

Svest: naučni izazov 21. veka, D.Raković, Dj.Koruga, eds., ECPD & Čigoja, Beograd (1996).

BIOLOŠKE OSNOVE STANJA SVESTI

Vladimir Desimirović

Institut za psihijatriju, KBC Zvezdara, Beograd

Rezime. Svest je *preduslov* odvijanja čovekove duševnosti, ali je i krajnji *rezultat sinteze* svih psihičkih procesa. Zbog toga o svesti moramo misliti kao o velikoj zagoneci od čijeg smo rešenja veoma daleko. Lako je govoriti o svesti sa biološkog nivoa njene organizacije kad je u pitanju budnost, zahvaljujući neurofiziološkim znanjima koja su se danas približila suštini ovog fenomena. O tome se govori u poglavljima: "Neurofiziologija budnosti", "Talamus i pažnja" i "Vertikalna jedinica kore". Međutim, govoriti o kvalitetu svesti veoma je teško, jer nalazimo malo pouzdanih bioloških oslonaca. Zbog toga su u poglavlju "Biološki indikatori kortikalne aktivnosti" pokazani neki značajniji korelati svesti, čak i stanja samosvesti, kao što su: EEG istraživanja (alfa talasi), detekcija radioaktivnosti u cilju praćenja obima cirkulacije i metabolizma, i tehnika evociranih potencijala. Posebno poglavlje "Kognitivni somatosnezorni evocirani potencijali" govori o neurofiziološkim korelatima voljne pažnje i svesne percepcije - kognitivni N150 i P400. Poglavlje "O samosvesti" prikazuje stanje svesnosti u svetlosti Cousin-ove definicije, koja podrazumeva introspektivni metod teško pristupačan egzaktnim merenjima stroge nauke. Redukcijom složenog na prosto, o samosvesti se može zaključivati oslanjajući se na fenomen identiteta i testa "identifikacija ogledalom". U vezi s tim, pokazan je problem lateralizacije ove funkcije. Poglavlje "Svesna namera i voljna pažnja" prikazuje približavanje neurofizioloških korelata problemu samosvesti kroz subjektivne psihičke fenomene kao što su svesna namera i voljna pažnja (na primer, alfa blokada pri otvorenim očima, Desmedtovi ekperimenti sa kognitivnim N150 i P400). U istom smeru su rezultati ogleđa kao što su tri negativna površna potencijala (kontigent negativna varijacija, potencijal spremnosti i voljna kontrola cilju usmerenog pokreta). "Samosvest o emocijama" nastoji da pokaže vezu između biologije emocija (averzivni i hedonistički sistem) i psihičkog iskustva, našeg znanja-samosvesti o istim. U zaključnom poglavlju "Još o pažnji i samosvesti" daje se pretpostavka o neophodnom organskom supstratu za formiranje samosvesti, koja je u pojavnom obliku uvek izvestan oblik znanja *par distance* o sopstvenim mentalnim stanjima, bilo da se radi o integrisanoj celini u ličnost ili detalju mentalnog sklopa, bez ugrožavanja identiteta ličnosti, i bez alijenacije. Verovatno je samosvest onaj ključni fenomen koji nas pretvara od reaktivnog u kontemplativno biće. I prvi susret sa sopstvenom samosvešću mogao bi biti prelomni događaj, koji nas može odvesti do kritičkog mišljenja i objektivnog rasuđivanja.

Ključne reči: *svest, budnost, samosvest, identitet, negativni površni potencijali, kognitivni evocirani potencijali.*

Razmišljajući o čovekovoju svesti korisno je imati u vidu jednu opominjuću misao Bleza Paskala koja glasi:

"Čovek nema pravo da poriče neku činjenicu zato što mu izgleda *neverovatna*, jer sem *navike*, koja je po svojoj suštini *varljiva*, mi *nemamo* nikakvo sredstvo da razlikujemo verovatno od neverovatnog".

S jedne strane, svest je *preduslov* odvijanja čovekove duševnosti, a sa druge - ona je krajnji *rezultat sinteze* svih procesa koje smo do sada analizom otkrili, *a možda i znatno više*. Zbog toga o svesti moramo misliti kao o velikoj zagoneci od čijeg smo rešenja veoma daleko.

Govoriti o svesti sa biološkog nivoa njene organizacije, što je moj zadatak, lako je kad je u pitanju budnost (čiji su sinonimi: kvantitet svesti, fiziološka svest), jer se znanje o neurofiziologiji budnosti danas približilo suštini ovog fenomena.

Međutim, kada se govori o kvalitetu svesti (čiji su sinonimi: svesnost, samosvest ili psihijatrijski pojam "orijentacije") veoma je frustrirajući zadatak. Nalazimo malo bioloških oslonaca kada se govori o onome što na škrt način formuliše pojam "*orijentacije*" u *kliničkoj psihijatriji* (spaciotemporalna, alopsihička i autopsihička) naročito za onaj njegov deo koji govori o autopsihičkoj orijentaciji, ili samoorijentaciji. Ako pojam samoorijentacije rastavimo i obogatimo pojmovima *integriteta i identiteta ličnosti*, onda se položaj istraživača samoorijentacije i samosvesti malo poboljšava. Ustvari, svest o samom sebi podrazumeva "znanje" o samom sebi, o svojoj poziciji u svetu realnog okruženja, a u odnosu na parametre: prostor, vreme, druga bića i objekte, druge fenomene; što podrazumeva i *znanje* o svojim postupcima, osećanjima, mislima, iskustvima, stavovima i interesima. Cousin (Kuzen) je pisao: "Mi ne samo što mislimo - mi *i znamo da mislimo*, ne samo da osećamo - *i znamo da osećamo*, ne samo da činimo - nego *i znamo da činimo*... Neobičan kvalitet, fundamentalni atribut svesti je u tome što postoji svest o njoj samoj. Svest je pratilja svih naših sposobnosti; i takoreći je njihov eho" [1]. Svest o sebi je istovremeno "znanje" o svom mentalnom jedinstvu iskazanom kroz pojam ličnosti. Jedinstvenost znači *očuvanu integrisanost u jednu jedinu ličnost*, čak i onda kad su podsticaji disharmonični i po svom prividu se međusobno isključuju. Ali istovremeno i jedinstvenu u smislu *neponovljive specifičnosti*. Pored toga, postoji "znanje" o *identitetu* - o istosti ličnosti uprkos stalnim promenama kojima je izložena, da pomenemo samo čovekov razvoj od rođenja do starosti.

Prema tome, da zaključimo - možemo razlikovati tri značenja reči svest: 1. budnost; 2. svest kao specifični stav "znanja" u odnosu na metalne sadržaje i aktivnosti (tj. svesnost ili kvalitet svesti) i 3. samosvest kao specifični stav "znanja" o samom sebi (ili kao poseban oblik svesnosti u odnosu na samog sebe).

1. NEUROFIZIOLOGIJA BUDNOSTI

Stara je konstatacija da kad priroda nađe dobro rešenje, ona ga ponavlja kroz razne etape evolucije, kroz filogenezu i ontogenezu, što mehanizam budnosti veoma dobro ilustruje. U mozak manje razvijenih bića ugrađene su veoma slične strukture i mehanizmi za uspostavljanje i održavanje stanja budnosti koji su veoma slični sa čovekovim mozgom. I upravo je ta podudarnost otvorila široko područje

eksperimentisanja kojim se stiglo do značajnih saznanja. Svi sisari imaju neuronsku mrežu oscilacionih kola u moždanom stablu, a njihov proizvod je *budno stanje*.

Budnost - fiziološka svest - kvantitet svesti su sinonimi koji *označavaju opštu i nespecifičnu mentalnu pripremljenost za svesnu psihičku aktivnost*. Ona označava nespecifičnu spremnost CNS (centralnog nervnog sistema) za registrovanje i obradu primljenih stimulacija koje se tim procesima preobraćaju u informacije.

Kad za nekog kažemo da je njegova fiziološka svest normalna, onda to znači da nije u nesvesti i da ne spava. Ona se u praksi proverava tako što se uverimo da subjekt na verbalne naloge kao i na draženje perifernih receptora odgovara adekvatnim reakcijama. Budnost je *preduslov* normalne svesne psihičke aktivnosti i sa pažnjom spada u energijsku grupu psihičkih funkcija [2]. Samim tim ona je preduslov i svesnosti.

Za upoznavanje fiziološkog stanja dugotrajne budnosti prelomni trenutak je objavljeni rad [3] Đuzepe Morucija i Horejs Maguna (Giuseppe Moruzzi, Horace Magoun) 1949. godine u prvom broju, danas slavnog časopisa "Elektroencefalografija i klinička neurofiziologija". Mada je i nešto ranije bilo preliminarnih nagoveštaja o povezanosti baze mozga i kortikalne aktivnosti [4], tek oni su jasno pokazali da stimulacija mezencefalnog dela retikularne supstance menja izgled EEG talasa: prethodna α -aktivnost kao znak relaksacije (ili niske mentalne aktivnosti) postaje desinhronizovana. A u ponašanju se pojavljuju znaci pojačane budnosti, odnosno "arousal" reakcija. Isto takva desinhronizacija se pojavljuje pri mentalnom naporu bilo koje vrste, fizičkoj aktivnosti ili kad se stimuliše neki čulni kanal.

Navedenom radu utirali su put drugi istraživači, a najznačajniji su radovi Bremerera [5]. Bremer je prvi pokazao svojim izvanrednim eksperimentom da stanje budnosti zavisi od moždanog stabla (v. Sl. 1).

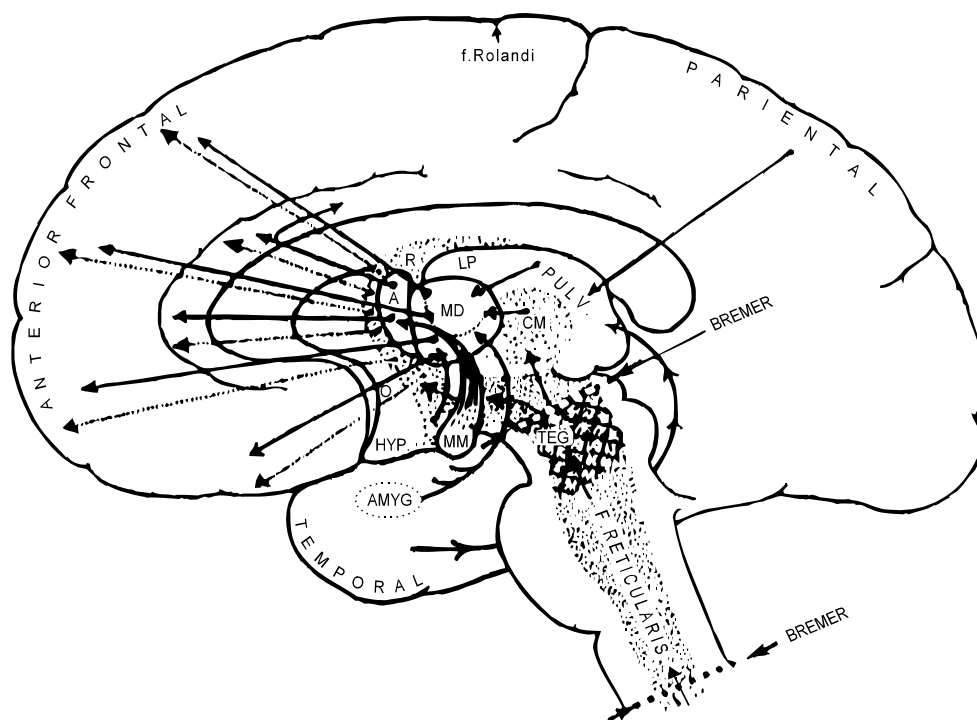
Transekcijom na granici između stabla i kičmene moždine u EEG zapisu ne nastanu nikakve promene (*encephal isole*). Životinja normalno spava i normalno vreme provodi u budnom stanju. Ali visokim presecanjem moždanog stabla neposredno iznad lamine kvadrigemine mezencefalona (*preparat nazvan cerveau isole*), životinja dospeva u stanje koje liči na stalno spavanje.

Moruzzi i Magoun su direktno stimulisali mezencefalni deo retikularne supstance ispod lamine kvadrigemine, odmah ispod gornjeg Bremerovog preseka, i dobili su generalizovanu bilateralnu kortikalnu desinhronizaciju kao znak opšte aktivacije.

Kroz sredinu moždanog stabla, skoro celom njegovom dužinom, provlači se retikularna supstanca moždanog stabla. Još nam na policama stoje udžbenici neuroanatomije u kojima se ne nalaze podaci o punom značenju ovako organizovane mreže sitnih neurona, isprepletenih međusobnim vezama. A baš oscilacione veze, povratni spojevi, odnosno kola ovih veoma sitnih neurona, u poređenju sa drugim moždanim regijama, čine organsku osnovu naše budnosti.

Kad nadražaj uđe u ovu obimnu neuronsku mrežu, u njoj započne proces samorazdraživanja koji dugo nadživi ulazni stimulus. Na gornjem i donjem delu ove mrežaste "vrpce" neurona, spletenih u bezbroj kola, postoje izvodni putevi. Oni koji su rostralni difuzno stimulišu celu koru obe hemisfere velikog mozga. *Ushodni aktivacioni sistem retikularne supstance* (ascendentni aktivacioni retikularni sistem: AARS) je naziv za neurofiziološki i neuroanatomski sistem koji nas dugotrajno održava u budnom stanju.

Desinhronizujući uticaji AARS stižu u koru na dva načina (v. Sl. 2).

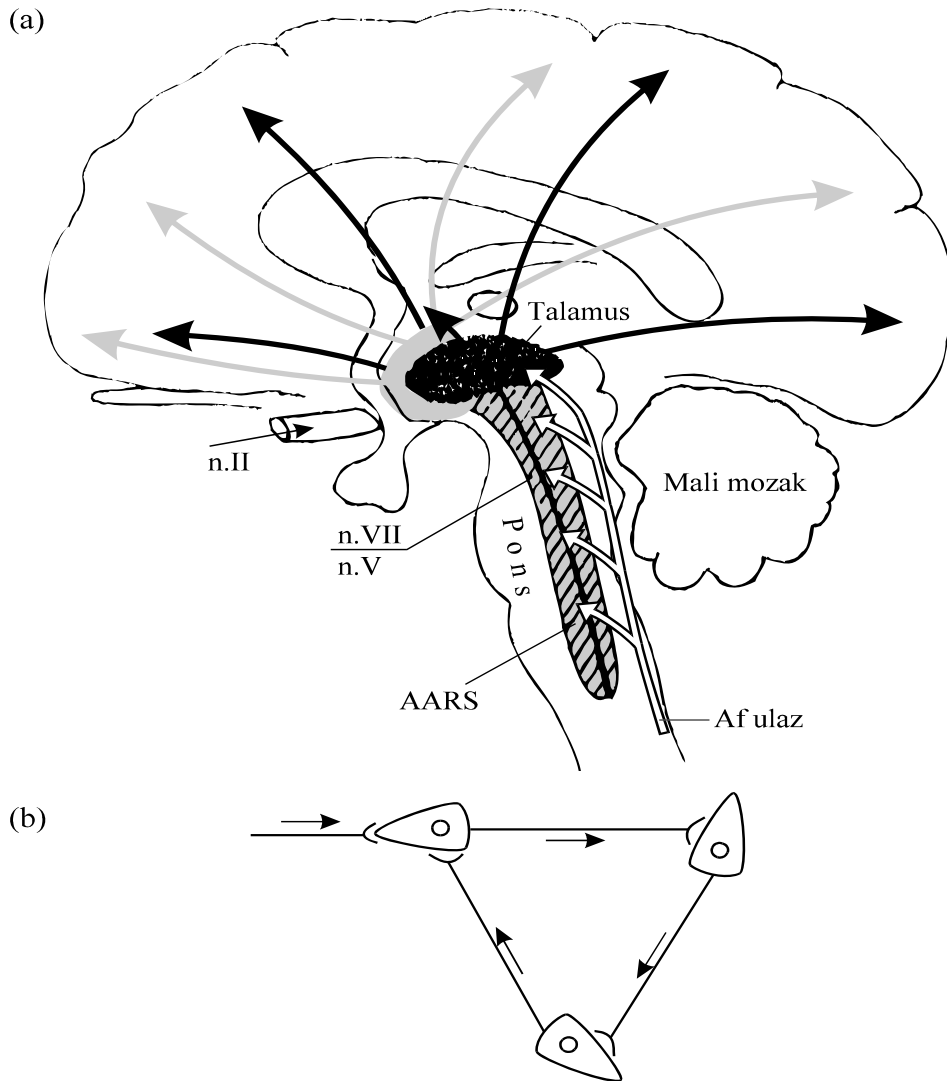


Slika 1 Bremerove transekcije moždanog stabla. Gornjim rezom Bremer je odvojio moždano stablo od telencefalona, jer je prekinuo onu aktivaciju koja dolazi iz retikularne supstance moždanog stabla. Posle toga eksperimentalna životinja je postajala sanjiva i inaktivna. Zonu odmah ispod gornjeg Bremerovog reza označenu kao "TEG" (TEGmentum mesencephali) kasnije su implantiranim elektrodama stimulisali Moruzzi i Magoun.

Jedan način je *direktan*, to je *mezodiencefalni* sistem, ili mezencefalno-subtalamički, ili mezencefalno-hipotalamički (bazalni deo hipotalamusa). Izvodna vlakna aktivacionog sistema *direktno i difuzno* stimulišu celu koru telencefalona.

Drugi deo sistema stimuliše koru tek pošto aksoni retikularnih neurona moždanog stabla stupe u sinaptičku vezu sa nespecifičnim relejnim neuronima arhitalamusa [6,7]. Ovi neuroni grupisani su u jedra kao što su intralaminarna jedra, centrum medianum, nukleus medialis dorzalis, nukleus anterior thalami. Aksoni retikularnih neurona talamusa, arhitalamičnih neurona difuzno dosežu do kore, odnosno vertikalnih kortikalnih jedinica.

Ako direktno stimulišemo arhitalamična jedra, posle kratke latence arhitalamus počinje stimulaciju kore telencefalona. Ona traje kratko, jer ne nadživi trajanje direktnog draženja talamusa; za razliku od direktne koja je znatno duže latence, ali dugo nadživi stimulaciju retikularne supstance moždanog stabla.



Slika 2 Tonična (AARS) i fazična (talamična) kortikalna aktivacija: (a) Šrafirana siva oblast predstavlja AARS (ascendentni aktivirajući retikularni sistem) koji je deo retikularne supstance moždanog stabla. Sive strelice ukazuju da je tonična aktivacija u odnosu na kora velikog mozga - difuzna. Crnim je predstavljen arhitalamični sistem koji na kora utiče fazično. Belim strelicama je označen aferentni specifični input koji se bogato razgranjava u retikularnu supstancu moždanog stabla. (b) Pojednostavljeno oscilatorno kolo koje je strukturalna i funkcionalna jedinica retikularne supstance moždanog stabla.

2. TALAMUS I PAŽNJA

U talamusu "kapiji moždane kore" jasno se razlikuju tri talamična sistema po anatomiji, elektrofiziologiji i naročito značajno - po tipu talamokortikalnih veza.

