

MOZAK I UM: OD ELEKTRIČNIH POTENCIJALA DO SVJESNOG BIĆA

This manuscript ([permalink](#)) was automatically generated from [fpehar/manupsy@2ab78b7](#) on December 5, 2019.

Authors

- **John Doe**

 [XXXX-XXXX-XXXX-XXXX](#) ·  [johndoe](#) ·  [johndoe](#)

Department of Something, University of Whatever · Funded by Grant XXXXXXXX

- **Jane Roe**

 [XXXX-XXXX-XXXX-XXXX](#) ·  [janeroe](#)

Department of Something, University of Whatever; Department of Whatever, University of Something

Predgovor

U trenutku pisanja ovog predgovora početak je 2019. godine i prošla su dva desetljeća od završetka *desetljeća mozga*, a istraživanja u neuroznanosti sve su zanimljivija. Primjerice, Nobelova nagrada iz fiziologije i medicine za 2014. godinu dodijeljena je za neuroznanstveno *otkriće stanica u mozgu koje sačinjavaju sustav pozicioniranja*. Nagradu su podijelili znanstvenici John O'Keefe, May-Britt Moser i Edvard I. Moser. Postoje i brojne druge spoznaje do kojih se došlo u dvijetisućitima. Primjerice, otkriće zrcalnih neurona s kraja prošlog stoljeća intenziviralo je daljnja istraživanja i razumijevanje njihove uloge u ovom stoljeću. Može se reći da su teme o mozgu doista neiscrpne. Istraživanja razlika muškog i ženskog mozga još su uvijek aktualna, s tim da novija istraživanja potvrđuju da su razlike među spolovima manje nego što se nekad mislilo. U fokusu su znanstvenih istraživanja i pitanja kako se motivacija manifestira na neuronskoj razini, tj. u snazi sinaptičkih veza među neuronima. Prisutnost alfa-valova tijekom meditiranja se, prema rezultatima recentnijih istraživanja, povezuje s mentalnom dobrobiti. Konkretnije, povećanje udjela alfa-valova povezano je s kreativnim mišljenjem i reduciranjem depresije. Fizička aktivnost također je povezana s funkcioniranjem mozga. Točnije, poboljšanja su vidljiva u samom zdravlju mozga, ali i u povećanoj kognitivnoj fleksibilnosti kod starijih osoba zbog bolje integracije bijele tvari, odnosno neuronskih vlakana. Većina navedenih spoznaja iznimno je važna u neuroznanosti i medicini, ali i u drugim područjima, primjerice u psihologiji, pedagogiji, filozofiji i kognitivnim znanostima općenito. Istraživanja mozga toliko su uznapredovala da danas nema ni jedne teme u suvremenoj psihologiji o kojoj se ne bi mogla pronaći barem djelomična neuronska osnova koja daje suvisla i detaljna objašnjenja za opisane psihološke fenomene. Stoga je danas više nego prije potrebno da suvremeni studiji psihologije integriraju spoznaje iz područja neuroznanosti u većinu kolegija. Isto bi se moglo preporučiti i drugim društvenim i humanističkim studijima poput filozofije, sociologije i pedagogije. U stjecanju znanja za studente psihologije više nije dovoljno da na samom početku studija dobiju uvid u osnovne spoznaje o građi i funkcijama živčanog sustava unutar kolegija koji se nekad zvao fiziološka psihologija (danas biološka psihologija) te da se nakon toga u ponekim kolegijima tijekom daljnjeg studiranja doziva takvo znanje. Spoznaje iz psihologije danas bi se ipak trebale proučavati višerazinski, kako na razini opažljivih fenomena u doživljavanju i ponašanju tako i na razni funkcioniranja živčanog sustava. Razvoj psihologije i neuroznanosti u budućnosti će se sve više preklapati, a navedeno se odnosi ne samo na bazičnu psihologijsku znanost unutar koje je takva integracija uspostavljena već i na primijenjenu psihologiju. Kako bi se nastavnici i studenti na studiju psihologije, ali i na drugim već spomenutim studijima, uhvatili u koštac s takvim izazovima, na raspolaganju su im brojni udžbenici iz osnova neuroznanosti od kojih su mnogi izvrsni. Svakom studentu psihologije preporučili bismo da što prije pročita barem jedan od takvih udžbenika u cjelini. Međutim, suvremeni trendovi optimizacije nastavnog procesa ograničavaju maksimalnu količinu gradiva na svakom kolegiju, što u konačnici može dovesti do

problema s upotrebom jako detaljnih udžbenika. Mnogi od udžbenika iz neuroznanosti preglomazni su i predetaljni i kao takvi više su namijenjeni studentima medicine i neuroznanosti nego studentima psihologije. Naime, takvi udžbenici pokrivaju gotovo sve teme koje se tiču mozga, a za određeni kolegij u studiju psihologije bitno je tek nekoliko tema. Takva razina detaljnosti može biti za studenta demotivirajuća i stoga se javila ideja o izboru odabranih tema iz neuroznanosti koje su korisne i zanimljive studentima psihologije, a vjerojatno i drugim studentima iz područja društvenih znanosti i humanistike. Cilj nam je stoga bio prikazati odabir istaknutih tema koje se danas izučavaju u psihologiji i neuroznanosti s naglaskom na rezultate novijih istraživanja, od kojih jedan dio proizlazi i iz primjene suvremenih tehnika oslikavanja mozga. Knjigu čini deset poglavlja. Prvo poglavlje bavi se živčanim sustavom, funkcijama različitih područja središnjeg živčanog sustava i obogaćeno je prikazima poznatih studija slučajeva ljudi s različitim oštećenjima mozga. U drugom poglavlju prikazana je elektroencefalografija kao jedna od najčešće korištenih metoda u proučavanju mozgovnih procesa. Treće poglavlje bavi se evolucijom mozga. U tom poglavlju čitatelj će se susresti s odgovorima na pitanje smanjuje li se mozak modernog čovjeka i koji bi mogli biti razlozi tomu. Četvrto poglavlje bavi se jednim od najtvrdokornijih neuromitova, mitom o 10 % iskorištenog mozga. Čitatelj ima priliku doznati kako je nastao mit, zašto ljudi vjeruju u psihološke i neuromitove općenito kao i specifično u ovaj mit. U poglavlju su također detaljno izloženi argumenti koji ga pobijaju. Vid je najvažnije ljudsko osjetilo i oko 80 % naših svakodnevnih aktivnosti posredovano je upravo njime. Peto poglavlje donosi informacije kako funkcionira prostorni vid, koji su drugi zadatci vidnog sustava te u kojim se sve područjima mozga obrađuju vidne informacije. Šesto poglavlje uvodi čitatelja u područja mozga koja sudjeluju u deklarativnom pamćenju, prikazuje studija slučajeva te suvremena istraživanja pamćenja koja se temelje na tehnikama vizualizacije ljudskog mozga. Sedmo poglavlje bavi se jezikom, dijelovima mozga koji procesiraju jezičnu informaciju, afazijama, načinima ispitivanja lokalizacije jezičnih funkcija te kako učenje stranog jezika utječe na mozgovne strukture. Osmo poglavlje bavi se fenomenom svijesti. Čitatelju pruža uvid u načine istraživanja svijesti, njezina opća obilježja i neuronske korelate. Deveto poglavlje posvećeno je mozgovnim procesima, hormonima i neuroprijenosnicima koji su uključeni u različite aspekte ljudske seksualnosti. To poglavlje pruža uvid u suvremena istraživanja neurokemijskih procesa koji se događaju u različitim stadijima romantične ljubavi: stadij požude i privlačnosti, stadij zaljubljenosti, stadij privrženosti i stadij prekida ljubavnog odnosa. Deseto poglavlje daje pregled istraživanja iz područja političke neuroznanosti. Radi se o mladoj znanstvenoj disciplini koja posljednjih desetak godina učvršćuje svoju poziciju u znanosti.

Knjiga je zamišljena kao dodatni udžbenik za veći broj kolegija na studiju psihologije. Kao takva trebala bi proširiti znanja studenata u odnosu na bazične teme koje su pokrivene temeljnim udžbenicima koji su zadani kao obvezna literatura unutar nekog kolegija. Knjiga koja se ispred vas nalazi trebala bi omogućiti kvalitetniju integraciju znanja te potaknuti studenta na daljnje istraživanje teme u sklopu seminarskih obaveza ili vlastitom unutarnjom motivacijom za stjecanjem znanja. Među predloženim kolegijima na studiju psihologije ovu knjigu preporučujemo kao dodatnu literaturu za sljedeće kolegije: Biološka psihologija, Psihologijska metodologija, Osjeti i percepcija, Kognitivna psihologija, Psihologija pamćenja, Psihologija učenja, Psihologija mišljenja, Psihologija jezika, Ličnost, Psihologija seksualnosti, Socijalna psihologija, Mjerne tehnike u psihofiziologiji, Klinička psihologija, Razvojna psihologija. Izbor tema za ovu knjigu došao je direktno iz psihologijske predavačke struke. Praktički svi suradnici, odnosno autori pojedinih poglavlja, sveučilišni su profesori, nastavnici i predavači za razne psihologijske kolegije i svaki od njih se u svojim predavanjima stalno ili barem povremeno dotiče neuroznanstvenih tema. Dakako, izbor naših tema nije potpun, niti može biti, s obzirom na iznimno velik broj neuropsiholoških tema. Odabrane teme svakako su među istaknutijima ako se kao kriterijem poslužimo iskustvom i odabirom stručnjaka u specifičnim kolegijima.

Zahvaljujemo našim kolegama, autorima poglavlja na odabiru relevantnih tema i vrlo uspješnoj suradnji u svakoj fazi našeg zajedničkog rada. Također zahvaljujemo i našim kolegama recenzentima dr. sc. Draženu Domijanu, dr. sc. Ani Slišković i dr. sc. Ivani Hromatko na vrlo korisnim sugestijama i prijedlozima koji su utkani u sadržaj knjige. Toplo zahvaljujemo Tomislavu Grzunovu, diplomiranom

restauratoru – konzervatoru na ilustracijama živčanog sustava i izradi naslovne stranice. Značajnu zahvalu dugujemo i lektorici Editi Medić, prof.

- Studij psihologije (prema kolegijima):
 - Biološka psihologija: cijela knjiga
 - Osnove kognitivne neuroznanosti: cijela knjiga
 - Kognitivna psihologija: poglavlja 2, 4, 5, 6, 7, 8
 - Osjeti i percepcija: poglavlja 2 i 5
 - Socijalna psihologija: poglavlja 3, 7, 8, 9, 10
 - Edukacijska psihologija: poglavlja 4, 6, 7, 8
 - Psihološka metodologija: poglavlja 2, 4, 5, 7, 8
- Studij sociologije: poglavlja 1, 3, 7, 8, 9, 10
- Studij pedagogije: poglavlja 1, 2, 4, 6, 7, 8
- Studij lingvistike: poglavlja 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10
- Studij informacijskih znanosti: poglavlja 1, 2, 3, 5, 6, 7
- Studij filozofije: poglavlja 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10.

Konačno, željeli bismo napomenuti da se uredništvo, iako je tražilo od autora da udovolje udžbeničkim zahtjevima, također zauzelo za relativno prohodan stil pisanja. Korištena literatura navedena je u popisu referenci u skladu s APA-inim standardima, dok u samom tekstu nije primijenjen ovaj način citiranja koji je inače uobičajen u znanstvenim člancima. Time je prosječnom čitatelju olakšan kontinuitet čitanja. Također je od autora zatraženo da svoja poglavlja obogate adekvatnim primjerima i anegdotama i time ih učine manje suhoparnim. U komunikaciji s autorima, kao i vlastitim intervencijama u tekst, uredništvo je nastojalo pronaći ravnotežu u poglavljima, i to u gustoći iznesenih spoznaja i detalja, kao i usklađivanju općeg tona knjige. Pritom se ipak pazilo da svako poglavlje zadrži i dio osobnosti i stila pisanja svojeg autora. Na taj način dobili smo ujednačeni niz uzbudljivih priča o mozgu u kojem svaka epizoda o mozgu ima svojeg specifičnog pripovjedača. Nadamo se da smo tekst uspjeli učiniti zanimljivijim i prohodnijim, ne samo studentima psihologije već i širem zainteresiranom čitateljstvu. Vjerujemo da će knjiga ovakvog formata biti interesantna kako studentima drugih društvenih i humanističkih studija tako i širem čitateljstvu koje osjeća uzbuđenje svaki put kad čuje dobru znanstvenu priču. Također se nadamo da smo fleksibilnošću i prohodnošću uspjeli složiti knjigu koja se može čitati i kao popularno-znanstveni tekst. Za nas urednike i autore ove publikacije veliki uspjeh i osobno zadovoljstvo bilo bi ako bi naša knjiga privukla pažnju srednjoškolaca te ih zainteresirala za znanstvenu psihologiju i neuroznanost općenito. Mozak je mnogima od nas, a i nama samima, još uvijek velika nepoznanica. Nevjerojatne i nove spoznaje o načinu njegova funkcioniranja gotovo se svakodnevno otkrivaju. Vrijeme je da uskočimo na neurovlak i da se bolje upoznamo s mozgom i pričama koje ovaj najkompleksniji organ priča o sebi.

Urednici

Nataša Šimić, Pavle Valerjev i Matilda Nikolić Ivanišević

Zadar, veljača 2019.

O urednicima i autorima

Dr. sc. Nataša Šimić zaposlena je kao redovna profesorica na Odjelu za psihologiju Sveučilišta u Zadru. Nositeljica je većeg broja kolegija iz biološke psihologije. Njezini su znanstveni interesi primarno u području biološke psihologije, dijelom i evolucijske psihologije, i uključuju: psihofiziologiju stresa, endokrinologiju ponašanja te vršnjačko i partnersko nasilje. Sudjelovanjem u obilježavanju Tjedna mozga Odjela za psihologiju Sveučilišta u Zadru radi na popularizaciji neuroznanosti.

Dr. sc. Pavle Valerjev bavi se eksperimentalnom i kognitivnom psihologijom i prvenstveno je zaokupljen istraživanjima mišljenja, rasuđivanja, donošenja odluka, rješavanja problema, metakognicije i perceptivnih iluzija. Zaposlen je na Odjelu za psihologiju Sveučilišta u Zadru gdje radi kao izvanredni profesor i drži više kolegija iz područja kognitivne psihologije i percepcije te je također voditelj Laboratorija za eksperimentalnu psihologiju. Često kao javni predavač popularizira psihologiju i kognitivnu znanost.

Dr. sc. Matilda Nikolić Ivanišević članica je Odjela za psihologiju Sveučilišta u Zadru na kojem je zaposlena u zvanju docenta. Njezini istraživački interesi prvenstveno se odnose na psihofiziologiju, točnije na kardiovaskularnu i kortikalnu aktivnost za vrijeme različitih mentalnih i motoričkih radnji. Nastava koju izvodi vezana je uz metodologiju, mjerne tehnike u psihofiziologiji te stres u radu. Aktivna je u obilježavanju Tjedna mozga, ali i ostalih aktivnosti kojima je cilj popularizacija znanosti i Odjela, odnosno Sveučilišta u Zadru (Tjedan psihologije, Otvoreni dan Sveučilišta).

