo vse naše èute nadomestili z enim samim, kot da živa bitja v *konèni fazi* obèutijo samo eno: trenutni vzorec vzdraženosti nevronov, v katerega se prelijejo vse raznovrstne informacije, ki prihajajo v možgane iz zunanjega sveta. Kot da je morda to tista razlika med "duhovnim", ki je le eno, in "duševnim", ki je mnogotero.

Ko zunanji dražljaj na karakteristièen naèin vzburi nevronske mreže, je nastali vzorec lahko popolnoma razlièen od vseh vzburjenj, v katerih je mreža èe bila, èe pa je v *glavnih znaèilnostih* enak kateremu od prejšnjih vzorcev, se bo, zaradi èe od prej shranjenih informacij, formiral zelo hitro. To doživljamo kot *prepoznavanje* vzorca oziroma *priklik* v spominu shranjenih vsebin. Nasprotno pa do *pozabljanja* pride, ko se informacije o vzorcu, ki so obstajale v vezeh med nevroni, izgubijo. Do tega pride lahko zaradi preobilice novih informacij, ki doloèeno skupino nevronov angažirajo v formiranje toliko novih vzorcev, da se kemizem na sinapsah toliko spremeni, da je prvotni vzorec èe nerazpoznaven, informacija se lahko izgubi tudi zaradi številnih drugih vplivov, ki prizadenejo kemizem na sinapsah. Nasprotno pa so vzorci, ki se pogosto rekonstruirajo, vedno jasnejši. In še nekaj je znaèilno: vzorec se lahko reproducira tudi samo iz dela. Le nekaj zaznanih potez na obrazu nam zadostuje, da prepoznamo ljubljeno osebo. V petdesetih letih tega stoletja je svet ostrmel od zaèudenja, kako je narava na molekuli DNK z genskimi zaporedji zapisala popolno informacijo, ki je potrebna za celotno rekonstrukcijo organizma, èe mnogo dalj èasa pa seveda vemo, da je v možganih živih bitij shranjenih še neprimerno veè informacij o njihovih življenjskih izkustvih. Seveda pa ta zapis ni tako popoln in tudi ne tako zanesljiv kot genetski zapis, preseneèa le njegova velikanska kapaciteta.

Opisani pristop k razlagi procesov, ki se dogajajo v možganih, je raziskovalcem omogoèil pojasniti številne èe prej znane pojave, ki jih na tem mestu ne bomo veè navajali. Na ta naèin bolje razumemo, kako se vzorci vzburjenja med seboj povezujejo, integrirajo v širše skupke in pri najbolj zapletenih miselnih procesih zajamejo prav velike dele možganov. Opisani sistemski pristop je, èe èe morda ne v vseh

potankostih toën, pa prav gotovo dobra hevristiëna osnova za nadaljnje raziskovanje delovanja moǵanov.

NEKATERE TEHNIKE UPODABLJANJA MOǴGANSKIH PROCESOV

Preden pa nadaljujemo s konkretnim primerom, si v naslednji ilustraciji oglejmo nekaj novejših metod, ki jih uporabljajo za raziskovanje dogajanj v moǵganih.

Metode raziskovanja ÷lovekovih moǵganov so v zadnjih letih izredno napredovale. Pri ųivalih lahko z natanãno vstavljenimi elektrodami ųe merimo aktivnosti posamiãnih nevronov, zapletena kemiãna dogajanja v moǵganih danes lahko prouãujemo na celiãnem in celo molekularnem nivoju. V nadaljevanju pa si kot zanimivost oglejmo nekaj sodobnih *metod upodabljanja procesov*, ki pri razliãnih aktivnostih potekajo v moǵganih. Tako kot ÷lani velikega orkestra sodelujejo pri izvedbi simfonije, tako skupine lokaliziranih moǵganskih podroãij, ki vsako opravlja svojo elementarno operacijo, sodelujejo pri tem, kar na zunaj opaųamo kot posamezne oblike vedenja. In vse to dogajanje lahko danes prikaųemo z nazornimi slikami.

Moǵgani so bili ųe do nedavna "ãrna ųkatla", ki nam ni dopuųãala neposrednega vpogleda v procese, ki potekajo v njih in ki so podlaga za duųevna doųivetja. Zahvaljujoã novim tehnologijam *pozitranske tomografije* in *magnetne resonance*, je znanstvenikom ųele v zadnjih letih uspelo zaãeti te zveze prouãevati analitiãno. Podprte z moãnimi raãunalniki, te tehnike omogoãajo slike fizioloųkih dogajanj ob posameznih miselnih procesih, in sicer v realnem ÷asu. Pokaųejo nam, kako se ob aktivnostih, kakrųna je na primer branje, posamezni predeli moǵganov "priųgejo" in kako nevroni in podporne celice organizirajo in koordinirajo svoje delo. Upodabljanje procesov v moǵganih lahko tudi pokaųe, na kakųen naãin se moǵgani bolnih ludi, na primer z depresijo ali shizofrenijo, razlikujejo od zdravih ludi, seveda pa pokaųe tudi anatomske okvare moǵganov.

Moderna era medicinskega upodabljanja se je zaãela v zgodnjih 70-tih letih, ko je bila svetu predstavljena pomembna tehnika, imenovana *raãunalniųka tomografija* (X-ray Computed Tomography, CT). Tehnika izkoriųãa dejstvo, da razliãna tkiva absorbirajo razliãne koliãine energije X ųarkov. ÷im bolj gosto je tkivo, tem veãja je absorbcija. Snop X ųarkov, ki gre skozi telo, bo na drugi strani izstopil oslabiljen, odvisno paã od organov in tkiv, skozi katera gre. ÷e snop ųarkov usmerimo skozi telo v ravnini, a pod razliãnimi koti (izvor ųarkov rotiramo okrog glave), tako zberemo dovolj informacij, da lahko s pomoãjo moãnih raãunalnikov in ustrezno zahtevnih matematiãnih metod sestavimo sliko.