Neuroni talamusa grupisani su u jedra, a ona se mogu podeliti u tri grupe, uslovno rečeno - u tri talamusa. To su najstariji deo - *arhitalamus* (sačinjavaju ga *nespecifična jedra*), mlađi - *paleotalamus* (sačinjavaju ga *specifična jedra*), i evoluciono najmlađi deo - *neotalamus* (sačinjavaju ga *asocijativna jedra*) [6-8].

Kao što smo rekli, *arhitalamus* je deo aktivacionog sistema kore velikog mozga, i kao što ćemo govoriti ima značajnu ulogu u formiranju pažnje, a u vezi s tim i u formiranju α -aktivnosti.

Talamus je odavno poznat kao glavni relej senzibiliteta. Danas znamo da je ta uloga ograničena na takozvani *paleotalamus*, odnosno specifični talamus. Prva gruba obrada input impulsa odigrava se u talamusu, pre nego što se prolede kori na dopunsku, finiju obradu. Iz paleotalamusa impulsi odlaze u primarne senzorne kortikalne zone, a njihov električni pratilac je izazvani odgovor, evocirani potencijal (EP). Veza između specifičnog sistema talamusa i primarne senzorne zone kore veoma je precizna: određene grupe neurona su tačno povezane bez difuznog rasejavanja kolaterala, "s tačke talamusa na tačku kore".

Neotalamus je po masi veći od zbira arhitalamusa i paleotalamusa i evoluciono ide uz jako razvijeni neokorteks. Zato nismo iznenađeni što neotalamična jedra bogato komuniciraju sa neokortikalnim asocijativnim regijama ("neme" regije) povratnim vezama. Tzv. *neme ili asocijativne zone* su bez direktne komunikacije sa nižim senzomotornim mehanizmima, te njihova direktna stimulacija ne daje rezultate kao što su pokreti, mišićne kontrakcije ili razne senzacije, i to je razlog što su ih u ranija vremena istraživači proglašavali - nemim zonama.

2.1 Direktna stimulacija talamusa

Što se tiče elektrofiziologije samo pominjemo efekte direktne stimulacije pojedinih sistema talamusa. Kad stimulišemo intralaminarna jedra arhitalamusa, iznad obe hemisfere prvo se registruje desinhronizacija, a posle toga (u barbiturnoj anesteziji) difuzni *regrutujući odgovori*, a nešto kasnije mogu se dobiti vretena α -frekvencije [9-11].

Ako stimulišemo paleotalamus, u primarnoj senzornoj zoni kore dobićemo izazvani odgovor u vidu niza naizmenično negativnih i pozitivnih talasa, tzv. evocirani potencijal ili izazvani odgovor.

Posle direktne stimulacije jedara neotalamusa, u kori se registruju *augmentovani odgovori koji su ograničeni* na onaj segment kore sa kojom dotično stimulisano jeдро ima povratne veze. Odgovor nije generalizovan na obe hemisfere kao kod regrutujućih odgovora pri stimulaciji intralaminarnih jedara arhitalamusa.

Videli smo da su i mezencefalo-kortikalni retikularni sistem i talamokortikalni retikularni sistem aktivacioni mehanizmi koji izazivaju kortikalnu desinhronizaciju ako ih direktno stimulišemo. Druga sličnost je u difuznoj distribuciji njihovih eferentnih kortikopetalnih vlakana. Ali su razlike još značajnije, u funkcionalnom smislu.

AARS (mezencefalo-kortikalni podsistem aktivacije) proizvodi dugotrajne efekte istovremeno u obe hemisfere, a nastaju posle duge latence. Takvu aktivnost nazivamo *toničnom*. Drugi podsistem nije paralelan, jer radi *fazično* - njegovi efekti na koru ne nadžive trajanje stimulacije, a desinhronizacija je ograničena na manje zone kore, i latenca je svedena na minimum. Fazična aktivnost se smatra organskom osnovom pažnje, odnosno organskom osnovom selektivnosti žiže naše svesti.

U funkcionalnom smislu, bilo bi pogrešno ako bi se pomislilo da sistemi arhi-, paleo- i neotalamusa nisu međusobno duboko isprepletani. Zbog toga uvek imamo primese i globalne aktivacije (AARS) i specifičnije aktivacije iz talamokortikalnog podsistema, tj. istovremene tonične i fazične uticaje. Ili, pogledajmo puteve senzibiliteta koji imaju svoj podkorni relej u jedrima paleotalamusa. Približavajući se talamusu, vlakna svrstana u aferentne puteve senzibiliteta izdvajaju obilate kolaterale koje direktno prelivaju energiju svojih razdraženja u savršeni splet oscilatornih kola u retikularnoj supstanci i time direktno podržavaju njenu aktivnost, odnosno kao krajnji rezultat našu budnost (v. Sl. 2).

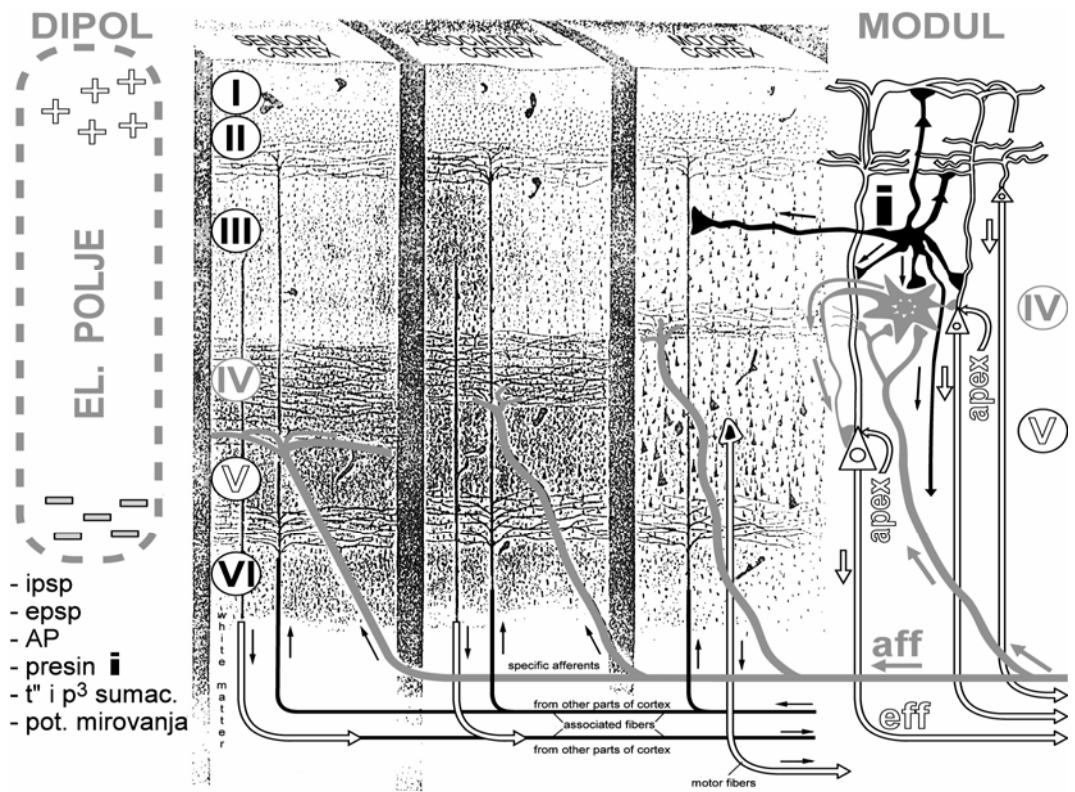
3. KORA I TALAMUS

Nijedan deo CNS ne radi izolovano. Svi nivoi su povezani horizontalno i vertikalno, lokalno i globalno na mnogo načina, pa to važi i za koru [8, 12]. Svaki kortikalni region je trojako povezan sa drugim delovima kore: horizontalno sa kontralateralnom hemisferom (komisuralne veze); vertikalno rekurentnim talamokortikalnim vezama; longitudinalno i transverzalno u okviru ipsilateralne hemisfere (asocijativna vlakna). Postoje i veoma snažne ekscitatorne i inhibitorne međuveze susednih kortikalnih vertikalnih jedinica, kao i međuneuronske u samoj kortikalnoj jedinici.

4. VERTIKALNA JEDINICA KORE

Kortikalni neuroni su poredani slojevito i grade tri tipa kore, koji se prema evolucionom principu zovu kao i talamusna jedra: neokorteks (neopalium), paleokorteks

(paleopalium) i arhajska kora (arhipalium). Pored uočene histologije šestoslojne i evoluciono mnogo starije troslojne kore, i kasnijeg razvrstavanja u kortikalne zone koje se po imenu autora nazivaju Brodmanovim zonama a označene su rednim brojevima [8, 12,13], relativno nedavno u kori mozga uočene su funkcionalne jedinice koje imaju određenu građu - to su *kortikalne vertikalne jedinice*, čiji su sinonimi: *korne vertikalne kolumne*, *vertikalni stubovi ili moduli kore*. Prvi ih je jasno uočio i opisao Mountcastle 1957. godine [14], i to u somatosenzornoj kori. Docnije se pokazalo da je cela kora tako organizovana [15], v. Sl. 3.



Slika 3 Organizacija kortikalne vertikalne jedinice i električno polje. Centralni deo slike pokazuje tri kortikalne jedinice koje karakterišu tri raznorodna tipa neokortikalne organizacije: senzorne, asocijativne i motorne. Desno od ove tri jedinice vrlo uprošćeno i shemati-zovano prikazana je unutrašnja organizacija kortikalne vertikalne jedinice. Belim strelicama su prikazane piramidne ćelije iz čijih se apeksa projektuju apikalni dendriti do prvog i drugog kortikalnog sloja. Senzorni-afherentni ulazi (sivo osenčene putanje) završavaju se na vertikalno orijentisanim zvezdastim neuronima čija su tela u četvrtom - unutrašnjem granu-larnom sloju. Inhibicijski neuroni su skicirani crnom bojom. Oni su inhibitori neuronske aktivnosti u svojoj vertikalnoj jedinici, ali svoj inhibicioni uticaj šire i na susedne kortikalne vertikalne jedinice. Na levoj strani skicirano je električno polje uz kratki spisak elektrofizio-loških događaja koji utiču i modifikuju jačinu i reverziju polarnosti dipola. Dobro je zapaziti da je paralelna organizacija sastavnih delova kortikalne vertikalne jedinice bitna za formira-nje električnog polja.

Svaku vertikalnu jedinicu sačinjava oko par hiljada neurona. Najupadljivije su piramidne ćelije koje su po veličini - sitne, srednje i velike (ganglijski peti sloj je njima obeležen). One su paralelno poredane, pa uz ulazna i izlazna vlakna modula predstavljaju osnovu paralelne i pod pravim uglom (u odnosu na površinu kore hemisfere) orijentisane strukture vertikalnih jedinica. Isto tako, vertikalno, orijentisane su i zvezdaste ćelije četvrtog sloja na kojima se završavaju aksoni specifičnog paleotalamusa.

Paralelnost kao glavni strukturni princip ovih stubova je pojačana činjenicom da su kortikalne vertikalne jedinice plus "očesljane", tj. prožete gustim prilivom paralelnih talamokortikalnih vlakana koja nose specifične aferentne impulse čiji je relej paleotalamus, a ustvari su podloga sistema za percepciju. I drugi talamični sistemi prožimajući module usmeravaju svoja vlakna ka površini kore pod pravim uglom.

Vertikalna jedinica svojom paralelnom strukturom omogućava *obrazovanje dipola električnog polja* na kojem počivaju svi oni električni fenomeni koji su registrovani sa površine kore ili lobanje. Bilo da se radi o izazvanim fenomenima [16], evociranim potencijalima, ili o spontanoj aktivnosti kao što je EEG. Mali potencijali, diskretne potencijalne razlike između tačaka koje obrazuju električna polja postale su dostupne registrovanju i proučavanju zahvaljujući razvoju tehnike usrednjavanja [16].

A upravo na tim malim potencijalima koji su postali vidljivi zahvaljujući tehnici usrednjavanja, počiva većina današnjih prodora nauke prema svesti i svesnosti, i cela priča do sada bila je usmerena na obasjavanje relevantnih podataka bez kojih je razumevanje odnosa između svesti i mozga apsolutno nemoguće.

Da je modul zaista funkcionalna jedinica kore (računa se da je kora sastavljena od oko 4 000 000 modula) dokazuje i to što drugi moduli neokorteksa (kontralateralni, ili susedni-ipsilateralni, na primer) projektuju svoja vlakna u jedan modul na takav način, da se jedno vlakno (akson) sinaptički *račva na sve neurone u sastavu jednog modula. Na vertikalne jedinice sliva se konvergentni ulaz. A posle obrade signala, neuroni iz jedne vertikalne jedinice šalju bogat divergentni izlaz. I to uobičen kroz prostorno vremenski šablon, posredovanjem takvih mehanizama kao što je prostorna i vremenska sumacija. Vertikalna jedinica pri tom inhibiše okolne module. Svi susedni moduli se međusobno prepojavaju i oni obrađuju ulaze iz mnogih susednih kolumni, odnosno piramidnih ćelija koje su u njihovim sastavima. Par hiljada neurona povezanih u vertikalno orijentisani modul mogu da izgrade ogroman broj šablona, kodova, jer mogu kombinovati i varirati jačinu, trajanje, sekvencu pojedinih pražnjenja, pored mogućnosti da se mnogo ili malo neurona simultano angažuju i time dovedu u istu fazu aktivnosti, a iste kombinacione mogućnosti se odnose i na angažovanost modula. Iz toga se može pretpostaviti da je svaka kortikalna kolumna veza između ulaza i izlaza.*

Međutim, ta umetnuta struktura nije prosta kopula na putu kojim ulazni impuls putuje pretvorivši se u izlazni impuls. Smatra se da svaki modul poseduje moć sopstvene, interne nervne aktivnosti koja povezuje uskladištene informacije i novopristigle impulse koji nose nove informacije i upravo u njima počiva *samosvest* prema opisnoj Cousenovoj definiciji svesnosti [1].

5. BIOLOŠKI INDIKATORI KORTIKALNE AKTIVNOSTI

Upotreba radioaktivnih izotopa u cilju praćenja intenziteta moždane prokrvljenosti i metabolizma, kao i registrovanje izazvane elektroaktivnosti i elektroencefalografskih fenomena, poslužili su za praćenje moždane aktivnosti u raznim stanjima, pa je prirodno da su ove metode indikatori stanja budnosti, odnosno nivoa aktivnosti mozga, ali pod pogodnim okolnostima mogu biti *korelati i tako subjektivnog stanja kao što je samosvest*. Stoga je potrebno izvesno razumevanje elektrokortikalnih fenomena kao što su evocirani potencijali i α -ritam.

5.1 Detekcija radioaktivnosti

Povišenje metaboličkih procesa, zbog njihove pretežno aerobne prirode, prati povećana potrošnja kiseonika, a ovu pojačani krvotok iz poznatih razloga. Gde je više krvi, ima i više sastojaka iz njenog sastava, pa tako, na primer, i unetih radioaktivnih molekula ksenona. Intenzitet regionalnih zračenja je srazmeran hiperemiji, odnosno visini metabolizma, a on stepenu aktivacije dotične moždane zone [17]. Na toj osnovi praćena su razna subjektivna stanja, i doneti su dalekosežni zaključci.

Na primer, kad se intenzivno misli na pomeranje ruke, odnosno *postoji samo voljna namera ali bez izvršenja pokreta*, krvotok je pojačan u frontalnim regijama. Kad se pomeranje doista dogodi, onda krvotok u prefrontalnom režnju dolazi na normalni nivo. Istovremeno se povišava u gyrus precentralisu, osobito u motornoj kortikalnoj zoni koja kontroliše voljni pokret ruke.

Najveći skok cerebralnog krvotoka zabeležen je pri epileptičnim napadima, ali je i do 50% viši u REM fazi normalnog spavanja.

Postoji prilično dobra korelacija između forme EEG talasa i moždanog metabolizma, što nije naša tema.

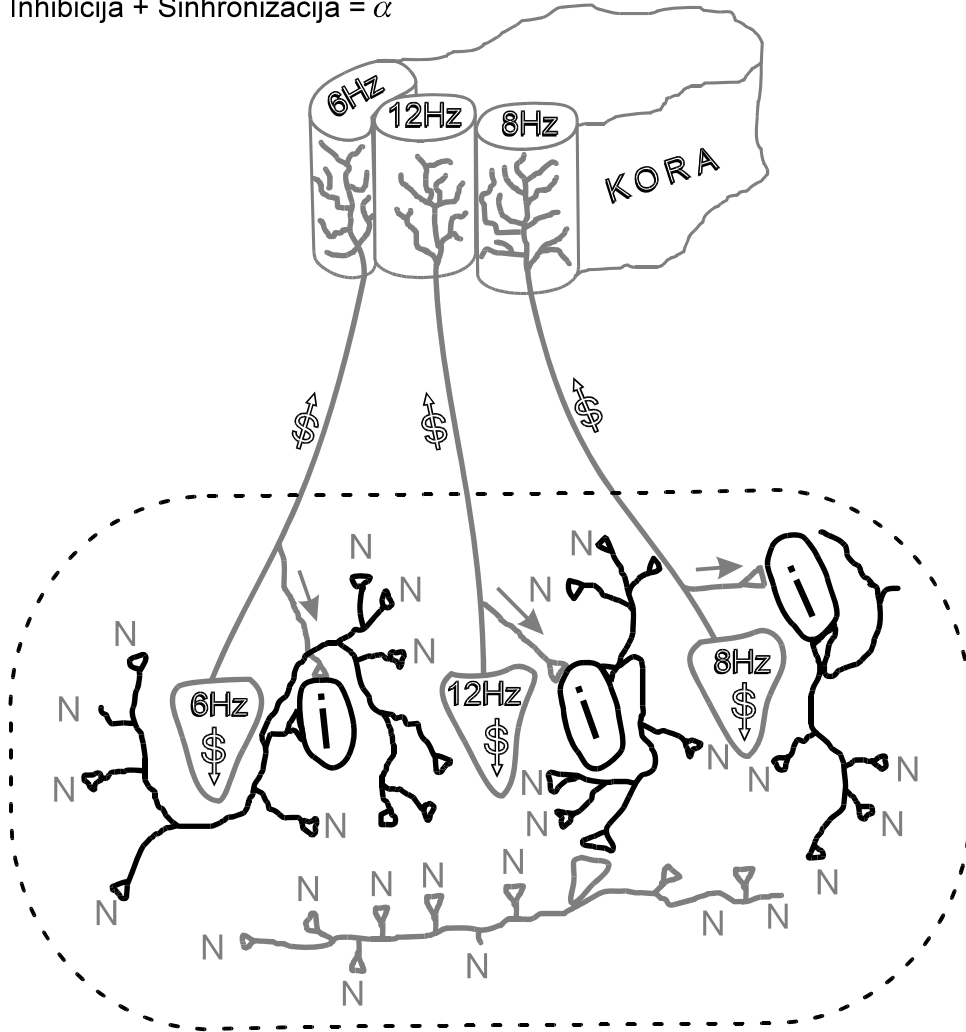
5.2 Electroencephalography (EEG)

Primena EEG-a u studijama stanja svesti ima značajnu vrednost. Ali nalazi koji su proistekli iz EEG istraživanja stanja svesti mogu izgledati neutemeljeno onim ljudima koji o EEG-u nemaju bar neka osnovna znanja.