Dr. sc. Igor Bajšanski izvanredni je profesor na Odsjeku za psihologiju Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci. Nositelj je kolegija iz područja kognitivne psihologije i psihologije učenja, a predaje i izborni kolegij Psihologija svijesti. Njegovi su znanstveni interesi u području eksperimentalne kognitivne psihologije, posebno u području metakognicije, psihologije mišljenja i psihologije učenja. Održao je više popularnih predavanja o psihologiji mišljenja i o psihološkim miskoncepcijama.

Benjamin Banai trenutno je zaposlen na Odjelu za psihologiju Sveučilišta u Zadru te je doktorand na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Njegov primarni istraživački interes primjena je evolucijske psihologije u razumijevanju političkog ponašanja i organizacije ljudskih grupa. Osim toga, bavio se istraživanjem individualnih razlika u ličnosti, seksualnosti i ljubomori. Sudjeluje u izvođenju nastave na kolegijima iz biološke psihologije te metodologije znanstvenog rada.

Dr. sc. Tanja Gulan istraživački se bavi kognitivnom psihologijom. Njezin je primarni istraživački interes psihologija jezika, prvenstveno istraživanja bilingvizma, a osim toga uključena je u istraživanja rasuđivanja i perceptivnih iluzija. Radila je na odsjecima za psihologiju riječkog i zadarskog sveučilišta, kao i na odjelu lingvistike. Trenutno radi kao školski psiholog te kao gostujući predavač u zvanju docenta drži nastavu iz kognitivne psihologije i inteligencije na Odsjeku za psihologiju Sveučilišta u Mostaru.

Mr. sc. Lozena Ivanov viši je predavač na Odjelu za psihologiju Sveučilišta u Zadru gdje drži različite kolegije iz opće, kognitivne i edukacijske psihologije. Njezini interesi usmjereni su na procese pamćenja i učenja, ali i na različite motivacijske faktore povezane s njima. U okviru samoregulacije učenja posebno je interesira uloga osobnih uvjerenja o vlastitim sposobnostima organiziranja i izvršavanja akcija potrebnih za ostvarenje željenih ishoda te primjena tih spoznaja u obrazovanju i svakodnevnom životu.

Dr. sc. Marina Nekić zaposlena je kao izvanredna profesorica na Odjelu za psihologiju Sveučilišta u Zadru. Nositeljica je većeg broja kolegija iz razvojne psihologije te kolegija iz područja psihologije seksualnosti, psihologije savjetovanja i osnova iz geštalt psihoterapije. Njezini znanstveni interesi vezani su za područje razvojne psihologije, seksualnosti i usredotočene svjesnosti. Često provodi radionice za studente u sklopu Studentskog savjetovališta i kao javna predavačica usmjerena je i na populariziranje psihologije.

Dr. sc. Irena Pavela Banai docentica je na Odjelu za psihologiju Sveučilišta u Zadru. Sudjeluje u izvođenju nastave iz područja biološke i eksperimentalne psihologije. Njezini istraživački interesi uključuju područja evolucijske psihologije i psihoneuroendokrinologije. Bavi se istraživanjima ljudskog glasa i njegovom ulogom u privlačenju partnera kod žena te izražavanju dominacije kod muškaraca. Svake godine sudjeluje u obilježavanju Tjedna mozga s ciljem promoviranja i popularizacije spoznaja iz područja neuroznanosti.

3. EVOLUCIJA MOZGA

Irena Pavela Banai

U ovom poglavlju naučit ćemo:

- o evoluciji živih bića
- o evoluciji mozga hominida
- o usporedbi mozga čovjeka i drugih vrsta kralježnjaka**
- o veličini mozga modernog čovjeka

Ništa u biologiji nema smisla, osim u svjetlu evolucije.

Theodosius Dobzhansky

Evolucijski biolog Dobzhansky bio je u pravu – biologiju čovjeka i funkcioniranje mozga uistinu ćemo lakše objasniti i razumjeti ako znamo kako su i zašto nastali i evoluirali.

Prije nego što krenemo, provjerite svoje znanje o evoluciji mozga. Što mislite, jesu li dolje navedene tvrdnje točne ili netočne?*

- Čovjek je nastao od majmuna.
- Čovjek ima veći mozak od svih ostalih životinja.
- Evolucija se može prikazati kao jedinstvena linija.
- Današnji čovjek ima veći mozak nego što su imali neandertalci.
- Mozak današnjih ljudi još uvijek raste.

Sve su ove tvrdnje netočne, a u ostatku ovog poglavlja možete saznati zašto. Pa krenimo.

Kako funkcionira evolucija?

Evolucija živih bića proces je tijekom kojeg se događaju postepene promjene. Kada se govori o evolucijskim promjenama, misli se na promjene u genima koji se prenose iz generacije u generaciju. Iako se na evoluciju u većini slučajeva gleda kao na polagani i dugotrajan proces, neke promjene mogu nastati jako brzo. Slučaj ovnova s velikim rogovima u Kanadi dobar je primjer tih brzih promjena i načina na koji evolucija funkcionira. Naime, u jednom području u Kanadi veliki uvijeni rogovi ovnova predstavljaju prestižan trofej lokalnim lovcima. Legalni lov takvih ovnova doveo je do smanjenja veličine rogova za čak 25 % u posljednjih 30 godina. Što se dogodilo? S obzirom na to da su lovci ubijali samo one ovnove koji su imali velike rogove, geni tih ovnova nisu preneseni na sljedeće generacije potomaka. Gene su prenosili samo ovnovi s manjim rogovima, zbog čega je u populaciji ovnova prosječna veličina rogova znatno smanjena. Dakle, pod utjecajem čovjeka došlo je do promjene učestalosti pojedinih gena. To je primjer tzv. **umjetnog odabira** koji se dogodio u jako kratkom periodu. Ljudi su „odabrali“ koji će se geni prenositi na sljedeće generacije. Mnogo je drugih sličnih slučajeva, kao što su primjerice farmeri koji pospješuju razmnožavanje samo onih krava koje daju više mlijeka ili poljoprivrednici koji su selektivno uzgojili povrće kakvo danas jedemo. Poznat je i primjer selektivnog uzgoja buldoga, koji je doveo do velike promjene njegove anatomije zbog koje danas ima problema s disanjem. Na isti način, selektivnim razmnožavanjem, nastale su sve evolucijske promjene tijekom više milijuna godina, ali u tom slučaju odabir nije vršio čovjek, nego priroda. Jedna je od tih promjena uspravno hodaње. Zamislite period od prije 4,4 milijuna godina u evolucijskoj povijesti. To

je period neposredno prije pojave uspravnog hoda. Naši tadašnji predci koji su bili nešto uspravniji, imali su prednost naspram onih koji su hodali četveronoške. Uspravniji hod omogućio im je bolje uočavanje opasnosti i hrane u visokim savanama, dosezanje hrane koja je bila visoko, slobodne ruke za manipulaciju alatima i slično. Tako su imali veće šanse preživjeti i prenijeti svoje „uspravne“ gene na sljedeće generacije. Postupno, „četveronožni“ geni izgubili su se iz populacije. Taj proces prenošenja gena povezanih s većim preživljavanjem (ili još preciznije govoreći, s većom vjerojatnošću reprodukcije) na iduće generacije nazivamo **prirodnim odabirom**. Dakle, prirodnim se odabirom geni u populaciji polako mijenjaju nakupljanjem postupnih promjena iz generacije u generaciju. Istim se postupnim promjenama razvila naša vrsta, a **vrstu** možemo definirati kao skup genetski sličnih jedinki koje se mogu međusobno razmnožavati.

Proučavanjem fosilnih ostataka, usporedbom živih vrsta te genetičkim analizama ljudi i drugih vrsta istraživači su otkrili kako je tekla evolucija čovjeka. Evoluciju se može prikazati kao razgranato stablo (iako će neki reći da više nalikuje na grm zbog gustoće grančica) na kojem najmanja grančica predstavlja jednu vrstu. Zajednička grana na kojoj je više manjih grančica predstavlja zajedničkog pretka. Dakle, sve su vrste međusobno povezane, iako mogu biti vremenski udaljene milijunima godina. Pojednostavljeno na Slici 3.1., vrste A, B i C imaju zajedničkog pretka P. Možemo tako zamisliti da A predstavlja današnjeg čovjeka, a B čimpanzu. Dakle, ljudi nisu potekli od majmuna i čimpanzi, nego imaju zajedničkog pretka, zbog čega dijele gotovo 99 % DNA.

(SLIKA 3.1. OVDJE)

U evolucijskom su se stablu, unutar skupine kralježnjaka, pojavili prvi sisavci otprilike prije 180 milijuna godina. Sisavci se dalje dijele na redove, kao što je red primata. Primati su pak podijeljeni u porodice, od kojih jednu čine hominidi, a oni su podijeljeni u dva roda: *Australopithecus* i *Homo*. Čovjek, *Homo sapiens*, spada u rod *Homo*, a smatra se da se razvio iz jedne vrste *Australopithecusa* (Slika 3.2.).

(SLIKA 3.2. OTPRILIKE OVDJE)

Evolucija mozga hominida

Općenito se istraživanje evolucijskog razvoja čovjeka temelji na brojnim fosilnim ostacima i proučavanju živućih životinjskih vrsta. Međutim, kada je riječ o istraživanju evolucije mozga, postoji jedan problem. Mozak se ne fosilizira, tako da se o njegovu evolucijskom razvoju može zaključivati samo indirektno, na temelju veličina pronađenih lubanja. Veličine tih lubanja potom se rekonstruiraju izradom kalupa od gipsa, s pomoću kojih se procjenjuje volumen lubanje te stoga i volumen mozga. Ta je metoda omogućila prikupljanje informacija o razvoju mozga od pojave *Australopithecusa afarensisa*, otprilike prije 3 do 4 milijuna godina, pa sve do danas. Najpoznatiji je *Australopithecus aferensis* **Lucy**, čije su kosti otkrivene 1974. godine u Etiopiji. Dobila je ime prema pjesmi Beatlesa *Lucy in the sky with diamonds*, koja je glasno svirala u kampu gdje je bio smješten tim istraživača koji su iskopali kosti. Istraživanja njezinih kostiju dovela su do bitnih spoznaja o toj vrsti, a jedna od njih je da su ti naši predci hodali uspravno i da su bili niskog rasta (nešto viši od jednog metra). Pronalazak Lucy je, osim u istraživačkim krugovima, odjeknuo i u javnosti. Važnost njezina pronalaska opisana je u knjizi *Lucy: The Beginning of Humankind*, autora Donalda Johansona, koji ju je i pronašao. Njezine se kosti danas čuvaju u posebnim uvjetima u Nacionalnom muzeju u Addis Ababi u Etiopiji.

Na Slici 3.3. prikazan je pretpostavljeni slijed pojave različitih hominida tijekom evolucijske povijesti, počevši od *Australopithecusa afarensisa*. Iako su se pojavljivale različitim redoslijedom, ne znači da su sve vrste živjele u odvojenim vremenskim razmacima. Primjerice, *Homo habilis* i *Homo erectus* živjeli su u isto vrijeme dug period. Također, već je i spomenuto kako su *Homo sapiens* i *Homo neandertalensis* bili suvremenici.

Istraživač David Geary sa Sveučilišta u Missouriju sažeo je prikupljene informacije o povećanju mozga prikazanih vrsta hominida. Uočio je da se mozak malo povećavao svaki put kad bi se pojavila nova vrsta, s tim da je prvo veće povećanje volumena mozga utvrđeno kod pojave roda *Homo* (*Homo habilis*), otprilike prije 2,5 milijuna godina. Primjerice, *Australopithecus africanus* je imao volumen mozga od oko 500 cm³, dok je prosječni volumen mozga *Homo habilis* bio oko 650 cm³. Osim što je rod *Homo* u usporedbi s rodом *Australopithecus* imao veći mozak, smatra se da je imao i više vijuga i brazdi, što znači da je površina moždane kore bila veća. Mozak se dalje značajno povećao kada se pojavila vrsta *Homo erectus*, s prosječnim volumenom mozga od oko 900 cm³. *Homo erectus* je izrazito važna vrsta za proučavanje evolucije čovjeka jer je to prva vrsta hominida čiji su ostatci pronađeni izvan Afrike (u Kini i Indoneziji). Također se smatra da je to prva vrsta hominida koja je kontrolirala vatru.

(SLIKA 3.3. OVDJE)

Daljnje povećanje mozga, čak do 1500 cm³, uočeno je kod našeg bliskog srodnika, *Homo neandertalensis*, poznatog kao neandertalac. Neandertalac je imao nešto veći mozak od mozga *Homo sapiens*a. Zvuči nevjerojatno, ali nije pogrešno – neandertalac je uistinu imao veći mozak od nas! Kako je to moguće? Ti su hominidi bili teži i imali su više mišićnog tkiva od čovjeka. Osim toga, živjeli su za vrijeme ledenih doba, a vrste koje žive u hladnijim uvjetima, imaju i veći mozak. Zapravo, neandertalci su uspjeli preživjeti u nekim od najgorih uvjeta poznatih čovjeku. Uspjeli su jer su živjeli u spiljama, kontrolirali vatru i odijevali životinjsku kožu.

Fosilni ostatci ukazuju da su neandertalci i današnji čovjek, *Homo sapiens*, evoluirali od istog pretka te su više tisuća godina bili suvremenici. Genetski nalazi čak pokazuju da su se međusobno razmnožavali. Pronađeno je da moderni ljudi s područja Europe dijele 1 – 4 % DNA s neandertalcima. Istraživači s Max Planck Instituta za evolucijsku antropologiju otkrili su da je moderni čovjek od neandertalaca „naslijedio” gene koji su odgovorni za imunološki sustav. To je vjerojatno pomoglo *Homo sapiensu* da se uspješno obrani od različitih vrsta patogena kada je počeo naseljavati područje Europe. Neki teoretičari evolucije smatraju da su te dvije vrste hominida bile u interakciji desetak tisuća godina tijekom ledenog doba, sve dok se broj neandertalaca nije značajno smanjio prije otprilike 40 000 godina. Tada nestaju svi njegovi tragovi. Ostatci neandertalaca pronađeni su i u Hrvatskoj, na **Hušnjakovom brdu** u Krapini. Iskapanja ostataka trajala su čak šest godina, od 1899. do 1905. Pronađene su kosti više hominida u životnoj dobi od 2 do 40 godina. To je nalazište dalo veliki doprinos europskoj i svjetskoj znanosti o evoluciji čovjeka. Više informacija o hrvatskim neandertalcima možete naći u Muzeju krapinskih neandertalaca u Krapini.

