

NEUROBIOLOŠKE OSNOVE SVIJESTI

Martina Juranić, apsolventica molekularne biologije Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Zagreb

1. Uvod

Svijest je vrlo složen pojam koji svojom kompleksnošću fascinira. Tako i privlači pozornost znanstvenika koji pokušavaju objasniti svijest na staničnoj i molekularnoj razini i na razini cijelog mozga. U zadnjem stoljeću provedena su mnoga istraživanja i prikupljena su saznanja kako bi se objasnila neurobiološka pozadina svijesti. Međutim, upravo zato što je svijest vrlo složen pojam i nema jedinstvene definicije, nije lako znanstveno istraživati mehanizme koji dovode do svijesti u mozgu. Ako promatramo svijest kao svojstvo mozga, tada možemo reći da ima materijalnu narav koju je moguće istraživati, ali također treba imati na umu da svijest kao fenomen ne podliježe istim fizičkim zakonima koji upravljaju ostalim funkcijama u živom organizmu. Ipak neka saznanja na području neurobiologije svijesti dobivena su zahvaljujući istraživanjima pojedinih aktivnosti mozga koja se mogu dovesti u vezu sa svijesti. To su istraživanja neuropatoloških slučajeva, cirkadijalnog ciklusa spavanje-budnost, mehanizama pažnje, vizualne percepcije i prepoznavanja predmeta, voljnih svjesnih radnji itd.

S razvojem tehnika, unatrag zadnjih dvadeset godina, moguća su mjerenja i slikanja aktivnosti živog mozga pomoću kojih su dobiveni mnogi vrijedni podaci o funkcioniranju mozga. Tim tehnikama moguće je dovesti u vezu svijest i živčane procese u mozgu.

2. Građa i hijerarhijska organizacija mozga

Radi lakšeg razumijevanja ovog teksta, ukratko ću navesti glavne pojmove koji opisuju građu mozga. Mozak se sastoji od pet glavnih dijelova: telencephalon (krajnji mozak), diencephalon (međumozak), mesencephalon (srednji mozak), metencephalon i myelencephalon (produljena moždina) (slika 1.). Svaki od tih dijelova sadrži specifične strukture. Telencephalon ili krajnji mozak, kojeg čine dvije hemisfere, najveći je dio ljudskog mozga i on upravlja njegovim

najsloženijim funkcijama; započinje voljne pokrete, tumači osjetne podatke, te posreduje u složenim kognitivnim procesima kao što su učenje, govor i rješavanje problema.

Slika 1. Dijelovi odraslog ljudskog mozga

Moždane hemisfere pokrivena su slojem tkiva koje nazivamo moždana kora (*cortex cerebri*). Kod čovjeka moždana kora je naborana. Svaka hemisfera se dijeli na četiri režnja: frontalni (čeonni), parijetalni (tjemeni), temporalni (sljepoočni) i okcipitalni (zatiljni) režanj. Čitavi okcipitalni režanj je u funkciji vida pa ga se često zove i vidnim režnjem.

Od svih dijelova mozga najmanje se zna o neuralnim mehanizmima u moždanoj kori. Upravo je ona zadužena za intelektualne funkcije mozga kao što su misaoni procesi, pamćenje, učenje i svijest. Poznati su učinci razaranja ili specifičnog podraživanja različitih dijelova kore. Tako znamo da nakon razaranja velikog dijela moždane kore čovjek i dalje misli, ali se smanjuje stupanj njegove svijesti o okruženju.

Za mozak je karakteristična hijerhijska organizacija (slika 2.). Kako se penjemo po osjetnom sustavu receptora, preko talamičkih jezgara, primarnih osjetnih područja, sekundarnih osjetnih područja, sve do asocijativnih područja, nalazimo živčane stanice koje optimalno odgovaraju na podražaje sve veće specifičnosti i složenosti. Receptori provode najjednostavnije i najopćenitije analize, dok asocijativni korteks provodi najsloženije i najspecifičnije analize. Svaka razina hijerarhije prima informacije s niže razine i dodaje im novu razinu analize prije nego što ih proslijedi na višu razinu hijerarhije (Hilgetag, O'Neill i Young, 1996.).