Nato so razvili metodo, ki je bila sposobna prikazati ne le anatomsko strukturo, ampak tudi *procese*, ki potekajo v moǵganih. V telo vbrizgajo radioaktivno vodo, ki je povsem nenevarna in zelo hitro razpade. Ob tem, ko razpada, oddaja pozitrone, ti pa po zdruųitvi z elektroni gama ųarke, ki jih naprave, razporejene okrog glave, zaznavajo in s pomoãjo raãunalnikov spet izdelajo slike. Te prikazujejo razliãne aktivnosti v moǵganih, kot je presnova glukoze, poraba kisika, pretok krvi in uãinkovanje drog. Med temi se je *pretok krvi* pokazal kot najbolj zanesljiv pokazatelj, kako moǵgani iz trenutka v trenutek delujejo. Metodo imenuemo *pozitranska tomografija* (Positron-Emission Tomography, PET). Hiter razpad in majhne koliãine vbrizgane radioaktivne snovi omogoãajo veã merjenj pretoka krvi v enem samem poskusu. Tako PET omogoãa veã zaporednih slik delujoãih moǵganov.

Vsaka slika je posnetek trenutne aktivnosti možganov. Običajni sistemi za pozitronsko tomografijo lahko zaznajo aktivnosti z natančnostjo nekaj milimetrov.

Sodobna PET strategija je načrtovana tako, da se sliko pretoka krvi, posneto pred miselnim opravilom, primerja s sliko, ki jo dobimo, ko možgani izvajajo to aktivnost. Raziskovalci ti dve stanji imenujejo kontrolno stanje in stanje opravlila. V pogledu mentalnih procesov, ki potekajo v njih, morata biti ti dve stanji skrbno izbrani, tako da je mogoče v kar največji meri izločiti posamezne mentalne operacije. Z odštevanjem meritve pretoka krvi v kontrolnem stanju od pretoka krvi v stanju opravlila je mogoče ugotoviti in s sliko pokazati samo tiste dele možganov, ki sodelujejo pri psihičnem opravilu. Da dobijo zanesljive podatke, raziskovalci izračunajo povprečja odgovorov preko večjega števila subjektov ali preko več poskusov pri eni osebi. Povprečevanje omogoča raziskovalcem odkriti spremembe v pretoku krvi, ki so resnično povezane z mentalno aktivnostjo, ki so torej pogojene s sistematičnimi dejavniki in ki se sicer kaj lahko izgubijo v množici naključnih vplivov, ki predstavljajo informacijski šum.

Naslednja zelo močna tehnika vizualizacije dogajanj v možganih je *upodabljanje s pomočjo magnetne resonance* (Magnetic Resonance Imaging, MRI). Temelji na laboratorijski tehniki, imenovani jedrska magnetna resonanca, ki je bila narejena za namene raziskovanja kemičnih lastnosti molekul. Proučevani organ izpostavimo močnemu magnetnemu polju, skozi katerega usmerimo snop radijskih valov. Z merjenjem gostote protonov je moč narediti zelo jasne slike tkiv. Sedanje navdušenje nad magnetno resonanco izvira iz njene sposobnosti, da odkrije signale, ki jih pozitronska tomografija ne more. Točneje, odkrije lahko povečano vsebnost kisika, ki se pojavlja v področjih zvišane živčne aktivnosti. Ta sposobnost izvira iz načina, kako možgani izkoriščajo kisik. Funkcionalno pogojena povečanja pretoka krvi spremljajo spremembe v količini glukoze, ki jo možgani porabljajo, ne pa tudi povečanja porabe kisika. Dejansko normalni človekovi možgani delujejo po principu anaerobnega metabolizma. Redko kdo bi pomislil na to, da možgani uporabljajo taktiko, podobno tisti, kot jo uporabljajo mišice šprinterjev. Zakaj uporabljajo prav tak metabolizem, čeprav je v možganih kisika dovolj, je še skrivnost, ki zahteva intenzivno znanstveno raziskovanje.

Dodatna količina krvi v nekem predelu možganov, ne da bi jo spremljala hkratna povečana poraba kisika, vodi v povečanje koncentracije kisika v majhnih venah, ki oskrbujejo aktivne dele možganov. Količina kisika, ki ga prenaša hemoglobin, pa vpliva na magnetne lastnosti hemoglobina. S pomočjo upodabljanja z magnetno resonanco je moč odkriti ta majhna nihanja magnetizma. Več raziskovalnih skupin se je v trenutku zavedlo pomembnosti tega odkritja. Sredi leta 1991 so raziskovalci pokazali, da MRI lahko odkrije funkcionalno pogojene spremembe vsebnosti kisika v krvi človekovih možganov.

Vendar pa ne metoda pozitronske tomografije ne magnetne resonance nista dovolj hitri, da bi zmogli slediti "pogovarjanju" možganskih centrov med seboj. To bi zmogle le metode neposrednega merjenja električnih impulzov. Poznamo *elektroencefalografijo* (EEG), ki odkriva električno aktivnost možganov preko elektrod, pritrjenih na lobanjo, in *magnetoencefalografijo* (MEG), ki meri magnetna polja, ki jih električna aktivnost v možganih povzroča. Vendar pa imata ti metodi nekaj pomanjkljivosti: prostorska ločljivost in občutljivost sta še dokaj slabi. Čeprav so bili storjeni veliki koraki k boljši ločljivosti, še posebej pri MEG, točna lokalizacija izvorov možganske aktivnosti z napravami električnega zapisa ostaja težavna. In še več, čim globlje predele možganov skušamo upodobiti, tem slabša je ločljivost.

Sedaj si na konkretnem primeru oglejmo, kaj se dogaja v procesu vidnega zaznavanja oziroma v nadaljevanju v procesu mišljenja s pomočjo verbalno-pojmovnega aparata.

Na očesni mrežnici se svetlobni dražljaj spremeni v bioelektrični impulz, ki po vidnem živcu potuje v *primarni vidni korteks*, ki se nahaja v okcipitalnem predelu možganov. Vmes se signal v lateralnih jedrih thalamusa enkrat preklopi, še pred tem se del živčnih poti (z notranjega dela vidnega polja) tudi križa na kontralateralno stran. Primarni vidni korteks je topološko organiziran, posamezni nevroni tvorijo natančno topološko mapo retinalnega polja. Okvare primarnega vidnega korteksa ali okvare na poti do njega povzročijo popolno slepoto, torej: del vidnega polja v celoti izpade, če je okvarjen ustrezen del topološke mape. Vendar se informacije o zunanjem svetu v možgane ne odtisnejo enostavno tako kot pri fotografskem aparatu. Raziskave v zadnjih dvajsetih letih so pokazale, da se posamezni aspékti vidne zaznave obdelujejo v drugih, posebej zanje *specializiranih* predelih možganov, ne v primarnem vidnem korteksu. Ko gledamo sliko, na kateri prevladujejo barvni vzorci (kakega Mondriana, na primer), so aktivni deli prestriatnega korteksa, ki jih nekateri raziskovalci označujejo s področjem V4. Podobe, ki se gibljejo, povzročijo vznburjenje v sosednjem področju, bolj lateralno, imenovanem V5. Zaznavanje oblik aktivira področji V3 in V3A, barvnih oblik pa tudi V4. Hkrati s temi specializiranimi področji sta pri vseh teh zaznavah aktivna tudi primarni vizualni korteks, to je V1 in sosednje področje V2, ki delujeta kot neke vrste *relejna postaja*, saj signale preklapljata tako, da gredo v ustrezna specializirana področja. Tako na primer informacije o valovni dolžini svetlobe že od retine naprej (čepki) potekajo po nevronski poti, ki ima štiri plasti, v "mehurčkasti plasti" V1 pa se ti signali preklopijo in gredo v V4, torej v specializirano področje za barvni vid.