Homo sapiens je nastavio naseljavati područje Europe i nakon izumiranja neandertalaca te se ubrzo razvija u anatomske modernog čovjeka, koji danas ima prosječni volumen mozga oko 1400 cm³. Iako je taj volumen manji od volumena mozga neandertalaca, on je gotovo tri puta veći od volumena mozga današnjih čimpanzi (prosječno oko 400 cm³) i gorila (prosječno oko 500 cm³). Dakle, osim proučavanja fosilnih ostataka, ovakve usporedbe veličine mozga čovjeka i drugih živućih životinjskih vrsta također su bitne u proučavanju evolucije mozga. Sličnost s nekim drugim vrstama ukazuje da imamo zajedničkog pretka i da je grana te vrste u evolucijskom stablu blizu naše grane. Takve usporedbe omogućuju istraživačima da upotpune evolucijsko stablo i otkriju podrijetlo današnjeg čovjeka i složenog živčanog sustava. Što smo ovom metodom saznali do sada?

Usporedbe mozga čovjeka i drugih vrsta kralježnjaka

Bilo bi logično da se evolucijskim razvojem mozak kralježnjaka (Slika 3.4.) sve više i više povećavao. Tako bi ribe koje su se pojavile ranije, trebale imati manji mozak od gmazova koji se pojavljuju nakon njih. Slično, gmazovi bi trebali imati manji mozak od sisavaca jer su se sisavci pojavili kasnije. Istom bismo logikom očekivali da sisavci imaju nešto manji ili jednak mozak kao i današnje ptice jer su se

obje vrste pojavile približno u isto vrijeme. Međutim, ptice imaju daleko manji mozak od sisavaca kao što je čovjek. Iz toga proizlazi da evolucijski razvoj nije linearan, odnosno ne može se opisati jednostavnom linijom. Inače, današnje su ptice jedini „živi dinozauri”. One su se razvile od teropoda – vrste dinosaura s kojima dijele brojne zajedničke karakteristike. Najpoznatiji i najstariji blizak srodnik pretku današnjih ptica je **Archaeopteryx**. Najcjelovitiji fosilni primjerak *Archaeopteryx* nalazi se u Prirodoslovnom muzeju u Berlinu. Pronašao ga je 1874. godine njemački farmer Jakob Niemeyer koji ga je, možda i ne znajući njegovu znanstvenu vrijednost, prodao kako bi mogao kupiti kravu za svoju farmu. Nakon nekoliko različitih vlasnika, taj je dragocjeni fosil dospio do muzeja.

(SLIKA 3.4. OTPRILIKE OVDJE)

Kako naglašava neuroznanstvenik Stephen Marc Breedlove i njegovi suradnici sa sveučilišta u Michiganu, razvoj mozga različitih životinjskih vrsta nije imao linearan slijed jer je evolucija kralježnjaka tekla odvojeno i simultano tijekom više od 200 milijuna godina, baš poput razgranatog evolucijskog stabla. Za demonstraciju odvojenog i simultanog razvoja Breedlove i suradnici daju primjer mozga morskog psa, koji spada u grupu riba. Današnji morski pas ima veći mozak od primitivnih morskih pasa iz evolucijske povijesti. Međutim, povećanje mozga današnjeg morskog psa nije povezano s povećanjem mozga današnjeg čovjeka koji spada u grupu sisavaca – razvoj morskog psa i čovjeka zapravo su dvije odvojene grane na evolucijskom stablu. Dakle, njihove su evolucijske promjene neovisne iako imaju davnog zajedničkog pretka iz kojeg su se razvili svi kralježnjaci.

Da su svi kralježnjaci međusobno povezani preko spomenutog zajedničkog pretka, govore nalazi da svi mozgovi kralježnjaka imaju istu građu neurona. No mozgovi različitih kralježnjaka razlikuju se po ukupnoj veličini, razgranatosti izdanaka neurona i broju međusobnih veza među neuronima. Isto tako, svi mozgovi kralježnjaka sadrže iste dijelove, ali se također razlikuju u veličini. Primjerice, svaki dio mozga čovjeka ima „svog dvojnika” u mozgu miša. Pod dvojnikom se misli na osnovu strukture, koja uključuje koru velikog mozga, moždano deblo, srednji mozak, međumozak i slično. Može se reći da su razlike u mozgu različitih vrsta sisavaca kvantitativne prirode, odnosno razlikuju se u veličini, a ne u osnovnoj strukturi. Tako moždana kora kod čovjeka zauzima veći dio cijelog mozga nego kora mozga kod miševa. Dok je moždana kora čovjeka naborana, kod miša je glatka.

Dakle, istraživanja evolucije mozga bila su usmjerena na veličinu mozga. Logično je bilo očekivati da veći mozak označava i veće kognitivne sposobnosti te da bi čovjek trebao biti na vrhu evolucijske ljestvice. Iznenadjenje je uslijedilo kada je otkriveno da slonovi, dupini i plavi kitovi imaju veći mozak od nas, dok je mozak morževa sličan našem. Da podsjetimo, i neandertalci su imali veći mozak od nas, kao i izumrli mamuti. Možemo za primjer uzeti i mozak plavog kita koji je izrazito veći od mozga crvenogrlog kolibrića. Unatoč toj razlici, obje vrste pokazuju iznimno složen sklop ponašanja: imaju složeno glasanje, brane svoj teritorij, zavode partnere, odgajaju svoje potomke i migriraju u daleke krajeve. Iz toga slijedi da veličina mozga ne govori mnogo o kognitivnim sposobnostima vrste.

Kada su istraživači shvatili da apsolutna veličina mozga ipak nije dobra mjera sposobnosti i inteligencije vrste, uveli su novu mjeru – stavili su u omjer težinu mozga i težinu tijela. Što je mozak teži u odnosu na tijelo, omjer je veći, i obrnuto. Pa izračunajmo koliko taj omjer iznosi kod čovjeka. Težina mozga je 1,4 kg, a tijela u prosjeku 75 kg. $1,4/75 = 1,86\%$. Omjer kod čimpanzi iznosi 0,88 % (0,4 kg/45 kg), što ukazuje da ljudi imaju razvijenije sposobnosti od svojeg bliskog srodnika. Iako se ta formula čini logičnom, ona također pokazuje da omjer kod male rove iznosi čak 10 % (3 g/30 g = 10 %)! To je inače najveći omjer nađen kod životinja i zapravo nam govori da bi rove trebale biti pet puta inteligentnije od nas. Dakle, formula očito nije dovoljno dobra. Istraživači su se potom zapitali kakav je općeniti odnos između težine tijela i težine mozga različitih vrsta. Kao odgovor na to pitanje, razvili su tzv. **kvocijent encefalizacije**. Navedeni je kvocijent mjera *relativne težine*, umjesto apsolutne težine mozga. Dobiva se kao omjer stvarne težine mozga i predviđene težine mozga kakvu bismo očekivali za vrstu određene težine tijela. Pojednostavljeno, recimo da znamo da riba koja teži 100 grama ima mozak prosječne težine od 0,1 gram. Ako pretpostavimo da ribe i sisavci imaju jednaku inteligenciju i

sposobnosti, tada bismo očekivali da i sisavac koji teži 100 grama ima mozak od 0,1 gram. Međutim, istraživači su uočili da sisavac koji teži 100 grama (npr. miš) ima u prosjeku mozak težine oko 1 gram, što je 10 puta teže od mozga ribe u našem primjeru. Dakle, u ovom primjeru sisavci imaju veći kvocijent encefalizacije od riba. Jednako kao što možemo uspoređivati kvocijente encefalizacije različitih razreda životinja (riba vs. sisavci), možemo uspoređivati kvocijente različitih vrsta unutar istog razreda (npr. čovjek vs. miš unutar razreda sisavaca). Takve su usporedbe dovele do saznanja da čovjek ima najveći kvocijent encefalizacije u usporedbi sa svim drugim vrstama. U tablici 3.1. možete vidjeti koliko iznose kvocijenti za različite vrste prema istraživaču Cairòu.

Tablica 3.1. Kvocijent encefalizacije za različite vrste

Vrsta	Kvocijent encefalizacije
Čovjek	6,56
Velika pliskavica	5,55
Makaki majmun	3,15
Pavijan	2,81
Čimpanza	2,63
Gorila	1,75
Lav	0,73
Tigar	0,68
Plavi kit	0,38

Dakle, na temelju toga možemo reći da ljudi imaju najveći mozak u relativnom smislu. Razlika u veličini mozga čovjeka i ostalih životinja uglavnom proizlazi iz većeg prednjeg dijela frontalnog režnja te većih asocijativnih područja koja sadrže veći broj neurona nego kod ostalih primata. Razvoj moždane kore, odnosno njezina prednjeg dijela frontalnog režnja, čovjeku je omogućio visoke kognitivne sposobnosti, apstraktno mišljenje, složenu jezičnu komunikaciju, stvaranje širokih društvenih mreža, industrijsku i računalnu revoluciju, let u svemir i slično. Povećanje određenih dijelova prednje moždane kore, kao i veza između pojedinih područja, dovelo je do razvoja sposobnosti koje nas čine ljudima. Antropolog i evolucijski psiholog Robin Dunbar sa Sveučilišta u Oxfordu smatra da je do povećanja moždane kore došlo da bi se ljudi uspješno snašli u velikoj društvenoj mreži i održavali odnose u zajednicama. Navedeno je poznato kao **hipoteza društvenog mozga**. Dunbar je utvrdio da postoji povezanost između veličine zajednice, učestalosti međusobnog druženja i veličine prednjeg dijela moždane kore. Što su zajednice veće, potrebno je procesirati više informacija, zbog čega je potreban i veći dio moždane kore. Vezano za uspješno preživljavanje u takvim složenim društvenim zajednicama, našim je predcima od iznimne važnosti bilo razumjeti namjere drugih članova zajednice te njihovu spremnost na suradnju. Smatra se da je suradnja članova zajednice tijekom lova, obrane od predatora, traženja hrane i slično, univerzalna karakteristika koja je nastala pojavom roda *Homo*. Kako bi suradnja bila uspješna, naši su predci morali biti sposobni detektirati varalice, odnosno članove zajednice koji nisu spremni za suradnju. Uistinu, čini se da je tijekom evolucijske povijesti nastao modul u mozgu upravo za prepoznavanje varalica i laži. Bitno je napomenuti da se, kada se govori o modulu, ne misli na specifičan dio mozga koji je moguće prepoznati tehnikama oslikavanja mozga, već o složenom sustavu i mreži neurona u živčanom sustavu. Navedeni je modul samo jedan od brojnih evolucijskih adaptacija mozga koje rješavaju specifične probleme iz prošlosti ljudskih predaka. Pretpostavlja se da postoje i druge slične adaptacije kao što su mogućnost prepoznavanja lica, detektiranje emocionalnih ekspresija, pa čak i doživljavanje ljubomore. Smatra se da je ljubomora kao složena emocija evoluirala s ciljem detektiranja i uklanjanja prijateljske trenutnoj ljubavnoj vezi, što je povećavalo vjerojatnost uspješnog razmnožavanja i prenošenja gena na sljedeće generacije. Zanimljivo, brojna istraživanja pokazuju da muškarci i žene različito reagiraju na različite oblike

prijetnje vezi. Nalazi ukazuju da je muškarac ljubomorniji na seksualnu nevjeru partnerice. Smatra se da je to zbog toga što je time ugrožena njegova sigurnost u očinstvo te je veća vjerojatnost ulaganja u potomstvo koje nije njegovo. S druge strane, žena je uvijek sigurna da je dijete njezino, ali riskira partnerovo napuštanje i gubitak njegove potpore. Vjerojatnost napuštanja je veća ako se muškarac zaljubi u drugu ženu te se pretpostavlja da su žene tijekom evolucije razvile posebnu osjetljivost na znakove emocionalne nevjere. Svi ovi i slični moduli u živčanom sustavu razvijali su se tijekom evolucijske povijesti jer su povećavali vjerojatnost uspješnog preživljavanja i razmnožavanja. Iako čovjek ima relativno najveći mozak, nisu svi dijelovi njegova mozga veći od dijelova mozga drugih životinja. Neki dijelovi mozga su kod čovjeka manji. Primjerice, njušna lukovica, struktura smještena u prednjem mozgu koja je važna za osjet njuha, značajno je veća kod pasa i koza. Slično, područja mozga zadužena za lokalizaciju i prepoznavanje zvukova velika su kod šišmiša i dupina. Također je bitno spomenuti da to što čovjek ima relativno najveći mozak ne znači ujedno da je najprilagođeniji i najспособniji od svih ostalih vrsta na planetu. Sve su druge životinje, kao i čovjek, dobro prilagođene okolini u kojoj žive. Upravo je ta okolina dovela do mozga kakvog danas poznajemo kod čovjeka i svih ostalih životinjskih vrsta. Primjerice, okolina se može razlikovati po dostupnosti hrane za životinje. Zanimljivo je da životinje koje žive u okolini u kojoj hrana nije lako dostupna, imaju veće mozgove. Zašto je to tako? Većina vrsta veliku količinu energije i vremena troši na pronalaženje hrane i koristi različite strategije kako bi došla do nje. Što je hranu teže naći u okolini, strategije moraju biti složenije. Zbog toga vrste koje teže pronalaze hranu imaju i veće mozgove koji im omogućuju složene strategije.

Prednosti većeg mozga su jasne – veći mozak omogućava širok raspon različitih sposobnosti. Međutim, neuroznanstvenik Breedlove naglašava da veliki mozak ima nekih svojih nedostataka. Da bi se razvio veći mozak, potreban je duži period trudnoće, što može predstavljati problem za majku. Nadalje, veliki mozak zahtijeva i veću lubanju, što može komplicirati porod. Komplikacije mogu nastati ako je lubanja prevelika da prođe kroz uski porođajni kanal, posebice ako majka ima usku zdjelicu. U tom slučaju i dijete i majka mogu biti u životnoj opasnosti. Ipak, današnji napredak medicine u području ginekologije i opstetricije uvelike smanjuje vjerojatnost negativnih ishoda tijekom poroda. Primjerice, danas se veliki broj poroda obavlja carskim rezom, zbog čega i žene s jako uskom zdjelicom mogu bez većih poteškoća roditi zdravo dijete. Istraživači Mitteroecker i suradnici sa Sveučilišta u Beču smatraju da je sve veći broj poroda carskim rezom mogao dovesti do promjena u ljudskoj evoluciji. Autori objašnjavaju da su tijekom evolucijske prošlosti žene s uskom zdjelicom imale manju šansu preživljavanja tijekom poroda. U isto vrijeme, prirodni je odabir djelovao tako da se rađaju djeca s većom lubanjom jer su velika novorođenčad ujedno imala i veću šansu preživljavanja. Dakle, riječ je o svojevrsnom konfliktu – velika lubanja djeteta mogla je dovesti u opasnost život roditelja, ali u isto je vrijeme mogla dovesti i do veće kasnije adaptibilnosti djeteta, što je u literaturi poznato kao **opstetricijska dilema**. Navedeno znači da je morao postojati „kompromis“ između veličine zdjelice majke i veličine djeteta da bi oboje uspješno preživjeli. Moguće je da je carski rez „poremetio“ taj kompromis jer danas i žene s uskom zdjelicom uspješno rađaju veliku novorođenčad, prenoseći gene na svoje kćeri koje će vjerojatno također imati usku zdjelicu. Moguće je da se zbog toga sve više rađaju i djeca s većom lubanjom, jer velika lubanja više nije prijetnja uspješnom porodu. Ta je mogućnost uistinu zanimljiva, a buduća će istraživanja svakako dati uvid u stvarne podatke te otkriti koliko su uistinu veliki efekti carskog reza na evoluciju čovjeka.