Kratka informacija o normalnom EEG-u zrele odrasle osobe sastojala bi se u sledećem: β -frekvencije (od 14 Hz naviše) registruju se iznad prednjih (čeonih) moždanih regija, a α (8-13 Hz) iznad okcipitoparijetalnih režnjeva. Alfa aktivnost je osnovni znak života uopšte, ali je isto tako i znak niske aktivnosti mozga. Sinhronizacija kojom se stvara α -aktivnost suzbija se otvorenim očima i aktivnošću.

Alfa talasi nastaju u toku talamokortikalne repetitivne aktivnosti (v. Sl. 4). Direktna stimulacija arhitalamičnih jedara izaziva ritmični odgovor u odgovarajućim kortikalnim jedinicama koje su u povratnim vezama sa jasno ograničenom grupom

Inhibicija + Sinhronizacija = α



Slika 4 Talamokortikalna inhibicija/ekscitacija i geneza α -ritma. U gornjem delu slike vidi se kora sa tri kortikalne vertikalne jedinice, dok je u donjem delu skicirana skupina talamičnih neurona. Sive putanje označavaju tri skupine arhitalamičnih neurona koje projektuju aksone u vertikalne kortikalne jedinice. Aksoni se potpuno razgranavaju samo u okviru svoje vertikalne jedinice. Sivi N-ovi označavaju druge talamične neurone koji svojim telima, dendritima i aksonima ulaze u sinaptičke veze. Crni neuroni sa oznakom "i" simbolizuju inhibicijske neurone. Potrebno je zapaziti da 6 Hz, 8 Hz i 12 Hz u talamusu označavaju frekvenciju stimulacije; odgovarajuće brojke u kori odgovaraju frekvenciju odgovora u vertikalnoj kortikalnoj jedinici. Važno je, takođe, uočiti da svaki talamični akson koji se približava kori daje rekurentnu granu prema inhibitivnom talamičkom neuronu.

arhitalamičnih neurona. Tokom intratalamične stimulacije svaki talamokortikalni pod-sistem, segment, ima identične frekvencije koje se registruju i u talamusu i u kori, odnosno frekvencija talamičke stimulacije je podudarna sa frekvencijom odgovora u kori. Zato izgleda opravdana pretpostavka da je α -peismejker u talamusu, mada i u neuronskoj organizaciji kore postoje sinhronizacione pogodnosti [18].

Geneza α -talasa, zavisi od postsinaptičke gabaergične inhibicije u ogromnoj neuronskoj populaciji talamusa. Inhibicijom se sinhronizuje nastanak tri naizmenična stanja: ekscitacija/inhibicija/potencijal mirovanja u masama neurona, ili kako kažemo - aktivnost neurona ulazi u *fazu*, tj. svi istodobno ili su razdraženi ili inhibisani, ili u stanju mirovanja [19-21].

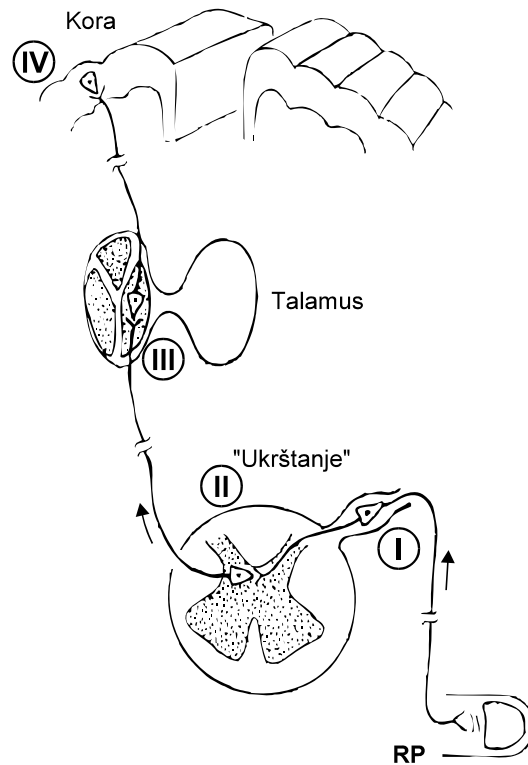
Ulazak mase neurona u istu fazu događa se ovako: svaki put kad relejni neuron iz talamusa prosledi ekscitaciju u vertikalnu kornu jedinicu, taj isti relejni neuron svojom kolateralom stimuliše umetnuti inhibitorski neuron u talamusu, a sad ovaj neuron koči ekscitaciju velikog broja talamusnih neurona što je prvi korak njihovog dovođenja u istu fazu aktivnosti, tj u stanje sinhrono i naizmenične ekscitacije/inhibicije/normalne polarizacije membrane mirovanja [22, 23].

Ne samo α -talasi, *svi veliki* talasi koje registrujemo imaju poreklo u sinhronizaciji stanja, odnosno aktivnosti velikog broja kortikalnih neurona, jer samo tako obrazuju se potencijali dovoljne veličine da bi bili zapisani. Samo tako dipolno električno polje daje dovoljnu elektromotornu silu.

Onog momenta kad se pojavi aktivno mentalno stanje - sinhronizacija nestaje. Alfa talasi uvek ukazuju da je mentalna aktivnost veoma niska. Poznato je da otvaranje očiju suprimira α -aktivnost, ali ona se može blokirati i drugim načinima što je od posebnog interesa za našu temu, o čemu ćemo govoriti malo kasnije.

6. EVOCIRANI POTENCIJALI (EP)

Kad nadražimo izabrani senzorni kanal (v. Sl. 5), dražeći bilo koji njegov deo, onda sa kore ili skalpa registrujemo *primarni odgovor*, ili specifični odgovor-potencijal, izazvani odgovor, evocirani potencijal, koji ima oblik *trofaznog talasa* [24- 29]. U primarnoj senzorno/senzitivnoj zoni, kontralateralno, primarni odgovor je jasno čitljiv, a ipsilateralno prisutan u slabom tragu. Prvi otklon je pozitivni talas (P1=P9), i on se formira registracijom dipola čija je negativnost u četvrtom sloju kore (granularni unutrašnji sloj), na onom delu apikalnog dendrita koji je uz samo telo neurona, a relativna pozitivnost ispod površne registrujuće elektrode [24,26,30-32,]. Krojcfeld [33] smatra da registrovani potencijal uvek reflektuje stanje najpovršnijeg dela apikalnog dendrita utkanog u prvi zonalni ili molekularni sloj kore koji se pretežno sastoji od horizontalnih vlakana raznog porekla a koja stupaju u sinaptičku vezu sa najdistalnim delom apikalnih dendrita piramidnih ćelija.



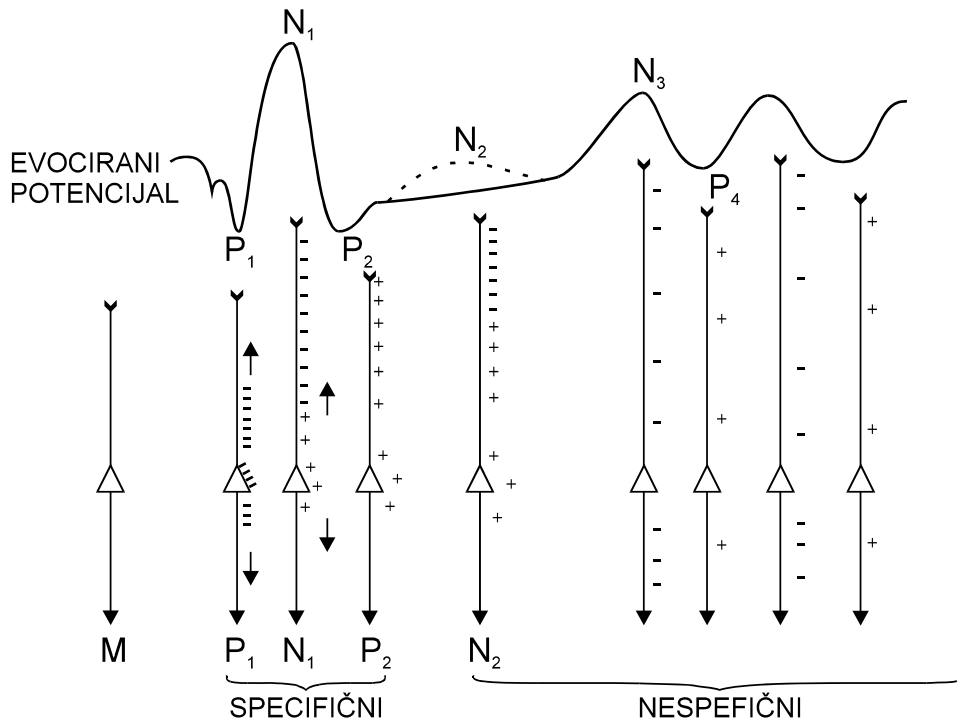
Slika 5 Somatski senzorni-afherentni put. Slika predstavlja somatosenzorni aferentni kanal čiji je periferni receptor (RP) u prstu; I neuron u spinalnom ganglionu čiji akson prelazi kontralateralno ulazeći u sinaptički kontakt sa II neuronom puta. III neuron aferentnog puta pripada paleotalamusu, čiji akson dolazi u dodir sa neokortikalnim neuronima Brodmanove 1 i 2 zone.

Iza P1(P9) i N1(N20) sledi P2(P45), a iza ove tri faze slede kolebanja potencijala u vidu naizmeničnog nizanja negativnih i pozitivnih talasa (v. Sl. 6). Ovaj niz otklona ne pripada primarnom odgovoru, te spada u tzv. sekundarni deo kompleksa izazvanog odgovora.

I upravo taj nestabilni sekundarni deo evociranog potencijala ima najveći značaj za našu temu. Sekundarni deo evociranog potencijala ne deli paleotalamični mehanizam priliva impulsa u primarnu senzornu zonu ("homunkulus"). Pretpostavlja se da se u osnovi sekundarnog dela kompleksa EP nalazi oscilatorni sistem arhitalamus-kora, i eventualni upliv mezodijencefalnog retikularnog sistema na koru.

Prvi i najstabilniji deo nije u korelaciji sa stanjem svesti, što se vidi i po tome da je kompleks P1-N1 skoro nepromenjen i u stanjima opšte anestezije [34]. U istom smislu govori i činjenica da stimulacija dražima podpragovne jačine ne daje svesni doživljaj u sferi percepcije, iako se prvi bifazni deo EP registruje u kori ispitanika. Međutim, ako se i tako slabim dražima duže draži, ispitanik ih postane svestan. Da bi

ispitanik postao svestan draženja, slabi korni input mora stići repetitivno: ili kroz mnogo aferentnih vlakana simultano (prostorna sumacija), ili kroz mali broj aferentnih vlakana ali u dugom nizu uzastopnog draženja u jedinici vremena (vremenska sumacija). Ili kombinovano.



Slika 6 Somatosenzorni evocirani potencijal (SSEP). Regstrujuća elektroda je postavljena iznad primarne senzorne zone za somatski senzibilitet. SSEP je niz talasa, niz naizmeničnih +/- otklona. Nizom piramidnih ćelija u donjem delu slike prikazane su promene na celularnom nivou koje su u korelaciji sa registrovanim talasima SSEP. Na primer, P₁ je u korelaciji sa početnom depolarizacijom zvezdastih i piramidnih ćelija. U tom trenutku ispod registrujuće elektrode je relativna elektropozitivnost. Svaki SSEP talas je u korelaciji sa celularnim električnim promenama (depolarizacija i inhibicija). Prva tri stabilna otklona pripadaju specifičnom SSEP, a nestabilni ostatak talasa 6 nespecifičnom SSEP.

U trenutku draženja koje je praćeno svesnim doživljajem iste stimulacije, nestaje α -ritam za kratko, a skeniranje radioaktivnim ksenonom pokazuje veoma pojačanu aktivnost parijetofrontalno, kad se radi o draženju dodirnom, odnosno kad je u pitanju somatski senzibilitet i ovaj njegov modalitet. Tek kad se aktiviraju mnogo širi delovi kore, tek kad se uključi, pored modula primarne zone, i mnoštvo modula asocijativnih zona u frontalnom i parijetalnom režnju, formira se svesna percepcija. Formiranjem ovog difuznog kompleksa vremensko prostorne organizacije stvaraju se uslovi svesnog doživljaja.

7. KOGNITIVNI SOMATOSENZORNI EP (SSEP)

Pojedini talasi nanizani u kompleks *humanog* EP ne dobijaju svoje oznake po rednom broju svog pojavljivanja, već po *vremenu koje protekne od stimulus artefakta do najistaknutije tačke otklona njegove amplitude*. Vreme se računa u milisekundama.

Pa tako imamo umesto P1 oznaku P9, umesto N1 oznaku N20, umesto P2 oznaku P45 i umesto N2 oznaku N77. Prva tri otklona (P1, N1 i P2) nisu značajnije varijabilni, ali već od četvrtog (N77) postoji značajna varijabilnost, odnosno nestabilnost. Tako N77 znači da se u proseku ovaj talas javlja posle 77 milisekundi, a u praksi pojavljuje se u vremenskom rasponu od 50-130 ms.

Za čovekovu psihologiju, pokazalo se imaju izuzetan značaj *par N3 i P4, ili iskazani u ms, N140-150 i P300-400 talasi* kompleksa EP.

Ovo su potencijali vrlo malih amplituda pa se mogu registrovati zahvaljujući tehnici usrednjavanja [16]. Izvanredno značajni su eksperimenti Desmedta i Robertsona [35-37].

Ispitanika su suočili sa dva različita zahteva. U početku eksperimenta imao je zadatak da obrati svu svoju pažnju na senzacije iz svog stimulisano prsta na ruci, da ih bude apsolutno svestan. Drugi deo zadatka bio je u sledećem: simultano sa stimulisanim prstom kroz slušalice će stizati auditivna stimulacija, i ovom prilikom mora svu svoju pažnju usmeriti na slušni input a potpuno zanemariti senzacije iz sinhrono stimulisano prsta. Znači da je prisutna stimulacija prsta i dalje postojala, što je potvrđivao stalno registrovani stabilni trofazni talas primarnog odgovora. *Međutim, ispitanik toga nije bio svestan*. On je pratio govor koji je čuo kroz slušalice, pa to znači da mu je pažnja skrenuta njegovom voljom kroz zadato slušanje na koje je on pristao.

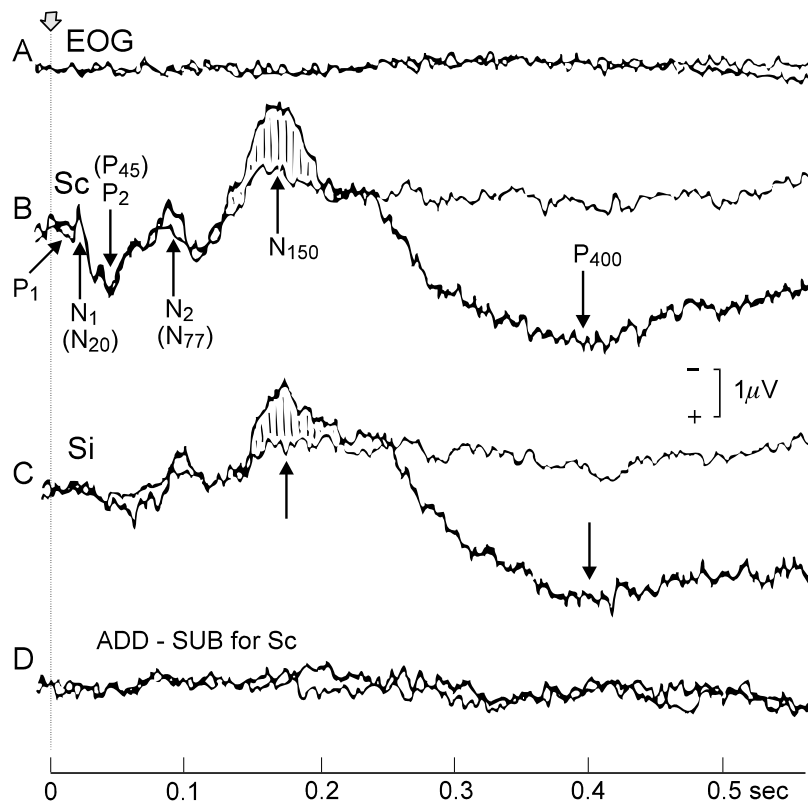
Onda kad je pratio stimulaciju svog prsta talasi N150 i P400 pojavili su se i bili jasno i simetrično registrovani bikortikalno, malo viših amplituda u kontralateralnoj primarnoj senzornoj zoni (deblja linija na Sl. 7). U drugom delu eksperimenta on je voljno zanemario senzacije iz stimulisano prsta, i u tom slučaju N140 i P400 su potpuno izostali (tanja linija na Sl. 7), uprkos nepromenjene stimulacije prsta. Kad je ispitanik svoju pažnju voljno skrenuo na akustičke signale, iz sklopa SSEP *nestaju N150 i P400*. Tako smo dobili *jasan neurofiziološki korelat voljne pažnje i svesne percepcije, tzv. kognitivni N150 i P400*. Korisno je zapaziti da su obe gornje krive registrovane iznad kontralateralne kore, a obe donje iznad ipsilateralne u odnosu na stranu ruke.

I ovim eksperimentom smo izašli na teren ispitivanja samosvesti.

8. O SAMOSVESTI

Na nivou ponašanja, budnost se opservira na osnovu tri kriterijuma. Sva tri su reaktivnog porekla, kao posledica neverbalne komunikacije sa nižim životinjama od čoveka ali višim u filogenetskom smislu u odnosu na druge vrste živih bića (ptice, sisari). Kad kažemo da je neko *biće svesno u smislu - budno* onda mislimo da ono:

- (1) reaguje izvesnim stepenom inteligencije;
- (2) reaguje emocionalno adekvatno, primereno situaciji;
- (3) može da nauči odgovarajuće, za sebe korisne akcije.



Slika 7 Kognitivni N140 i P400. Kada se obrati puna pažnja na stimulisani prst, u SSEP pojave se N140 i P400 (v. deblje linije na slikama B i C; B je registrovan kontralateralno u odnosu na stimulisani prst, a C ipsilateralno). Ako se od ispitanika, pod istim uslovima, traži da ne obrati pažnju na stimulisani prst dok je stimulacija i dalje u toku, nego da je usmeri na auditivnu stimulaciju - u SSEP kompletno iščezne P400, a N140 je znatno snižen.

Ove adekvatne reakcije zahtevaju učestvovanje pažnje (selektivnosti), kratkotrajnog pamćenja (povezivanje raznih sinhronih aktivnosti u CNS) i dugotrajnog pamćenja (prošla iskustva) u globalnom procesu koji leži u osnovi svesti.

Samosvest je krajnje subjektivno iskustvo kojem se može pristupiti samo introspekcijom. Taj doživljaj se kasnije može podeliti s drugim ljudima verbalnom komunikacijom.

Samosvest ima ono biće čija svest ima naročit kvalitet, a to je ono specifično znanje o svojim radnjama, o samom sebi, kao što je Cousin [1] konstatovao. I mi pretpostavljamo da ovo svojstvo pripada samo čovekovoj vrsti. Ne očekujemo da nađemo ovo svojstvo kod drugih oblika života na našoj planeti, čak ni u tragovima.