Slika 2. Model organizacije struktura mozga

Hijerhijska organizacija očigledna je iz usporedbe posljedica ozljeda na različitim razinama. Što je viša razina na kojoj je došlo do ozljede, to će nastali deficiti biti specifičniji i složeniji. Npr. uništenje receptora određenog osjetnog sustava dovodi do potpunog gubitka osjetljivosti na podražaje u tom osjetnom sustavu (potpuna gluhoća ili sljepoća). Nasuprot tome, uništenje područja u sekundarnom ili asocijativnom korteksu obično izaziva složene i specifične osjetne

deficite (npr. prozopagnozija, «slijepi vid», vidna agnozija), pri čemu temeljne osjetne sposobnosti ostaju nedirnute. U skladu s hijerhijskom organizacijom, psiholozi dijele cjelokupni proces percipiranja u dvije faze: osjet i percepciju. **Osjet** je rezultat procesa detekcije prisutnosti podražaja, dok je **percepcija** proces višeg reda, koji obuhvaća integraciju, prepoznavanje i interpretaciju složenih osjetnih sklopova.

Uz hijerhijsku organizaciju, vrlo su važni pojmovi funkcionalne odijeljenosti i paralelne obrade. Svaka od tri razine moždane kore - primarna, sekundarna i asocijativna - sadrži nekoliko odijeljenih polja koja su specijalizirana za različite vrste analiza. Suvremeni podaci pokazuju da su osjetni sustavi paralelni sustavi tj. sustavi u kojima se informacije prenose kroz pojedine dijelove sustava preko više putova. Izgleda da postoje dva toka paralelnih analiza u našim osjetnim sustavima: jedan koji je u stanju utjecati na naše ponašanje a da toga nismo svjesni, i drugi koji utječe na naše ponašanje uključujući našu svijest (Jeannerod i sur., 1995.). Taj nalaz je vrlo bitan i zanimljiv fenomen, zabilježen u pacijenata u kojih je ozljeda prekinula svjesni tok, a da nije prekinula njemu paralelan nesvjesni tok. U daljnjem tekstu ću se vratiti na tu temu.

Sigurno je da u svakoj misli istodobno sudjeluju signali iz različitih dijelova moždane kore, ali i ostalih dijelova mozga. Vjeruje se da podražena područja limbičkog sustava, talamusa i retikularne formacije (dijelovi mozga koji su po hijerarhijskoj organizaciji niži) određuju opću narav misli, dajući joj opće karakteristike poput ugone, neugode, boli, lagodnosti, lokalizacije u velikim dijelovima tijela. S druge strane, podražena područja moždane kore određuju specifične karakteristike misli, kao što su točna lokalizacija osjeta na tijelu i predmeta u vidnom polju, vidno prepoznavanje, osjet točno određene vrste i druge pojedinačne karakteristike koje u određenom trenutku ulaze u cjelokupnu svijest.

3. Metode proučavanja mozga

Za istraživanje mozga i razumijevanje kako mozak funkcionira nije dovoljno poznavati samo građu mozga, nego je potrebno prikupiti podatke i o moždanoj aktivnosti živog ljudskog mozga. To je bitno kako bi se moglo povezati živčanu aktivnost u točno određenom dijelu mozga s pojedinom fizičkom ili mentalnom radnjom. S razvojem metoda slikovnog prikazivanja živog ljudskog mozga i metoda mjerenja moždane aktivnosti to je postalo moguće. Navest ću samo važnije metode pomoću kojih je moguće mjeriti moždanu aktivnost:

Magnetska rezonancija (MR) ▪ postupak konstruiranja slike visoke rezolucije struktura živog mozga, na osnovi mjerenja valova koje emitiraju atomi vodika aktivirani radiofrekventnim valovima u magnetskom polju.

Pozitronska emisijska tomografija (PET) ▪ metoda slikovnog prikazivanja moždane aktivnosti mjerenjem akumulacije 2-deoksiglukoze ili radioaktivne vode u različitim područjima mozga.

Funkcijska MR (fMR) ▪ tehnika magnetske rezonancije za mjerenje moždane aktivnosti.

Elektroencefalografija (EEG) ▪ postupak snimanja električne aktivnosti mozga korištenjem velikih elektroda koje se pričvrste na površine lubanje.

4. Saznanja o svijesti dobivena eksperimentima

Svijest nije moguće direktno istraživati, ali se zato mogu istraživati pojedine aktivnosti mozga čiji se neurološki mehanizmi mogu primjeniti na određivanje neuroloških osnova svijesti. Jedno od takvih aktivnosti mozga je budno stanje prilikom kojeg se odvija većina svjesnih radnji.