Če se posamezne komponente vidnega vtisa obdelajo vsaka v svojem delu možganov, kako pa potem pride do *integracije* vidne zaznave? Ko gledamo teniško žogico, ki čez mrežo leti proti nam, se vendar ne zavedamo posebej njene barve, njenega gibanja in njene oblike. Najprej bi pomislili, da gredo informacije iz specializiranih področij v nek zbirni center, v katerem se opravi integracija. Vendar nič takega ne obstaja. Iz območij V3, V4 in V5 gredo res projekcije nevronov v druge predele možganov, na primer v reprezentacijske centre, v hippocampus, ki je verjetno zadolžen za trajno shranjevanje spominskih sledi (na primer epizodnih spominov), v prefrontalni korteks itd., vendar se delitev po specializaciji začuda ohranja še naprej. Zato domnevamo, da *integracija vidne zaznave nastane simultano*, s pomočjo mehanizma *povratnih povezav* med specializiranimi področji in primarnim vidnim korteksom. To postavlja nevronski mreži velikanske zahteve, vendar kaže, da take bogate povratne povezave res obstajajo. Za povratne zveze pa je značilno tudi to, da so difuzne, iz specializiranih področij ne gredo nazaj le v tiste dele topološke mape, od koder so ti prvotno signale dobili, ampak tudi v številna sosednja področja. Taka organizacija omogoča pravzaprav troje: (1) nastane integriran občutek gibanja, barve in oblike, (2) specializirane informacije se posredujejo nazaj topološki mapi, ki je veliko bolj natančna in (3) te informacije se integrirajo z informacijami, ki pridejo še iz drugih delov vidnega polja, ki jih posredujejo drugi deli vidne poti.

In kaj se v nadaljevanju takih duševnih procesov še lahko dogaja? Veliko. Preveč, da bi vse lahko natančno opisali, čeprav naše razumevanje duševnih procesov naglo napreduje. Za razumevanje zavedanja in samozavedanja si oglejmo le še, kaj se dogaja pri procesih, ki zahtevajo pojmovno mišljenje, obdelovanje informacij, ki reprezentirajo objekte, pojave in odnose med njimi s simboli in besedami.

Ne le ljudje, tudi živali so sposobne določene stopnje generalizacije senzornih izkušenj. Če so na primer tako navajene, hrano vedno iščejo v okrogli škatli, čeprav nove škatle niso v vseh pogledih enake prejšnjim. Tako se ustvarijo številni neverbalni koncepti, tem reprezentacijam pa človek še dodatno daje imena. Koliko različnih konkretnih stvari je vsebovanih v pojmih: trikotnik, hiša, poštenost, demokracija itd. Tudi če gre za objekte, ki smo jih spoznali s pomočjo vida, njihove verbalne reprezentacije niso več shranjene v primarnem in sekundarnem vidnem korteksu. Poleg *senzornih izkušenj* (tudi generaliziranih) so za jezikovno funkcioniranje potrebna še področja, ki so zadolžena za *vokalizacijo in sintakso besed v stavke* ter področja, ki so zadolžena za *pojmovno reprezentacijo* in ki posredujejo med prvimi in drugimi področji. Oglejmo si rezultate ene takih študij.

Raziskovalce je zanimalo, kateri predeli v možganih so aktivni v posameznih fazah mišljenja. Z metodo pozitronske tomografije so posneli pretok krvi v naslednjih fazah mišljenja:

0. Subjekt samo fiksira križec sredi zaslona (kontrolni posnetek).
1. Subjekt samo gleda samostalnike, ki se pod križcem pojavljajo na zaslonu, oziroma jih posluša, ko so mu predvajani po slušalkah.
2. Subjekt predvajane samostalnike glasno izgovarja.
3. Subjekt na predvajan samostalnik mora povedati ustrezen glagol (na primer: na "kladivo" mora reči: "udariti").

V vsaki fazi se s pozitronsko tomografijo naredi posnetek pretoka krvi. Razlika med stanjem v fazi 1 in stanjem v kontrolni fazi kaže na predele, ki so aktivni pri zaznavanju (vidno ali slušno). Razlika med stanjem v fazi 2 in stanjem v fazi 1 kaže na motorično funkcijo. Posebej pa je zanimiva faza 3. Če od te aktivnosti odštejemo aktivnost motorične faze, slika pokaže čisto mentalno aktivnost, torej kaj se dogaja v naših možganih, ko interpretiramo pomen besed in razmišljamo o sorodnih pojmih. Izkaže se, da področja levega frontalnega in temporalnega lobusa (ki v glavnem sovpadajo z Brocovim in Wernickejevim območjem) postanejo aktivna le pri odkrivanju pomena besed in izbiranju po pomenu ustreznega odgovora. Še več: pod temi pogoji se pridružita še dve področji in skupaj tvorijo nevronska mrežo štirih možganskih področij.



Slika 1. Posnetki psihičnih aktivnosti s pozitronsko tomografijo.

PROBLEM NARAVE ZAVESTI

Živčni impulzi, ki v centralni živčni sistem pridejo od zunaj, najprej povzročijo vzburljenje različnih primarnih področij. Toda že znotraj posameznih čutnih modalnosti se različne komponente zaznave obdelajo vsaka v svojem specializiranem predelu možganov. Ko jeseni na primer gledamo javorove liste, ki padajo z drevesa, se informacije o barvi, gibanju in oblikah obdelujejo v različnih predelih prestriatnega korteksa. Čeprav je vidna zaznava vedno tudi integrirana, se jasno zavedamo, da so listi rumeni, kako padajo proti tlem in kakšnih oblik so. Ti *specializirani predeli so verjetno odgovorni za različna kvalitativna stanja naše zavesti*. Izvori različnih zavestnih stanj so vsaj v tem pogledu torej *razsejani* po celotnih možganih. Vzburljenje v enem predelu povzroči zavestni občutek barve, v drugem višine tona, v tretjem čustva strahu itd. Tudi umetna električna stimulacija teh predelov rezultira v zavestnih občutkih in okvare teh predelov v izpadih ustreznih zavestnih občutkov.