Ovo nam jasno govori sa kakvim se problemom suočava nauka, jer je nauka uvek pokušaj objektivnog upoređivanja i merenja pod strogo kontrolisanim uslovima, sa kasnijim proverama na najskrupulozniji način.

Pred neuronauku je postavljen teško izvodljiv zahtev - da se strogo objektivno ispita jedan krajnje subjektivni fenomen kao što je samosvest. Do sada je nađen jedini način u redukciji samosvesti na elemente koji su u njenom sastavu kao što su: percepcija, pamćenje, emocije, voljni pokreti [37]. Ovim postupkom one se mogu redukovati i u uprošćenoj formi izjednačiti sa pojmom svesnosti. Mnogi drugi sadržaji svesnosti ostavljeni su po strani jer su još nepodložniji objektivnom merenju. Na primer: svesno ja, mišljenje (ideacija), donošenje odluke i slobodna volja, sjedinjenost iskustva u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti, ili moralno osećanje i slično. Redukcijom složenog na prostije fenomene, *dolazimo do toga da o identitetu kao osnovici samosvesti govorimo kao o samoj samosvesti.*

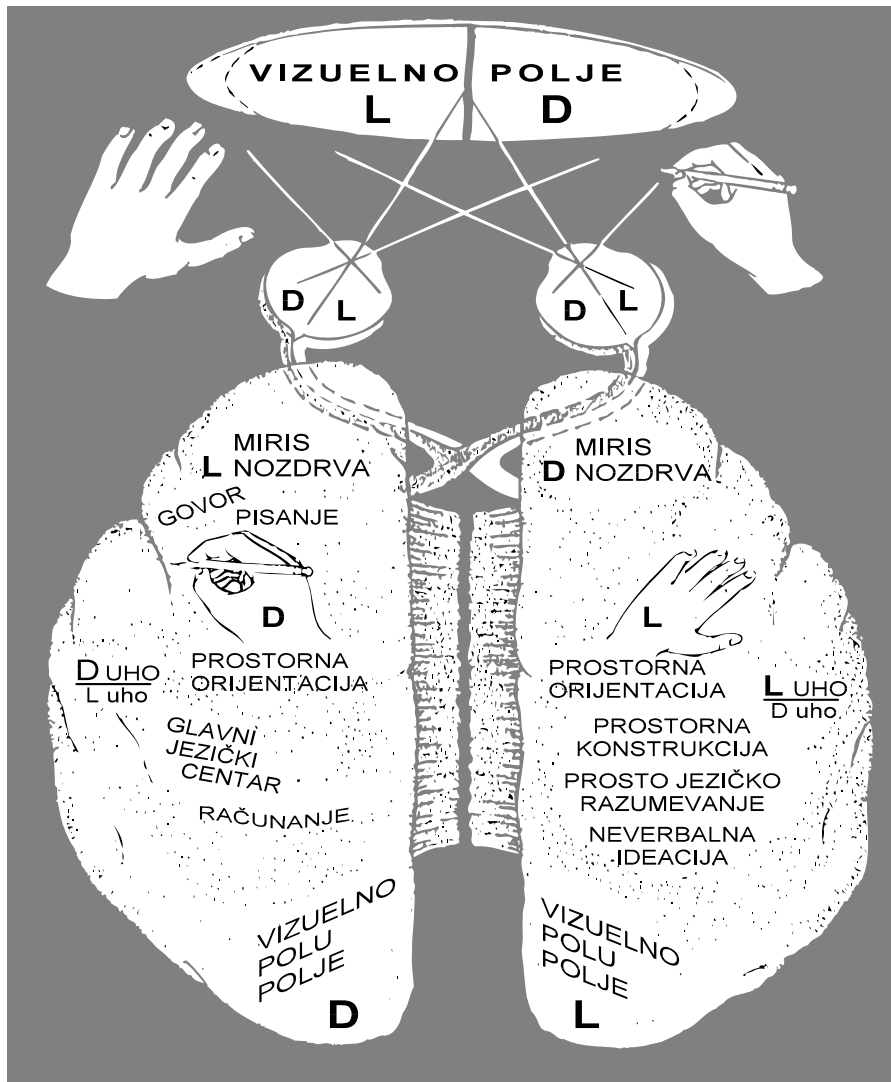
8.1 Identifikacija ogledalom

Normalnom čoveku nije teško da se prepozna na fotografiji. Mi smo približno svesni svog izgleda. I ako nam na lice nanesu mrlju, nešto što tom licu normalno ne pripada, pa se pogledamo u ogledalo i odmah pokušamo da je uklonimo, onda taj postupak rečito govori o postojanju naše samosvesti. Viđena mrlja u ogledalu prema znanju o svom identitetu, ne pripada licu. Ni najviši primati (šimpanze) ne mogu da dosegnu to samosaznanje o svom identitetu kojem suvišna mrlja ne pripada [39]. Nisu u stanju ni svoj lik da prepoznaju, da ne govorimo o kozmetičkim detaljima.

8.2 Problem identifikacije i rascepljeni mozak

Na nivou konkretnih ispitivanja moždane osnove svesnosti svodenjem na fenomen identita neizbežno je ime Sperry-a [40-43], koji se proslavio studijama rascepljenog mozga, tj odnosa mozak-psiha i pitanjem specijalizacije hemisfera (v. Sl. 8).

Postoje razlozi da se i samosvest lokalizuje onako kao Brokin i Wernickeov govorni centar. Veruje se da je dominantna, verbalna i logička leva hemisfera glavni substrat samosvesti, mada bi moglo biti prikladnije ako se misli da jedan tako visoko integrisani fenomen zavisi ipak od nepodeljene komunikacije između obe neozleđene hemisfere. Ipak, verbalno vešta leva hemisfera i kad je izolovana vodi kao hemisfera koja bolje, eksplicitno identifikuje i time nagoveštava da nije nemoguća lokalizacija samosvesti u levoj hemisferi.



Slika 8 Specijalizacija hemisfera i samosvest. Dijagram ilustruje specijalizaciju hemisfera. Pretpostavlja se da je samosvest pretežno lokalizovana u levoj velikoj hemisferi. Na slici se vidi presečen corpus callosum i odnosi između vidnih polja i hemisfera, kotra- i ipsilateralnih.

Međutim, Sperry je pribavio izvesne dokaze koji bi mogli osporiti ovakvu pretpostavku. Iz pojedinih delova vidnog polja, pod određenim uslovima (jedno oko zaklopljeno, a vizuelni stimulus postavljen u određenom segmentu vidnog polja drugog oka) slika odlazi samo u jednu hemisferu i bez presecanja optičke hijazme. Između hemisfera prekinuta je samo transkalozalna komunikacija.

Kad se fotografija ponudi desnoj hemisferi, ona identifikuje svoj portret, a to je praćeno adekvatnom emocionalnom reakcijom ispitanika. Izgleda da desna hemisfera raspolaže izvesnom merom autonomne samosvesti, bar kad su u pitanju prepoznavanja lica i objekata. I upravo ta adekvatna emocionalna reakcija verbalno nespretne, skoro potpuno afazične desne hemisfere, upućuje na to da i desna hemisfera, nezavisno od velike i dominantne, raspolaže sposobnošću raspoznavanja identiteta u liku sa fotografije. Desna hemisfera ima teškoća da verbalizuje ono što je prepoznala, ali i ona prepoznaje fotografiju kao deo svoje ličnosti. Isto kao i leva hemisfera, sa fotografijom u desnoj polovini vidnog polja.

Ali neke zamerke nisu razrešene. Glavna primedba je da postoje očuvane manje i slabije komisure (kao što je *commisura anterior*). One nisu presečene pa ove subkortikalne veze mogu biti razlog što desna hemisfera može da se osloni na rad leve domianante i u pogledu procesa identifikacije kao korelata samosvesti.

Ne treba prenebregnuti i odlične veze desne hemisfere sa limbičnim sistemom, koji je najviši integrativni centar emocionalnog života.

9. SVESNA NAMERA I VOLJNA PAŽNJA

Poslednjih tridesetak godina, prikupljen je izvestan broj elektrofizioloških korelata *samosvesti* i o tome ćemo sada govoriti.

Svest i volja su osnovne psihičke karakteristike čoveka, pored sposobnosti za simbolizaciju, i po te tri karakteristike čovek se i razlikuje suštinski od drugih poznatih živih bića na našoj planeti. Volja kao procedura obuhvata tri faze: borbu motiva (ako se međusobno isključuju), donošenje odluke i izvršenje odluke (pretvaranje izabranog motiva u ponašanje).

S druge strane, znanje šta želimo i zašto to želimo, uz anticipaciju cilja u daljoj ili bliskoj budućnosti, takođe je deo naše svesnosti. Voljna radnja je uvek i svesna radnja. (Uz napomenu da sve što je svesno nije i voljno.)

Volja kao proces u koji je uklopljeno donošenje svesne odluke i njeno svesno izvršenje svakako govore o postojanju onog kvaliteta svesti koji nazivamo samosvest, odnosno svesnost. U okviru voljnog akta postoji stanje svesne namere, i isto tako voljne pažnje - našom voljom usmerene pažnje na izabrani sadržaj. Neurofiziološka ispitivanja takvih mentalnih zbivanja u koja se može imati samo intronspektivni uvid, otkrila su neke dragocene pokazatelje, neke potencijale koji subjektivno stanje otkriva-

ju putem registrovanog potencijala - i to u zakonomernom odnosu između subjektivnog stanja nepristupačnog objektivnoj proceni i njegovog merljivog korelata u vidu električnog otklona talasa - potencijala.

Alfa blokada pri otvorenim očima u osvetljenom prostoru poznat je test u elektroencefalografiji kojim se razlikuje α -aktivnost [44] od drugih, po frekvenci srodnih aktivnosti kao što je na primer μ -ritam (uzgred, on nestaje na draženje kože trljanjem). Danas shvatamo da nestajanje α -sinhronizacije ne znači samo posledicu optičke stimulacije i aktivacije nezavisne od mentalnih događaja, a što se može dokazati sledećim eksperimentalnim manipulacijama.

(i) U potpuno mračnoj prostoriji, iako subjekt ima širom otvorene oči, α -ritam se normalno registruje. Ali i pod tim istim, nepromenjenim uslovima on *iščezava ako se subjektu naloži da učini mentalni napor*, da nešto gleda iako je totalni mrak. Nastaje desinhronizacija iza koje stoji mentalni napor u okviru voljne namere, *voljne pažnje*, bez ikakvih drugih aktivacija fizičke prirode (čulne, motorne, emocionalne ili stresne).

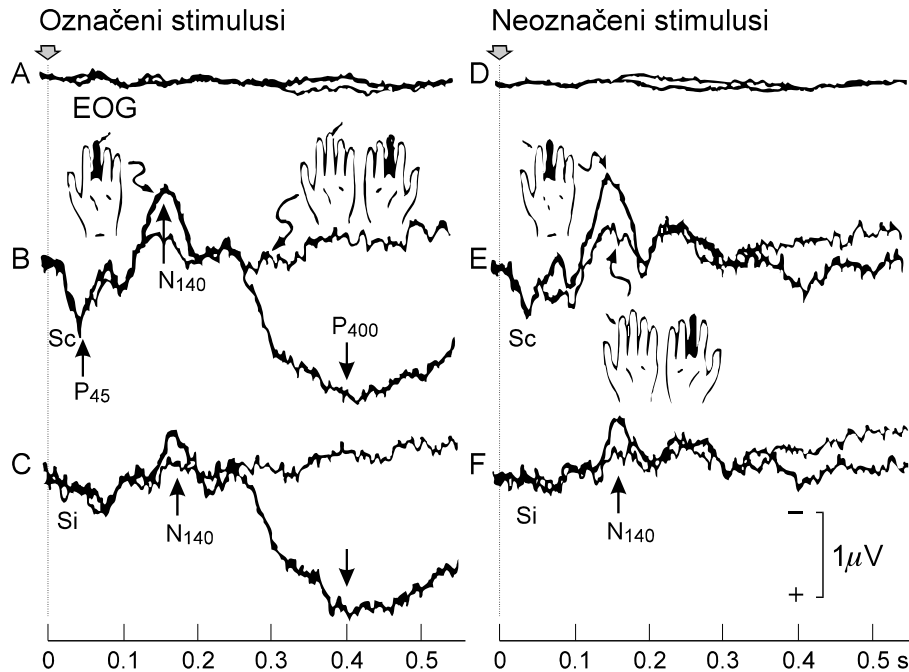
(ii) Sličan test može se izvesti u osvetljenom prostoru i otvorenim očima - duže gledanje u monotonu, nestrukturisanu površinu ne suprimira α -ritam. To nam onda daje za pravo da mislimo da je aktivacija pažnje osnovni razlog nestajanja α -ritma, a ne vizuelna stimulacija kore sama po sebi.

(iii) Albert Ajnštajn [44] je obavljao neke dosta komplikovane proračune, znači bio je u jasnoj mentalnoj aktivnosti, pa i pored toga EEG-om je registrovan dosta dobar i stalno prisutan α -ritam. Za njega su te složene operacije bile dosta automatizovane, skoro mehaničke. Odjednom, on je postao uznemiren, a α -talasi su nestali. Objasnio je da je pronašao grešku u proračunima koje je napravio juče. Tražio je da odmah telefonira u Princeton.

Kognitivni N150 i P400 SSEP i Desmedt-ove izvanredne eksperimente već smo razmatrali. Potrebno je ovo izlaganje dopuniti detaljima koji su veoma zanimljivi.

Posmatranje N140-150 i P300-400 pokazalo je da njihove amplitude, odnosno njihova uočljivost kao grafičkog elementa koji ih predstavlja u zapisu, veoma zavise od intenziteta pažnje, od intenziteta voljnog napora. Na primer, ako je izabrani prst dražen veoma slabim dražima, a ispitaniku naloženo da broji, naročito P400 bi porasla. Sa istim nalogom ali sada da broji veliki broj stimulacija, na primer 150 u minutu umesto 40 impulsa, obe ove defleksije a naročito P400 bi se intenzivno povećala. Ovo nas navodi na pretpostavku o postojanju čvrste korelacije između N140 i P400 sa stepenom uloženog svesnog i voljnog napora.

Na Sl. 9 predstavljeni su B, C, D i E rezultat eksperimenta. Krive na B i E registrovane su kontralateralno u odnosu na stimulisanu ruku, a donje C i F ipsilateralno. Samo deblje linije EP krivih sa B i C predstavljaju skoro ponovljene eksperimentalne rezultate koje smo već videli na Sl. 7. Ispitaniku je rečeno da svu pažnju usmeri ka trećem prstu koji će biti stimulisan i taj prst samo tad je zaista i bio stimulisan. I samo tada N140 i P400 pojavljuju se izrazito bilateralno; P400 simetrično, a N140 asimetrično - nižih amplitude ipsilateralno. Simetričan P400 se maksimalno dobro formira samo onda kad je voljna pažnja potpuno usmerena ka stimulisanom prstu.



Slika 9 Korelati voljne pažnje: P400 i N140. Rezultati oglada su prikazani na 4 slike: B, C, E i F. C i F su registrovane ipsilateralno. Vidimo da su P400 i N140 jasno oformljeni u okviru samo dva SSEP; ustvari oba SSEP su posledica istog draženja, samo je jedan registrovan kontralateralno (B), a drugi ipsilateralno (C). I oni su korelati usmerene voljne pažnje na stimulisani prst. U svim ostalim kombinacijama pažnja je pogrešno upućivana na nestimulisani prst, pa je zbog toga P400 uvek i potpuno nedostajao u SSEP. (Više detalja videti u tekstu.)

U svim drugim eksperimentalnim zadacima ispitanik je bio "varan". On je usmeravao i usredsređivao svoju pažnju prema prstu koji nije bio stimulisan, stimulisan je neki drugi prst, na istoj ili drugoj šaci. Očigledan je globalni zaključak: u svim onim situacijama u kojima je ispitanik bio "prevaren", specifični deo SSEP uredno je registrovan na anatomski tipičnim mestima, kontra i ipsilateralno i time su bili objektivni svedoci da su uslovi za normalnu percepciju somatosenzornog razdraženja bili potpuno normalno sačuvani sve vreme oglada. I pored toga N140 biva umanjen ili odsutan, a P400 apsolutno redovno odsutan.

Pored toga, potrebno je uočiti da je P400 je skoro apsolutno simetrične forme i veličine amplituda bikortikalno, odnosno iznad obe hemisfere. Za razliku od primarnog i specifičnog odgovora koji je neuporedivo viši u kontralateralnoj primarnoj senzornoj zoni. I još nešto. P400 se registruje iznad cele površine oba frontalna i oba parijetalna režnja, a najviše su parijetalne amplitude. Tako vidimo da je u generisanju ovih poznih talasa potrebna mnogo šira moždana angažovanost nego za primarni i

specifični deo EP. To je sasvim u skladu sa novim kvalitetom koju samosvest donosi procesu opažanja i za koju je potrebna mnogo šira angažovanost od jednog modaliteta koji pretvoren u signal putuje u primarnu zonu svog čula.

9.1 Voljna-svesna namera i tri negativna površna potencijala

Voljni čin omogućava žiža budnosti - pažnja - koja je tako prekretnica i spoj između budnosti kao nespecifičnog stanja opšte spremnosti CNS, i svesnosti kao integriranog rezultata svih zbivanja u mentalnoj sferi, sa naročitim naglaskom na "znanju" o sadržajima u svesti. Sama pažnja znači *izbor*, a hotimična pažnja znači *voljni i svesni izbor*. Zato je, verovatno, opravdano kad sugerišemo da o pažnji valja misliti dvojako - kao o neophodnom preduslovu samosvesti, ali i kao delu same samosvesti. Bilo kako da je, kad se borba motiva završi odlukom, onda se ta odluka pretvara u *nameru*, a nju prati *hotimična, namerna, tj. voljna pažnja*. Završna faza voljnog procesa podrazumeva izvršenje odluke, a preduslov izvršenja odluke je uspostavljeno stanje svesne i namerne, voljne pažnje.

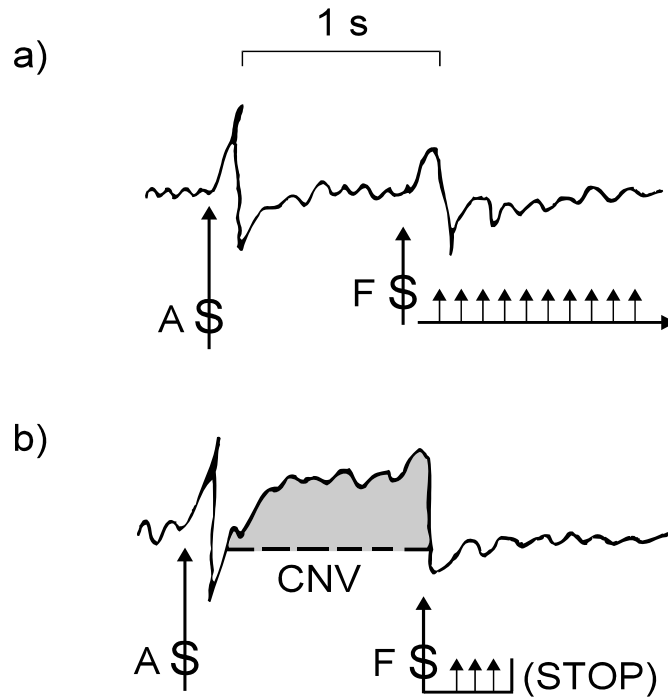
Postoje do sada uočena tri električna fenomena - tri negativna električna talasa koji se registruju sa površine mozga, odnosno skalpa - a mogu se povezati sa voljnom pažnjom, odnosno vrlo subjektivnim mentalnim stanjem svesne namere. To su: *kontigentna negativna varijacija, potencijal spremnosti i voljna kontrola cilju usmerenog pokreta*.