Preko osjetnih sustava doživljavamo svijet oko sebe. Pet osjetnih sustava su vid, sluh, dodir, miris i okus. Istraživanja na području neuroloških osnova svjesne percepcije su se uglavnom usmjerila na osjet vida. Ta nerazmjerna prevlast vidnog sustava u istraživanjima nije slučajna. Većina se istraživanja osjetnih sustava, iz različitih razloga, bavila upravo vidnim sustavom. Rezultat toga je da se zna znatno više o vidnom sustavu, nego o ostalim osjetnim sustavima. Zato se većina suvremenih teorija funkcioniranja osjetnih sustava temelji na proučavanju upravo vidnog sustava. Dokazano je da se percepcija može događati i na nesvjesnoj razini. Saznanja na području nesvjesne percepcija su također put u otkrivanju neuroloških mehanizama svijesti.

Vrlo su važna saznanja dobivena proučavanjem neuropatoloških slučajeva kod kojih dolazi do gubitka svijesti: koma, vegetativno stanje, shizofrenija, epilepsija.

S vrlo uskog kuta gledišta, a u skladu s prethodnim razmatranjem za svijest se može reći da je neprekinuti tijek spoznavanja našeg okruženja ili slijeda naših misli.

4.1. Istraživanja ciklusa spavanja i budnosti

Aktivnost čovjeka potječe u budnom stanju prilikom kojeg je čovjek svjestan sebe i svoje okoline. Zato se budnost i svijest dovode u vezu. Za normalno funkcioniranje potreban je san tijekom kojeg se mozak odmara, ali i regenerira. Tijekom spavanja izmjenjuju se dva osnovna oblika sna: REM spavanje (prema engl. *Rapid Eye Movement*) prepoznatljivo po brzim pokretima očne jabučice ispod očnih kapaka koje se izmjenjuje s duljom fazom, sporovalnim spavanjem u kojem nema brzih pokreta očiju. To je dubok, miran san i čini najveći dio spavanja tijekom svake noći. U REM fazi zbiva se u mozgu čitav niz važnih zbivanja kojima su cilj odmor i regeneracija mozga za nove fiziološke i intelektualne napore. Dakle, spavanje nije stanje neuralnog mirovanja iako je tijelo za vrijeme spavanja neaktivno. Dugotrajna budnost često je povezana sa sve većim poremećajem svijesti, a katkad čak uzrokuje i nenormalno ponašanje što je posljedica poremećene aktivnosti živčanog sustava.

Spavanje možemo definirati kao besvjesno stanje iz kojeg se možemo probuditi osjetnim ili drugim podražajima. Potrebno ga je razlikovati od **kome**, besvjesnog stanja iz kojeg se ne možemo probuditi. Koma je obično rezultat ozljede mozga i može se shvatiti kao prijelazno stanje u potpuni oporavak, kliničku smrt (nepovratni gubitak svih moždanih funkcija) ili vegetativno stanje (stanje kronično narušene svjesnosti u kojem je moguć ciklus spavanja i budnosti).

Električno snimanje s površine mozga i s vanjske površine glave pokazuje neprekidnu električnu aktivnost mozga. Intenzitet i oblik električne aktivnosti uvelike određuje razina podraživosti mozga koja je posljedica spavanja, budnosti, te bolesti mozga kao što je epilepsija. Valovite promjene na snimkama električnih potencijala zovu se moždani valovi, a snimaju se pomoću EEG-a. Tijekom mentalne aktivnosti valovi obično postanu asinkroni, a ne sinkroni.

Epilepsija je neurološki poremećaj karakteriziran napadima koji se javljaju spontano i opetovano. Dijagnoza je otežana različitošću i složenošću epileptičkih napada, ali se može osloniti na elektroencefalografski nalaz na kojem su vidljiva izbijanja šiljatih valova velike amplitude. Mogući su napadi u obliku konvulzija – motoričkih napada koji uključuju drhtanje (*clonus*), ukočenosti (*tonus*), gubitak ravnoteže i svijesti, no mnogi napadi nemaju taj oblik nego uključuju promjene u mišljenju, raspoloženju ili ponašanju. Epilepsija nema jedan uzrok, već gotovo svaka vrsta mozgovnog poremećaja može prouzročiti napade. Dijagnoza