Postoje i drugi problemi koji se tiču evolucijskog razvoja mozga. Prvo, da bi mozak dosegao veličinu kao kod odraslog čovjeka, mora se razvijati i nakon rođenja, što znači da je dijete duže ovisno o majci. Nadalje, naš mozak troši jako mnogo energije. U prvom poglavlju susreli ste se s podatkom da taj organ troši 20 % naše energije iako zauzima samo 2 % naše mase. Uzevši u obzir veliku količinu energije koju mozak troši za svoj rad, možda ste među onima koji su se zapitali je li moguće napornom mentalnom aktivnošću (npr. učenjem za ispit) potrošiti više energije te time i više kalorija. Konačno, može li se tako smršavjeti? Ako ste se to zapitali, niste jedini, ali odgovor je nažalost negativan – rješavanje statističkih zadataka neće ukloniti efekte čipsa koji ste pojeli. Profesor David Levitsky s Cornell University objasnio je da povećanje mentalne aktivnosti uistinu povećava potrošnju energije i gubljenje kalorija – ali samo do 10 kalorija dnevno. To znači da bi bilo potrebno nekoliko

godina da se promijeni broj na vagi. A zamislite samo kako bi bilo zabavno da možemo smršavjeti ležeći na kauču i rješavajući složene matematičke jednadžbe.

Sada kada znamo kako se mozak razvio tijekom evolucijske povijesti, pitanje je što se događa s mozgom posljednjih desetak tisuća godina. Je li se još povećao ili je ostao isti? Mijenja li se još uvijek ili je razvoj stao pojavom modernog čovjeka?

Mozak modernog čovjeka

Istraživanja koja je proveo profesor John Hawks sa Sveučilišta u Winsconsinu pokazuju da se u posljednjih 20 000 godina mozak modernog čovjeka – smanjuje! Hawks daje zapanjujuće podatke o brzini smanjivanja mozga: ako se smanjivanje nastavi jednakim tempom, u sljedećih 20 000 godina naš će mozak biti veličine mozga *Homo erectusa*. Naravno, taj je podatak samo ilustracija brzine smanjivanja, zapravo je malo vjerojatno da će se to uistinu i dogoditi. Neovisno o tome, činjenica jest da je došlo do malog smanjenja veličine mozga i postavlja se pitanje zašto. Nekoliko je mogućih razloga. Prvo, prosječna veličina tijela modernih ljudi smanjila se tijekom posljednjih 10 000 godina. Kako je ranije spomenuto, veća masa tijela uglavnom je povezana s većim mozgom. Nadalje, u posljednjih 20 000 godina otkako se mozak smanjuje, nastupilo je razdoblje holocena koje je obilježeno višim temperaturama i toplijim klimatskim uvjetima. Toplija je klima pak povezana s manjim mozgom. Christopher Stringer, paleoantropolog iz Prirodoslovnog muzeja u Londonu predlaže mogućnost da je način života modernog čovjeka doveo do smanjenja mozga. Na primjer, pripitomljene životinje imaju manje mozgove od svojih srodnika koji žive u divljini, vjerojatno jer ne trebaju promišljati o strategijama pronalaska hrane i izbjegavanju neprijatelja. Ne treba dodatno pojašnjavati da je moderni čovjek danas poprilično „pripitomljen“ i zaštićen u svojem domu za razliku od prvih *Homo sapiensa*, što je možda dovelo do smanjenja njegova mozga.

Kognitivni znanstvenik i evolucijski psiholog David Geary objašnjava svoju teoriju zašto se mozak smanjuje. Za to ćemo pojašnjenje kratko ponoviti kako evolucija funkcionira. Dakle, ako se neki pojedinci iz nekog razloga više razmnožavaju, logično je da imaju i više potomaka koji nasljeđuju njihove gene. Posljedično, tijekom mnogo generacija frekvencija gena tih pojedinaca u populaciji će se povećati. Naši predci koji su imali veći mozak, bili su uspješniji u preživljavanju i razmnožavanju te je stoga došlo do povećanja mozga. Međutim, Geary smatra da to više nije slučaj jer je posljednjih desetak tisuća godina čovjek počeo stvarati velike društvene zajednice, živjeti u udobnosti svojeg doma u gušće naseljenim područjima te je uveo podjelu rada i učinkovitiji pronalazak i uzgoj hrane. Od tada se uspješno mogu razmnožavati i ljudi s manjim mozgom i nižih sposobnosti. Na tu je ideju Geary došao kada je istraživanjem utvrdio da ljudi u gušće naseljenim područjima imaju manju lubanju i vjerojatno manji mozak. To ga je navelo na zaključak da razvojem složenih društvenih zajednica ljudi ne moraju imati velike adaptivne sposobnosti da bi preživjeli jer im pomažu drugi članovi zajednice. Takav je stil života poprilično različit od života naših predaka čiji je život ovisio o uspješnim strategijama pronalaska hrane, lovu i izbjegavanju predatora. David Geary također na duhovit način svoju teoriju o smanjenju mozga povezuje s filmom *Idiocracy* iz 2006. godine, redatelja Mikea Judgea. U filmu se Joe Bauers, kojeg glumi Luke Wilson, budi iz hibernacije nakon 500 godina i shvaća da je najpametnija osoba u Americi jer se cijela populacija pretvorila u neinteligentne ljude. Dakako, to se nije zapravo dogodilo s modernim čovjekom, ali je zabavan znanstveno-fantastični prikaz koji vrijedi pogledati. Čini se da još uvijek nemamo odgovor na pitanje zašto se mozak smanjio i kakav će biti u budućnosti, no ta problematika svakako predstavlja izazov za daljnja istraživanja. Osim toga, zasigurno nas čekaju nova otkrića koja će upotpuniti sliku našeg evolucijskog stabla i dovesti do novih spoznaja o evoluciji ovog najkompleksnijeg organa modernog čovjeka. Ova su istraživanja iznimno važna jer su milijuni godina evolucije doveli do mozga kakvog imamo danas i oblikovali naše cjelokupno ponašanje.

Zaključci

1. Evolucija živih bića proces je tijekom kojeg se događaju postupne promjene u genima koje se prenose iz generacije u generaciju. Prirodni odabir označava proces prenošenja gena povezanih s većim preživljavanjem na iduće generacije. Pod umjetnim odabirom podrazumijevaju se promjene učestalosti gena u populaciji, koje se događaju pod utjecajem čovjeka. Vrstu možemo definirati kao skup genetski sličnih jedinki koje se mogu međusobno razmnožavati.
2. Evolucija se može prikazati kao razgranato stablo na kojem najmanja grančica predstavlja jednu vrstu, dok zajednička grana na kojoj se nalazi više manjih grančica predstavlja zajedničkog pretka. Unutar skupine kralježnjaka prvi su se sisavci pojavili otprilike prije 180 milijuna godina. Sisavci se dijele na redove, kao što je primjerice red primata. Oni se dalje dijele u porodice, od kojih jednu čine hominidi koji se dalje dijele u dva roda: *Australopithecus* i *Homo*. Čovjek, *Homo sapiens*, spada u rod *Homo*, a najvjerojatnije se razvio iz jedne vrste *Australopithecusa*.
3. Istraživanja evolucijskog razvoja čovjeka temelje se na proučavanjima fosilnih ostataka i živućih životinjskih vrsta. O evolucijskom razvoju mozga zaključuje se indirektno na temelju veličina pronađenih lubanja. Lucy je najpoznatiji *Australopithecus aferensis* čije su kosti otkrivene u Etiopiji 70-ih godina prošlog stoljeća. S pojavom novih vrsta njihov mozak se povećavao, s tim da je prvo značajnije povećanje volumena mozga utvrđeno kod pojave roda *Homo* otprilike prije 2,5 milijuna godina. Mozgovi modernog čovjeka imaju prosječan volumen oko 1400 cm³.
4. Mozgovi različitih kralježnjaka razlikuju se u ukupnoj veličini, razgranatosti izdanaka i broju sinaptičkih veza među neuronima. Kvocijent encefalizacije predstavlja mjeru relativne težine mozga, a dobije se kao omjer stvarne težine mozga i predviđene težine mozga kakvu bismo očekivali za vrstu određene težine tijela. Usporedbe kvocijenata encefalizacije različitih vrsta rezultirale su spoznajom da čovjek u usporedbi sa svim drugim vrstama ima najveći mozak u relativnom smislu. U usporedbi s drugim primatima, čovjek ima veće prednje dijelove frontalnog režnja, a njegova asocijativna kortikalna područja sadrže veći broj neurona. Navedeno mu je omogućilo visoke kognitivne sposobnosti, apstraktno mišljenje i jezičnu komunikaciju. Hipoteza društvenog mozga pretpostavlja povećanje moždane kore kako bi se ljudi uspješno snašli u većoj društvenoj mreži i kako bi održavali odnose u zajednicama. Iako veći mozak omogućava širok raspon različitih sposobnosti, za njegov razvoj potreban je duži period trudnoće te veća lubanja. Opstetirijska dilema pretpostavlja kompromis između veličine zdjelice majke i veličine djeteta kako bi oboje uspješno preživjeli porod.
5. Posljednjih se 20 000 godina mozak modernog čovjeka smanjuje. Nekoliko je mogućih razloga: topliji klimatski uvjeti, smanjenje tjelesne mase, način života modernog čovjeka, život u gušće naseljenim područjima.

Testirajte se

1. Navedite i opišite neke primjene umjetnog odabira.
2. Koje su sve moguće prednosti uspravnog u usporedbi s četveronožnim hodačima za ljude?
3. Koji su mogući razlozi zbog kojih je neandertalac imao veći mozak od današnjeg čovjeka?
4. Razmislite koji su sve mogući nedostaci i posljedice evolucijskog povećanja mozga.
5. Navedite hipotetske uzroke koji su mogli utjecati na smanjenje mozga suvremenog čovjeka.

Preporučena dodatna literatura

Miller, G. (2007). *Razum i razmnožavanje: Kako je izbor seksualnih partnera oblikovao ljudsku narav*. Zagreb, Hrvatska: Algoritam.

Miller, J. i Van Loon, B. (2010). *Introducing Darwin: A Graphic Guide*. United Kingdom: Icon Books Ltd.

Ridley, M. (2004). *Evolucija: klasici i suvremene spoznaje*. Zagreb: Naklada Jasenski i Turk.

Važni pojmovi

Archaeopteryx Najstariji i najpoznatiji blizak srodnik pretku današnjih ptica.

Evolucija Proces tijekom kojeg se događaju postepene promjene u genima koji se prenose iz generacije u generaciju.

Hipoteza društvenog mozga Pretpostavka da je do povećanja moždane kore došlo kako bi se ljudi uspješno snašli u velikoj društvenoj mreži i održavali odnose u zajednicama.

Hušnjakovo brdo Hrvatsko pronalazište ostataka neandertalaca koje je dalo veliki doprinos europskoj i svjetskoj znanosti o evoluciji čovjeka.

Kvocijent encefalizacije Mjera relativne težine mozga koja se dobiva kao omjer stvarne težine mozga i predviđene težine mozga kakvu bismo očekivali za vrstu određene težine tijela.

Lucy Najpoznatiji *Australopithecus aferensis*, čiji je pronalazak doveo do bitnih spoznaja o toj vrsti, a jedna od njih je da su ti naši predci hodali uspravno i da su bili niskog rasta (nešto viši od jednog metra).

Opstetricijska dilema Svojevrсни konflikt između veličine lubanje novorođenčeta koja može dovesti u opasnost život roditelja te istovremeno može dovesti do veće adaptabilnosti djeteta s većom lubanjom. Navedeno znači da je morao postojati „kompromis“ između veličine zdjelice majke i veličine djeteta da bi oboje uspješno preživjeli.

Prirodni odabir Povećanje učestalosti pojedinih gena u populaciji koji su povezani s većom vjerojatnosti preživljavanja, odnosno smanjenje učestalosti onih koji su povezani s manjom vjerojatnosti preživljavanja.

Umjetni odabir Promjene učestalosti pojedinih gena u populaciji pod utjecajem čovjeka.

Vrsta Skup genetski sličnih jedinki koje se mogu međusobno razmnožavati.

Literatura

Breedlove, S. M., & Watson, N. V. (2013). *Evolution of the Brain and Behavior*. In S. M. Breedlove, & N. V. Watson (Eds.), *Biological Psychology: An Introduction to Behavioral, Cognitive, and Clinical Neuroscience* (pp. 151-178). Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc. Publishers.

Buss, D. M. (2013). Sexual jealousy. *Psihologijske teme*, 22(2), 155-182.

Cairó, O. (2011). External measures of cognition. *Frontiers in human neuroscience*, 5(108), 1-9.

Dannemann, M., Andrés, A. M., Kelso, J. (2016). Introgression of Neandertal- and Denisovan-like Haplotypes Contributes to Adaptive Variation in Human Toll-like Receptors. *American Journal of Human Genetics*, 98, (1), 22-33.

Deschamps, M., Laval, G., Fagny, M., Itan, Y., Abel, L., Casanova, J. L., Ptin, E., Quintana-Murci, L. (2016). Genomic signatures of selective pressures and introgression from archaic hominins at human innate immunity genes. *The American Journal of Human Genetics*, 98(1), 5-21.

Geary, D. C. (2005). *The origin of mind: Evolution of brain, cognition, and general intelligence*. American Psychological Association.

Hofman, M. A. (2014). Evolution of the human brain: when bigger is better. *Frontiers in neuroanatomy*, 8, 15.

Johanson, D. i Edey, M. A. (1990). *Lucy: The beginnings of humankind*. New York, New York: Simon and Schuster.

Kaas, J. H. (2012). The evolution of neocortex in primates. *Progress in brain research*, 195, 91-102.

Kavoi, B. M., & Jameela, H. (2011). Comparative morphometry of the olfactory bulb, tract and stria in the human, dog and goat. *International Journal of Morphology*, 29(3). 939-946.

Nieuwenhuys, R., Ten Donkelaar, H. J. i Nicholson, C. (1998). *The Central Nervous System of Vertebrates*. Berlin, Germany: Springer.

Pinel, J. P. J. (2000). *Biološka psihologija*. Jastrebarsko: Naklada Slap.

Stone, V. E., Cosmides, L., Tooby, J., Kroll, N. i Knight, R. T. (2002). Selective impairment of reasoning about social exchange in a patient with bilateral limbic system damage.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(17), 11531-11536.

Stringer, C. Why Have Our Brains Started to Shrink?

URL: <https://www.scientificamerican.com/article/why-have-our-brains-started-to-shrink/>

Popis slika

C:\Users\Pavle\Desktop\Ilustracije\3.1.jpg

Slika. 3.1. Ilustracija evolucijskog stabla

C:\Users\Pavle\Desktop\Ilustracije\3.2.jpg

Slika 3.2. Biološka kvalifikacija današnjeg čovjeka.

