

ZNAOST

NEUROFIZIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA SNOVA

I životinje imaju snove kao i ljudska bića

Po mišljenju većine somnologa (istraživača sna), snovi nastaju kao posljedica aktivacije i preslagivanja elemenata pamćenja a čije se povezanosti (asocijacije) mijenjaju u procesu snivanja ovisno o vrsti ciklusa spavanja. Nadalje, istraživači su došli do zanimljive spoznaje da i životinje posjeduju cikluse spavanja i da one, sudeći po sličnostima neurofizioloških reakcija, kao i sličnostima u ponašanju, imaju snove kao i ljudska bića.

Damir Kovačić

Čovjek je od davnina želio dokučiti podrijetlo i smisao snova. Pojedine kulture pripisivale su im proročka, magična i ljekovita svojstva. Sigmund Freud je na Zapadu svojim psihoanalitičkim pristupom udario temelje analitičkom tumačenju snova. On je smatrao da snovi predstavljaju »kraljevski put« prema nesvjesnom i da otkrivaju najdublje elemente unutarnjeg života osobe.

Međutim, Freud nije mogao utvrditi na koji način su snovi povezani sa spavanjem, objasniti mehanizme njihovog stvaranja i dokučiti čemu služe. Tek moderna znanost, otkrićem moždane elektroencefalografije (EEG) sredinom 20. stoljeća, omogućava znanstveni pristup tumačenju snova. Današnja istraživanja pojave spavanja, proizašla iz različitih područja znanosti kao što su kognitivna neuroznanost, molekularna biologija i neurofiziologija, pružaju argumente da spavanje igra važnu ulogu u procesu učenja i pamćenja.

Ciklusi spavanja

Prvo veliko otkriće dogodilo se 1953. godine kada je utvrđeno da se spavanje sastoji od više karakterističnih ciklusa: ciklus inicijacije spavanja, nakon čega slijedi izmjena više ciklusa, nazvanih REM i NREM ciklusa. U REM se fazi oči pod spuštenim kapcima brzo miču, disanje postaje nepravilno, a srčana aktivnost nepravilna, dok NREM fazu obilježavaju spori

EEG valovi. Ciklus s REM i NREM fazom traje obično oko 90 minuta i tijekom uobičajene noći obično se izmjenjuju četiri ciklusa. Kako EEG snima moždanu aktivnost mjereći na površini glave električne potencijale koje svojom aktivnošću stvaraju živčane stanice – neuroni, moguće je precizirati neurofiziološke sličnosti i razlike između REM i NREM faza te faza kada smo budni. Pokazuje se da je EEG signal tijekom REM faze sličan onom u budnom stanju, a u odnosu na NREM fazu je »tiši« i nepravilnog je oblika. Drugo važno otkriće je da postoje različite vrste snova koje ovise o vrsti ciklusa spavanja. Najupečatljiviji snovi, puni bizarnosti s emotivnim konotacijama, a kojih se čovjek najčešće ali i nerado sjeća su snovi proizašli u REM fazama.

I životinje imaju snove

Nadalje, istraživači su došli do zanimljive spoznaje da i životinje posjeduju cikluse spavanja i da one, sudeći po sličnostima neurofizioloških reakcija, kao i sličnostima u ponašanju, imaju snove kao i ljudska bića. Na funkciju snova, te njenu povezanost s REM fazama ukazuje daljnje zanimljivo otkriće: australski kljunati ježak (neobičan sisavac koji leže jaja), tijekom spavanja proizvodi samo spore valove (NREM faza), ali u njega nisu primijećeni i REM ciklusi spavanja. Evolucijski gledano, kljunati ježak razdvajao se od najbližih sisavaca otprilike prije 140 milijuna

godina. To ukazuje na mogućnost da je otprilike tada nastao mehanizam snova u sisavaca i da je povezan sa sposobnošću preživljavanja. No, detaljno preciziranje tijeka spavanja nije dostatno da se objasni uloga snova. Neki smatraju da je jedina funkcija spavanja detoksifikacija (ili) termoregulacija mozga, ili pak »obnova« moždanog tkiva, pri čemu se snovi javljanju kao nuspojava. Iako je još prije 200 godina David Hartley sugerirao da sanjanje mijenja jačinu veza između povezanih (asocijativnih) memorija – koliko neke misaoni koncept ili događaj asocira na nešto drugo – tek zadnjih nekoliko godina istraživači su takoreći »nanjušili« međusobnu povezanost spavanja, snova, učenja i pamćenja.