(1) *Kontigentna negativna varijacija je "talas iščekivanja"* v. Sl. 10 [45-47]. U procesu uslovljavanja ispitaniku se naloži da svoju pažnju usmeri na vizuelni signal koji mora da prekine pritiskom na dugme. Prethodi mu zvuk posle kojeg *očekuje vizuelni-drugi signal*.

U intervalu između prvog i drugog signala, dakle u periodu iščekivanja registruje se negativni talas koji traje više od jedne sekunde. Potencijal se registruje simetrično iznad frontalnih regija, a iznad parijetalnih je veoma niskih amplituda.

I ne zavisi od motornog odgovora. S obzirom da se registruje i kod uslovljenih životinja, onda je on više korelat usmerene pažnje.

(2) *Potencijal spremnosti* (v. Sl. 11) je elektrofiziološki korelat voljne namere da se načini voljni pokret, pokret pod kontrolom naše volje. Ispitanik slobodno bira kada će pokrenuti svoj prst. Moždana aktivnost se neprekidno registruje i šalje u kompjutersku memoriju. Kada voljni pokret proizvede mišićni potencijal koji registruje EMG, ovaj mišićni potencijal pokrene kompjutersku analizu zapisanih potencijala unazad, obrađuju se električni potencijali koji su zabeleženi *pre voljnog pokreta*. I ova analiza je otkrila negativni potencijal koji postepeno raste kako se približava trenutak započinjanja pokreta, a početak tog potencijala je oko dve sekunde pre nego što je voljni pokret prsta počeo [49,50].

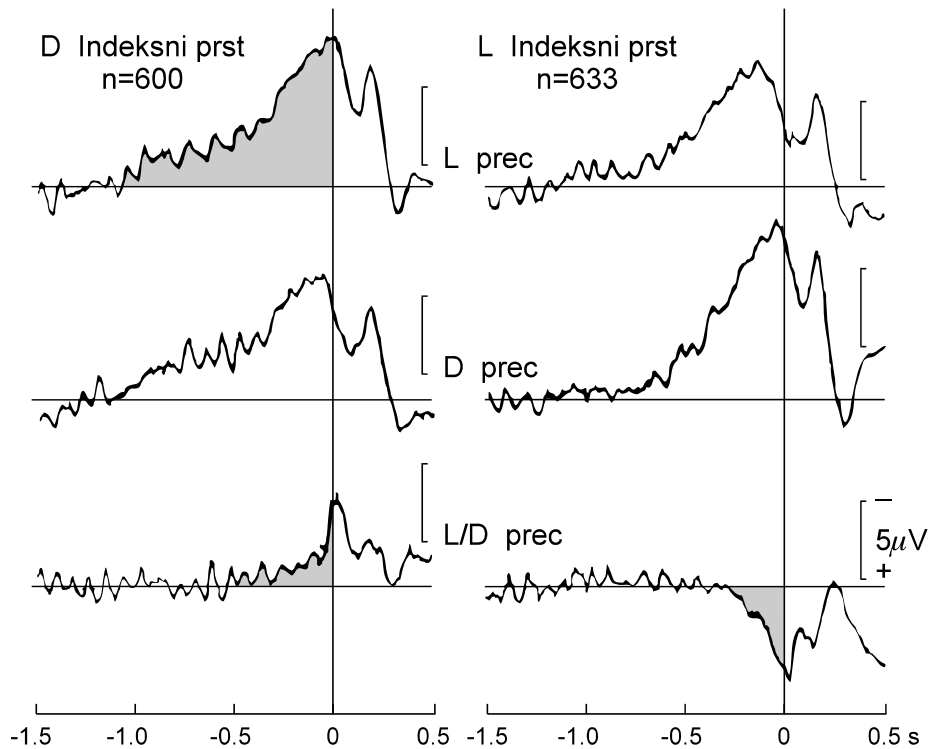


Slika 10 Kontigentna negativna varijacija (CNV), ili talas iščekivanja: (a) Efekti auditivne stimulacije i stimulacije treperavom svetlosti; vidi se da se između te dve stimulacije ništa ne dešava - ona je istih karakteristika kao i pre i posle tih draženja; (b) Negativni potencijal; u proceduri ogleda jedina razlika bila je u tome što je ispitanik imao zadatak: posle zvučnog signala, čim svetlost počne da trepće mora pritiskom na dugme da prekine treptanje. Tokom perioda iščekivanja, psihičko stanje spremne svesne pažnje pratio je registrovani negativni potencijal.

Ovi negativni potencijali registruju se skoro simetrično biparijetalno, a bifrontalno su znatno niže amplitude koje su i asimetrične - niže ipsilateralno. Potencijal spremnosti nastane za vreme krajnje subjektivnog mentalnog stanja - onda kad osoba svesno formira nameru da učini voljni pokret. Potencijal spremnosti je korelat namere da se izvrši motorni pokret, koji se još nije dogodio, ali će se dogoditi u bliskoj budućnosti.

Podsetimo se ispitivanja distribucije radioaktivnih izotopa u kori kad osoba *zamišlja pokret* jedne svoje ruke, i to samo zamišlja bez ikakve mišićne aktivacije. Redovno se registruje pojačana cirkulacija u: specifičnoj motornoj zoni, postcentralnom girusu, suplementarnim motornim zonama i prefrontalnom režnju.

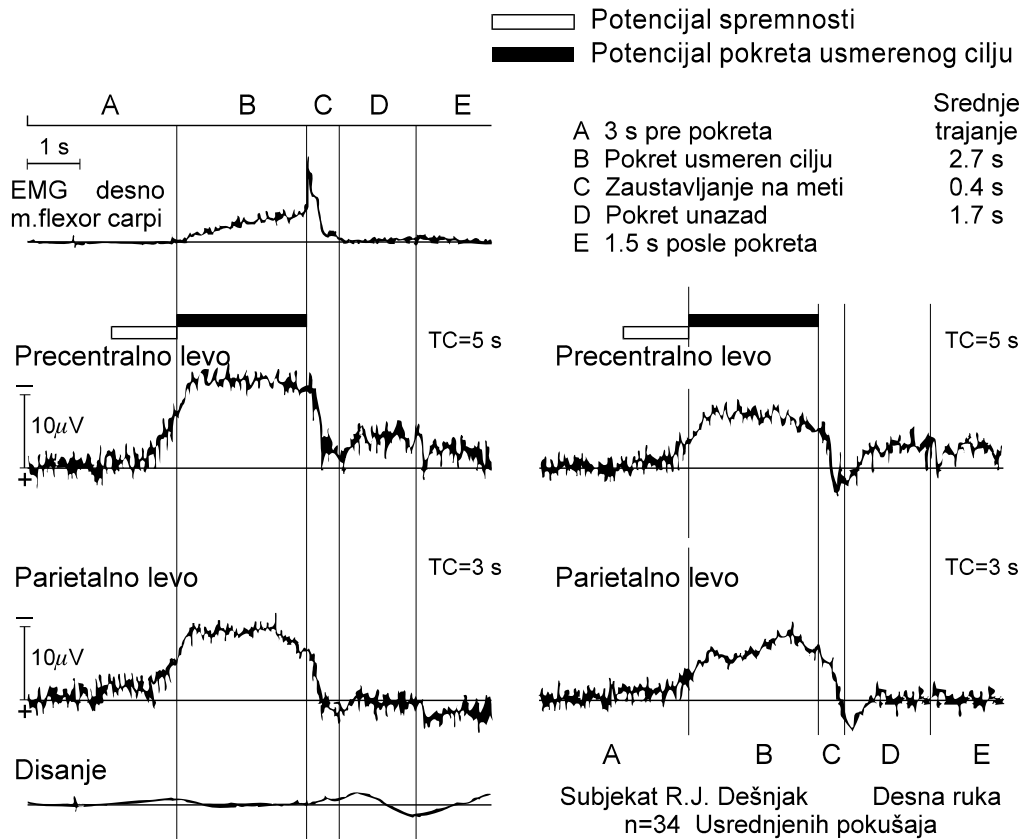
Prefrontalna aktivacija je zapažena i pri proučavanju kontigent negativne varijacije, pa bi ove činjenice ukazivale na značaj prefrontalnih režnjeva - 1/3 cele mase mozga - za formiranje voljne pažnje, voljne i svesne namere. U svetlosti ovih podataka postaje razumljivije zašto prefrontalna leukotomija ukida stvaranje opasnih namera kod agresivnih psihotičnih bolesnika.



Slika 11 Potencijal spremnosti. (Eksperimentalna procedura je sumarno prikazana u tekstu). Četiri gornje krive su registrovane monopolarno, a dve donje bipolarno. Ispitanik je potpuno slobodno donosio odluku kada će pokrenuti svoj prst. Oko dve sekunde pre mišićne kontrakcije prsta negativni potencijal bi počeo da "zida" svoju amplitudu koja je dostizala svoj maksimum u momentu kad započne mišićna kontrakcija. Negativni potencijali su viših amplituda kontralateralno, što za desni kažiprst znači iznad leve precentralne vijuge, a za levi iznad desne precentralne vijuge. Krive koje su bipolarno registrovane ilustruju postojanje potencijalne razlike između kontra i ipsilateralne strane - uvek je potencijal viši kontralateralno.

(3) *Negativni potencijal tokom ciljem usmerenog pokreta* (v. Sl. 12) je negativni talas koji se registruje tokom voljnog pokreta koji je usmeren na tačno određeni cilj. Ovaj potencijal se registruje u produžetku potencijala spremnosti, traje od momenta kad pokret počne i održava se sve dok pokret traje [51]. Negativnost se registruje iznad prefrontalne i parijetalne kore, a amplitude su dvostruko više od amplitude potencijala spremnosti uoči samog pokreta.

Postoje izvesni dokazi da se u neposrednoj blizini Brodmanove zone 24, malo frontalnije, nalazi neka vrsta "centra" koji je posebno angažovan u procesu integracije tzv. slobodne volje. U svakom slučaju, sa ovog mesta je najlakše ozlediti funkciju slobodne volje [87, 88]. Area 24 pripada limbičnom mozgu, emocionalnom mozgu a emocije su naša sledeća tema - emocije i samosvest.



Slika 12 Negativni potencijal pokreta usmerenog cilju. Ovaj površni negativni potencijal je direktni nastavak potencijala spremnosti. Potencijal spremnosti se stvori pre pokreta, a potencijal pokreta u toku voljnog, cilju usmerenog pokreta, i oba su elektrofiziološki korelati slobodne volje. Potrebno je da se zapazi da je amplituda voljnog pokreta usmerenog cilju (u vremenskom intervalu omeđenom sektorom B) najmanje dva puta viša od amplitude potencijala spremnosti (u intervalu A). Ovi potencijali su skoro simetrični, odnosno malo su viši kontralateralno. Regstruju se difuzno precentralno i parijetalno, ali su parijetalno amplitude niže.

10. SAMOSVEST O EMOCIJAMA

Svakodnevno doživljavamo mnogobrojne prelive emocionalnih reakcija, kao i promene raspoloženja. I mi ne samo što ih osećamo kao subjektivni doživljaj, nego i znamo [1] da takvu emociju imamo. Imamo svesno znanje o emocionalnom doživljaju, kao deo samosvesti.

U svakoj emociji možemo uočiti 4 različite komponente:

- (1) pomenuti *subjektivni i specifični* doživljaj u koji stičemo uvid samo introspekcijom, nepristupačan objektivnom proučavanju;
- (2) *kognitivni* aspekt (emocionalni stav prema nečemu može da nastane tek posle opažanja i razumevanja značenja i značaja opaženog, uz oživljavanje engrama iz sećanja na ranija iskustva);
- (3) *ekspresija* kroz ponašanje (etologija) i vegetativne funkcije (fiziologija); pristupačna objektivnom proučavanju;
- (4) *ekscitacija* - opšta (AARS), nespecifična

Najizrazitije su dve osobine emocije: specifična obojenost - specifičnost, i subjektivnost, ili specifičnost koja se može iskusiti isključivo kroz subjektivni doživljaj. Mi razvijamo široku lepezu emocija sa raskošnim prelivima i često veoma kompleksnim značenjima zbog istodobnog postojanja stavova koji se međusobno isključuju. Ali najprostija podela razlikuje samo dva tipa antitetskih emocija: *prijatne-neprijatne* (ili ugodne-neugodne / averzivne-afilijativne / pozitivne-negativne) što u krajnjoj liniji znači ljubav-mržnja / stvaranje-razaranje / život-smrt.

Kliničko iskustvo nas uči da se percepcija može dezintegrisati neposredno posle formiranja elementarnog osećaja. Spoj sa prethodnim iskustvima koja daju značenje elementarnoj senzaciji ne može da se uspostavi. Kad se to desi pacijent tačno opisuje osećaj, ali ne zna njegovo značenje. U drugim situacijama izgubi se samo veza sa nazivom pojma, kao u nominalnim afazijama.

Moguća je slična dezintegracija emocionalnog kompleksa na njegova četiri konstitutivna elementa. Bitni smisao emocije skriven je ispod pitanja da li je ona *prijatna* ili *neprijatna*. I ova prebojenost može da se ukloni iz emocionalnog kompleksa, a da pri tom ostali elementi ne budu poremećeni. Na primer, posle prefrontalne leukotomije [52,53] ili lezije desnog parijetalnog režnja *senzacija bola* se opaža, ali njeno *neprijatno svojstvo* iščezne. Pošto nema patnje, bol izgubi motivacionu snagu i više ne uznemirava. Kad razmatramo rezultate prefrontalne leukotomije, ne bi trebalo zanemariti već pomenutu ulogu prefrontalnog režnja u organizaciji voljne i namerne aktivnosti, voljne pažnje i njihovog uticaja na organizovanje ponašanja.

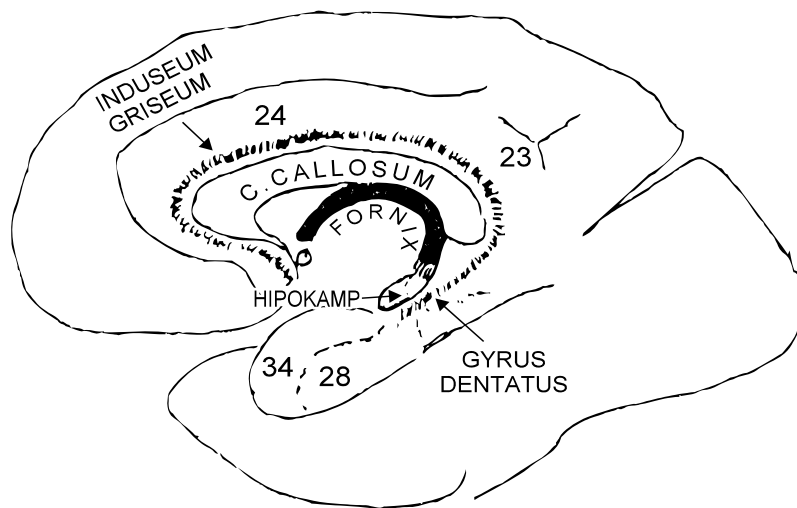
Slično razdvajanje može se zapaziti u *lažnom besu* (sham rage) [54,53]: ekspresija emocije je sačuvana u svom pojavnom obliku, ali nedostaje emocionalni stav. "Lažna emocija" ne ometa aktivnost koja je već u toku, emocija i aktivnost teku paralelno, jer takva emocija ne motiviše na promenu ponašanja; ona ne traje duže od stimulusa; i nije usmerena prema nekome ili nečemu. Ovakve i slične naznake dokazuju realnost i opravdavaju deljenje emocije u četiri sastavna elementa.

Biološki, formiranje emocija posreduje (1) limbički sistem, (2) hipotalamus i (3) dva oponentska sistema iz moždanog stabla: holinergični (periventrikularni) averzivni sistem i monoaminergični sistem zadovoljstva (afilijativni) sa medijalnim prozencefalnim snopom (MFB). Ali ovo nije cela istina, jer smo nabrojali samo najuži strukturni nukleus u kojem se formira emocionalno stanje, odnosno emocija. U

stvarnosti cela nevraksa, ceo nervni sistem je neophodan za obrazovanje emocije. Na primer, kognicija je jedan od četiri elementa svake emocije, a za kvalitetno saznanje nije nevažno koliko je osoba inteligentna i kakvim iskustvom raspolaže. Intelektualne operacije zahtevaju ceo telencefalon, obe hemisfere, sa subkortikalnim ganglijama uključivši talamus. Ili da bi se emocija izrazila kroz ponašanje bitna je koordinisana mišićna aktivnost, a ona nije moguća bez učešća cerebeluma, ekstrapiramidnog sistema, retikularnog sistema moždanog stabla i završnog puta - sistema perifernih motornih neurona kičmene moždine i moždanog stabla. Dalje, emocija zahteva učešće čitavog organizma sa kardiovaskularnim, respiratornim endokrinim i vegetativnim nervnim sistemom koji je neophodan za skladnu regulaciju rada unutrašnjih organa u odnosu na telesna opterećenja proistekla iz emocionalnog udara.

Ono što smo izdvojili predstavlja samo anatomsko jezgro emocionalnog života.

Limbički sistem (emocionalni mozak) sastavljen je od kornih i potkornih struktura i njihovih veza, [55], v. Sl. 13. Postoje dva kortikalna prstena na medijalnim stranama hemisfera, koji su okrenuti jedan drugome kao lik i njegov odraz u ogledalu.



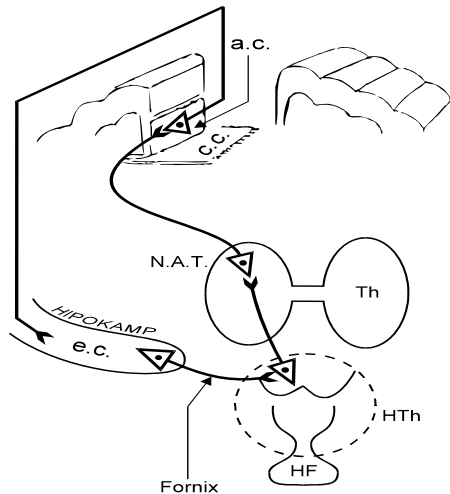
Slika 13 *Limbički sistem.* Limbički sistem sačinjavaju limbička kora (dva prstena), subkortikalna jedra (septalna i amigdalna) i veze (fornix). Spoljni prsten šestoslojne kore je mezopalium (paleopalium) i obuhvata: Brodmanove zone 23 i 24 koje čine gyrus cinguli, isthmus gyri cinguli, gyr. parahippocampalis koji se završava kao uncus gyri parahippocampalis (Brodman 34) i entorinalna kora (Brodman 28). Unutrašnji prsten je manje razvijena troslojna kora arhipaliuma koju čine: induseum griseum, gyr. dentatus i hipokamp.