Kar zadeva te elementarne kvalitete izkustva, človek niti ni v celoti privilegirano bitje. Avtentična izkušnja tega, kako občuti netopir približevanje nekemu objektu v podzemeljski jami, je nam ljudem, ki nimamo čutila, kakršen je netopirjev ultrazvočni "sonar", nedostopna, tako kot je barvno slepemu človeku nedostopna avtentična zavestna izkušnja barv. Lahko poznamo vse podrobnosti tega fiziološkega procesa, subjektivne izkušnje, tako kot jo doživlja netopir, pa ne moremo spoznati. Kače zaznavajo infrardečo svetlobo, nekatere žuželke ultravijolično svetlobo, psi slišijo zvoke še precej nad človekovim zgornjim pragom, to je približno 16000 hertzov. Nekatere senzorne informacije pridejo v možgane, toda nikoli na zavestni nivo. Receptorji v ožilju tako posredujejo informacije o pritisku in možgani nanje reagirajo z ustreznimi prilagoditvami, ne da bi se človek tega tudi zavedal. Tudi taka razmišljanja nas navajajo k temu, da problema zavesti ne kaže preveč mistificirati. Z razvojem vrst se nekatere kvalitativne oblike zavesti pojavljajo, druge, ki nimajo potrebne prilagoditvene funkcije, izginjajo. Ko del možganov doseže ustrezno specializacijo, to omogoča tudi zavestno izkušnjo. Vse je jasno, razen "zadnjega koraka": od kod subjektivni občutek, ki ga karakterizira značilna kvaliteta doživetja? Celo na posameznem ožjem področju, vzemimo doživljanje barve, nastajajo subjektivno različne kvalitete občutkov: Subjektivni občutek doživljanja rdeče barve ni v ničemer podoben občutku doživljanja rumene barve. In kako se ena kvaliteta preko oranžne barve prelije v drugo?

Kaže torej, da lahko opustimo staro predstavo "Kartezianskega gledališča" (tako predstavi o zavesti, ki se vleče že od Descartesa naprej, pravita Dennett & Kinsbourne, 1992, ob tem ko predstavita svojo razlago paralelnih zavestnih stanj), po kateri naj bi nekje v možganih "vse prišlo skupaj" in bi se torej diskriminacije vseh modalnosti nekako registrirale in "predstavile subjektivni presoji". Dogodki, ki so neposredna podlaga in vzrok zavestnemu doživljanju, so porazdeljeni tako v času, kot v prostoru (po specifičnih področjih možganske skorje), ne obstaja torej en sam tok zavesti, pač pa številni paralelni tokovi, ki ustrezajo hkrati vzbujenim nevronskega vzorca. V nekem trenutku je vsak od njih ali več njih hkrati lahko v zavesti. Zato so zavestne izkušnje tudi lahko hkrati interpretirane oziroma med njimi prihaja do interakcij. To lepo kaže eksperiment, opisan v naslednji ilustraciji.

Številni eksperimenti potrjujejo zavestni vtis gibanja, ki nastane, če si vidne podobe, ki se sicer ne gibljejo, dovolj hitro sledijo. Še bolj zanimiv pojav nastane, če ljudem hitro drugo za drugo pokažemo dve piki, prvo na primer rdečo, drugo zeleno in sicer tako, da je druga na primer za nekaj cm bolj v desno od prve. Ne le da subjekti poročajo o vtisu gibanja, poročajo tudi, da vidijo, kako se v tretji točki, na sredi med pikama, zamenja barva, nato pa šele vidijo drugo, zeleno piko na njenem pravem mestu. Kako možgani v realnem času, ki je vmes, med prvo in drugo prezentacijo, vedo, v katero barvo se bo rdeča pika spremenila, če gredo informacije v zaporedju v zavest, v "karteziansko gledališče"? Razlaga hkratnih zavestnih izkušenj premosti težavo. Interakcija med dvema vzorcema povzroči še dodatno, tretjo zavestno izkušnjo, ki je v skladu s preteklimi življenjskimi izkušnjami subjekta.

Katera pa je tista značilnost zavestnega doživljanja, ki najbolj odlikuje človeka? Muskova hipoteza (J. Musiek, 1980) je, da je edino pri človeku *izkustvo dvomestno*. V evoluciji je z razvojem neokorteksa prišlo do spremembe (zelo verjetno do preskoka), ki je povzročila, da je centralni živčni sistem ne le sposoben opazovati zunanje

dogajanje (*zunanji lokus izkustva*), ampak hkrati tudi samega sebe kot opazovalca (*notranji lokus izkustva*). Tudi subhumana bitja se zavedajo, da doživljajo (da gledajo, poslušajo, da jih je strah itd.), vendar je to doživljanje avtomatsko, nerefleksivno, usmerjeno le na zunanje dogodke (tudi notranje telesne dogodke, ki pa so locirani izven centralnega živčnega sistema), opazovalec se ne relativira nasproti zunanjemu svetu. Samo pri človeku pa je hkrati prisotno še *samozavedanje*. To je podlaga za nastanek zavestne predstave o sebi kot pojavi, ki poleg drugih, zunanjih pojavov, prav tako realno obstaja. Doživljajsko se vzpostavi ločnica jaz - ne jaz, subjekt - objekt. Notranji lokus izkustva ima posebno značilnost: hkrati je subjekt opazovanja (tisti, ki opazuje) in objekt opazovanja (tisti, ki je opazovan, ker opazuje samega sebe). Z Descartesovim "*cogito ergo sum - mislim, torej sem*" je človek svoj notranji lokus izkustva tudi jasno verbalno izrazil, izrazil torej to, kar je bilo že vseskozi globoko vtisnjeno v njegovo doživljanje stvarnosti. Dokaz, da je tudi preprosti človek doživljal dvomestno, je projekcija takega doživljanja navzven. Ne le da je pripisoval dušo drugim ljudem, pripisoval jo je tudi živalim in celo predmetom. Pod predpostavko, da njegova hipoteza drži, Musek izpelje številne prilagoditvene prednosti (tako vsaj zaenkrat kaže, seveda pa človek svojega boja z okoljem še ni dobil), ki jih je z dvomestnim izkustvom evolucija človeku dala. Samozavedanje je za antropogenezo bistvenega pomena. Je njen najpomembnejši psihološki dejavnik, ki ga mirno lahko postavimo ob bok biološkimi dejavnikom antropogeneze.