Povezanost spavanja, pamćenja i učenja

Međutim, kako uopće možemo znanstveno ispitati povezanost snova s učenjem i iskustvenim događajima, odnosno učvršćivanjem memorija stečenih kao rezultat učenja i iskustva? Prvo, znanstvenici promatraju dužinu trajanja različitih ciklusa spavanja koje su uslijedile nakon faza različitih vrsta učenja. Naime, smatra se da pojačano učenje dovodi do produženog trajanja REM faza iako postoje eksperimentalni prigovori što baca neke sumnje na taj zaključak. Drugo, tijekom sna se proučava moždana aktivnost u onim dijelovima mozga koji su bili »najaktivniji« u procesu



Na funkciju snova, te njenu povezanost s REM fazama ukazuje daljnje zanimljivo otkriće: australski kljunati ježak (neobičan sisavac koji leže jaja), tijekom spavanja proizvodi samo spore valove (NREM faza), ali u njega nisu primijećeni i REM ciklusi spavanja.

su učenja ili stjecanja nekog iskustva neposredno prije spavanja. Primjerice, jedna je studija pokazala da u jedne vrste zebe točno određeni dio mozga – motorni korteks, a u kojem se nalaze neuroni koji upravljaju mišićima i organima koji omogućuju pjev, proizvodi sličnu neuralnu aktivnost za vrijeme REM spavanja kao i u vrijeme pjevanja. Treći način jest da promatramo kako se namjerom onemogućavanje cjelovitog spavanja (totalna deprivacija sna) ili samo pojedinih ciklusa spavanja, odražava na sposobnost (kod čovjeka i životinje) rješavanja izvjesnih zadataka nakon eksperimentalne blokade sna. Me-

đutim, uloga sna u konsolidaciji memorija stečenih tijekom budnog stanja nije sasvim jasna, iako većina studija ukazuje na njihovu izravnu povezanost.

Po mišljenju većine somnologa (istraživača sna), snovi nastaju kao posljedica aktivacije i preslagivanja elemenata pamćenja a čije se povezanosti (asocijacije) mijenjaju u procesu snivanja ovisno o vrsti ciklusa spavanja. Kako vrijeme spavanja protječe, tako se mijenja i vrsta snova. Pokazano je da su snovi koji se javljaju nakon što zaspimo manje bizarni i manje emotivni nego li oni zadnji pred buđenje. Jedna od najpoznatijih grupa za is-

traživanje snova, ona pod vodstvom J. A. Hobsona s Harvardske medicinske škole, a u kojoj se nalazi i Amir Muzur, liječnik iz Opatije, uspjela je demonstrirati da elementi tzv. epizodnih memorija (primjerice sjećanje na detalje zadnjeg putovanja) rjeđe sudjeluju u REM snovima nego u ostalim fazama i da se samo u 1 - 2 posto snova pojavljuju kao cjelokupne »snimke« stvarnih događaja, npr. kao da sanjate cijelu nogometnu akciju koja se stvarno desila.

Sveobuhvatna teorija snova

Zašto je to važno? Ta saznanja nam zapravo pomažu složiti sliku kako nastaje san.

MIKROTEHNOLOGIJA

Jesu li molekulski strojevi konačna granica tehnološke minijaturizacije?

Danas su već znanost i tehnologija toliko odmakle da je moguće ne samo promatrati zbivanja u mikrosvijetu pomoću moćnih mikroskopa, nego i njima izravno i precizno upravljati. Tako se molekulski kavez koristi u farmaceutskoj industriji kada treba određene lijekove, koji su kemijski lako reaktivni i nestabilni, sprovesti kroz organizam do točno određenog mjesta, na kojem ih se želi primijeniti. Molekule tog lijeka zatvore se u molekulski kavez čime ih se kemijski odijeli od okoline, te ih se tako »zatočene« unese u organizam. Kad kavez sa lijekom stigne do željenog mjesta (određenog organa ili stanice tumora) vanjskim ga se signalom »otključa«, čime se lijek oslobodi i započne djelovati.