C:\Users\Pavle\Desktop\Ilustracije\3.3.jpg

Slika 3.3. Pojednostavljen prikaz evolucije današnjeg čovjeka

C:\Users\Pavle\Desktop\Ilustracije\Pog3_fin\3.4\3.4.jpg

Slika 3.4. Pojednostavljen prikaz evolucije kralježnjaka

9. POGLAVLJE

MOZAK U LJUBAVI I SEKSU

Marina Nekić

U ovom poglavlju naučit ćemo:

- o mozgovnim procesima, hormonima i neuroprijenosnicima koji su uključeni u različite aspekte ljudske seksualnosti
- o stadijima romantične ljubavi koji uključuju: stadij požude i privlačnosti, stadij zaljubljenosti, stadij privrženosti
- o neuronskim i kemijskim procesima koji se događaju nakon prekida ljubavnog odnosa

Da se o mozgu u ljubavi i seksu ne bave samo znanstvenici, možete provjeriti na MTV-u ili na YouTubeu slušajući pjesme poput *Love on the Brain* koju pjeva Rihanna.

■ No matter what I do, I'm no good without you, And I can't get enough, Must be love on the brain.

U popularnim tekstovima može se naići na poznati kliše da je mozak naš najveći i najvažniji organ za ljubav i seks. Neuroznanstvenim istraživanjima otkriveni su brojni procesi koji su uključeni u razne aspekte ljudske seksualnosti i doživljaja zaljubljenosti. U ovom ćemo poglavlju iznijeti neke zanimljive znanstvene činjenice o mozgu kada je zaljubljen, kada voli, kada je u seksualnom zanosu i kada je u prekidu ljubavnog odnosa.

Kemija u mozgu

Cijela ljudska povijest prožeta je opisima ljubavi i ljubavnih parova, od Romea i Julije, kraljice Viktorije i princa Alberta, pa sve do Johnnyja Casha i June Carter. U istraživanju koje je provedeno u 166 različitih kultura antropolozi su pronašli dokaze o postojanju romantične ljubavi u 147 kultura, što je gotovo 90 posto. Od Europe pa do Australije ljudi pjevaju ljubavne pjesme, prepričavaju mitove i legende o romantičnoj ljubavi. Najpoznatija ljubavna pjesma, starozavjetna *Pjesma nad pjesmama*, ima jedan

stih koji tako zorno opisuje zaljubljenost: *Poljubi me poljupcem usta svojih, ljubav je tvoja slađa od vina.*

Svi se manje ili više možemo složiti s tim stihom i vjerojatno isto tako možemo pretpostaviti da je većina barem jednom u životu bila zaljubljena. Poznato nam je kako je to kada ne možemo prestati misliti o osobi koja nam se sviđa ili kada nam se obrazi zarumene kada smo u istoj prostoriji s objektom naše zaljubljenosti i obožavanja.

Jedna od najpoznatijih znanstvenica koja se bavi anatomijom ljubavi, biološka je antropologinja Helen Fisher, koja u nekoliko knjiga i predavanja na *TED Talks*u objašnjava što se događa s našim mozgom kada smo zaljubljeni i kada volimo. Nizom istraživanja u kojima su korišteni sofisticirani uređaji za snimanje funkcija mozga, Fisher je otkrila da se mozak pobudi kada se osobi koja je zaljubljena pokaže slika voljene osobe. Stoga ne čudi da zaljubljeni par može razgovarati ili se dopisivati cijelu noć, da se pišu pjesme, mijenja posao i životne navike, putuje na drugi kraj svijeta zbog ljubavi.

Ta količina energije i izdržljivosti koju donosi zaljubljenost povezana je s kemijskom simfonijom koja se događa u mozgu. Za tu euforiju prvenstveno su zaduženi neuroprijenosnici. Općenito, funkcija neuroprijenosnika u mozgu jest omogućavanje komunikacije među neuronima. Svaki neuroprijenosnik ima svoju posebnu funkciju, a neki od njih, primjerice **noradrenalin**, **dopamin** i osobito **feniletilamin**, koji se luče kad smo zaljubljeni, kemijski su jako slični amfetaminima. Amfetamini su sintetična psihoaktivna droga koja stimulira središnji živčani sustav i pritom dovodi do poboljšanja raspoloženja, odnosno pojačanja budnosti i pažnje te poboljšanja fizičkih sposobnosti. Dakle, djelovanje spomenutih neuroprijenosnika, koji imaju slične efekte kao amfetamini, samo je jedan od čimbenika koji su odgovorni da se stanje zaljubljenosti često opisuje kao promijenjeno stanje svijesti ili da se za zaljubljene osobe kaže da su kao drogirane. Rezultati nekih znanstvenih istraživanja potkrepljuju takvo gledište. Znanstvenici sa Sveučilišta Syracuse u SAD-u potvrdili su ranije navode da je mozak zaljubljenih kao mozak osobe koja je pod djelovanjem kokaina. Na temelju pregleda većeg broja istraživanja, autorica Stephanie Ortigue i njezini suradnici utvrdili su da se možemo zaljubiti u jednoj petini sekunde, i ne samo to, nego da pritom stanje zaljubljenosti remeti kognitivno funkcioniranje. Preciznije, Enzo Emenule i njegovi suradnici mjerili su razinu živčanog faktora rasta u plazmi te su utvrdili veće razine kod onih parova koji su se upravo zaljubili u odnosu na one koji nisu bili u vezi. Naime, živčani je faktor rasta neurotrofni peptid koji stimulira rast aksona te igra važnu ulogu kao modulator endokrinog sustava u složenim mehanizmima romantične ljubavi tako da, između ostalog, potiče lučenje **vazopresina** (ili antidiuretskog hormona). Na temelju tih rezultata istraživanja neki su autori skloni zaključivanju da imamo znanstveno potvrđenu neurološku podlogu ljubavi na prvi pogled.

Kada smo zaljubljeni, 10 regija mozga postaje značajno aktivnije, primjerice kaudalna jezgra i ventralno tegmentalno područje, koji čine jedan dio bihevioralno aktivacijskog sustava, a koji se pak aktiviraju pri najavi nagrade te su povezani i s osjećajem ugone. Stražnji dio hipokampusa također je još jedna regija u mozgu koja se aktivira kad se zaljubimo, a taj dio mozga zadužen je, između ostalog, i za žudnju. Prema tome, mnogi će se autori složiti s tvrdnjom da je zaljubljenost manje osjećaj, a više motivacijski poriv. Prema Bianchi-Demicheli i suradnicima romantična ljubav lokalizirana je u subkortikalnim i kortikalnim regijama mozga koje su zadužene za nagrađivanje, motivaciju i emocije. Dakle, romantična ljubav, a time i zaljubljenost, više je poriv koji je cilju usmjeren i koji ima predvidljive facilitirajuće efekte, a manje čista emocija. Fisher naglašava da se tu radi o sustavu nagrađivanja koji se u mozgu aktivira slično kao kada pojedemo čokoladu. Da bismo lakše mogli istaknuti važne mehanizme u mozgu kao i presudne kemijske spojeve, romantičnu ljubav ćemo, kao što to radi većina autora, poput Amena i Fisher, opisati pregledom triju glavnih stadija. To su stadij požude i privlačnosti, stadij zaljubljenosti i, na kraju, stadij privrženosti.

Mozak u požudi i privlačnosti

Tijekom puberteta tijelo mladića i djevojaka mijenja se pod utjecajem spolnih hormona te se počinje javljati i interes za istraživanje vlastite seksualnosti i ljubavnih odnosa. Tijekom životnog vijeka privlačnost i žudnja za osobom koja nam se sviđa ima svoju posebnu kemijsku simfoniju. U podlozi izjave „On/Ona mi je napeta!“ kriju se **testosteron, estrogen i feromoni**.

Što se zbiva u mozgu kada nas seksualno privlači neka osoba? Odnosno, što se zbiva u toj jednoj petini sekunde? Jedan od neuropsihijatar, Daniel Amen, ističe da je naš mozak evolucijski programiran za privlačnost. On, naime, govori o tome da je mozak tzv. „kemijska tvornica u potrazi za ljubavlju“. S druge strane, još je ranije Darwin vjerovao da i životinje (prvenstveno sisavci) mogu osjećati privlačnost. Afrički su slonovi dobar primjer, osobito ženke koje neke mužjake preferiraju, dok druge odbijaju. Pritom preporučujemo zanimljivu seriju dokumentaraca pod nazivom *Wild Sex*, u produkciji *National Geographic Wild*, u kojoj se u šest epizoda prikazuje seksualni život životinja.

Vjerojatno je da preferenciju određuje ono što je oku ugodno. Kada vidimo privlačnu osobu, vidna se područja u našem mozgu aktiviraju. Tada kreće lučenje spolnih hormona koji još dodatno pobude cijelo tijelo. Prije nešto manje od 100 godina otkriveno je da androgeni (npr. testosteron) i estrogen igraju značajnu ulogu u seksualnoj privlačnosti. To je onaj osjećaj kada kažemo da smo se za nekog „zapalili“. Oba se hormona u različitim količinama nalaze i u tijelu muškaraca i žena, s tim da testosterona ima više kod muškaraca, a estrogena kod žena. Testosteron ima važnu ulogu u spolnom nagonu, pa njegov manjak može smanjiti seksualni nagon. Uloga ženskih spolnih hormona u privlačnosti ili požudi manje je poznata. Kompleksnost uloge estrogena možemo vidjeti u različitim načinima djelovanja ovisno o količini. Primjerice, neki su od simptoma menopauze stanjivanje tkiva vagine i slabljenje lubrikacije zbog smanjenja količine estrogena, što može dovesti do boli prilikom seksualnog odnosa. Nadalje, žene koje su primale estrogensku terapiju zbog odstranjenih jajnika izvijestile su o pojačanoj lubrikaciji u odnosu na razdoblje prije terapije te o jačanju seksualne želje, seksualnog zadovoljstva i orgazma. Josephine Wilson smatra da je razlog tome što estrogen potiče dobro raspoloženje koje omogućuje ženama da budu seksualno receptivnije.

Iako su rezultati istraživanja jasno pokazali djelovanje različitih neuroprijenosnika i hormona na ljudsko ponašanje u ljubavi i seksu, feromoni su i dalje misterij te još uvijek izazivaju veliki interes laika i znanstvenika. Radoznalost za djelovanje feromona ide do te mjere da na nekim internetskim portalima možete naručiti posebne parfeme s feromonima za žene i za muškarce ne bi li mirisom privukli željenog partnera odnosno partnericu. Čak je i u povijesti ljudske seksualnosti poznato da je u nekim kulturama poklanjanje voća koje bi se držalo ispod pazuha tijekom noći imalo za cilj zavođenje. Shah i Breedlove naglašavaju da u nosu postoje dva anatomska različita područja, vomeronazalni sustav i olfaktorni epitel, koja sadrže feromonske receptore. Neke su studije, poput onih Ivanke Savic i njezinih suradnika, potvrdile da možemo reagirati na feromone. Riječ je o tome da su Savic i suradnici htjeli ispitati kako mozak muškaraca i žena reagira na estratetraenol (kemijski spoj sličan estrogenu za koji se smatra da je feromon iz urina žena) i androstadienon (derivat testosterona/feromon nađen u znoju muškaraca). Korištenjem sofisticiranih tehnika snimanja mozga kao što su funkcionalna magnetska rezonancija (fMRI) i pozitronska emisijska tomografija (PET) istraživači su otkrili da estratetraenol aktivira dijelove hipotalamusa koji su važni za seksualno funkcioniranje kod heteroseksualnih muškaraca, ali ne i heteroseksualnih žena, dok androstadienon aktivira samo mozgovne strukture žena. Dodatni nalaz tog istraživanja jest da su mozgovne strukture homoseksualnih muškaraca reagirale na oba feromona. Recentnija istraživanja, poput onog Ferdenzi i suradnika, ukazuju na zanimljivu ulogu feromona na procjenu atraktivnosti. Muškarci i žene koji su bili izloženi ulju klinčića s androstadienonom procjenjivali su lica i glasove atraktivnijima nego skupina koja nije bila izložena androstadienonu. Međutim, koliko god priča o feromonima bila zavidljiva, navedena istraživanja rađena su pod pretpostavkom da su estratetraenol i androstadienon ljudska verzija feromona. Wyatt smatra da ta pretpostavka nema znanstveno uporište iako već više od četrdeset godina vlada znanstvenim i javnim krugovima. Uz Wyatta javljaju se i drugi znanstvenici kao što su Doty, Wysocki i Preti koji navode da zapravo nema valjanih rezultata bioloških testova koji pokazuju da u ljudskim izlučevinama postoje molekule koje bi mogle biti identificirane kao feromoni.

Stoga upotreba termina „navodni ljudski feromoni" u znanstvenim istraživanjima ne umanjuje činjenicu da jednostavno nema nikakvih dokaza koji ukazuju na to da su i navodni. Doty ide i dalje s kritikama te smatra da su eksperimentalni nacrti velikog broja istraživanja manjkavi, provedeni na malim uzorcima i sa statističkim pogreškama te naglašava da je temeljni problem svih istraživanja o feromonima taj da se vode navodima o postojanju određenih molekula koje zovemo feromonima. Prema spomenutim autorima jednostavno ne postoje dokazi zbog kojih bi se baš estratetraenol i androstadienon, uz stotine drugih molekula nađenih u pazušnom području, smatrali feromonima.

Međutim, generalno gledano uloga mirisa u ljudskoj seksualnosti dobro je dokumentirana. Stoga važnost određenih osjetilnih organa možemo jasnije utvrditi tek kada oni ne funkcioniraju najbolje. To pokazuju Hirschova istraživanja na pacijentima koji su imali poremećaj osjetila njuha. Jedna četvrtina pacijenata koji su izgubili osjet mirisa, razvili su neku od seksualnih disfunkcija. Dakle, još uvijek se ukrštavaju znanstvena koplja o postojanju i efektima ljudskih feromona na ponašanje muškaraca i žena te je jasno da i dalje bilo kakve tvrdnje o toj temi zahtijevaju rigoroznu znanstvenu provjeru. Međutim, vidimo da to ne sprječava pojedine tvrtke da unatoč nedostatnim znanstvenim rezultatima nude posebne parfeme s feromonima. Na vama je odluka hoćete li ih kupiti, ali ipak prije toga pročitajte pregledni rad ranije spomenutog autora Wyatta.

Mozak u zaljubljenosti i zanesenosti

Zaljubljenost je posebno stanje koje je teško opisati jer taj ushit, čini se, mogu predočiti jedino vrsni književnici. Međutim, možemo opisati što se događa s našim mozgom kada se aktivira cijeli niz neuroprijenosnika i različitih kemijskih spojeva koji su odgovorni za, kako bismo na engleskom jeziku rekli, „pad u ljubav" (*to fall in love*). Dakle, kad se zaljubimo, u našem mozgu dolazi do snažne navale kemijskih spojeva koji nas čine uzbuđenima, zanesenima i euforičnima, dok je istovremeno potisnuta aktivnost centara u mozgu koji nas upozoravaju na potencijalnu opasnost. Prema nalazima istraživanja, to stanje u neurološkom smislu traje između 12 i 18 mjeseci. U tom razdoblju dolazi do aktivacije i deaktivacije različitih dijelova mozga, kao i do lučenja cijelog niza različitih kemijskih spojeva.