tipa epilepsije ovisi o tome prevladavaju li kod pacijenata parcijalni ili generalizirani napadi. Parcijalni napad ne zahvaća čitav mozak. Iz nepoznatog razloga neuroni u žarištu počinju zajedno izbijati i to sinkrono izbijanje izaziva zašiljene valove na EEG-u. Budući da ne uključuju čitav mozak, obično nisu popraćeni potpunim gubitkom svijesti. Generalizirani napadi uključuju čitav mozak. Neki započinju kao žarišna izbijanja koja se prošire po čitavom mozgu, dok u drugih slučajeva izgleda da izbijanja započinju gotovo istovremeno u svim dijelovima mozga. Javljaju se u obliku grand mal i petit mal napada. Simptomi grand mal napada su gubitak svijesti, ravnoteže i snažne tonično-kloničke konvulzije, dok su petit mal napadi karakterizirani poremećajem svijesti uz prestanak trenutačne aktivnosti.

Funkcija sinkronosti kod moždane aktivnosti za sada još nije poznata, ali se može povezati s neurološkim mehanizmima svijesti upravo zbog epilepsije gdje dolazi do gubitka svijesti kao rezultat patološke sinkronozacije moždane aktivnosti.

4.2. Istraživanje osjetnih sustava i percepcije

Percepcija je sastavni dio svijesti. Kao što je već spomenuto istraživanja na području neuroloških osnova svjesne percepcije su se uglavnom usmjerila na osjet vida, međutim nimalo manje važna nisu istraživanja nesvjesne percepcije koja također mogu puno doprinijeti u razumjevanju neuroloških mehanizama svijesti. Iako su krajnji proizvodi osjetnih sustava jedinstveni perceptivni doživljaji, temeljni mehanizmi kojima osjetni sustavi proizvode te doživljaje nipošto se ne mogu smatrati jedinstvenima.

Nejedinstvena priroda osjetnih sustava najočitija je kod neuropsiholoških pacijenata i služi kao izvor informacija o funkcioniranju zdravih osjetnih sustava.

4.2.1. Shizofrenija

Vidne halucinacije su zamišljene slike koje pacijent vidi bez odgovarajućeg vanjskog vidnog podražaja, ali ih percipira kao da su podražaji stvarni. Stanja halucinacije su posebni slučajevi percepcije koji se mogu istraživati kod shizofrenije.

Riječ **shizofrenija** znači razdvajanje psihičkih funkcija. Njezini simptomi su složeni i raznoliki, te se uvelike preklapaju sa simptomima drugih psihijatrijskih poremećaja i često se

mijenjaju s napretkom bolesti (Andreasen, 1994.). Iako se svi simptomi ne javljaju kod svih bolesnika, stalno javljanje i jednog je dovoljna osnova za dijagnozu shizofrenije: sumanute misli, neprimjerena emocionalnost (nemogućnost reagiranja primjerenom razinom emocija na pozitivne ili negativne događaje), halucinacije, nepovezane misli, čudno ponašanje (dulja razdoblja bez pokreta, odsutnost osobne higijene, izbjegavanje socijalnih interakcija).

Pacijenti sa shizofrenijom gube osjećaj za stvarnost, kao i mogućnost kontrole svojih radnji. Točni mehanizmi takvog poremećaja još nisu poznati, ali njihovo poznavanje bi uveliko doprinijelo razumjevanju neuroloških osnova svjesnih, kontroliranih radnji.

4.2.2. Nesvjesna percepcija

Dobro proučeni primjeri nesvjesne percepcije su «slijepi vid» i prozopagnozija. «**Slijepi vid**» je fenomen koji se javlja u pacijenata sa skotomima (skotom-područje sljepoće u vidnom polju) nastalima zbog oštećenja primarnog vidnog područja. «Slijepi vid» je sposobnost tih pacijenata da odgovore na vidni podražaj u skotomu, iako nisu svjesni postojanja podražaja tj. da nesvjesno vide neke dijelove okoline (Weiskrantz, 1996.). Npr. ispitanik može ispružiti ruku i uzeti predmet čija slika pada na skotom, tvrdeći čitavo vrijeme da ga ne vidi. Taj fenomen je pomalo zbunjujući za one koji ga istražuju, a još više za one koji ga doživljavaju.