Spoljni prsten je mlađi šestoslojni mezopalium (sinonim - paleopalium) u čijem je sastavu gyrus cinguli (Brodman 24 i 23). Unutrašnji prsten je stariji troslojni arhipalium u čijem su sastavu induseum griseum, hipokampus i gyr. dentatus. *Subkortikalna jedra* obuhvataju septalna jedra i jedra amigdala. Najjača *veza* među ovim strukturama predstavljena je fornixom.

Tri monoamina - dva kateholamina (noradrenalin - NA; dopamin - DA) i serotonin - 5HT su glavni neurotransmiteri limbičkog sistema i hipotalamusa. NA (glavni noradrenergični izvor je locus coeruleus) i DA (čiji je glavni dopaminergični izvor substantia nigra) uglavnom posreduju agresiju, samostimulaciju (septalna regija i MFB), emocije, arousal (AARS) i hranjenje. 5HT (glavni serotonergični izvor su raphe jedra moždanog stabla) posreduju suprotne funkcije kao što je relaksacija i spavanje. Naravno, sve ovo ne znači da drugi transmiteri nemaju veze sa transmisijom nervnih impulsa u limbičnom sistemu i hipotalamusu, što se osobito odnosi na holinergični sistem kako ćemo kasnije videti.

Papez [44,56] je skicirao integrativni koncept mehanizama koji generišu emocije. U odnosu na organski substrat iz kojeg se formiraju emocije, on je pomerio nivo najviše integracije i kontrole sa hipotalamusa [57,58] u deo mezopalliuma - girus cinguli. Čak i posle MacLeanove [59] intervencije Papezov krug nije izgubio u aktuelnosti.

Papez je predložio shemu (v. Sl. 14) sastavljenu od struktura koje pripadaju limbičnoj kori i hipotalamusu, a povezivanjem formiraju krug koji primarno može objasniti emocionalnu ekspresiju. U tom krugu koriste se gotovi obrasci ponašanja, vegetativni centri i endokrini sistem integrisani u hipotalamusu. U shemu se skladno uklapa hipofiza kao izdanak hipotalamusa. Nakupljeno znanje o ulozi hipokampa [60-62] u procesu pamćenja - kao dela kognitivnih procesa - koji je fornixom (oko milion vlakana) povezan sa mamilarnim telašcima (deo hipotalamusa - obrasci ponašanja, endokrini sistem i ANS), a preko mamilotalamičnog trakta sa arhitalamičnim nucleus anterior thalami (funkcija pažnje) kojim dospeva u cingularnu vijugu (viša integrativna instanca i kontrolor hipotalamusa), iz koje se vraća preko entorinalne kore u hipokamp, ovaj konstrukt dobija u svežini i razvijenosti koncepta.



Slika 14 Papecov (Papez) krug. Ovim konstruktom se opisuju veze između limbičkih kortikalnih struktura, hipotalamusa i arhitalamičnog nucleus anterior thalami. Skraćenice: c.c. - corpus callosum; g.c. - gyrus cinguli; E.c. - entorhinal cortex; Hth - hipotalamus; HF - hipofiza; Th - talamus; NAT - nucleus anterior thalami (v. tekst).

Kao što smo već rekli, Mac Lean je izmenio donekle Papezov krug time što je umanjio značaj gyrus cinguli, a uveo je u konstrukt septalni i amigdala nuklearni kompleks.

Septalna regija je bila pominjana već u vezi i sa Papezovim krugom, ali mi sada o septalnoj regiji mislimo mnogo drugačije. Prvo, sada znamo da septum pellucidum nije prazna membrana, jer ona sadrži male skupine nervnih ćelija grupisanih u sitna jedra, sitna po obimu, ali veoma značajna funkcionalno. Ona su deo onog substrata koji posreduje genuzu prijatnih emocija, deo su hedonističkog sistema u koji je uključen medijalni prozencefalni snop (MFB) moždanog stabla.

S druge strane, *medijalno septalno jedro je peismejker* [63] koji *produkuje 7,7 Hz hipokampa* onda kad su svi drugi delovi mozga desinhronizovani [63,64], a to je u vezi sa pamćenjem, sa konsolidacijom i ekforisanjem engrama. Šta više, danas se pretpostavlja da hipokamp ima ključnu ulogu u procesu pamćenja, ali kroz interakciju sa septalnim jedrima. S druge strane, septalna jedra su povezana sa hipotalamusom koji je izvor gotovih obrazaca ponašanja (udaljavanje/približavanje, napad/bekstvo).

Septalnu regiju je potrebno predstaviti takođe u svetlosti njene uloge u *stresu i anksioznosti*. Medijalno septalno jedro prima bogati input iz retikularne mase moždanog stabla - onih delova koji na krajevima svojih aksona luče noradrenalin i serotonin. Kad se septalno jedro stimuliše iz retikularne supstance stabla, električna aktivnost mozga postaje veoma slična mozgu životinje koja ispituje svoju okolinu koja joj je nepoznata i donekle opasna, i u kojoj ona uči - nastaje globalna kortikalna desinhronizacija, osim u talamusu - tamo se registruje θ -aktivnost. Onog momenta kad ispitivanje okoline prestane - i hipokamp postane desinhronizovan.

Gray (Grej) je postavio hipotezu da je neuroanatomska i neurofiziološka jezgra anksioznosti u *septo-hipokampalnom* kompleksu [65] koji, kao što smo rekli, prima bogati 5HT [66] i NA input iz retikularne supstance moždanog stabla. Kadgod je životinja u stanju stresa, retikularni sistem stimuliše septo-hipokampalni region pošto prvi kontakt uspostavi prvo sa medijalnim septalnim jedrom. Istovremeno A10 dopaminergično jedro snažno inerviše koru prefrontalnog režnja [53,66-68], ali ovaj podatak nije od značaja za temu kojom se sada bavimo, ili nam bar ne izgleda od značaja.

Jedra amigdale su substrat neprijatnih (negativnih, agresivnih) emocija. Direktna stimulacija zona amigdaloidnih jedara skoro uvek daje averzivne odgovore u ponašanju eksperimentalne životinje. Kortikomedijalno jedro amigdaloidnog kompleksa je povezano striom terminalis sa hipotalamičnim dorzomedijalnim jedrom i zajedno čine subsistem koji stvara agresivno ponašanje. Hipotalamično ventromedijalno jedro [69-71] je oponent ovom sistemu, jer njegova stimulacija inhibiše agresivno ponašanje, a kad se ablacijom odstrani agresija je olakšana.

Ukratko, pretpostavlja se da kompleks *amigdale* posreduje motiv *samoodržanja*; a *septalni* kompleks održanje *vrste i seksualnost*.

Uvodeći septalni i amigdala kompleks u limbični sistem, Mac Lean je širom otvorio vrata da se Papezovom sistemu priključe dva podsistema iz moždanog stabla. Ta dva podsistema su nosioci dve oponentske emocionalne boje - prijatno/neprijatno.

U moždanom stablu postoje dva oponentska suprotstavljena podsistema: *periventrikularni holinergični (PVH) - averzivni sistem* (vlakna su grupisana u ventralni i dorzalni snop), i *monoaminergični medijalni prozencefalni snop (MFB)* (sadrži pretežno vlakna noradrenergičnih i serotonergičnih neurona, i vlakna dopaminergičnih neurona u mezolimbicnom snopu, a u manjoj meri iz nigrostrijarnog DA sistema) od kojih je sačinjen *sistem zadovoljstva*.

Ova dva sistema, bilo na nivou moždanog stabla ili na nivou subkortikalnih limbickih jedara, su slični oponenti kao što su simpatikus i parasimpatikus autonomnog nervnog sistema. Samo što se ova dva podsistema stabla - PHH:MFB (ili amigdala:septalnoj zoni) bave patnjom i zadovoljstvom što znači da se bave emocijama i motivacijom. Njihovu suprotstavljenost dobro pokazuju ablacioni eksperimenti: uklanjanje septuma životinju pretvara u vrlo agresivno biće. I obrnuto, bilateralno uklanjanje amigdala je pretvara u pitomo i hiperseksualno biće. Dodajmo tome da sva dosadašnja ispitivanja upućuju na to da oba ova sistema oblikuju svoje uticaje na ponašanje koristeći šablone ponašanja koji su ugrađeni u hipotalamus.

Godine 1954., Olds i Milner su implantirali stimulišuće elektrode u jednu strukturu moždanog stabla koju mi danas zovemo medijalni prozencefalni snop, ili na engleskom medial fore brain bundle (MFB). Ustanovili su da od bilo koje druge aktivnosti životinja najviše voli sama da se stimuliše. Sve druge aktivnosti (hranjenje, gašenje žeđi, parenje) pričinjavale su joj manje zadovoljstvo od samostimulacije sopstvenog mozga [72-76]. Podnosile bi i bolove i patnju električnih šokova samo da dospeju do uređaja za stimulaciju. Kasnije je ustanovljeno da pored MFB isti rezultat daje stimulacija septalne regije: životinje su se stimulisale i po 7 000 puta u toku samo jednog sata. Potvrđeno je postojanje istog sistema i u mozgu čoveka. U par slučajeva shizofrenim pacijentima su implantirane elektrode za stimulaciju u septum pelucidum. I ovi ljudi su veoma voleli autostimulaciju koja im je donosila značajno uživanje prebojeno seksualnošću. Time je sistem zadovoljstva definitivno potvrđen i kod čoveka [77,78].

Holinergični sistem posreduje averzivno ponašanje. Direktna stimulacija holinergičnog sistema zaustavlja ono ponašanje koje je u tom momentu bilo u toku. Izaziva neprijatno osećanje i sasvim suprotno u odnosu na efekte dobijene direktnom stimulacijom MFB, obeshrabruje ponašanje koje je u toku. Direktna stimulacija holinergičnog sistema koristi se kao безусловna averzivna draž u procesu uslovljavanja. Kao što smo videli, monoaminergični sistem (NA) je glavni prenosnik arousal stanja, ekscitacije. Holinergični sistem prenosi pre svega inhibicijske uticaje (kroz habituaciju, gašenje uslovnih refleksa). Holinergični sistem inhibiše ona ponašanja koja bi ugrozila život u borbi za opstanak. Ovaj sistem još posreduje regulaciju vodenog metabolizma i agresivno ponašanje. Globalno uzevši, holinergični sistem je glavni prenosnik u onim mehanizmima koji obezbeđuju samoodržanje, isto onako kao i jedra amigdala čiji su neuroni pretežno holinoceptivni.

Postoje dva holinergična puta - dorzalni i ventralni [79-83]. Periventrikularni dorzalni holinergični snop počinje u dorzalnom delu mezencefalona, a pridružuju mu se holinergična vlakna iz kaudalnih i medijalnih delova hipotalamusa i talamusa. Nji-

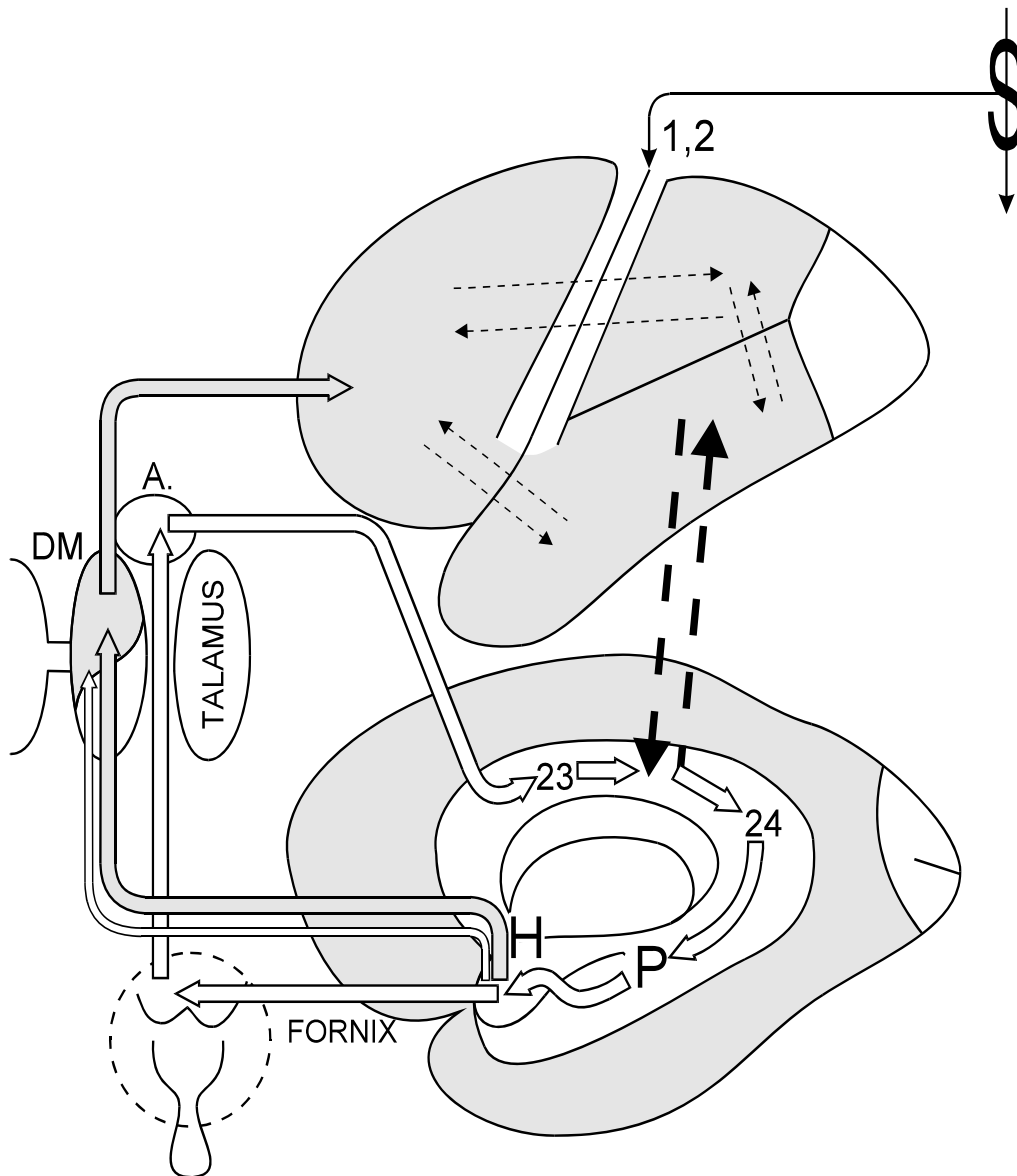
hova je projekcija usmerena ka limbičnom mozgu. Direktna stimulacija ukida naučene odgovore kod eksperimentalnih životinja.

Ventralni holinergični snop potiče iz substantiae nigrae, subtalamura i hipotalamura, a završava se svojim aksonima u limbičkoj kori i medijalnom septumu, pored ostalih struktura. Posle sinaptičkog prekida na neuronima medijalnog septuma, aksoni holinergičnih septalnih neurona projektuju se u hipokamp, važnu holinergičnu raskrnicu [84].

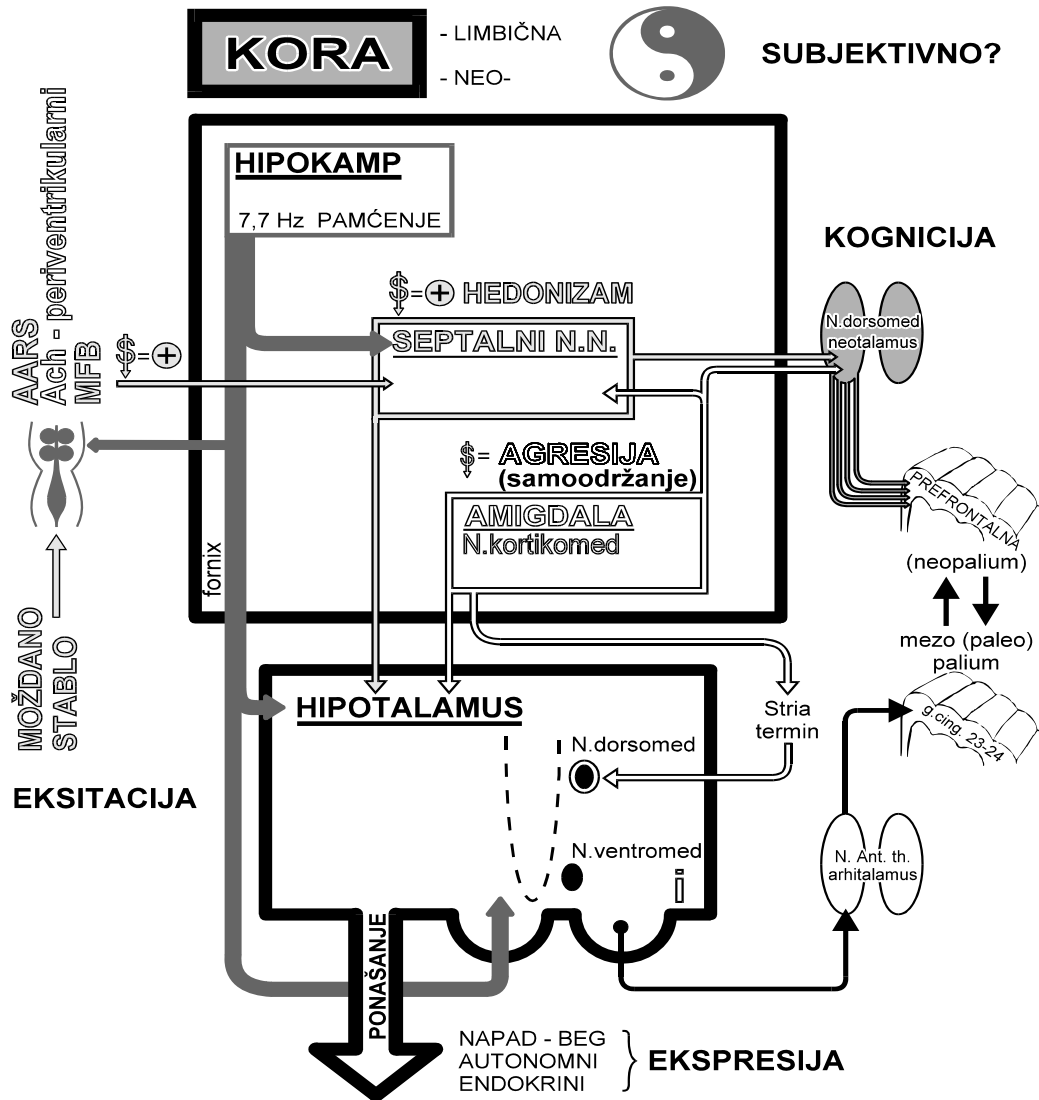
Pre nego što razmotrimo neke neuroanatomske pretpostavke u vezi sa samosvesću emocija, prethodno razmotrimo sistem posredovanja kognicije koja uzima učešća pri formiranju emocija. Već smo govorili o hipokampu i pamćenju. Preko neotalamičnih jedara limbični sistem bogato komunicira sa asocijativnim neokorteksom koji je neophodan za kognitivnu obradu ulaznog koji se preobraća u sređenu informaciju. Između neopalliuma i mezopalliuma takođe je dokazana bogata direktna komunikacija.

