

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO - MATEMATIČKI FAKULTET**  
**BIOLOŠKI ODSJEK**

**UTJECAJ PRIRODNOG I SPOLNOG ODABIRA NA EVOLUCIJU**  
**LJUDSKOG UMA**

**EFFECTS OF THE NATURAL AND SEXUAL SELECTION ON**  
**THE EVOLUTION OF THE HUMAN MIND**

**SEMINARSKI RAD**

**Kristijan Sašilo**  
Preddiplomski studij biologije  
(Undergraduate study of Biology)  
Mentor: prof. dr. sc. Mirjana Kalafati

Zagreb, 2010

## SADRŽAJ

1. Uvod .....	2
2. Evolucijske sile .....	3
2.1. Mutacije.....	3
2.2. Geneti ki drift .....	4
2.3. Prirodni odabir.....	5
2.4. Spolni odabir .....	7
3. Evolucija roda <i>homo</i> .....	9
3.1. Utjecaj prirodnog odabira.....	11
3.1.1. Prilagodljivost tj. plasti nost mozga .....	11
3.1.2. Prehrana.....	12
3.2. Utjecaj spolnog odabira.....	13
3.2. Utjecaj spolnog odabira.....	13
3.2.1. Proces bijega i „odbjegli mozak“ .....	14
3.2.2. Ljudski um kao skup pokazatelja sposobnosti .....	16
4. Literatura .....	18
5. Zaključak.....	19
6. Sažetak .....	20
7. Summary .....	20

## 1. UVOD

ovjekovo zanimanje za vlastito porijeklo, postanak, „stvaranje“ i razvoj staro je koliko i on sam. Evolucija našeg poimanja samih sebe i našeg postanka prošla je kroz mnoge faze: od prvobitnih misti nih i magi nih mitova, preko naturalizma, animizma te mitova novijeg datuma, da bi se naposljetku kona no domogla upravo evolucije i njenih mo nih sila koje su oblikovale sav život na Zemlji, pa tako i samog ovjeka. ovjek je predugo sebe smatrao ne im boljim i vrjednijim, a iz tih vjerovanja proizlazilo je i neshva anje vlastitog postanka. Charles Darwin bio je prvi koji se usudio ovjeka staviti s ostalim životinjama, istaknuvši da kada ograni imo svoje zanimanje na isklju ivo jedan oblik života, bivamo uskra eni za pregršt argumenata koji povezuju itave skupine organizama – njihovu geografsku raspodjelu u prošlosti i sadašnjosti, homologne i rudimentarne strukture te embrionalni razvoj (Darwin, 1871).

U svome djelu „*The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*“ Charles Darwin pokušao je evolucijskim silama objasniti porijeklo ovjeka. No, jedno pitanje je preostalo i pokrenulo lavinu debata me u znanstvenicima: kojim procesom je nastao ljudski um? Sam Darwin smatrao je da ljudi dijele mentalne sposobnosti (poput znatiželje, u enja, dugoro nog pam enja) s ostalim životinjama te da su te sposobnosti nasljedive i podložne usavršavanju kroz generacije putem prirodnog odabira u službi opstanka jedinki (Darwin, 1871). Ipak, ta teorija ne zadovoljava potpuno jer ostavlja za sobom mnoge neobjašnjene zagonetke ljudskog uma. Primjerice, jezik se evolucijom razvio mnogo više nego što je potrebno za puko preživljavanje, a s izrazito pragmatičnog biološkog stajališta, umjetnost, glazba, humor i moral djeluju kao besmisleno tra enje energije i ne pomažu u svakodnevnim poslovima traženja hrane ili izbjegavanja predatora. ak ako preko teorije opstanka uspijemo od svijeta praljudi doprijeti do svijeta izuma, trgovine i znanosti, svejedno njome ne možemo objasniti sve ukrasne i ugodne aspekte ljudske kulture, poput glazbe, umjetnosti, sporta, drame, politike i velikodušnosti (Miller, 2007).

U svome djelu „*The Mating Mind*“, evolucijski psiholog Geoffrey Miller predlaže smjelu teoriju evolucije ljudskog uma ne kao pukog stroja za preživljavanje, nego kao stroja za udvaranje. Odvojivši spolni i prirodni odabir, objasnio je odakle nam neke mentalne sposobnosti koje nemaju apsolutno nikakve koristi u preživljavanju, ali imaju itekakve priliko odabira spolnog partnera i, u krajnjoj liniji, reprodukcije i opstanka vrste.