Tako su istraživanja pokazala da se pod utjecajem intenzivnih romantičnih osjećaja aktiviraju, između ostalih, dva područja u mozgu. Prvi je ventralni striatum koji se povezuje s ugodom i koji ima važnu ulogu u sustavu nagrađivanja. Njegova aktivacija uzrokuje osjećaj blagostanja. Primjerice, kada majke gledaju slike svoje djece, aktiviraju se slična područja kao i kada ljubavni parovi gledaju slike svojih partnera. Ti nalazi također upućuju da majke (kao i zaljubljeni parovi) imaju poteškoća s donošenjem odluka i logičkim zaključivanjem kada je riječ o njihovoj djeci. Drugo područje mozga je inzula, povezana s osjećajima i raspoloženjima, a njezina je uloga procesiranje osjetilnih i emocionalnih informacija te određivanje naših očekivanja i izbora. Čini se da se kod seksualne privlačnosti i dugotrajne ljubavne veze aktiviraju obje regije, ventralni striatum i inzula, što bi značilo da oba tipa odnosa kreiraju osjećaj zadovoljstva. Međutim, kada je riječ o predanom ljubavnom odnosu, onda je samo inzula intenzivnije aktivna, ali ne i ventralni striatum. Stoga neki istraživači, poput Stephanie Cacioppo i njezinih suradnika, smatraju da su pronašli dokaz za razlikovanje strastvenog obožavanja od duboke ljubavi. Zanimljivo je da su ta dva područja mozga također aktivna kod ovisnika o teškim drogama.

Dok su ta dva područja pojačano aktivna, prefrontalni je režanj „utišan", što znači da nam slabije funkcionira logičko mišljenje kao i naučene socijalne norme i moralnost. Dakle, kada smo zaljubljeni, manje smo racionalni, skloni smo riziku i nismo spremni slušati druge koji nas pokušavaju urazumiti. Sukladno tome, ne čudi da se ljubav često povezuje s ovisnošću jer konzumiranje nekih opojnih droga izaziva slične neuronske reakcije u našem mozgu.

Prisutnost niza kemijskih spojeva u ovoj fazi romantične ljubavi pokazuje da to nije sve. Kad se zaljubimo i ne možemo prestati misliti o voljenoj osobi, dolazi do navale **adrenalina**, noradrenalina,

dopamina, i feniletilamina, ali i do snižene razine **serotonina**. Prva dva u ovom nizu, adrenalin i noradrenalin, ujedno su i hormoni koji se proizvode u nadbubrežnim žlijezdama, ali i neuroprijenosnici koji nastaju u živčanim završecima simpatičkog živčanog sustava. Uobičajena reakcija organizma na povišene razine adrenalina viša je srčana frekvencija i krvni tlak, što priprema tijelo za akciju. Međutim, previše adrenalina i noradrenalina vodi nelagodi i tjeskobi, a premalo depresivnom raspoloženju. Dopamin se dovodi u vezu sa zadovoljstvom, motivacijom i koncentracijom. Kada imamo dovoljno dopamina, osjećamo se seksualno privlačnima. Neka su istraživanja pokazala da u mozgu dolazi do aktivacije dopaminergičkog sustava koji je zadužen za nagrađivanje i motivaciju kada gledamo sliku osobe u koju smo zaljubljeni. S druge strane, niske razine dopamina mogu biti povezane s depresivnim raspoloženjima. Kokain i neki antidepresivi pojačavaju proizvodnju dopamina. S osjećajem ugođe povezan je neuroprijenosnik serotonin, čija je glavna funkcija regulacija raspoloženja. Niske razine tog neuroprijenosnika odgovorne su za depresivna raspoloženja, tjeskobu i opsesivno-kompulzivne simptome. Niske razine serotonina s pojačanom aktivnosti cingularne vijuge i bazalnih ganglija često se povezuju i s novim ljubavnim odnosom. Naime, radi se o tome da ne možemo prestati misliti o osobi u koju smo zaljubljeni, nismo baš u stanju racionalno misliti, tjeskobni smo ako čekamo na poruku cijeli dan, ukratko, pomalo smo opsjednuti. Previsoka razina serotonina nije poželjna jer takvo stanje smanjuje motivaciju, ali i osjetljivost genitalnog područja, što u konačnici smanjuje seksualnu želju i otežava doživljaj orgazma. Kombinacija visoke razine dopamina i niske razine serotonina tijekom zaljubljenosti objašnjava visoku motiviranost da budemo s voljenom osobom kao i opsesivne misli vezane za nju. Naime, istraživanja pokazuju da osobe koje pate od opsesivno-kompulzivnog poremećaja imaju slične razine serotonina kao i zaljubljene osobe. Neki će autori čak reći da su prvi stadiji zaljubljenosti vid opsesije.

I za kraj nam je ostala još jedna „ljubavna molekula“, koje ima i u čokoladi, a zove se feniletilamin. Taj neuromodulator potiče oslobađanje noradrenalina i dopamina koji su ključni za osjećaj euforije i zaljubljenosti. Vidjeli smo kakva se „sapunica“ u našem mozgu događa kada smo zaljubljeni, međutim kada nekog volimo i kada postanemo privrženi ljubavnom odnosu, tada na pozornicu stupaju neki drugi neuroprijenosnici i hormoni.

Privrženi mozak

Ako se ljubavni odnos nastavi nakon faze zaljubljenosti, poznata zanesenost polako nestaje, ali se javljaju drukčiji i dublji osjećaji. U razdoblju između šest mjeseci i dvije godine veze mozak lagano usporava proizvodnju ranije opisanih kemijskih tvari u mozgu. Stanje euforije lagano slabi, što je u konačnici neophodno jer bi naše tijelo kolabiralo od iscrpljenosti. Upravo ta spoznaja može biti od pomoći ljubavnim parovima da razumiju kemijsku dinamiku odnosa. Naime, pokazalo se da neki pojedinci postanu ovisni o tom osjećaju euforije te kako on počinje slabjeti, tako slabi i njihov interes za gradnju dubljeg odnosa. Neke pak osobe tumače manjak zanesenosti kao odljubljenost te zbog toga prekidaju ljubavnu vezu. Ono što se tada događa slikovito je najlakše opisati kao odvikavanje od kemijskih spojeva koji su dominirali u fazi zaljubljenosti. Ako par ostane zajedno i nakon tog euforičnog stanja, stvara se privrženost, dakle ljubavni odnos u kojem smo predani partneru i u kojem vladaju hormoni **oksitocin** i vazopresin. Za oslobađanje oksitocina i vazopresina zadužena je neurohipofiza. Međutim, ta se dva hormona zapravo sintetiziraju u jezgrama hipotalamusa. Oksitocin djeluje na spolne žlijezde te na glatke mišiće maternice. Primarna funkcija vazopresina je antidijuretičko djelovanje, a također je uključen u nastanak privrženosti. Hipotalamus i hipofiza (adenohipofiza i neurohipofiza) prikazani su na Slici 9.1.

SLIKA 9.1. OVDJE

Oksitocin djeluje i na ponašanje, odnosno presudan je za stvaranje bliskih odnosa. Kada se grlimo, razine tog hormona rastu, a rastu čak i kada gledamo romantične filmove u kojima su glavni junaci u ljubavnom zagrljaju. U istraživanjima na životinjama primijećeno je da se, primjerice, prerijska

voluharica brže pari ako joj je ubrizgan oksitocin, u odnosu na situaciju kada se djelovanje oksitocina namjerno blokira. Oksitocin je hormon koji se također luči tijekom dojenja te se smatra temeljnom kemijskom komponentom u razvoju privrženosti između majke i djeteta. Nadalje, kako se njegove razine značajno povećavaju neposredno nakon orgazma i kod muškarca i kod žena, Young smatra da je vjerojatno oksitocin jedan od razloga stvaranja bliskosti među seksualnim partnerima. Naime, kod muškaraca je razina oksitocina relativno niža nego kod žena. Povišene razine tog hormona uzrokovane orgazmom možda daju objašnjenje zašto se često kaže da muškarcima treba seks da bi razvili bliskost. Osim toga, neki rezultati istraživanja pokazuju da je oksitocin općenito zadužen za stvaranje povjerenja u međuljudskim bliskim odnosima, ne samo ljubavnim. Za oksitocin se često kaže da je „ljubavni napitak“, odnosno da ljubavnom odnosu daje neophodni osjećaj predanosti i povjerenja. Međutim, treba naglasiti da novija istraživanja ukazuju na aktivnosti oksitocina koje nisu baš optimistične. Oksitocin ima dvije glavne uloge. U jednoj je poput Anakina Skywalkera, hormon ljubavi koji djeluje na povezanost i povjerenje, dok prelaskom na „tamnu stranu“ postaje poput Dartha Vadera i tada je zadužen za zavist.

Vazopresin, osim što pospješuje reapsorpciju vode u bubrezima, povezuje se još s asertivnošću, dominacijom i seksualnim ponašanjem. Za taj se hormon još navodi da predstavlja značajan kemijski faktor vjernosti u vezi. Inhibiranje receptora vazopresina može izazvati preljubničko ponašanje, barem kod voluharica, kako tvrde Fisher i Amen. Naime, djelovanje oba hormona, i oksitocina i vazopresina, ne može se promatrati izolirano. Pokazalo se da visoke razine oksitocina i vazopresina mogu umanjiti efekte dopamina i noradrenalina. Ako to prevedemo na dinamiku odnosa između dvoje ljudi, onda to znači da dok u odnosu blijedi zanos zaljubljenosti, istodobno raste privrženost. Ono što pomaže parovima da i dalje održe ljubav novom i strastvenom jest upuštanje u neke zajedničke aktivnosti koje do tada nisu radili. Primjerice, mogu se prijaviti na tečaj ronjenja ili otići na večeru s prijateljima u novi egzotični restoran. Iako su za uspjeh veze važni oksitocin i vazopresin jer stvaraju kemijske temelje za razvoj povjerenja, povezivanja i predanosti, čini se da visoke razine testosterona narušavaju spomenute efekte. Muškarci kojima je povišen testosteron manje su predani odnosu, tj. rjeđe ulaze u bračne vode, a ako se ipak odluče za brak, češće se razvode te su općenito agresivniji. Zanimljivo je da se razine testosterona snižavaju kad muškarac drži dijete, vjerojatno stoga što rastu razine oksitocina i vazopresina. Uz spomenute zanimljivosti o funkcioniranju mozga u različitim stadijima romantične ljubavi, dodatne informacije možete pronaći u knjigama Daniela Amena, Kayt Sukel, Gillian Einstein i naročito Helen Fisher. Istraživanja te biološke antropologinje o požudi, zaljubljenosti i privrženosti za svakoga će biti prava poslastica.

Mozak u seksu

U svim opisanim fazama razvoja ljubavnog odnosa najvjerojatnije će između dvoje zaljubljenih doći do seksualnog odnosa. Iako su u podlozi seksualnog uzbuđenja i seksualnog odgovora biološki mehanizmi koji su u osnovi univerzalni, specifični seksualni podražaji kao i ponašanje uvelike su i kulturološki određeni. U pokušaju da zahvatimo sve važne faktore koji utječu na ljudsku seksualnost, u ovom ćemo se poglavlju više orijentirati na neurokemijske procese koji se događaju kada dvoje ljudi (ili više njih) krene u „akciju“.

Mnogi su istraživači koristeći fMRI uvidjeli važnost **limbičkog sustava** u regulaciji seksualnog ponašanja. U istraživanjima se potvrdila pojačana aktivnost limbičkog sustava, posebice amigdale, kod muškaraca i žena dok su gledali erotski sadržaj. Ista aktivnost spomenutih regija u mozgu zapažena je i kod žena koje su snimane dok su doživljavale orgazam. Nadalje, postoje pokazatelji da će stimulacija hipotalamusa dovesti do seksualnog uzbuđenja koje će kulminirati orgazmom kod oba spola. I u kliničkim slučajevima možemo uočiti važnost hipotalamusa u seksualnom odgovoru. Utvrđeno je da se kod pacijenata koji su imali oštećenje hipotalamusa, preciznije njegova medijalno preoptičkog područja, značajno smanjila učestalost seksualnog ponašanja. Ta regija hipotalamusa nije važna samo za ljudsko seksualno ponašanje, utvrđeno je da se seksualna nezainteresiranost javlja i kod drugih vrsta uslijed njezina oštećenja. Nadalje, istraživači Argiolas te Le Merrer sa suradnicima navode da

opijati, poput heroína i morfija, blokiraju procese tog dijela hipotalamusa te samim time i kod muškaraca i žena inhibiraju seksualno ponašanje.

Ranije opisani neuroprijenosnici i hormoni koji djeluju na naše ponašanje tijekom različitih stadija razvoja ljubavnog odnosa, prisutni su i tijekom seksualnog odgovora. Tako se feniletilamin, inače **zadužen za oslobađanje** dopamina, oslobađa tijekom seksa te maksimalno prilikom orgazma. Kako ga ima u kakau i čokoladi, ne čudi što je čokolada namirnica koja je neizostavna u svakom kućanstvu, jer smo zbog feniletilamina preplavljeni osjećajima sreće i uzbuđenja. Vidjeli smo da je dopamin povezan sa zaljubljenošću i zadovoljstvom, ali i zdravim libidom te osjećajem euforije za vrijeme orgazma. Dopamin potiče neuronsku aktivnost medijalno preoptičkog dijela hipotalamusa i tako pojačava seksualno uzbuđenje i seksualni odgovor. Nadalje, smatra se da testosteron i kod muškaraca i kod žena ima stimulativnu funkciju u lučenju dopamina. Stoga se može zaključiti da je testosteron važan za seksualno uzbuđenje oba spola. Nagla navala samopouzdanja nakon seksualnog odnosa prema nekim je autorima produkt lučenja testosterona.

S druge strane, serotonin ima sasvim drukčiji utjecaj na seksualno ponašanje u odnosu na dopamin. Visoke razine serotoninina inhibiraju seksualnu aktivnost. Kod zdravih muškaraca uobičajeno je da nakon ejakulacije dolazi do pojačanog lučenja serotoninina, što rezultira smanjenjem seksualnog nagona i ponašanja jer se blokira otpuštanje dopamina i oksitocina. Zbog većih količina serotoninina, kojih ima u nekim antidepresivima, smanjuje se libido i seksualni odgovor, točnije smanjuje se genitalna senzitivnost i mogućnost dostizanja orgazma. Dakle, premale količine serotoninina mogu biti odgovorne za depresivna raspoloženja, dok previše serotoninina smanjuje seksualni nagon. Međutim, ako ga imamo dovoljno, veseli smo i puni nade.