Duje Bonacci

Jedno od izrazito prepoznatljivih svojstava suvremene tehnologije svakako je minijaturizacija. Aparati kao što su video kamere, ručna računala ili telefoni, koji su do prije desetak godina nazivani »kompaktnima« na račun toga što ih se moglo lako primiti samo jednom rukom, u usporedbi sa najnovijim izvedbama istih izgledaju smiješno nezgrapni. Danas su ovakvi i slični uređaji smanjeni na dimenzije nešto deblje kreditne kartice, te se mogu pospremiti u džep od košulje. Da li je ljudska mašta jedini ograničavajući faktor u minijaturizaciji strojeva? Ovo je kratka priča o povijesti, sadašnjosti i perspektivama ljudskog »udomačivanja« u mikrosvijetu.

Od antičke spekulacije do suvremene manipulacije

Priča o povijesti ljudskog osvajanja mikrosvijeta započinje u antičkoj Grčkoj. Tamošnji filozofi pokrenuli su je svojim raspravama o postojanju konačne granice u usitnjavanju materije. O odgovoru su mogli samo nagađati, bez ikakve stvarne mogućnosti da svoja nagađanja i eksperimentalno provjere. Danas su već znanost i tehnologija toliko odmakle da je moguće ne samo promatrati zbivanja u mikrosvijetu pomoću moćnih mikroskopa, nego i njima izravno i precizno upravljati. Stoga nam suvremena tehnologija omogućava izgradnju minijaturnih strojeva sastavljenih od tek nekoliko stotina atoma. Budući da je osnovna struktura u koju se sami atomi spajaju molekula, ovakvi se strojevi nazivaju molekulskim strojevima.

Molekulski strojevi

Prvi molekulski strojevi nastali su vrlo davno - štoviše, neki od njih su izravno zaslužni za pokretanje biolo-

ške evolucije. Konstruktor istih bila je sama priroda: u primordijalnom oceanu koji je prekrivao dobar dio mlade planete Zemlje slobodno je plutalo mnoštvo raznovrsnih jednostavnih molekula. Tu i tamo, neke od tih molekula bi se našle jedna blizu druge, te bi kemijskim reakcijama iz njih nastale složenije molekule. Ove složenije molekule dalje su međusobno reagirale, tvoreći još složenije spojeve.

Prvotno se ovaj proces usložnjavanja odvijao sasvim neorganizirano, slučajno, sve dok u jednom trenutku taj slučajni razvoj nije stvorio spojeve čija su im svojstva omogućavala kontrolirano i sustavno međudjelovanje sa okolinom. Evolucijsku »industriju«, koja traje i danas, pokrenuli su od strane prirode dizajnerski molekulski strojevi sa vrlo jednostavnom funkcijom: na sebe su selektivno vezivali jednostavnije molekule i od njih slagali svoje vlastite kopije.

Postanak samoumnožavajućih molekula samo je je-

dan od primjera molekulske »samogradnje«. Princip molekulske samogradnje govori o tome da razne, vrlo složene molekule, spontano (tj. bez vanjskog utjecaja, a samo pod utjecajem fizikalnih zakona) međudjeluju na točno određen i uvijek isti način, tako da se spoje u nekakvu veću strukturu. Uz to, ovaj je proces povratan, odnosno postoji obrnuti proces kojime se ta nova struktura rastavlja na molekule od kojih je nastala. Današnja nanotehnologija obilno se koristi ovim principom. Tako recimo postoji čitav niz različitih makromolekula koje pri kontaktu sa svojim identičnim kopijama, stvaraju strukture nalik na kaveze. Manje molekule koje se zateknu unutar ovih kaveza potpuno su kemijski izolirane od svoje okoline.