Mehanizam pamćenja je duboko utkan u limbični sistem preko hipokampa, parahipokampalne regije sa entorinalnom korom i fornksom (v. Sl. 15). Sa biološkog stanovišta ovo je racionalno rešenje - što je važnije iskustvo za opstanak individue to je događaj emotivniji, a upamćivanje bi trebalo biti tome srazmerno. Procena nove situacije zavisi od rasuđivanja o novim okolnostima i starih iskustava. Posle saznavanja kojim su uzeti u obzir značenje i značaj s obzirom na sopstveni sistem vrednosti, formiraće se emocije i motivisaće naše ponašanje. Anatomski oslonac bi mogao biti u vezama između struktura: girus cinguli-parahipokampalni girus-hipokampus-mamilarna telašca-nukleus anterior talami- i nazad u girus cinguli, obrazujući moždano kolo za sticanje životnog iskustva.

Već smo govorili o septalnom i amigdala ulazu u nukleus dorzomedialis talamura, jednog od tri neotalamična jedra, koji se projektuje u prefrontalni asocijativni neokorteks telencefalona. Pored ove asocijativne zone u njih spada pretežni deo parijetalnog i temporalnog režnja. Između njihovih vertikalnih jedinica i neotalamura postoje snažne međuveze. Ranije smo rekli da su isto toliko razgranate kortiko-kortikalne veze kako u istoj hemisferi između vertikalnih kortikalnih jedinica njenih lobusa po principu svaki lobus sa svim lobusima svoje hemisfere, tako i sa kontralateralnom hemisferom po tipu ukrštanja veza svakog lobusa jedne hemisfere sa svim lobusima suprotne hemisfere. Sir John Eccles (Ser Džon Ekls) je predložio hipotezu kojom se može potpunije objasniti kortikalni mehanizam pamćenja. Kodiranje engrama pomoću spaciotemporalne organizacije neuronske aktivnosti je široko prihvaćena hipotetična mogućnost kao i činjenica da se menja struktura sinaptičke rešetke [85]. Proces kodiranja zavisi od jedne vrste prostorne sumacije vertikalnih ulaza koji, s jedne strane dolaze iz same vertikalne jedinice iznutra ("kartridž" ekscitacija) i povezuju se sa istovremenim dolaskom inputa kroz komisuralne, asocijativne aksone, kao i aksone Martinotijevih ćelija. Ti aksoni su deo površnog prvog i drugog kortikalnog sloja koje pretežno sačinjavaju horizontalna vlakna (molekuarni i prvi granularni sloj). Najzanimljiviji deo hipoteze je da "kartridž" ulaz inicira hipokamp [86], za koji znamo da je pod direktnim uticajem stresa, distresa, ekscitacije.



Slika 15 Pamćenje, hipokamp i samosvest. Senčenjem su označene asocijativne zone neokorteksa i neotalamično dorzomedijalno jedro. Pretpostavka je da su ove strukture neophodni organski substrat za formiranje samosvesti, sa posebnim naglaskom na ulozi hipokampa. Bogate meduveze između prefrontalnog, i većeg dela parijetalnog i temporalnog režnja s jedne strane, i limbičnom korom s druge pripremaju moždanu osnovu samosvesti u odnosu na emocije. Istaknuta uloga hipokampa u tom kolu omogućava hipotezu koja objašnjava zašto mi ne samo što osećamo nego i znamo da osećamo. Skraćenice: H - hipokamp; P - g.parahippocampalis; 23,24 - g.cinguli; DM - dorzomedijalno jedro talamusa; A - nucleus anterior thalami; 1,2 - Brodmanove zone za somatski senzibilitet.



Slika 16 Moždana osnova emocija i samosvesti o emociji. Shema prikazuje elemente organskog substrata u kojem se formiraju četiri sastojka svake emocije, kao i samosvest o emocionalnom iskustvu. Dva rama su centar sheme. Veći sadrži tri podsistema: (1) hipokamp (pamćenje); (2) septalni sistem (hedonizam) i (3) sistem amigdala (agresija). Poslednja dva podsistema su organska osnova za podjelu emocija u dve oponentne grupe - svaka nosi svoj specifičan i subjektivan otisak prijatnosti ili neprijatnosti. Periventrikularni holinergični i monoaminergični MFB moždanog stabla pripadaju organizaciji emocija po tipu prijatno/neprijatno sa centrima u jedrima septuma i amigdala. Ekspresija koristi funkcije hipotalamusa. Kognitivni aspekt emocije se formira i zavisi od hipokampa, dorzomedijalnog jedra talamusa i asocijativnih zona neokorteksa. Ekscitacija je vezana za AARS moždanog stabla. Samosvest kao integrativni fenomen može se pretpostaviti da nastaje posredstvom bogate komunikacije između neotalamusa i slobodnih asocijativnih zona neokorteksa sa mezopaliumom kao predstavnikom limbičkog-emocionalnog mozga.

Sada bismo mogli da predstavimo hipotetičnu sumarnu shemu moždane osnove za sva četiri aspekta emocionalnog kompleksa, ili prostije - emocije (v. Sl. 16):

- (1) subjektivna-specifična emocionalna boja (*septalna jedra + monoaminergični MFB : jedra amigdala + PVH snop*);
- (2) kognicija (hipokamp, via neotalamus-asocijativne zone neokorteksa-prefrontalni, parijetalni, temporalni, i direktna kortiko-kortikalna komunikacija između asocijativnog neokorteksa i limbičnog mezokorteksa);
- (3) ekspresija (kroz hipotalamus - obrasci ponašanja + VNS + endokrine glandule);
- (4) ekscitacija (AARS i arhitalamus)

Nucleus dorsomedialis thalami ima ključnu ulogu u formiranju samosvesti zbog ulaza koji mu dolaze iz sistema zadovoljstva čiji je glavni predstavnik septum, kao i iz amigdala koje su osnova neprijatnih, averzivnih emocija. Tek kad sve ove inpute prosledi u neokorteks stvaraju se uslovi za svesni doživljaj emocionalne boje, za *znanje o onome što se oseća*. U formiranju "znanja" najverovatnije ima nezamenljiv uticaj hipokamp koji u isto jedro uliva svoje impulse direktno i indirektno.

Nucleus dorsomedialis i neokortikalne asocijativne zone smo razmatrali kad smo govorili o mehanizmu pamćenja. Tada smo videli da je anatomski supstrat pamćenja duboko utkan u emocionalni, ili limbički mozak. Upravo zato bi ove strukture mogle imati prelomni, ključni značaj i za nastanak samosvesti, tog *specifičnog znanja o sopstvenim iskustvima*, kad sami posmatramo svoje mentalne sadržaje kao neutralne fenomene van našeg subjektivnog prostora ili ličnosti. Pažnja bi mogla biti samo okidač, tj. pokretač ovakvog svesnog odnosa prema samom sebi.

11. O HIPOTETIČNOJ NEURONSKOJ ORGANIZACIJI SVESTI KAO "ZNAJANJE"

Kako izgleda, stanje "znanja" je ključni fenomen koji definiše svesnost i njen specifični deo - samosvest.

Ako nije nesvesna, ma koja aktivnost čoveka (kognitivna, konativna ili orijentacija) združena je sa "znanjem" da je ta aktivnost u toku, ili da je obavljena. Na teško pitanje - kakav je moždani substrat, neuronska potka ovog fenomena, nauka nije, u ovom trenutku, spremna da pruži pouzdani odgovor.

To je razlog što je Frensis Crick (1994) predložio da se problemu priđe sa "lakše" strane, pa da se prvo odgovori: na koji način se kroz percepciju sjedinjuju raznorodne karakteristike nekog objekta i integrišu u opažaj celovitog. Pretpostavka je da se iza sinhrono opaženih karakteristika nekog predmeta (bića) nalazi aktivacija neuronskih sklopova u različitim i često udaljenim delovima mozga. Ova vremenska povezanost aktiviranih neuronskih sklopova sjedinjuje opažene karakteristike koje oni posreduju svojom aktivnošću. Zato te odvojene karakteristike iščezavaju u holističkoj impresiji celine.

Sinhronija je samo jedan od pretpostavljenih preduslova formiranja magičnog "znanja". Obilate povratne veze između svih nivoa u kojima se odvija obrada informacija čine ogromnu oscilacionu mrežu ekscitaciono/inhibicijskih procesa koji su, nesumnjivo, deo moždane "računarske" obrade.

Hijerarhijska organizacija nervnog sistema je dosta stara hipoteza, i ona je deo evolucione teorije. Posmatrajući je globalno, moždani regioni su hijerarhijski organizovani. Niže i primitivnije strukture su pod kontrolom mlađih i razvijenijih struktura u koje su integrisane kao njihov sastavni deo. Jer priroda ne pravi revolucije i ne odbacuje potvrđeno efikasna rešenja. Novije u ovom shvatanju je nalaz hijerarhijske organizacije u okviru jedne iste regije. U njoj postoje lokalni nivoi hijerarhijske organizacije. Niži nivo prosleđuje višem rezultat svoje obrade na dalju i rafiniraniju obradu. I tako, u etapama putuje sirova senzacija i obogaćuje se sve do završnog lika informacije ne napuštajući svoju regiju. Ovo, bar za sada, izgleda dosta verovatno kad je u pitanju obrada vizuelnih signala u okcipitalnim režnjevima.

Veoma pažljiva ispitivanja pružila su izvestan uvid u neuronske strukture koje posreduju vizuelnu percepciju i njen konačni rezultat - kad je postajemo svesni. Govoreći terminima percepcije, čovek je vizuelno biće. Receptori mrežnjače, releji u corpus geniculatum laterale sa dodatnim kolima u koja su uključeni pulvinar i area striata obrazuju neuronsku osnovu vrlo diskriminativne funkcije vida, sa preciznom lokalizacijom duž celog optičkog puta i njegovog konačnog predstavljanja u arei striati (Brodmanova area 17), sa dodatnim zonama 18 i 19. Sve tri zone formiraju koru okcipitalnih režnjeva koji su potpuno posvećeni samo jednom čulu - vidu.

Pouzđano je ustanovljeno da su kortikalni neuroni aree striate kolumnarno organizovani i da su specijalizovani za opažanje samo vertikalnih, samo kosih ili samo horizontalnih linija [89-91]. Ustvari, svaki neuron ispaljuje seriju akcionih potencijala i ova rafalna pražnjenja dostižu maksimalnu učestanost za dotični neuron samo onda kad je linija u tačno određenom položaju, tj kad je pod određenim uglom. Druge pozicije nikad ne mogu izazvati maksimalnu frekvencu, pa se po toj poziciji koja daje maksimalnu frekvencu prepoznaje specifična osposobljenost neurona da opaža baš taj određeni položaj linije. Svaki neuron ima svoje receptivno polje koje je deo celog vidnog polja i svaki neuron stimulisan je dražima samo iz svog receptivnog polja. Ali njegova aktivnost nije izolovana. Ona je pod uticajem stanja susednih receptivnih polja. Kontekstualna povezanost izgleda da važi na svim nivoima moždane organizacije što nas dovodi do koncepcije "projekcionog polja" [92]. Ovo polje obuhvata sve neurone na koje se grana akson jednog neurona stupajući s njima u sinaptičke veze.

Mnogo inputa konvergira ka jednoj kortikalnoj vertikalnoj jedinici, a iz te kortikalne vertikalne jedinice polazi široka disperzija njenih uticaja na mnoge susedne i udaljene delove mozga - horizontalno (kortikalno) i vertikalno (subkortikalno). Oscilatorna kola postoje između kore i subkortikalnih struktura kao što su: tri dela talamusa, striatum i klastrum [93, 94]. Prema tome, postoji dobar razlog da se pretpostavi da se sirovi impuls pokrenut stimulusom obrađuje kroz hijerarhijski

organizovane neuronske nivoe (globalno i lokalno). Pri tom niži nivoi prosleđuju rezultate svoga rada višim nivoima u kojim se obrada nastavlja sve do konačnog formiranja informacije.

U ovom trenutku naučnici sa velikom verovatnoćom podozrevaju da su hipokamp i entorinalna kora ključne strukture koje posređuju "znanje", jer harmonično povezuju bogate rezultate obrada iz raznih moždanih regija hijerarhijski organizovanih.

Pored toga što je prilično primitivno građen, hipokamp je čudnovat i po nekim drugim osobinama. Na primer, Green i Arduini [63, 64] su pokazali neke neobične karakteristike hipokampa. Kad svi delovi mozga pokazuju desinhronizaciju, iznad hipokampa se registruje teta aktivnost. Kasnije su opisane tonična i fazična aktivnost hipokampa što je možda u vezi sa pamćenjem [95]. Tonična aktivnost je praćena teta ritmom, a fazična korelira sa desinhronizacijom hipokampalne električne aktivnosti. Fazična desinhronizacija traje paralelno sa senzornom stimulacijom i gasi se kad i ona. Na osnovu toga može se pretpostaviti da hipokamp ima centralnu ulogu u konsolidaciji svežih engrama (teta ritam). A da je tokom fazične aktivnosti važan faktor u povezivanju raznorodnih karakteristika u celovito opažanje objekta. Obe hipokampalne aktivnosti mogu biti neuronska osnova kratkotrajnog pamćenja koje je neophodno za svesnost, ili "znanje", kod viših primata i čoveka. I zato je sasvim razumno pretpostaviti da kratkotrajno i dugotrajno pamćenje (iskustvo) moraju biti povezani sa "znanjem" kao suštinskim delom svesti i samosvesti.

Kratkotrajno pamćenje, na neuronskom nivou organizacije CNS, može biti posredovano funkcionalnim promenama mozga kao što su ekscitatorni procesi u fenomenima koji potsećaju na tetaničku potencijaciju [94, 96], produženo pražnjenje neurona, oscilatorna kola (kao što je neuronska organizacija respiratornog centra i AARS), ali i izvesna intrinzična svojstva neurona koji su angažovani u procesu kratkotrajnog pamćenja [97-100]. Isto tako je moguće da su talamo-kortiko-talamična kola (neotalamična jedra?) bitni za postojanje kratkotrajnog pamćenja, a preko ovog fenomena da su bitni i za formiranje fenomena svesnosti kao stanja "znanja". Sasvim je verovatno da bazična i globalna aktivacija (facilitacija) kortikalnih jedinica potiče kroz AARS priliv (input). Putem arhitalamičnog sistema na kojem počiva fenomen pažnje, u odabrane kortikalne vertikalne jedinice koje su supstrat fenomena svesnosti priliva se dodatna energija. Na taj način pažnja donosi dva kvaliteta: prvo - selekciju i drugo - snažan doživljaj (iskustvo) svesnosti. Ova dva poslednja mehanizma su osnova koja pruža podršku za finiju razradu one aktivnosti koja je na grubljem nivou funkcije uspostavljena u talamo-kortiko-talamičnim krugovima. Na ovom mestu možemo uključiti hipotezu [94] o značaju petog sloja gigantskih piramidarnih ćelija, "eksplozivnih" neurona, u fenomenu svesnosti, odnosno o njihovoj prisnoj povezanosti sa fenomenom svesnosti. Ovi neuroni šalju svoje aksone ka talamičnim neuronima, a od njih primaju povratne veze pošto one prethodno prekinu svoj put i naprave releje u kortikalnim slojevima 4 i 6. Kortikalne moždane zone koje obiluju nervnim ćelijama i sinaptičkim povratnim vezama mogu podržavati dugotrajno razdraženje koje je organski posrednik fenomena svesnosti.

12. JOŠ O PAŽNJI I SAMOSVESTI

Samosvest se može posmatrati na svom pojavnom nivou i na nivou organske organizacije u okviru moždanog rada. A korelacija između ove dve sfere je još veoma daleko od trenutka kad će biti dobro utemeljena, i pouzdano razumljiva.

Osnovni biološki supstrat za sklapanje samosvesti moraju biti široka područja asocijativne kore: prefrontalna-parijetalna i temporalna. Ove kortikalne zone su u bogatim povratnim vezama slivene u jedno funkcionalno područje. U njega se slivaju elementarnije funkcije iz primarnih senzornih i motornih zona (primarne i suplementarnih zona), a takođe i iz subkortikalnih nivoa organizacije nervnog sistema kao što su moždano stablo i subkortikalne ganglije u koje ubrajam i talamus. Limbički sistem je čvrsto uvezani deo iste celine i to kako vezama iz arhi- i mezopalliuma direktno po principu kortiko-kortikalnih asocijativnih povratnih spojeva, tako isto i iz limbičkih subkortikalnih struktura koje šalju svoje aksone u svoju i neokortikalnu koru.

Nucleus dorsomedialis predstavlja samo najupadljiviju vertikalnu vezu između asocijativnih delova neokorteksa i sistema neotalamusa ostvarujući još jedno vertikalno povezivanje nevrakse, i to onog najmlađeg i funkcionalno najrafiniranijeg dela mozga sa evoluciono starijim i funkcionalno manje izdiferenciranim.

S obzirom da u nastajanju budnosti i samosvesti ogroman značaj ima sistem za energetska transformaciju egzogene energije u endogenu energiju CNS, od najveće su važnosti dva difuzna energetska sistema mozga čije je poreklo u moždanom stablu: mezokortikalni deo AARS, kao i onaj deo AARS čiji se impulsi podvrgnu elaboraciji u arhitalamičnim jedrima pre nego što se izliju u kortikalne vertikalne jedinice.

Samosvest je uvek izvestan poseban oblik znanja. To znanje je posebno po tome što ima kvalitet panoramskog viđenja iz ptičije perspektive sebe i detalja od kojih se sastoji sopstveni fizički i mentalni sklop. Nekad su to panoramske vizije, a drugi put su samo jasno znanje o nekom fizičkom ili funkcionalnom detalju (fiziološkom ili mentalnom). Danas je teško govoriti o bilo kakvom znanju, na bilo koji način a da se u obzir ne uzme uloga hipokampusa, i njegov odnos sa septalnim strukturama, bez obzira na njihovu fizičku delikatnost.

Na pojavnom nivou možemo uočiti postojanje znanja o sebi kao celini i postojanje znanja o detaljima od kojih je celina sklopljena. Kad kažemo - detalji - onda u prvom redu mislimo na funkcionalne detalje, na radnje koje proizvodimo. I detalji i celina *doživljavaju se sa distancom*, kao nešto što ima novi kvalitet - vidi se kao da sebe gledamo očima druge osobe, a ne sopstvenim očima.

Pri tom doživljaj identiteta nije uopšte ugrožen, i pod normalnim okolnostima nema doživljaja alijenacije. Pored jasnog viđenja detalja, u takvim okolnostima usredsređene energije, postaje jasnija i veza detalja sa celinom. Jer detalj nikada ne postoji van nekog sistema. Prema tome, dobro viđenje detalja povlači za sobom i potpunije viđenje celine kojoj on - detalj - pripada.

Zbog neledirane pripadnosti detalja celini, nema ni oštećenja identiteta. Ličnost sama sebe vidi sa primesom kritičnosti, kao detalj veće celine, ali bez izgubljenog doživljaja identiteta. Možda možemo reći, sa malo dozvoljenog preterivanja da je jedna ličnost dobrim delom ono što je njena pažnja, odnosno za šta je njena pažnja osposobljava.