Nakon seksualnog čina hormon **prolaktin**, koji se luči u adenohipofizi [Slika 9.1.](#), djeluje slično serotoninu. Naime, zadatak je prolaktina da nakon orgazma ublaži seksualnu uzbuđenost i odvрати misli od seksa. Njegova se količina naglo povećava nakon orgazma, a da ga nema, vjerojatno ne bismo ni izlazili iz spavaće sobe. Oksitocin, koji se proizvodi u hipotalamusu, ima izniman značaj za seksualnost, senzualnost, erotiku i privlačnost. Neki ga još nazivaju i hormonom maženja jer je dodir snažan okidač za njegovo lučenje. Smanjuje osjećaj boli, a kod muškaraca je još odgovoran za stimulaciju prostate tijekom seksualnog odnosa. Odgovoran je također za osjetljivost kože. Najveće razine oksitocina, u odnosu na ostale faze seksualnog odgovora, zabilježene su tijekom orgazma. Upravo je lučenje oksitocina tijekom seksualnog uzbuđenja, odnosno orgazma, zaduženo za osjećaj povezanosti seksualnih partnera. Dakle, oksitocin je važan u stvaranju privrženosti i razvoju ljubavnih osjećaja, stoga nemojte ulaziti u spolne odnose s ljudima u koje se ne želite zaljubiti, jer bi vam se baš to moglo dogoditi, naglašava Helen Fisher. Zanimljivo je kako autističnim osobama, koje imaju smanjenu sposobnost formiranja privrženosti s drugima i iskazivanja emocija, često nedostaje oksitocina. Hormoni sreće ili **endorfini** također se značajno više luče kada se ljubimo i kad doživljavamo orgazam. Kao i dopamin, endorfini mogu smanjiti osjećaj boli, pa ih često zovemo prirodnim morfijem.

Osim limbičkog sustava, kora velikog mozga također je značajan element u razumijevanju ljudske seksualnosti. Seksualne fantazije, kao produkti kore velikog mozga, značajno doprinose seksualnom uzbuđenju i doživljaju orgazma. Posljednjih nekoliko godina istraživači su otkrili da seksualne fantazije mogu dovesti žene do orgazma i bez tjelesne stimulacije. U tim situacijama aktiviraju se ista područja u mozgu kao i kada se stimulacija realno događa. Pritom psihogene reakcije dovode do stimulacije genitalija preko leđne moždine od torakalnog (Th) 12 do lumbalnog (L) 2 kralješka. Neki od zanimljivih dokumentaraca s televizijske mreže TLC, koji prikazuju studije na ženama koje su se mislima dovele do orgazma, jesu *Strange Sex: Orgasming With Your Mind* i *Curiosity: Why Sex is Fun*. Iako su ta istraživanja relativno novijeg datuma, s obzirom na njihovu zastupljenost ipak mogu dati značajan doprinos u tretmanu seksualnih poremećaja kod žena. Naime, između 10% i 42% žena ne doživljava ili nije doživjelo orgazam, a njih 50% ima ili je imalo problema sa seksualnim uzbuđenjem.

Poznavanje neurofizioloških procesa koji su u osnovi seksualnog odgovora kod muškaraca i žena može pomoći parovima u stvaranju skladnijeg odnosa. Tako je možda važno znati da je amigdala reaktivnija kod muškaraca nego kod žena u situacijama kada je prezentiran erotski sadržaj. Hamann, Herman, Nolan i Wallen (2004) naglašavaju da je tome vjerojatno razlog što erotski vizualni podražaji aktiviraju amigdalno-hipotalamički put kod muškaraca.

Nadalje, nakon spolnog odnosa i ejakulacije muškarci su obično pospaniji nego žene, jer je aktivnost prefrontalnog dijela mozga smanjena te dolazi do povećanog lučenja oksitocina i serotonina, što rezultira pojavom tzv. sindroma „okrenuti se i zaspati”. Drugo objašnjenje tog sindroma daju William Goldberg i Mark Leyner u knjizi *Why Do Men Fall Asleep After Sex?* Autori sugeriraju da seksualne aktivnosti iscrpljuju mišićni sustav jer se smanjuje razina glikogena. Kako muškarci imaju više mišićne mase, samim time su i umorniji od žena. Evolucijski gledano, ako je za muškarce važna produkcija što većeg broja potomaka, spavanje nakon seksa tome ne pomaže. S druge strane, moguće je da su žene više birale seksualne partnere koji će nakon seksualnog čina ostati i da su tako utjecale na zadržavanje te osobine kod muškaraca. U svakom slučaju, s obzirom na to da muškarci nakon seksualnog čina ulaze u refraktornu fazu (ne mogu nakon ejakulacije i orgazma ponovno ejakulirati), čini se da je uzimanje vremena za oporavak, poput sna, najbolja strategija.

Ženama je potreban odgovarajući pristup da se umire kako bi uživale u seksualnom odnosu. To je važno jer se tijekom seksa kod žena aktivira područje mozga koje kontrolira reakciju na potencijalnu opasnost – tzv. borba ili bijeg odgovor. Dakle, žene se moraju osjećati sigurnima i relaksiranim da bi uživale u seksu. S druge strane, tijekom orgazma mozak žena se „misteriozno utiša”, i to oni dijelovi mozga koji su zaduženi za samokontrolu i prosuđivanje. Međutim, treba naglasiti da se i kod muškaraca i žena područje kore koje se nalazi iznad lijevog oka (lijevi orbitofrontalni korteks), inače zaduženo za prosuđivanje i kontrolu ponašanja, tijekom orgazma isključi, dok je limbički sustav tada u značajno povećanoj aktivaciji.

Iako nije riječ o neuroznanstvenom istraživanju, autorica Terri Conley smatra da su i muškarci i žene jednako motivirani i zainteresirani za zadovoljstvo u seksualnom odnosu kada je riječ o upuštanju u usputne seksualne odnose. Razlika je samo u tome što muškarci u startu anticipiraju da će usputni seks biti ugodan, dok žene smatraju da će usputni seks biti zadovoljavajući ako se osiguraju određeni uvjeti. Naime, za žene je jako važan osjećaj sigurnosti, ali i vjera da će njihov partner biti dobar ljubavnik.

Kao što možemo vidjeti, s obzirom na aktivaciju različitih dijelova mozga i „kemijsku simfoniju” neuroprijenosnika i hormona, promišljena seksualna aktivnost, u odnosu u kojem su partneri predani jedno drugom, ima velik broj pozitivnih ishoda. Neki od njih su i općenito poboljšanje zdravlja, imunološkog sustava, raspoloženja, olakšavanje bolova, poticanje lučenja hormona **dehidroepiandrosterona** te unaprjeđenje seksualnog i reproduktivnog zdravlja. Naime, dehidroepiandrosteron je zanimljiv jer ga se naziva hormonom koji vraća mladost. Taj je naziv zaslužio s obzirom na niz pozitivnih efekata koje ima. Neki od njih su izgradnja i povećanje mineralne gustoće kostiju, poticanje nastanka sebuma koji je važan za prevenciju bora i debljinu kože, jačanje imunološkog sustava, poticanje metabolizma i jačanje otpornosti organizma na stres.

Zanimljivim se čine i rezultati jednog istraživanja koji naglašavaju da je stopa smrtnosti veća kod muškaraca koji su ranije prestali sa spolnim aktivnostima, čak i kad su se kontrolirali fizička aktivnost te konzumacija alkohola i nikotina. Neki autori smatraju da seksualna aktivnost dva ili više puta tjedno kod muškaraca smanjuje rizik od srčanog i moždanog udara za polovicu (Hall, Shackelton, Rosen i Araujo, 2010). Važnim se čini napomenuti još jednu korist koju imamo od seksa. Prema novijim istraživanjima, ako imate glavobolju, pa čak i migrenu, a prakticirate seksualni odnos, bol će u nekim slučajevima potpuno nestati ili će se njegov intenzitet značajno smanjiti. Pritom je važno da ne glumite da doživljavate orgazam jer mozak drukčije reagira na lažni, odnosno glumljeni orgazam u odnosu na doživljeni. Kod lažnog orgazma aktiviraju se dijelovi mozga koji su zaduženi samo za kontrolu pokreta,

a ne i sva druga područja mozga i svi kemijski spojevi koji su ranije opisani. Dakle, ako želite ostvariti sve dobrobiti zdravog seksualnog odnosa i orgazma, nemojte glumiti.

Kao što možemo vidjeti, nema nekog posebnog centra u mozgu za seks. Različite regije, poput limbičkog sustava i kore velikog mozga, uključene su i jednako su važne u objašnjenju procesa seksualnog odgovora, u inicijaciji, organizaciji i kontroliranju seksualnosti. Kao što je rečeno na početku ovog dijela poglavlja, mozak interpretira različite osjetilne podražaje, no treba uzeti u obzir da se to događa kroz filter našeg odgoja i kulture u kojoj živimo. Zajedničkim interakcijskim djelovanjem bioloških i kulturalnih faktora nastaje ukupni doživljaj seksualnosti.

Mozak u ljubavnoj boli

Koliko god imali književnih i umjetničkih djela o ljubavnom zanosu dvoje ljudi, toliko imamo i pjesama i priča o nesretnim ljubavima i emocionalno razornim razdobljima prekida. Kada smo u nekog zaljubljeni i kada tu osobu volimo, tada se ona bez plaćanja stanarine „useli“ u naš um. To znači da misli i osjećaji o toj osobi okupiraju naše živčane putove, „ukorijene se, zalijepe i ostanu“ u našim neuronima i sinapsama, kako slikovito kaže autor Amen. Nama to odgovara ako je ljubav sa sretnim završetkom, međutim ako prekinemo odnos, ako nam draga osoba premine, tj. ako iz bilo kojeg razloga više nismo s voljenom osobom, tada naš mozak postane zbunjen i dezorijentiran. Autorica Fisher i njezini suradnici u radu objavljenom 2010. sugeriraju da ljubavni odnos i zaljubljenost dijele iste aktivacijske sustave u mozgu kao i ovisnost o kokainu te je stoga lakše razumjeti snagu opsjednutosti koju zaljubljenost, a osobito prekid, može imati na psihičko stanje osobe. Riječ je o tome da se nakon prekida aktiviraju subkortikalna i kortikalna područja koja se povezuju s ovisničkom žudnjom, a pritom je osobito aktivan *nukleus akumbens*. Inače je poznato da je pretjerana aktivnost limbičkog sustava povezana s niskim razinama serotonina, a time i s depresivnim raspoloženjima. U skladu s tim, možemo imati problema sa spavanjem, apetitom i smanjenim životnim zadovoljstvom, koji su nerijetko simptomi prekida ljubavnog odnosa. Osim toga, psihička bol postaje i fizička najvjerojatnije zbog manjka endorfina.

Čak i ako se dogodi da nas je u ljubavnim igrama odbila osoba u koju smo se zaljubili, u mozgu se aktiviraju ista područja kao i onima kojima je partner preminuo, te smo u procesu tugovanja. Kod nesretno zaljubljenih dolazi do smanjenja aktivnosti dijela mozga koji je zadužen za nagrađivanje, motivaciju i emocije i koji je bogat receptorima oksitocina i vazopresina. To zapravo znači da se javlja razočaranje u ljubav, nelagoda, žaljenje, ukratko – ljubavna bol. Nerijetko u tim prvim fazama prekida pojedinci posegnu za alkoholom ili drugim načinima rješavanja boli poput droge, pretjeranog rada ili usputnih seksualnih odnosa. Kako bi Daniel Amen rekao, razdoblje nakon prekida stanje je kada smo neurokemijski izvan sebe. Postoje različiti psihološki savjeti i načini kako preboljeti drugu osobu. Nekad odlazak psihoterapeutu može pomoći da u tom procesu ostanemo u zdravom odnosu sa samim sobom. > ***

Vidjeli smo u ovom poglavlju o mozgu u ljubavi i seksu da je možda mozak, kako kaže Emily Dickinson, mnogo veći od neba. Iako znamo dosta o tome što se događa kad se zaljubimo i kad smo u ljubavnom odnosu i zanosu, mnoga pitanja o određenim funkcijama mozgovnih regija ostaju otvorena za daljnja istraživanja. Poznajemo kemiju privlačnosti, ljubavi i seksa, ali još uvijek ne znamo sa sigurnošću zašto nas privlači baš određena osoba, a ne neka druga. Međutim, treba napomenuti da istraživanja u području evolucijske psihologije sve više izdvajaju ključne čimbenike u odabiru partnera. Hoće li takve spoznaje umanjiti misterioznost ljubavi, pokazat će vrijeme.

Zaključci

1. Neuroznanstvenim istraživanjima otkriveni su neurokemijski procesi koji su uključeni u različite aspekte ljudske seksualnosti. Romantična bi se ljubav mogla lokalizirati u subkortikalne i kortikalne

regije mozga koje su zadužene za nagrađivanje, motivaciju i emocije. Na pitanje je li zaljubljenost emocija ili motivacijski poriv, može se zaključiti da je ipak riječ o porivu koji je usmjeren cilju.

2. Sa stajališta mozgovnih mehanizama koji se aktiviraju, romantična se ljubav može opisati u tri stadija: stadij požude i privlačnosti, stadij zaljubljenosti i stadij privrženosti.
3. Spolni hormoni igraju značajnu ulogu u seksualnoj privlačnosti i požudi. Testosteron ima važnu ulogu u spolnom nagonu, pa njegov manjak dovodi do smanjenja seksualnog nagona. Uloga estrogena kompleksnija je i očituje se u samom seksualnom odgovoru i utjecaju na spolni nagon. Neki simptomi menopauze, poput stanjivanja tkiva vagine i slabljenja lubrikacije, pripisuju se nedostatku tog hormona. Poznato je da estrogenska terapija pojačava lubrikaciju, povećava seksualnu želju i zadovoljstvo te potiče dobro raspoloženje koje omogućava ženama da budu seksualno receptivnije. Feromoni također utječu na privlačnost, iako su još uvijek misterij za znanost.
4. Neuroprijenosnici koji se pojačano luče kad smo zaljubljeni jesu noradrenalin, dopamin i osobito feniletilamin. Njihovi učinci u živčanom sustavu slični su učincima amfetamina. Kombinacija visoke razine dopamina i niske razine serotonina tijekom zaljubljenosti dovodi se u vezu s opsesivnim mislima i visokom motiviranosti da budemo s voljenom osobom.
5. Kod seksualne privlačnosti i dugotrajne ljubavne veze aktiviraju se dvije značajne regije mozga, tj. ventralni striatum i područje inzule, dok je u predanom ljubavnom odnosu intenzivnije aktivna inzula, ali ne i ventralni striatum. Na osnovi navedenog, na neuronskoj je razini moguće razlikovati strastveno obožavanje i predani ljubavni odnos.
6. Hormonalnu osnovu privrženosti u ljubavnom odnosu čine hormoni oksitocin i vazopresin, koje sintetiziraju hipotalamičke jezgre. Za seksualno ponašanje posebice je važno medijalno preoptičko područje hipotalamusa. Pojačana aktivnost limbičkog sustava, posebice amigdale, događa se u vrijeme orgazma i gledanja erotskih sadržaja. Seksualne fantazije kao produkti kortikalnih regija također doprinose seksualnom uzbuđenju i doživljaju orgazma. Sažeto se može kazati da su hipotalamičke jezgre te različite regije limbičkog sustava i kore velikog mozga važne u samom procesu seksualnog odgovora, inicijaciji, organizaciji i kontroliranju seksualnosti.
7. Prekid ljubavnog odnosa aktivira regije mozga koje se povezuju s ovisničkom žudnjom. Pritom je osobito aktivna jezgra *nukleus akumbens*. Najvjerojatnije zbog manjka endorfina psihička bol nakon prekida odnosa postaje i fizička.