Molekulski kavez

Određenom vanjskom pobudom (npr. zagrijavanjem ili zračenjem) moguće je kavez rastaviti na molekule od kojih je nastao, te tako oslo-

boditi zatočenu molekulu koja onda ponovno može kemijski reagirati sa tvarima koje zatekne u okolini. Ovakvi kavez koristi se u farmaceutskoj industriji kada treba određene lijekove, koji su kemijski lako reaktivni i nestabilni, sprovesti kroz organizam do točno određenog mjesta, na kojem ih se želi primijeniti. Molekule tog lijeka zatvore se u molekulski kavez čime ih se kemijski odijeli od okoline, te ih se tako »zatočene« unese u organizam. Kad kavez sa lijekom stigne do željenog mjesta (određenog organa ili stanice tumora) vanjskim ga se signalom »otključa«, čime se lijek oslobodi i započne djelovati.

Slijedeći zanimljiv primjer molekulskog stroja ima veliki potencijal za primjenu u računarstvu i telekomunikacijama. Radi se o molekula čija je optička svojstva moguće kontrolirano mijenjati izlaganjem ultraljubičastom (UV) svjetlu. Kada nisu izložene djelovanju UV svjetla, ove su molekule prozirne za svjetlo u vidljivom djelu spektra, no kada ih se obasja UV zračenjem, promijeni im se molekulska struktura tako da za vidljivo svjetlo postanu neprozirne. Zbog toga »pali-gasi« svojstva, ove molekule mogu se upotrijebiti kao optički upravljani prekidači. Kako ulogu signala u optičkim sklopovima ima svjetlost, koja se kreće mnogo brže od elektrona u mikroelektroničkim logičkim sklopovima, optička računala brzinom će višestruko nadmašivati najmoćnija postojeća super-računala.

Dlijetom po atomima...

Možda najupečatljiviji primjer upravljanja molekulskim sustavima predstavlja izgradnja mikroskopskih struktura »rezbarjenjem« pojedinačnih atoma i molekula sa pogodno pripremljene čvrste podloge,

npr. metalne ili polimerske pločice. Uređaji pomoću kojih danas možemo izravno promatrati svijet na ljestvici od samo nekoliko nanometara (što je slično kao da neko ogromno biće sa očima dimenzija našeg planeta, promatra obične mrave) omogućavaju nam da vrlo precizno »klešemo« dobro zagladene površine (primjer jednog takvog uratka dan je na slici). Ovaj postupak »nanolitografije« naširoko se koristi pri izradi vrlo složenih minijaturnih struktura kao što su mikročipovi. Uz nanolitografiju, koja se komercijalno koristi već nekoliko godina, u nešto skorije vrijeme razvijena je i obrnuta procedura: sagraditi mikroskopsku strukturu na pogodno pripremljenoj čvrstoj podlozi pričvršćivanjem pojedinačnih molekula na nju sa preciznošću od samo nekoliko nanometara.

Na koncu, sasvim se izvjesno nameće pitanje: hoće li minijaturizacija napokon doseći »tvrdo dno« onoga časa kada u potpunosti uspijemo ovladati manipulacijom pojedinačnih atoma. Jedno je sigurno: od atoma nikada nećemo moći sazdati stroj po dimenzijama manji od samih atoma, baš kao što je nemoguće od opeka sazidati kuću koja je dimenzijama manja od opeka samih. No možda ćemo jednoga dana uspjati smanjiti dimenzije samih opeka? Kroz nekih stotinjak godina - zašto ne! Na kraju krajeva, krajem 19. stoljeća su pomorski stručnjaci tvrdili da se parnim brodom nikada neće moći oploviti svijet, iz vrlo očitog razloga što bi ukupna težina ugljena koju bi brod za takvo putovanje trebao bila toliko velika da bi brod nužno potonuo. I bili su u pravu - ali pri tome im izum i mogućnost dieselmotora još nisu pale na pamet. A tko zna što sve nama još uvijek nije palo na pamet...

VIJESTI IZ ZNANOSTI

Iskopana lubanja stara sedam milijuna godina

U afričkoj pustinji Djurab, na teritoriju Čada pronađena je lubanja koja bi trebala dati odgovore na mnoga pitanja o ljudskoj evoluciji. Znanstvenici tvrde da je otkriće ove lubanje, stare 5 do 7 milijuna godina, najvažnije do kojega se došlo u potrazi za podrijetlom čovječanstva, još od otkrića prvog australopiteka, dvadesetih godina prošlog stoljeća.