## 2. EVOLUCIJSKE SILE

Prirodni i spolni odabir, zajedno s mutacijama i geneti kim driftom, spadaju u četiri glavne evolucijske sile i upravljaju promjenama koje možemo pratiti u svim populacijama organizama. Promjene u populacijama koje se mogu smatrati evolucijskim obilježjima su one koje se genima prenose iz jedne generacije u drugu (Futuyma, 2005). Svi organizmi koji su ikada živjeli na Zemlji nastali su od praiskonskog oblika života (Darwin, 1859). Darwinova ideja o zajedni kom pretku razrađivana je tijekom godina, tako da danas govorimo o posljednjem zajedni kom univerzalnom pretku (last universal common ancestor, LUCA, cenancestor) za kojeg se vjeruje da je živio prije otprilike 3.6 mlrd. godina i od kojeg su potekli svi današnji oblici života na Zemlji. Vrste koje su se razvile od zajedni kog pretka su početka bile veoma slične, no postupno su, tijekom dugih razdoblja prošlosti, akumulirale toliko razlika da se danas drastično razlikuju (Futuyma, 2005). Evolucija je nezaustavljiv i polagan proces promjena svojstava u određenoj grupi organizama kroz generacije i pri tom je važno istaknuti da pojedinačni organizmi ne evoluiraju (ontogenija nije evolucija<sup>1</sup>); evoluiraju populacije.

Budući da je naglasak u ovom radu stavljen na prirodni i spolni odabir, te dvije evolucijske sile bit će detaljnije objašnjene u nastavku, dok će mutacije i geneti ki drift biti površno obrađene.

### 2.1. MUTACIJE

Svatko od nas rodio se s barem 300 novih mutacija u odnosu na naše roditelje, a barem dvije ili tri te novonastale mutacije su potencijalno štetne, pogotovo ako se javljaju u homozigotnom obliku. Barem 4500 različitih gena uvijek je opisano koji u svom mutiranom obliku izazivaju nasljedne defekte ili bolesti (Futuyma, 2005).

No, mutacije imaju i svoju svjetliju stranu. Svaki gen, svaka varijacija u DNA, svaka karakteristika neke vrste, pa i svaka vrsta sama po sebi duguju svoje postojanje procesu mutacije. Iako mutacije nisu uzrok evolucije, one su njen obvezni sastojak, *conditio sine qua*

---

<sup>1</sup> Ernst Haeckel 1866. zaključuje kako je ontogenija zapravo rekapitulacija filogenije i da se kroz embrionalni razvoj jedinke može pratiti njezina evolucijska prošlost.

*non*. Da bi bile pokreta evolucije, mutacije se moraju prenijeti na sljedeće generacije. Mutacije nastale u somatskim stanicama u određenim organizmima mogu biti od važnosti i prenijeti se na iduću generaciju, no kod onih organizama kod kojih je germinativna linija odvojena od somatske, mutacija se mora dogoditi u germinativnim stanicama da bi bila od evolucionog značaja (Futuyma, 2005).

Stopa mutacija varira među genima, a još i više među regijama između gena. No, u prosjeku (mjereno po utjecaju na fenotip), određeni lokus mutira stopom od otprilike  $10^{-6}$  do  $10^{-5}$  po gameti po generaciji. Stopa mutacije ljudskog genoma je procijenjena na otprilike  $4.8 \times 10^{-9}$  po paru baza po generaciji. Čini se da tako naizgled niska stopa mutacija po lokusu teško da može imati utjecaja na evoluciju no ako se uzme u obzir cijeli genom, jedna ljudska zigota će u prosjeku nositi 317 novih mutacija. Njih 7 dogodit će se unutar 2.5% funkcionalnog genoma koji se prepisuje i imati će potencijalni utjecaj na fenotip (Futuyma, 2005).

## **2.2. GENETI KI DRIFT**

Uz mutacije, genetički drift je također važna evolucionarska sila koja je odgovorna za slučajne fluktuacije u frekvenciji alela ili haplotipova. Događa se u svim prirodnim populacijama jer su one, za razliku od idealnih populacija kakve pretpostavlja Hardy-Weinbergov princip, konačne veličine. Slučajne fluktuacije u frekvenciji alela mogu rezultirati zamjenom starih alela novima, što rezultira neadaptivnom evolucijom (za razliku od prirodnog odabira koji rezultira adaptacijama). Iako nije odgovoran za anatomske, fiziološke i bihevioralne adaptacije koje organizmima pomažu prilikom reprodukcije ili opstanka, genetički drift svejedno ima važnu ulogu, posebno na razini molekularne genetike; zaslužan je za većinu razlika između DNA različitih vrsta (Futuyma, 2005).