V pojmovanju zunanjega izkustva oziroma tega, kar Musek pri živalih imenuje enomestno izkustvo, je po mojem potrebno majhno, a pomembno dopolnilo. Musek pravi, da je usmerjeno na zaznavanje dogodkov, ki so locirani bodisi izven subjekta (*zunanji svet*) ali pa izven centralnega živčnega sistema (*zaznavanje dogodkov v telesu*). Vendar lahko rečemo, da zunanje izkustvo vključuje tudi primere, ko en nevronskega sklopa zaznava drugega, torej tudi pojave znotraj centralnega živčnega sistema. Vzemimo primer mačka, ki opazi velikanskega psa, ko se ta zapodi proti njemu. Da bo stvar enostavnejša, si oglejmo samo dva modusa: tistega, ki je odgovoren za obdelovanje vidnih informacij, in tistega za emocionalno doživljanje. Vidni modus zazna (in prepozna) psa. Izkustvo je tipično zunanje, nerefleksivno, prav nič ni treba predpostaviti, da se maček ob tem zaveda tudi samega sebe kot subjekta. Toda informacije iz prvega, vidnega modusa, gredo tudi v drugi modus (za emocije). Maček občuti emocijo strahu (vsaj domnevamo, da jo, tako kot domnevamo, da vidi). Pojavi se še drugo, kvalitativno čisto drugačno doživetje. En nevronskega sklopa na osnovi informacij, ki prihajajo iz drugega nevronskega sklopa, doživlja strah. Toda tudi to izkustvo je, z vidika med seboj relativno ločenih nevronskega sklopov ali modusov, tipično zunanje. Tudi tu ni potrebno predpostavljati, da se maček zaveda, da je prav on tisti subjekt, ki ga je strah. To izkustvo bo nemara celo vplivalo po povratni zvezi nazaj na vidno zaznavo (pri človeku pravimo, da ima strah velike oči), a tudi to še ne pomeni notranjega lokusa izkustva, samozavedanja.

Vendar pa žal z ugotovitvijo, da se pri človeku pojavi nova kvaliteta doživljanja, notranji lokus izkustva, še nismo kaj dosti napredovali v razumevanju samega pojava zavesti. Katero dogajanje materialne narave (domnevamo, da v možganih) povzroči subjektivni občutek barve, zvoka, ki ga slišimo ali lakote v želodcu? Zakaj se nekaterih dogajanj v naših možganih, ko so v nekem trenutku vendar hkrati vznemirjeni številni nevronskega vzorci, ne zavedamo, drugih dogajanj, ki so dovolj močna, ali ki so na višjem nivoju integracije, ali pa smo na njih posebej pozorni, pa se zavedamo z visoko

stopnjo jasnosti? *Problem zavesti torej ni problem zavestnega doživljanja, kakršno je značilno za človeka, ampak je to problem zavesti nasploh, tudi njenih najbolj elementarnih oblik.* Ne znamo razložiti, kako nastanejo elementarni, kvalitativno različni občutki videnja, slisanja, čustvovanja, ki se jih jasno zavedamo kot tako različne danosti in ki se jih kot take morajo zavedati tudi nižje razvita bitja. Če ne bi bilo tega velikega osnovnega problema, bi tudi razlaga narave človekove duševnosti ne bila tako zahtevna. Notranji lokus izkustva oziroma samozavedanje namreč le ni neka čisto nova oblika zavesti, čeprav nedvomno gre za pomemben korak v evoluciji. Njegova narava verjetno leži v veliki sposobnosti *reprezentacije konceptov*, ki jo z velikimi dodatnimi kapacitetami obdelovanja informacij zmore edinole človek. Tako človek kot tudi nižje razvita bitja so v stiku z zunanjim svetom s čutili in z motoričnim reagiranjem. Toda pri človeku je med ti dve fazi obdelovanja informacij vrinjena še centralna faza, notranji svet, sestavljen iz množice reprezentacij tako konkretnih kot tudi najbolj abstraktnih pojmov. Obstoj teh reprezentacij in ustrezno zmogljiv kratkoročni oziroma bolje rečeno: *delovni pomnilnik*, omogočata obdelovanje informacij, ki niso prisotne v zunanjem svetu. *Pojem jaza je, čeprav za človeka izredno pomembna, samo ena od takih reprezentacij.* Nastane na enak način kot druge in na enak način kot drugih se je tudi zavedamo. V tem pogledu ima torej M. Minsky prav, ko pravi, da samozavedanje ni nič drugega kot to, da en del možganov opazuje (in nadzoruje) dogajanje v drugem delu. Zahteva le malo delovnega pomnilnika in hierarhično organizacijo procesa in to naj bi bilo tudi vse. V delovnem pomnilniku, katerega učinkovitost je močno odvisna od delovanja *prefrontalnega korteksa*, oživijo zdaj reprezentacije jezikovne narave, zdaj vidne podobe, ki si jih predstavljamo rotirane v prostoru, zdaj skladba, ki smo jo slišali včeraj, lahko pa tudi doživetja, ki jih prav tisti trenutek povzročijo dogodki v zunanjem svetu. Da se to dogaja prav meni, mi govori reprezentacija lastnega jaza, ki, potem ko se v otroštvu izoblikuje, pri zdravem človeku ostaja prisotna vse življenje.

To, da je človek zmožen obojnega izkustva, si potemtakem lahko preprosto razložimo s tem, da stare strukture seveda še vedno delujejo, da pa so hkrati ob vsakem aktu zunanjega izkustva angažirane tudi strukture, ki so zmožne notranjega izkustva, samozavedanja. Navadno ne gledamo, ne da bi se hkrati tudi zavedali, da smo mi tisti, ki gledamo. Nemara je bistvo nezavednih percepcij prav v tem, da je pri njih zaradi takšnega ali drugačnega razloga notranji lokus izkustva izključen.