Postojanje «slijepog vida» ima važne teorijske primjene: ono navodi na zaključak da se sve vidne informacije ne dovode u moždanu koru preko primarnog vidnog područja. Kad bi svi vidni impulsi pristizali kroz primarna područja, tada bi oštećenje jednog dijela te organizirane strukture trebalo izazvati potpunu sljepoću u određenom dijelu vidnog polja. To znači da se neke informacije provode paralelnim putovima izravno u sekundarna vidna područja (Stoerig, 1993.)

Tema koja je također zanimljiva, kontroverzna i važna sama po sebi je **prozopagnozija**, vidna agnozija za lica. Agnozija je nemogućnost prepoznavanja određene vrste podražaja koja se ne može prepisati osjetnom deficitu, niti verbalnom ili intelektualnom poremećaju. U skladu s time lako je objasniti pojam vidne agnozije. To je specifična agnozija za vidne podražaje. Pacijenti s vidnom agnozijom mogu vidjeti vidne podražaje, ali ne znaju što oni jesu. Pretpostavlja se da se svaka specifična vidna agnozija javlja zbog povrede određenog dijela sekundarnog vidnog područja koje posreduje u prepoznavanju tog određenog podražaja.

Pacijenti s prozopagnozijom imaju teškoća u prepoznavanju i razlikovanju lica. Kod njih je čest slučaj da vide dijelove lica (nos, oči, bradu), ali ih ne mogu stopiti u prepoznatljivu cjelinu. Lica predstavljaju jedan od najvažnijih podražaja kod viših primata, tako da je logično pretpostaviti da postoji kortikalno područje namijenjeno prepoznavanju lica. PET studije su pokazale da se jedan dio inferotemporalnog područja aktivira u obje hemisfere samo kad ispitanici promatraju lica, a ne kad promatraju jednako složene podražaje. Prenosjenje vidne informacije iz primarnog vidnog područja kroz razna specijalizirana područja sekundarnog i asocijativnog korteksa može se podijeliti u dva toka: dorsalni i ventralni tok. Ungerleider i Mishkin (1982.) smatraju da su dorsalni i ventralni tokovi zaduženi za različite vidne funkcije. Po njihovom shvaćanju funkcija dorsalnog toka je vidna kontrola ponašanja, dok je ventralnog svjesna vidna percepcija. Prozopagnozija se javlja zbog obostrane ozljede ventralnog toka, međutim ako funkcija drugog toka ostane intaktna, postavlja se pitanje mogu li možda pacijenti s prozopagnozijom nesvjesno percipirati lica koja nisu u stanju percipirati svjesno. Tranel i Damasio (1985.) su prvi pokazali nesvjesno prepoznavanje lica u pacijenata s prozopagnozijom. Svakom su pacijentu prikazali niz fotografija, od kojih su na nekima bila pacijentu poznata lica, a na nekima nepoznata. Pacijenti su tvrdili da ne prepoznaju niti jedno lice. Međutim, kad im je prikazano poznato lice, došlo je do velike promjene u električnoj vodljivosti kože što se nije događalo kad bi im bilo prikazano nepoznato lice. To je bio dokaz da su pacijenti neoštećenim dijelovima mozga nesvjesno prepoznali lice.

4.2.3. Selektivna pažnja

Svjesno percipiramo samo mali dio mnoštva podražaja koji u određenom trenutku djeluju na naše osjetne organe, a ostatak uglavnom zanemarujemo. Proces kojim se to odvija naziva se **selektivna pažnja**. Najbolje je to prikazati na primjeru; ako usmjerimo pažnju na potencijalno važnu obavijest u bučnom željezničkom kolodvoru, šanse da čujemo tu obavijest se povećavaju, no smanjuje se mogućnost razumjevanja istovremenog razgovora ljudi oko sebe. Postoji li posebna struktura u mozgu odgovorna za usmjeravanje pažnje? Duncan, Humphreys i Ward (1997.) smatraju da ne postoji. Njihovo je stajalište da mozak posjeduje ograničeni kapacitet za svjesnu obradu, pa se selektivna pažnja javlja kao rezultat natjecanja među osjetnim signalima za pristup neuralnim krugovima koji posreduju svjesnost, a ne kao rezultat posebnog mehanizma pažnje. Zgodno je spomenuti jednu od karakteristika selektivne pažnje: fenomen domjenka (engl. *cocktail-party phenomenon*) koji pokazuje da, čak i kad smo do te mjere usmjereni u razgovor da uopće nismo svjesni sadržaja drugih razgovora koji se vode

oko nas, spominjanje našeg imena u jednom od drugih razgovora trenutačno dobiva pristup u našu svijest. Ovaj fenomen pokazuje da mozak može zaustaviti ulazak svih informacija u svijest, osim onih određene vrste, a da pritom i dalje nesvjesno prati blokirane informacije za slučaj da se pojavi neka koja zahtjeva našu pažnju.