Testirajte se

1. Opišite uloge ventralnog striatuma i inzule u seksualnoj privlačnosti i dugoročnoj ljubavnoj vezi.
2. Kako razine serotonina utječu na raspoloženje i na zaljubljenost?
3. Imenujte sastojak čokolade koji u mozgu djeluje kao neuromodulator koji se povezuje s osjećajem ugođe i zaljubljenosti?
4. Za koji se hormon može reći da ima svoju „svijetlu“, ali i „tamnu“ stranu i zašto?
5. Koje je evolucijsko objašnjenje sindroma „okrenuti se i zaspati“?
6. Koji su kemijski mehanizmi odgovorni za psihičku bol nakon prekida ljubavne veze?

Preporučena dodatna literatura

Amen, D. G. (2008). *Seks i mozak*. Zagreb: V.B.Z. Bartles, A., & Zeki, S. (2000). The neural basis of romantic love, *NeuroReport*, 11(17), 3829- 3834.

Einstein, G. (2007). *Sex and the Brain*. Cambridge, MA: MIT Press.

Fisher, H. E. (2004). *Why we love: The nature and chemistry of romantic love*. NYC: Henry Holt & Company.

Komisaruk, B., Beyer-Flores, C., & Whipple, B. (2006). *The science of orgasm*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Važni pojmovi

Adrenalin Hormon srži nadbubrežne žlijezde. Djelovanje mu je slično djelovanju simpatikusa, a uključuje ubrzanje rada srca, širenje zjenica, povećanje razine glukoze u krvi te druge promjene kojima se organizam priprema za reakciju „bori se ili bježi“. Neki neuroni središnjeg živčanog sustava također oslobađaju adrenalin kao neuroprijenosnik.

Dehidroepiandrosteron Hormon koji sudjeluje u sintezi drugih steroidnih hormona (estrogeni, testosteron i sl.) te ga se zbog toga i naziva „majkom hormona“.

Dopamin Neuroprijenosnik središnjeg živčanog sustava čiji se učinci povezuju s kontrolom motorike, nastankom ugođe, euforije, a povezan je i s regulacijom rada endokrinog sustava. Opojne droge povećavaju razinu tog neuroprijenosnika u mozgu.

Endorfini Neuroprijenosnici i neuromodulatori središnjeg živčanog sustava. Kao endogeni opijati sudjeluju u kontroli boli.

Estrogeni Spolni hormoni. Tim se terminom nazivaju tri kemijski slične skupine steroidnih hormona (estradiol, estriol i estron). Najveću količinu estrogena proizvode jajnici.

Feniletilamin Neuromodulator i neuroprijenosnik u središnjem živčanom sustavu. Može se pronaći u čokoladi, a često se naziva „drogom ljubavi“.

Feromoni Složeni organski spojevi čija je funkcija izazivanje posebnih reakcija, poput seksualne privlačnosti, kod pripadnika iste vrste. Popularno ih se naziva „mirisima seksa“.

Limbički sustav Dio prednjeg mozga koji sudjeluje u usmjeravanju nagona i seksualnom ponašanju. O drugim funkcijama limbičkog sustava i dijelovima koji ga čine vidjeti važne pojmove u prvom poglavlju.

Noradrenalin Hormon srži nadbubrežne žlijezde i neuroprijenosnik koji proizvode neka vlakna vegetativnog sustava. Ubrzava rad srca, povećava krvni tlak te izaziva druge vegetativne promjene. Danas se njegova uloga izučava u regulaciji sna, raspoloženja, pripremi organizma za reakciju „bori se ili bježi“ te u usmjeravanju pažnje.

Oksitocin Hormon koji stvaraju neuroni paraventricularne jezgre hipotalamusa. Mjesto njegove pohrane je neurohipofiza. Naziva se i „hormonom ljubavi“, a ima širok spektar djelovanja, od pojave trudova do emocionalne povezanosti.

Serotonin Neuroprijenosnik središnjeg živčanog sustava s mnogobrojnim funkcijama poput regulacije tjelesne temperature, apetita, spavanja, raspoloženja, suzbijanja boli.

Prolaktin Hormon adenohipofize čiji se glavni učinci odnose na stvaranje i lučenje mlijeka.

Testosteron Spolni hormon koji u većim količinama izlučuju testisi, a u manjim količinama jajnici i nadbubrežne žlijezde. Popularno ga se naziva hormonom „koji pokreće“.

Vazopresin Hormon koji stvaraju neuroni supraoptičke jezgre hipotalamusa. Mjesto njegove pohrane je neurohipofiza. Povećava apsorpciju vode iz bubrežnih kanalića u krv. U većim količinama izaziva suženje krvnih žila i povećanje krvnog tlaka.

Literatura

Amen, D. G. (2008). *Seks i mozak*. Zagreb: V.B.Z.

Argiolas, A. (1999). Neuropeptides and sexual behavior. *Neuroscience Biobehavioral Review*, 23, 1127-1142.

Arnow, B. A., Desmond, J. E., Banner, L. L., Blover, G. H., Solomon, A., Polan, M. L., Lue, T.F., & Atlas, S. W. (2002). Brain activation and sexual arousal in healthy, heterosexual males. *Brain*, 125, 1014-1023.

Aron, A., Fisher, H., Mashek, D. J., Strong, G., Li, H., & Brown, L. L. (2005). Reward, motivation, and emotion systems associated with early-stage intense romantic love. *Journal of Neurophysiology*, 94(1), 327-337.

Bahrack, A. (2008). Persistence of sexual dysfunction side effects after discontinuation of antidepressant medications: Emerging evidence. *Open Psychology*, 1, 42-50.

Bancroft, J. (2005). The Endocrinology of Sexual Arousal. *Journal of Endocrinology*, 186, 411-427.

Bartles, A., & Zeki, S. (2000). The neural basis of romantic love. *NeuroReport*, 11(17), 3829-3834.

Bartles, A., & Zeki, S. (2004). The neural correlates of romantic love. *NeuroImage*, 21, 1155-1166.

Bianchi-Demicheli, F., Grafton, S. T., & Ortigue, S. (2006). The power of love on the human Brain. *Social neuroscience*, 1(2), 90-103.

Brizendine, L. (2009). *Ženski mozak*. Zagreb: Profil International.

Brizendine, L. (2010). *Muški mozak*. Zagreb: Profil International.

Cacioppo, S., Bianchi-Demicheli, F., Pfatus, J., & Lewis, J. (2012). The common neural bases between sexual desire and love: A multilevel kernel density fMRI analysis. *Journal of Sexual Medicine*, 9(4), 1048-1054.

Conley, T. D. (2011). Perceived proposer personality characteristics and gender differences in acceptance of casual sex offers. *Journal of Personality and Social Psychology*, 100(2), 309-329.

Crooks, R., & Baur, K. (2014). *Our Sexuality*. Belmont, USA: Wadsworth, Cengage Learning.

Doty, R. L. (2010). *The great pheromone myth*. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.

Einstein, G. (2007). *Sex and the Brain*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Emanuele E., Politi P., Bianchi M., Minoretti P., Bertona M., & Geroldi D. (2006). Raised plasma nerve growth factor levels associated with early-stage romantic love. *Psychoneuroendocrinology*, 31, 288-294.
- Emanuele, E. (2011). NGF and romantic love. *Archives Italiennes de Biologie*, 149, 265-268.
- Ferdenzi, C., Delplanque, S., Atanassova, R., & Sander, D. (2016). Androstadienone's influence on the perception of facial and vocal attractiveness in not sex specific. *Psychoneuroendocrinology*, 66, 166-175.
- Fisher, H. E., Aron, A., Mashek, D., Li, H., & Brown, L.L. (2002). Defining the brain systems of lust, romantic attraction, and attachment, *Archives of Sexual Behavior*. 31(5), 413-419.
- Fisher, H. E. (2004). *Why we love: The nature and chemistry of romantic love*. NYC: Henry Holt & Company.
- Fisher, H. E., Aron, A., & Brown, L. L. (2005). Romantic love: an fmri study of a neural mechanism for mate choice. *Journal of Comparative Neurology*, 493, 58-62.
- Fisher, H .E., Brown, L.L., Aron, A., Strong, G., & Mashek, D. (2010). Reward, Addiction, and Emotion Regulation Systems Associated With Rejection in Love. *Journal of Neurophysiology*, 104, 51-60.
- Fisher, H. E. (2016). *Anatomy of Love: A Natural History of Mating, Marriage, and Why We Stray*. NYC: Norton & Company.
- Fisher, T. (2012). What sexual scientists know about gender differences and similarities in sexuality, The Society for the Scientific Study of Sexuality, www.sexscience.org/ preuzeto 10. listopada 2016.
- Geher, G., & Kaufmann, S. B. (2013). *Mating Intelligence Unleashed: The Role of the Mind in Sex, Dating, and Love*. NYC: Oxford University Press.
- Giargiari, T., Mahaffey, A., Craighead, W., & Hutchison, K. (2005). Appetitive responses to sexual stimuli are attenuated in individuals with low levels of sexual desire. *Archives of Sexual Behavior*, 34, 547-557.
- Goldberg, W., & Leyner, M. (2006). *Why do men fall asleep after sex?* New York: Crown Publishing Group.
- Hall, S. A., Shackelton, R., Rosen, R.C., & Araujo, A. (2010). Sexual activity, erectile dysfunction, and incident cardiovascular events. *American Journal of Cardiology*, 105(2), 192-197.
- Hamann, S., Herman, R. A., Nolan, C. L., & Wallen, K. (2004). Men and women differ in amygdala response to visual sexual stimuli. *Nature Neuroscience*, 7, 411-416.
- Hirsch, A. R., & Gruss, J. Human male sexual responses to olfactory stimuli. <http://aanos.org/human-male-sexual-response-to-olfactory-stimuli/> preuzeto 10. listopada 2016.
- Holstege, G., Georgiadis, J. R., Paans, A. M. J., Meiners, L. C., van der Graff, F. H. C. E., & Reinders, A. A. T. S. (2003). Brain activation during human male ejaculation. *Journal of Neuroscience*, 23(27), 9185-9193.
- Hull, E. M, Lorrain, D. S., Du, J., Matuszewich, L., Lumley, L. A., Putnam, S. K., & Moses, J. (1999). Hormone-neurotransmitter interactions in the control of sexual behavior, *Behavioral Brain Research*, 105, 105-116.

Hyde, J. S., Delameter, J.D. & Byers, E. S. (2010). *Understanding Human Sexuality*. Toronto, ON: McGraw-Hill Ryerson.

Karandashev, V. (2015). A cultural perspective on romantic love. *Online Readings in Psychology and Culture*, 5(4), 1-21.

Karama, S., Lecours, A.R., Leroux, J. M., Bourgouin, P., Joubert, S., & Beaugregards, M. (2002). Areas of brain activation in males and females during viewing of erotic film excerpts. *Human Brain Mapping*, 16, 1-13.

Komisaruk, B., Beyer-Flores, C., & Whipple, B. (2006). *The Science of Orgasm*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Le Merrer, J., Becker, J. A. J., Befort, K., & Kieffer, B. L. (2009). Rewards Processing by the Opioid System in the Brain. *Physiological Reviews*, 89(4), 1379-1412.

Magon, N., & Kalra, S. (2011). The orgasmic history of oxytocin: Love, just, and labor. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 15(3), 156-161.

Ortigue, S., Bianchi-Demicheli, F., Patel, N., Frum, C., & Lewis, J. W. (2010). **Neuroimaging of love: fMRI meta-analysis evidence toward new perspectives in sexual medicine.** *The Journal of Sexual Medicine*, 7(11), 3541-3552.

Paredes, R., & Baum, M. (1997). Role of the medial preoptic area/anterior hypothalamus in the control of masculine sexual behavior. *Annual Review of Sex Research*, 8, 68-101.

Pinel, J. P. (2002). *Biološka psihologija*. Jastrebarsko: Naklada Slap.

Potts, G. (2008). Your brain on love: the three stages to euphoria. *Oakland Journal*, 15, 16-27.

Rako, S. (1996). *The hormone of desire*. New York: Harmony Books.

Savic, I., Berglund, H., Gulyas, B., & Roland, P. (2001). Smelling odorous sex hormon-like compounds causes sex differentiated hypothalamic activations in humans. *Neuron*, 31(4), 661-668.

Savic, I., Berglund, H., & Lindstrom, P. (2005). Brain responses to putative pheromones in homosexual men. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 7356-7361.

Scholey, A., & Owen, L. (2013). Effects of chocolate on cognitive function and mood: A systematic review. *Nutrition Review*, 71(10), 665-681.

Shah, N., & Breedlove, S. (2007). Behavioural neurobiology: Females can also be from Mars. *Nature*, 448, 999-1000.

Shamay-Tsoory, S. G., & Young, L. J. (2016). Understanding the Oxytocin system and Its Relevance to Psychiatry. *Journal of Psychiatric Neuroscience and Therapeutics*, 79(3), 150-152.

Shamay-Tsoory, S. G., Fischer, M., Dvash, J., Harari, H., Perach-Bloom, N., & Levkovitz, Y. (2009). Intranasal administration of oxytocin increases envy and schadenfreude (gloating). *Biological Psychiatry*, 66(9), 864-870.

Stark, C. (2005). Behavioral effects of stimulation of the medial amygdala in the male rat are modified by prior experience. *Journal of General Psychology*, 132, 207-224.

Sukel, K. (2013). *This Is Your Brain on Sex. The Scinece Behind the Search for Love*. NY: Simon & Shuster Paperbacks.

Tarlaci, S. (2012). The Brain in Love: Has Neuroscience Stolen the Secret of Love? *NeuroQuantology*, 10(4), 744-753.

Touhara, K., & Vosshall, L. (2009). Sensing odorants and pheromones with chemosensory receptors. *Annual Review of Physiology*, 71, 307-332.

Whipple, B., & Komisaruk, B. (1999). Beyond the G spot: Recent research on female sexuality. *Psychiatric Annals*, 29, 34-37.

Whipple, B., & Komisaruk, B. (2006). Where in the brain is a woman's sexual response? Laboratory studies including brain imaging during orgasm. *Journal of Sex Research*, 43, 29-30.

Wilson, J. (2003). *Biological foundations of human behavior*. Belmont, CA: Wadsworth/Thomson Learning.

Wyatt, T. D. (2015). The search for human pheromones: The lost decades and the necessity of returning to first principles. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282, 1-9.

Wysocki, C. J., & Preti, G. (2004). Facts, fallacies, fears, and frustrations with human pheromones. *The Anatomical Record*, 281A, 1201-1211.

Young, L. J. (2013). When too much of good thing is bad: chronic oxytocin, development, and social impairments. *Biological Psychiatry*, 74(3), 160-161.

Zeki, S., The neurobiology of love. *FEBS Letter*, 581(14), 2575-2579.

Slika 9.1. Prikaz hipotalamusa, infundibuluma i hipofize

[stranica namjerno ostavljena prazna]

References