Tudi premislek o tem, koliko je človekova zavest zares *enovita*, pokaže na razliko med notranjim in zunanjim lokusom izkustva. Tok zavesti naj bi bil v nekem trenutku lahko usmerjen samo na eno stvar. Sedaj pomislim na mater, takoj nato na svoj deseti rojstni dan, nato na torto, ki mi je padla na tla, itd. *Toda enovit tok zavesti velja samo za notranji lokus izkustva, za samozavedanje.* Zaznav, ki prihajajo od zunaj, in čustev je lahko več hkrati. Lahko hkrati poslušam pesem, berem njeno besedilo in "mi je pri srcu lepo" zaradi obojega. Prav zdajle lahko povsem jasno mislim ali poslušam glasbo, hkrati pa gledam vsebino računalniškega zaslona. Toda zavestna pozornost na reprezentacijske vsebine, doživljanje s hkratnim samozavedanjem in občutenjem lastnega jaza, ki doživlja, pa lahko samo bolj ali manj hitro ter bolj ali manj mehko drsi z ene vsebine na drugo, v nekem trenutku je lahko prisotna samo ena. Taka je, kot kaže, narava delovnega pomnilnika.

V zvezi z vprašanjem o enoviti zavesti so zanimive raziskave, kako doživljajo pacienti, ki imajo prekinjene vse povezave med levo in desno možgansko hemisfero (prekinjen corpus callosum, ki ga tvori približno 200 milijonov nevronskega vlakna). Ali pride do ločene, dvojne zavesti? O zavestnih vtisih, do katerih je prišlo v levi, verbalni hemisferi, so pacienti lahko poročali, zavedali pa so se tudi informacij, posredovanih desni hemisferi, in nanje reagirali. Do dvojnega zavedanja pri teh pacientih torej prihaja, ker pa je notranji lokus izkustva, se samozavedanje zdi v veliki meri odvisno od sistemov verbalne reprezentacije, o doživljanjih v neverbalni hemisferi ti pacienti niso mogli verbalno poročati. Kaže tudi, da pri otroku polno samozavedanje pred določeno starostjo ni mogoče. Vlakna corpus callosa biološko dozorevajo tja do desetega leta starosti.

Zavestno doživljanje ni možno, če cerebralni korteks ni dovolj *aktiviran*. Ko spimo, nekaterih zvokov ne slišimo, šele če so dovolj močni, sami povzročijo, da se prebudimo, kar pomeni, da korteks doseže določeno stopnjo aktivacije. Pri tem ima pomembno vlogo *retikularna formacija* v zgornjem delu možganskega debla. Ascendentni retikularni aktivacijski sistem (ARAS) preko jeder *thalamusa* pošilja projekcije nevronov v obsežna področja obeh hemisfer cerebralnega korteksa in tako zagotavlja stanje budnosti organizma. Retikularna formacija ni sedež zavesti. Zavestno doživljanje nastaja v številnih centrih v cerebralnem korteksu, vendar je potrebno, da imajo ti centri ustrezen tonus aktivacije. Lahko so okvarjeni obsežni deli cerebralnega korteksa, ne da bi prišlo do popolne izgube zavesti, če pa je okvarjen ARAS, pa organizem pade v stanje kome.

Vsa dogajanja v cerebralnem korteksu tudi v stanju popolne budnosti ne rezultirajo v zavestnih občutjih. Obdelovanja informacij na nižjih nivojih, številnih nevronskega procesov, ki potekajo paralelno, v fazah pred njihovo integracijo, se ne zavedamo. Drugi pogoj za javljanje zavestne izkušnje, je torej zadostna *integracija* nevronskega vzorca v določenem specializiranem možganskem področju.

Tretji dejavnik, ki odloča o tem, česa se v nekem trenutku zavedamo in česa ne, pa je aktivno usmerjanje *pozornosti*, ki je povezano s kratkoročnim oziroma *delovnim pomnilnikom* ter motivacijskimi procesi. Že W. James je menil, da sta za zavedanje nečesa potrebna tako pozornost kot kratkoročni spomin. Pri vidni percepciji je slika ustrezno ostra le na majhnem delu vidnega polja. Za selektivno pozornost skrbijo hitri gibi oči, približno tri do štirikrat v sekundi. Za nekatere avtomatizirane dejavnosti, kakršna je na primer hoja, ali celo tek po gozdu, polna zavestna percepcija informacij iz okolja niti ni potrebna. Zdi se, da zadostuje obdelava informacij na nivoju, ki ga je Freud imenoval predzavestni nivo, kako pa se množica informacij pri vstopu v središče pozornosti selekcionira, pa je lepo opisal v svoji filter teoriji Broadbent (1958). Pri usmerjanju pozornosti, to je fokusa zavesti, igra verjetno pomembno vlogo thalamus.

Nadalje je za oblikovanje zavestnega vtisa potreben določen *minimalen čas*. Če človek gleda površino, ki jo za 20 milisekund osvetlimo rdeče, takoj nato pa za 20 milisekund zeleno, bo poročal, da je videl rumeno površino, tako kot če bi na površino padali svetlobi obeh barv hkrati. Da pride do dveh ločenih zavestnih vtisov, je potreben čas nekako od 60 do 70 milisekund. Podobno velja za slušno modalnost.

Ugotovitev, da vzorci aktivnih nevronov predstavljajo neposredno osnovo zavestnih doživljanj torej še nič ne pove o naravi tega procesa. Od česa je odvisno kaj bo v nekem trenutku v naši zavesti, če je hkrati prisotnih več vzorcev nevronske aktivnosti? Intenzivnost vznburjenja? Motivacijske direktive, ki pridejo iz drugih delov možganov? Take kompetitivne situacije je mogoče povzročiti eksperimentalno. V eksperimentih *binokularnega rivalstva* raziskovalci povzročijo, da v vsako oko pride drugačen vidni signal, in sicer tako, da se oba nanašata na isti del vidnega polja. Izkaže se, da v taki situaciji človek ne zaznava obe sliki drugo čez drugo, ampak alternativno zdaj eno, zdaj drugo.

Videli smo torej, da *nastanek zgolj vzorca nevronskega vznburjenja še ni zadosten pogoj za nastanek zavestnega doživljanja*. Mati, ki živi ob železniški progi, se ponoči ne zbudi vsakič, ko mimo pripelje vlak, čeprav je hrup močan, se pa zbudi že ob najmanjšem stoku svojega dojenčka. Pojavi *subcepcije* nam kažejo na to, da je informacija lahko ustrezno obdelana, gre skozi celoten sistem, ki dražljaje prepozna, tudi opravi selekcijo, ne pride pa do zavestnega doživljanja. Torej: nevronske vzorce nastane in tudi učinkuje naprej, zavedamo pa se ga ne.