5. Zaključak

Mozak preko svojih receptora u tijelu, te skupine osjetila u glavi prima raznolike informacije, međusobno ih koordinira i sređuje, po potrebi na njih reagira voljnom reakcijom ili ih pohranjuje tj. pamti. Mozak uči, analizira i sređuje informacije, misli (realno i apstraktno), pamti, određuje ponašanje, iskustvo, temperament, osobnost i svijest čovjeka. Mozak određuje našu pozornost, budnost, a odgovoran je za spavanje i snove. Ljudski mozak zaista zadivljuje!

U svjesnom stanju, većina moždane aktivnosti se odvija upravo na nesvjesnoj razini. Iz određenih neuropsiholoških slučajeva (npr. «slijepi vid», prozopagnozija), postalo je očito da se percepcija može događati i na nesvjesnoj razini. Vjerojatno su nesvjesna i svjesna percepcija posredovane različitim paralelnim sustavima. Svaki osjetni sustav provodi različite vrste informacija o podražaju preko nekoliko paralelnih putova, kroz niz specijaliziranih struktura, od kojih svaka provodi drugčiju analizu. Neki od paralelnih perceptivnih putova utječu na svjesnost, dok drugi mogu utjecati na ponašanje, a da toga nismo svjesni.

Cjelovit neurobiološki pristup svijesti bi obuhvatio anatomiju, fiziologiju, filogeniju i ontogeniju svijesti, međutim takva cjelovita obrada za sada još nije moguća i ostaje ciljem za buduća istraživanja. Svijest se ne može direktno istraživati, tako da su za sada istraživanja usmjerena na razjašnjivanje neuralnih mehanizama pojedinih aktivnih stanja mozga i poremećaja normalne aktivnosti mozga gdje dolazi do gubitka svijesti. Združivanjem velikog broja informacija iz mnogo različitih eksperimenata, pokušava se dobiti općenitiji prikaz neurobioloških osnova svijesti.

6. Literatura

1. Andreasen, N. C. (1994). The mechanisms of schizophrenia. *Current Opinion in Neurobiology*, 4, 245-251.

2. Delacour, J. (1997). Neurobiology of consciousness: an overview. *Behavioural Brain Research*, 85, 127-141.
3. Duncan, J., Humphreys, G. & Ward, R. (1997). Competitive brain activity in visual attention. *Current Opinion in Neurobiology*, 7, 255-261.
4. Guyton, A. C. i Hall, J. E. (1999). *Medicinska fiziologija*. 9. izd. Zagreb: Medicinska naklada.
5. Hilgetag, C.-C., O'Neill, M. A. & Young, M. P. (1996). Indeterminate organization of the visual system. *Science*, 271, 776-777.
6. Jeannerod, M., Arbib, M. A., Rizzolatti, G. & Sakarta, H. (1995). Grasping objects: The cortical mechanisms of visuomotor transformation. *Trends in Neurosciences*, 18(7), 314-327.
7. Pinel, J. P. J. (2002). *Biološka psihologija*. 4. izd. Jastrebarsko: Naklada Slap.
8. Stoerig, P. (1993). Sources of blindsight. *Science*, 261, 493-494.
9. Tranel, D. & Damasio, A. R. (1985). Knowledge without awareness: An autonomic index of facial recognition by prosopagnosics. *Science*, 228, 1453-1454.
10. Ungerleider, L. G. & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual system. In D. J. Ingle, M. A. Goodale & R. J. W. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behaviour* (pp. 549-586). Cambridge, MA: MIT Press.
11. Weiskrantz, L. (1996). Blindsight revisited. *Current Opinion in Neurobiology*, 6, 215-220.
12. Zeman, A. (2001). Consciousness. *Brain*, 124, 1263-1289.