Novootkrivena lubanja definitivan je dokaz da ne pos-

toji samo jedna karika koja nedostaje u povezivanju ljudi i čovjekolikih majmuna. »Sahelanthropus tchadensis«, kako je nalaz stručno imenovan, tako može biti izravan čovječji predak, ali i pripadnik neke od vrsta na našem obiteljskom stablu. Veličina njegova tijela i mozga jednake su onima današnjeg čimpanze, no lice mu je dosta drukčije, višeg čela i manjih zubiju.

V. M.



»Sahelanthropus tchadensis«, može biti izravan čovječji predak, ali i pripadnik neke od vrsta na našem obiteljskom stablu

Identificiran fosil star 350 milijuna godina

Fosil star više od 350 milijuna godina rasvijetlio je razvoj vodenih i kopnenih životinja. Britanska znanstvenica Jenny Clack identificirala je dobro očuvan nalaz, kao okaminu jednog iznimno ranog četveronošca, tzv. tetrapoda, a tu prvobitnu životinju predstavila je u stručnom časopisu »Nature«.

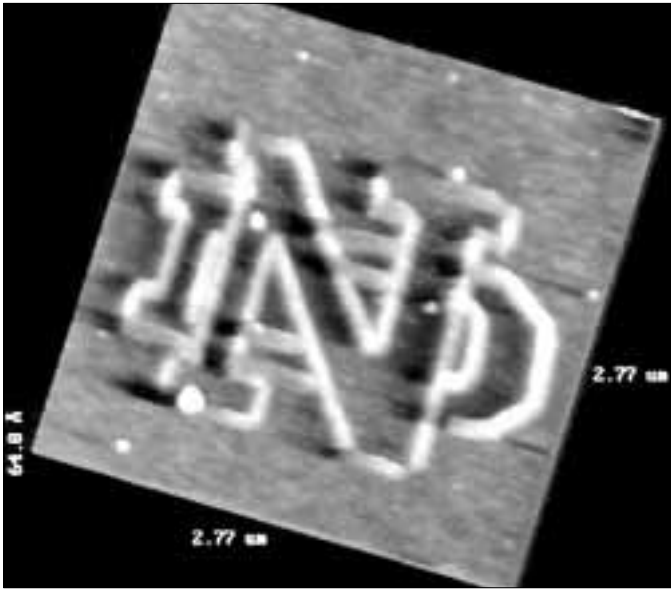
»Pederpes finneyae«, kako glasi njegov latinski naziv, živio je vjerojatno i u vodi i na kopnu, pa zato predstavlja važnu poveznicu između riba i kopnenih kralježnjaka. Taj je četveronožac dostigao dužinu od samo jednog metra, a po vanjskom izgledu sličan je zdepastom krokodilu. Pederpes je imao pet nožnih prstiju zahvaljujući kojima se mogao kretati po kopnu. Postoji velika vjerojatnost da se, kao i većina modernih vodozemaca, razmnožavao još u vodi.

Fosil je otkriven još 1971. godine u škotskom Dumbartonu, ali se najprije mislilo da je riječ o ribi.

Pederpes je prvi gotovo cjelovit tetrapod-fosil iz razdoblja Zemljine povijesti, iz kojeg su poznati samo malobrojni fosili, a otkriće je omogućilo uvid u jedan gotovo nepoznat dio razvoja kopnenih kralježnjaka.

S jedne strane evolucijske zone, koju je imenovao američki paleontolog Alfred Sherwood Romer, stoje vrlo rani nalazi tetrapoda, koji su stari oko 365 milijuna godina. Sustav za kretanje tih četveronožaca činio ih je jednako sposobnima za život u vodi.

Tek 30 milijuna godina kasnije izronio je napredni tetrapod, koji sliči današnjem vodozemcu. Pederpes potječe iz vremenskog jaza koji je stajao između tih nalaza. (Hina)



Logotip sveučilišta Notre Dame upisan pomoću jedne od nanolitografskih metoda na pločicu presvučenu tankim slojem titana. Linije su debele tek nekoliko nanometara, a cijela pločica je dimenzija desetak kvadratnih mikrometara.