Zanimiva bi bila raziskava, v kateri bi iste slušne dražljaje dajali ljudem v budnem stanju, ko bi lahko tudi poročali, da so jih zavestno doživeli, in medtem ko spijo oziroma tako, da se ob teh dražljajih prebudijo. S pozitronsko tomografijo bi lahko ugotavljali predele možganov, ki so aktivni, razlike bi pokazale prav na predele, ki so aktivni ob zavestnem doživljanju.

HIPOTEZA AKTIVACIJE NEVRONSKEGA OZADJA

Nastanek zavestnega doživljanja bi lahko skušali razložiti z dvema hipotezama, še prej pa opišimo, kako si lahko predstavljamo *splošno aktivacijo možganske skorje in pozornost*. Bistvo tako prve kot druge je v tem, da z nevronskimi impulzi učinkujeta na specializirane predele možganske skorje (in seveda tudi na asociacijske predele), le da je splošna aktivacija, za katero je odgovoren ARAS sistem, nespecifična, impulzi gredo v vse predele možganske skorje, aktivacija, za katero je odgovoren sistem pozornosti, pa je v skladu z motivacijskimi mehanizmi usmerjena le na posamezne predele. Morda je zanj odgovoren thalamus, verjetno pa tudi širši predeli limbičnega sistema, ki kanalizirajo del aktivacije, ki prihaja iz retikularne formacije. *Tako difuzni impulzi splošne aktivacije, kot hitro menjajoči se usmerjeni impulzi pozornosti, dvignejo celotni nivo vznburjenosti lokalne nevronske mreže*. To na nek nepoznan način povzroči zavedanje nevronskega vzorca, ki je tam že hkrati prisoten: nekaj vidimo, slišimo, zavemo se reprezentiranih informacij v dolgoročnem spominu, na primer besednih pojmov in podobno.

1. Prva hipoteza ("kartezijskega gledališča", kot pravita Dennett in Kinsbourne, 1992) o možnem mehanizmu zavestnega doživljanja bi bila naslednja: V specializiranem področju možganske skorje nastane vzorec nevronske aktivnosti. Iz tega predela gredo projekcije v kratkoročni, delovni pomnilnik, pri človeku na primer v področja prefrontalnega korteksa. Do zavestnega doživljanja pride, če so izhodni

signali zadosti močni. Dodatna aktivacija po difuznem ARAS sistemu ali po usmerjenem sistemu pozornosti okrepi torej izhodne signale, do zavestnega občutenja pride v delih možganov, odgovornih za delovni spomin. Ta hipoteza je manj verjetna, ker ne zmore razložiti od kod izvira različna kvaliteta doživetij. Razen tega bi predpostavka takega centra za zavest morala pripeljati do kliničnih primerov, ko vsakršno zavestno doživljanje izpade, če je ta center okvarjen.

2. Druga hipoteza, hipoteza aktivacije nevronskega ozadja, pa predpostavlja, da dodatna aktivacija dvigne stopnjo vzburjenosti nevronskega vzorca v samem specializiranem predelu in da zavestni občutek nastane prav tam. V možganih torej nimamo "notranjega očesa", ki bi gledal, kaj se v posameznih predelih možganov dogaja, imamo pa notranje vire (enega ali več?) dodatne aktivacije, ki bodisi difuzno, preko splošnega nivoja budnosti, bodisi usmerjeno, preko sistema pozornosti, dvigujejo nivo vzburjenosti specifičnih možganskih področij.

Predpostavljamo torej, da je izvor zavesti v dvigu nivoja vzburjenosti v nekem specializiranem predelu možganov, ob hkratnem nastanku nevronskega vzorca, ki je predmet zavestnega doživljanja. Toda na katere nevrone vendar dvig nivoja vzburjenosti učinkuje? Nevronski vzorec, kot posledica na primer zunanje stimulacije, recimo črke A, ki jo gledamo na papirju, je že tu. Videli smo, da nastane in lahko učinkuje, tudi če se ga ne zavedamo. Dodatni impulzi naj ga ne bi spremenili, tudi okrepiti ga ne morejo, saj je vsaka od živčnih celic v vzorcu lahko samo prižgana ali pa ugasnjena. Kaj se torej dogaja? Pravzaprav nam na misel pride edinole razlaga, da ti dodatni (in splošni) impulzi aktivacije vzburijo nevrone, ki v vsakem od specializiranih področij predstavljajo nekakšno ozadje, "splošno podlago", ki jih ostala psihična dogajanja nikoli ne aktivirajo. *Zavestni občutek naj bi bil potemtakem rezultat nekakšne "resonance" oziroma "indukcije", ki nastane zaradi učinkov hkratnega obstoja dveh bioelektričnih polj: nevronske aktivnosti ozadja in aktivnosti specifičnega nevronskega vzorca.* Če je naša predpostavka točna, bi od tu naprej odgovor na vprašanje o naravi subjektivnih občutkov oziroma zavesti, torej: kakšne nove danosti lahko nastanejo v opisanih stanjih materije, lahko dala edinole fizika. Seveda je tudi naša hipoteza zaenkrat zgolj spekulativna, možno pa bi jo bilo empirično preveriti. Lahko da dodatna aktivacija deluje tudi na same nevronske vzorce, na primer v obliki oscilacij z določeno frekvenco, ki interferirajo z bioelektrično aktivnostjo v teh istih nevronih, ki nastane kot posledica na primer zunanjega dražljaja.

Zanimiva bi bila raziskava, v kateri bi bile hkrati predvajane informacije po vidni in slušni poti. Ali bi navodilo, da naj bodo subjekti pozorni na prve ali druge informacije, tudi dalo drugačni sliki možganske aktivnosti?

Specifični predeli možganske skorje so torej nenehno aktivni. V njih se porajajo in izginjajo vzorci nevronske aktivnosti, ki pa se jih zavemo le, če se nahajajo v okolju aktiviranega nevronskega ozadja. V budnem stanju tega zagotavlja selektivna dodatna aktivacija pozornosti, ki še dodatno dvigne nivo aktivnosti, kakršnega možganska skorja ima že sicer. Mehanizem pozornosti je zelo hiter. Močnih dražljajev se na primer nujno zavemo zato, ker takoj vzbudijo mehanizme za usmerjanje pozornosti ali

celo splošne aktivacije (lahko nas na primer zbudijo iz spanja), ki po povratni zanki nemudoma, še preden nevronske vzorec, ki je vse to povzročil, izgine, dvignejo nivo vzburjenosti nevronskega ozadja tega istega senzornega predela, kar povzroči zavedanje.