U svom nadigravanju i samosvest se može posmatrati sa znanjem da je imamo, i nju možemo da doživimo sa distance, sa primesom objektivnog opažanja iz kojeg je uklonjena ograničenost poreklom iz sopstvenog bića i okolnosti koje nas pretvaraju u *reaktivno biće*. Tek kad se odredimo svojom namerom da budemo *kontemplativno biće* i da se uzdržimo od reaktivne uloge, tek tada se samosvest pojavljuje u svom punom sjaju, kao Venera (Afrodita) iz pene životne zahuktalosti koja nas melje u niže sfere postojanja. U stanju samosvesti detalji se vide ogromnom jasnoćom koja uključuje postojanje znanja o tome što vidimo. Rekao bih da postoji kauzalni odnos između ogromne jasnoće viđenja detalja i stvaranja uslova za *znanje par distance*. Između pažnje i znanja *par distance*. Mada znanje ne mora uvek biti paralelno sa kristalno jasnim sadržajem obasjanim jarkom pažnjom. *Potrebno je da se desi kritični doživljaj kad se čovek u svom životu prvi put sretne sa tim znanjem par distance*. Kritični doživljaj ima snagu prvog otkrovenja i praćen je emocijom radosti. Iz tog kritičnog doživljaja, kad se desi, kasnije će proisteći sposobnost kritičkog mišljenja a ono je uvod u objektivnost sopstvenog rasuđivanja.

Uz uravnoteženu savest i smisao za druge ljude to otvara perspektivu za stvaranje onog humanizma koji je ljudima već dodelio Erazma Roterdamskog.

Jasno viđenje detalja uvek povlači otvaranje nove perspektive tog detalja koji uvek pripada nekom širem sistemu. Jer, kao što smo već rekli, ništa nije izolovano, sve je uklopljeno u još širi sistem. Otud i mogućnost otvaranja *znanja par distance* u odnosu na sopstvenu samosvest, mogli bi smo reći *samosvest samosvesti*. Koliko tih proboja još ima, odnosno gde je novi sazajni zid, mi to ne znamo. Ali je to jedan od dobrih razloga zbog kojih vredi živeti.

LITERATURA

- [1] Cousin, in C.Spearman, *Psychology Down the Ages* (Macmillan, London, 1937), Chs. 1, 4.
- [2] V.Desimirović, *Savremena medicinska Psihologija* (Nauka, Beograd, 1994), Ch. 10.
- [3] G.Moruzzi and H.Magoun, Brain stem reticular formation and activation of the EEG, *EEG and Clinical Neurophysiol.* 1 (1949), pp. 455-473.
- [4] R.Morisson, E.Dempsey, and B.Morisson, Cortical responses from electrical stimulation of the brain stem, *J. Neurophysiol.* (1940), pp. 732-743.
- [5] F.Bremer, Consideration sur l'origine et la nature des ondes cerebrales, *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1 (1949), pp. 177-193.

- [6] J.Rose and C.Wolsey, Organization of mammalian thalamus and its relationships to the cerebral cortex, *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1 (1949), pp. 391-403.
- [7] T.Starzl and H.W.Magoun, Organization of the diffuse thalamic projection system, *J. Neurophysiol.* 14 (1951), pp. 133-146.
- [8] C.Elliot, *Textbook of Neuroanatomy* (Lipincott, Philadelphia-Montreal, 1963).
- [9] E.Dempsey and R.Morison, Production of rhythmically recurrent cortical potentials after localized thalamic stimulation, *Am. J. Physiol.* 20 (1942), pp. 19-29.
- [10] J.Brookhart, A.Arduini, N.Mancia, and G.Moruzzi, Thalamocortical relations as revealed by induced slow potential changes, *J. Neurophysiol.* 21 (1958), pp. 501-525.
- [11] D.Purpura, R.Shefer, and S.Musgrave, Cortical intracellular potentials during augmenting and recruiting responses, *J. Neurophysiol.* 27 (1964), pp. 133-151.
- [12] A.Sarkisov, et al: *Architectoniques of man cortical brain fibers* (Medicina, Moscow, 1972).
- [13] A.Kostić, *Osnovi normalne histologije* (Naučna knjiga, Beograd, 1950).
- [14] V.B.Mountcastle, Modality and topographic properties of single neurons of cats somatic sensory cortex, *J. Neurophysiol.* 20 (1957), pp. 408-434.
- [15] J.Szentagothai, The local neuronal apparatus of the cerebral cortex, in *Cerebral Correlates of Conscious Experience*, P.Buser and A.Rouguel-Buser, eds. (Elsevier, Amsterdam, 1978), pp. 131-138.
- [16] D.G.Dawson, A summation technique for the detection of small evoked potentials, *EEG and Clin. Neurophysiol.* 6 (1954), pp. 65-84.
- [17] N.Lassen, D.Ingvar, and E.Skinhoj, Patterns of activity in the human cerebral cortex graphically displayed, *Sci. American* 239/4 (1978), pp. 50-59.
- [18] C.Elliot, The cerebral cortex, in *Textbook of Neuroanatomy* (Lippincot, 1963), Ch. 22.
- [19] J.Hunter and H.Jasper, Effects of thalamic stimulation in unanaesthetized animal, *EEG and Clin. Neurophysiol* 1 (1949), pp. 305- 324.
- [20] O.Creutzfeld, S.Watanabe, and H.Lux, Relations between EEG phenomena and potentials of single cortical cells, *EEG and Clin. Neurophysiol.* 20 (1961), pp. 19-38.
- [21] O.Creutzfeld, Neuronal mechanisms underlying EEG, in *Basic Mechanisms of the Epilepsies* (Churchill, London, 1969), pp. 397-410.
- [22] M.Verzeano and I.Calma, Unit activity in spindle bursts, *J. Neurophysiol.* 17 (1954), pp. 417-428.
- [23] P.Landfield, Synchronous EEG rhythms: their nature and their possible function in memory, information transmission and behavior, in W.H.Gispens, ed., *Molecular and Functional Neurobiology* (Elsevier, Amsterdam, 1976), Ch. 11.
- [24] D.Giblin, Somatosensory evoked potentials in healthy subjects and in patients with lesions of the nervous system, *Annals N.Y. Acad. Sci.* 8.5 (1964), pp. 93-141.
- [25] G.Pampiglione, Some observations on the variability of evoked potentials, *EEG and Clinic. Neurophysiol.*, Suppl. 26 (1967), pp. 97-99.

- [26] C.Pagni, Somatosensory evoked potentials in thalamus and cortex of man, *EEG and Clin. Neurophysiol.*, Suppl. 26 (1967), pp. 147-155.
- [27] A.Bava, E.Fadiga, and T.Manzoni, Lemniscal afferents and extracallosal mechanisms for interhemispheric transmission of somatosensory evoked potentials, *EEG and Clin. Neurophysiol.*, Suppl. 26 (1967), pp. 182-187.
- [28] R.Cracco, R.Bickford, and B.Rochester, Somatomotor and somatosensory evoked responses, *Arch. H. Neurol.* 18 (1968), pp. 52-68.
- [29] H.Perssons, Development of somatosensory cortical functions, *Acta Physiolog. Scand.*, Suppl. 394 (1973).
- [30] V.Amassian, Evoked single cortical unit activity in the somatic sensory area, *EEG and Clin. Neurophysiol.* 5 (1953), pp. 415-438.
- [31] V.Amassian, H.Waler, and J.Macy, Neural mechanism of the primary somatosensory evoked potential, *Annals N.Y. Acad. Sci.* 112 (1964), pp. 5-32.
- [32] T.Allison, W.Goff, and M.Sterman, Cerebral somatosensory responses evoked during sleep in the cat, *EEG and Clin. Neurophysiol.* 21 (1966), pp. 461-468.
- [33] O.Creutzfeld and U.Kuhnt, The visual evoked potentials, physiological, developmental and clinical aspects, *EEG and Clin. Neurophysiol.*, Suppl. 26 (1967), pp. 29-41.
- [34] H.Jasper, Pathophysiological studies of brain mechanisms in different states of consciousness, in *Brain and Conscious Experience*, Sir J.Eccles, ed., (Springer, Berlin, 1966), pp. 256-282.
- [35] J.Desmedt and D.Robertson, Search for right hemisphere asymmetries in event-related potentials to somatosensory cueing signals, in *Language and Hemispheric Specialization in Man: Cerebral Event-Related Potentials*, J.Desmedt, ed., (Karger, Basel, 1977), pp. 172-187.
- [36] J.Desmedt and D.Robertson, Differential enhancement of early and late components of the cerebral somatosensory evoked potentials during forced-paced cognitive tasks in man, *J. Physiol.* 271 (1977), pp. 761-782.
- [37] S.Sutton, N.Braren, and J.Zubin, Evoked potential correlates of stimulus uncertainty, *Science* 150 (1965), pp. 1187-1188.
- [38] P.Gloor P, Consciousness as a neurological concept in epileptology: a critical review, *Epilepsia* 27, Suppl. 2 (1986), pp. s14- s26.
- [39] G.Gallup, Selfrecognition in primates, *Am. Psychol.* 32, (1977), pp. 329- 338.
- [40] R.Sperry, Neurology and the mind-brain problem, *Am. Sci.* 40 (1952), pp. 291-312.
- [41] R.Sperry, The great cerebral commissure, *Sci. Am.* 210 (1964), pp. 42-52.
- [42] R.Sperry, Forebrain commissurotomy and conscious awareness, *J. Med. Phil.* 2 (1977), pp. 101-126.
- [43] R.Sperry, E.Zaidel, and D.Zaidel, Selfrecognition and social awareness in the disconnected minor hemisphere, *Neuropsychol.* 17 (1979), pp. 156-166.

- [44] W.Penfield and H.Jasper, *Epilepsy and Functional Anatomy of the Human Brain* (Little Brown, Boston, 1954).
- [45] G.Walter, R.Aldridge, V.McCallum, and A.Winter, Contingent negative variation an electrical sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain, *Nature* 203 (1964), pp. 380-384.
- [46] G.Walter, Slow potential changes in the human brain associated with the expectancy, decision and intention, *EEG and Clin. Neurophysiol.*, Suppl. 26 (1967), pp. 123-130.
- [47] D.Irwin, J.Knott, D.Mc Adam, and C.Robert, Motivational determinants of the contingent negative variation, *EEG and Clin. Neurophysiol.* 21 (1966), pp. 538-543.
- [48] V.Desimirović, Psihofiziologija - primenjena elektrofiziologija, u S.Jakulić i V.Desimirović, *Biološke osnove psihijatrije* (Zavod za udžbenike, Beograd, 1990), Gl. 2.
- [49] L.Deecke, P.Scheid, and H.H.Kornhuber, Distribution of readiness potential, premotion positivity and motor potential of the human cerebral proceeding voluntary finger movement, *Experim. Brain Research* 7 (1969), pp. 158-168.
- [50] L.Deecke, B.Grozinger, H.H.Kornhuber, Voluntary finger movements in man. Cerebral potentials and theory, *Biol. Cybern.* 23 (1976), pp. 99-119.
- [51] E.Grunewald-Zuberbier, G.Grunevald, and R.Jung, Slow potentials of the human precentral and parietal cortex during goal-directed movements, *J. Physiol.* 284 (1978), pp. 181P-182P.
- [52] S.Shevitz, Psychosurgery: some current observations, *Am. J. Psychiatry* 133 (1976), pp. 266-270.
- [53] V.Desimirović, Emocionalni život i neuroze, u S.Jakulić i V.Desimirović, *Biološke osnove psihijatrije* (Zavod za udžbenike, Beograd, 1990), Gl. 12.
- [54] J.Masserman, Is the hypothalamus a center of emotion? *J. Psychosom. Med.* 3 (1941), pp. 3-25.
- [55] I.Kupferman, Hypothalamus and limbic system, in *Principles of neural science* (Elsevier, Amsterdam, 1985), pp. 612-635.
- [56] J.Papez, A proposed mechanism of emotion, *Arch. Neurol. Psychiat.* 18 (1937), pp. 725-744,
- [57] W.Hess and K.Akert, Experimental data on the role of hypothalamus in mechanisms of emotional behavior, *Arch. Neurol. Psychiat.* 73 (1955), pp. 127-129.
- [58] J.Masserman, Is the hypothalamus a center of emotion? *J. Psychosom. Med.* 3 (1941), pp. 3-25.
- [59] P.Mac Lean, Psychosomatic disease and the "visceral brain", *Psychosom. Med.* 11 (1949), pp. 338-353.
- [60] Z.Elazar and W.Adey, EEG correlates of learning in subcortical and cortical structures, *EEG and Clinic. Neurophysiol.* 23 (1967), pp. 306-319.
- [61] P.Parmeggiani, Of the functional significance of the hippocampal theta rhythm, in *Progress in Brain Research*, Vol. 27 (Elsevier, Amsterdam, 1967), pp. 413-431.

- [62] Y.Yamaguchi, N.Yoshii, K.Miyamoto, and N.Itoigawa, A study of the invasive hippocampal theta waves to the cortex, in *Progress in Brain Research*, Vol. 27 (Elsevier, Amsterdam, 1967), pp. 281-292.
- [63] J.Green and A.Arduini, Hippocampal electrical activity in arousal, *J. Neurophysiol.* 23 (1954), pp. 403-420.
- [64] C.Euler and J.Green, Excitation inhibition and rhythmical activity in hippocampal pyramidal cells in rabbit, *Acta Scand. Physiolog.* 48 (1960), pp. 110-125.
- [65] J.Gray, *The Neurophysiology of Anxiety: An Inquiry into Function of the Septohippocampal System* (Oxford Univ. Press, Oxford, 1982).
- [66] N.Tye, B.Everitt, and S.Iversen, 5-hydroxytryptamin and punishment, *Nature* 268 (1977), pp. 741-741.
- [67] H.Simon, M.Le Moal, and B.Cardo, Efferents and afferents of ventral tegmental a10 region studied after local injection (h3) leucin and horseradish peroxidase, *Brain Res.* 178 (1979), pp. 17-40.
- [68] S.Lavielle, J.Tassin, A.Thierry, G.Blanc, G.Herve, C.Barthelemy, and J.Glowinski, Blockade by benzodiazepins of the selective high increase of dopamine turnover induced by stress in mesocortical dopaminergic neurons of rat, *Brain Res.* 168 (1979), pp. 585-594.
- [69] P.Gloor, Electrophysiological studies of amygdala (stimulation and recording): their possible contribution to the understanding of neural mechanisms of aggression, in *Neural Basis of Aggression and Violence* (Warren Green, St. Louis, 1975), pp. 5-15.
- [70] L.Schreiner and A.Kling, Behavioral changes following rhinencephalic injury in the cat, *J. Neurophysiol.* 16 (1953), pp. 643-659.
- [71] L.Schreiner and A.Kling, Rhinencephalon and behavior, *Am. J. Physiol.* 184 (1956), pp. 486-490.
- [72] J.Olds and P.Milner. Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain, *J. Comparat. Physiol. Psychol.* 47 (1954), pp. 419-427.
- [73] J.Olds, Pleasure centers in the brain, *Sci. Am.* 195 (1956), pp. 105-117.
- [74] J.Olds, Selfstimulation of the brain, *Science*, 127 (1958), pp. 315-324.
- [75] J.Olds, Hypothalamic substrates of reward, *Psychol. Rev.* 42 (1962), pp. 554-604.
- [76] C.Wise and L.Stein, Facilitation of brain selfstimulation by central administration of norepinephrine, *Science* 163 (1969), pp. 299-301.
- [77] R.Heath, Electrical stimulation of the brain in man, *Am. J. Psychiatry* 120 (1963), pp. 571-577.
- [78] R.Heath, Pleasure responses of human subjects to direct stimulation of the brain: physiological and psychodynamic considerations, in *The Role of Pleasure in Behavior* (Harper and Row, New York, 1964).
- [79] C.Shute and P.Lewis, The ascending cholinergic reticular system: neocortical, olfactory and subcortical projections, *Brain Res.* 90 (1967), pp. 497-520.

- [80] C.Shute and P.Lewis, Cholinergic pathways, *Pharmacol. Ther.* 1 (1975), pp. 79-87.
- [81] H.Fibiger and S.Vincent, Anatomy of the central cholinergic neurons, in *Psychopharmacology* (Raven Press, New York, 1987), pp. 211-218.
- [82] P.Lewis and C.Shute, The cholinergic limbic system. Projections to hippocampal formation, medial cortex, nuclei of ascending reticular cholinergic system and the subfornical organ and supraoptic crest, *Brain* 90 (1967), pp. 521-540.
- [83] M.Mesulam, E.Mufson, A.Levey, and B.Wainer, Atlas of cholinergic neurons in the forebrain and the upper brainstem of the macaque based on monoclonal cholin acetyltransferase immunohistochemistry, *Neurosci.* 12 (1984), pp. 669-686.
- [84] V.Desimirović, Receptorni i neurotransmiterski sistemi u mozgu, u S.Jakulić i V.Desimirović, *Biološke osnove psihijatrije* (Zavod za udžbenike, Beograd, 1990), Gl. 3.
- [85] M.Baudry and G.Lynch, Properties and substrates of mammalian memory, in *Psychopharmacology* (Raven Press, New York, 1987), pp. 449-462.
- [86] J.Eccles, Remembrance, in *The Human Psyche* (Springer, Berlin, 1980), Ch. 7.
- [87] A.Damasio and G.van Hoesen, Emotional disturbances associated with focal lesions of the limbic frontal lobe, in K.Heilman and P.Satz, *Neurophysiology of Human Emotion* (Gilford press, New York, 1983).
- [88] F.Crick, A postscript on free will, in F.Crick, *The Astonishing Hypothesis* (Charles Scribner's Sons, New York, 1994).
- [89] D.Hubel, Visual cortex of the brain, *Sci. Am.* 209 (1963), pp. 54-62.
- [90] D.Hubel and T.Wiesel, Receptive fields and functional architecture in two nonstriate visual areas (18 and 19) of the cat, *J. Neurophysiol.* 28 (1965), pp. 229-289.
- [91] D.Hubel, and T.Wiesel, Stereoscopic vision in macaque monkey, *Nature* 225 (1970), pp. 41-42.
- [92] *Ref.* 88, Ch. 11.
- [93] H.Sherk, The claustrum and the cerebral cortex, in E.Jones and A.Peters, *Cerebral Cortex: Sensory Motor Areas and Aspects of Cortical Connectivity* (Plenum press, New York, 1986).
- [94] *Ref.* 88, Ch.17.
- [95] Z.Elazar and W.Adey, EEG correlates of learning in subcortical and cortical structures, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 23 (1967), pp. 306-319.
- [96] J.Eccles and R.Vesterman, Enhanced synaptic function due to excess use, *Nature* 184 (1959), pp. 460-461.
- [97] P.Goldman-Rakić, S.Funahashi, C.Bruce, Neocortical memory circuits, *The Brain* 55 (1990), pp. 1025-1038.
- [98] R.Zucker, Short term synaptic plasticity, *Ann. Revue Neuroscience* 12 (1989), pp. 13-31.
- [99] J.McConnel, Biochemistry of memory, *Das Medizin. Prisma* 3 (1968), pp. 1-23, in Serbian.
- [100] K.Lashley, In search of engram, *Symp. Soc. Exp. Biol.* 4 (1950), pp. 452-482.