Ob razmišljanju o naravi zavesti se nam zastavlja še eno vprašanje. V možganih človeka najbolj grobo gledano, prevladujeta dva osnovna tipa organizacije nevronske mreže. V prvem, ki je značilen za senzorne in motorične predele, pretok informacij poteka samo v eno smer, nerekurzivno. Ta področja pretežno le odslikavajo zunanjo realnost. Za druga, zlasti za asociacijska področja, pa je značilna rekurzivna organizacija nevronske mreže. To pomeni, da pretok informacij lahko tudi znotraj istih struktur poteka v obliki povratnih zank. Vprašamo se torej lahko, na kakšen način je sposobnost, da neka nevronska struktura lahko aktivira samo sebe, povezana z javljanjem zavestnega doživljanja?

Sicer pa v zadnjem času raziskovalci aktivno preverjajo hipotezo, po kateri bi utegnili ležati narava zavestnega doživljanja v *sinhronem vzburjanju nevronov* v posameznih predelih možganov. Nemški raziskovalci so v vidnem korteksu mačk našli oscilacije nevronske vzburjenosti, ki so imele frekvenco med 35 in 75 ciklov na sekundo (govorijo tudi o 40-herčni ali g oscilaciji). Vendar ta pojav ponuja še druge razlage.

Ena končno še ena simplicistična hipoteza, ki pravi, da je aktivnost v zgornjih plasteh korteksa večinoma nezavedna, aktivnost v spodnjih plasteh (v 5. in 6. plasti) pa povezana z zavestnim doživljanjem. Zlasti naj bi bile sumljive *velike piramidne celice* v 5. plasti, ki pošiljajo svoje projekcije izven korteksa in ki kažejo tudi nenavadno lastnost, da se aktivirajo v skupnih vzburjenjih.

ZAVEST IN OBDELOVANJE INFORMACIJ

Nazadnje bi se v tej razpravi o problemu zavesti rad dotaknil še odnosa med zavestjo in inteligentnostjo. Intelligentnost smo opredelili kot sposobnost živega bitja, da obdeluje informacije na nov način (Pogačnik, 1992). Videli pa smo, da je tudi zavestno doživljanje povezano z obdelovanjem informacij. Potemtakem je pri človeku s sposobnostjo reprezentacije zunanjega sveta, dogodkov in odnosov ter z jezikovno podporo tej reprezentaciji prišlo med njim in živalmi do razlik v inteligentnosti, in sicer tako v kvantiteti kot v kvaliteti. Tudi živali so bolj ali manj inteligentne, tudi one obdelujejo informacije na nov način. Intelligentnost ni *diferentia specifica*, človek je pri tem samo mnogo bolj učinkovit. Tej kvantitativni razliki pa se je po Muskovi hipotezi pridružila še kvalitativna razlika. Notranji lokus izkustva, samozavedanje, daje doživljanju v procesu obdelovanja informacij povsem novo kvaliteto, hkrati pa neznansko poveča fleksibilnost obdelovanja informacij. Možnosti povezovanja nevronske vzorcev se izredno povečajo.

Končno torej še zadnje, povsem spekulativno vprašanje. Če je tudi zavedanje proces, katerega *bistvo* je v obdelovanju informacij (kar pa ni nujno, da je, oziroma za elementarne oblike zavedanja celo predpostavljamo, da ni), ali je sposobnost tega procesa v kakšni zvezi z inteligentnostjo? Z drugimi besedami: ali se ljudje med seboj

tudi v pogledu učinkovitosti, jasnosti zavedanja in samozavedanja razlikujemo, tako kot se razlikujemo v pogledu učinkovitosti obdelovanja informacij nasploh? Ali je zavedanje in samozavedanje visoko inteligentnih ljudi drugačno od tistega pri manj inteligentnih?

Pri samozavedanju, ki ga razlagamo z mehanizmom reprezentacije, bi skoraj lahko pričakovali, da takšne razlike obstajajo. Pazite, tokrat ne gre za razlike v kvaliteti. Samozavedanje kot kvaliteta lahko samo je prisotno ali pa ni prisotno in očitno tudi pri najbolj neumnem človeku je prisotno. Gre za vprašanje, ali tista sposobnost nevronske mreže, ki pogojuje inteligentnost, in za katero vemo, da je odgovorna za učinkovito povezovanje med nevronskimi sklopi, pogojuje tudi večjo ali manjšo stopnjo samozavedanja, njegovo jasnost, subtilnost ali kakorkoli bi že temu rekli.

Drugače pa je z zavedanjem elementarnih občutij, kot so na primer doživljanja vidnih oblik, zvoka, emocij itd. Nevronska mreža, ki je potrebna, da do same zaznave sploh pride, je že formirana, sama čista zavestna izkušnja je možna tudi brez novih povezav, na primer po prej opisanem hipotetičnem mehanizmu aktivacije nevronskega ozadja. Šele pri nadaljnjem perceptivnem učenju oziroma pri interpretaciji zaznanega, na primer pri primerjavi s preteklimi izkušnjami, inteligentnost pride do izraza.

VIRI

Broadbent, A.D. (1958). Perception and communication. London, Pergamon.

Crick F. & Koch C. (1992). The Problem of Consciousness. Scientific American, September, 111-117.

Dennett D. C. & Kinsbourne M. (1992). Time and the observer: The where and when of consciousness in the brain. Behavioral and Brain Sciences; Vol. 15, 183-247.

Mayer J. (1985). Razvoj samozavedanja kot temeljne funkcije jaza. Anthropolos, 5-6, 193-222.

Musek J. (1980). Antropološki pomen dvomestnega izkustva. Posvetovanje psihologov Slovenije, Portorož.

Peruš M. (1993). Nevronske mreže kot model možganskih procesov (kratek pregled). Anthropolos, 25 (5-6), 146-177.

Pogačnik V. (1992). Novejši pristopi v teorijah inteligentnosti. Psihološka obzorja, 1 (1), 52-59.

Raichle M. E. (1994). Visualizing the Mind. Scientific American, April, 1994, 36-42.

Zeki S. (1992). The Visual Image in Mind and Brain. Scientific American, September, 43-50.