Kao što je već spomenuto, prirodne populacije su određene veličine i ne mogu biti beskonačne. Velicina populacije igra važnu ulogu u genetičkom driftu. Ograničenje u veličini kroz koje populacije mogu proći zove se „bottleneck“ (usko grlo). U tom slučaju, veoma mali broj jedinki „preživi prolaz“ kroz usko grlo i osnuje novu koloniju (tzv. „founder effect“ ili u inak osnivača). Ukoliko nova kolonija ostane malena, genetički drift koji se dogodio rezultirat će promjenom frekvencije alela i ukloniti gotovo sve genetičke varijacije. Ako

kolonija postupno raste i opstaje, nove mutacije se naposljetku povratiti heterozigotnost i varijabilnost na više razine (Futuyma, 2005).

### **2.3. PRIRODNI ODABIR**

Teorija prirodnog odabira centralna je ideja Darwinova „Porijekla vrsta“ i same teorije evolucije te donosi objašnjenja za sve (ili pak ve inu, op.a.) adaptacije, brojne osobine organizama koje ih osposobljavaju za preživljavanje i razmnožavanje. Ova teorija objašnjava i raznolikost vrsta sve od cenacestora do danas. Jednostavna je ali stalna sila koja esto djeluje suptilno i na brojne na ine. Vjerojatno je najvažnija no ujedno i opasna ideja u itavoj biologiji, ali i u povijesti ljudske misli jer objašnjava dizajn živoga svijeta a da ne poseže za nadnaravnim i svemogu im dizajnerima (Futuyma, 2005).

Da bi se lakše shvatio princip prirodnog odabira, prvo je potrebno definirati adaptaciju. Adaptacija ili prilagodba je karakteristika koja poboljšava šanse organizma za preživljavanjem i razmnožavanjem koji ju nosi. Za sada je prirodni odabir jedini mehanizam za koji se zna da uzrokuje evoluciju adaptacija (Futuuyama, 2005). Druga, pak, definicija govori da je adaptacija biološko obilježje koje se razvilo prirodnim ili spolnim odabirom kako bi se poboljšali izgledi organizma za opstankom ili razmnožavanjem (Miller, 2007). Dakle, neki autori smatraju da je spolni odabir samo podvrsta prirodnog, dok drugi spolni odabir vide kao posebnu evolucijsku silu koju treba promatrati odvojeno od prirodnog odabira. Ovaj rad zastupa potonju ideju i kroz njega se se pokušati objasniti evolucija ljudskog uma kao zajedni ko djelovanje dvaju odvojenih procesa, prirodnog i spolnog odabira.

Moglo bi se re i da je prirodni odabir dnevno skrutiniziranje, diljem svijeta, svake varijacije, pa i najmanje; odbacuju i što je loše, štite i i nadogra uju i što je dobro; potihom i bezosje ajno rade i gdje god i kad god se prilika pruži, unaprije uju i svaki organizam koji je u odnosu s organskim i anorganskim uvjetima života. Ne vidimo ništa od ovih sporih promjena sve dok ruka vremena ne zabilježi dovoljno dugo godina, a ak i tada je nesavršen naš pogled u prošlost i sve što vidimo jest da su današnji oblici života druk iji od onoga što su neko bili. (Darwin, 1859).

Ono što je Darwin lirski opisao može se izraziti i manje poeti no, kao „bilo koja dosljedna razlika u fitnessu između fenotipski različitih skupina organizama“ (Futuyma, 2005). Fitness ili sposobnost jest relativni reproduktivni uspjeh (uključujući i sposobnost opstanka) jedne skupine gena u odnosu na drugu, odnosno dobro fizičko ili mentalno stanje koje se može pokazati kao nasljedno (Miller, 2007).

Prirodni odabir proizvodi ili održava adaptacije. Koji god gen je ovim procesom „favoriziran“, pruža bolju adaptaciju od „nefavoriziranih“ alternativa. Rezultat takvog odabira je prevladavanje gena koji pružaju bolje adaptacije. Naravno, odabir takvih gena pod utjecajem je fenotipa i, da bi gen bio odabran, mora uvećavati fenotipski reproduktivni uspjeh. Dobro poznavanje utjecaja gena na fenotip i sposobnost ključno je za razumijevanje prirodnog odabira. Pomislili bismo da prirodni odabir najčešće favorizira mehanizme koji vode većem zdravlju i komforu jedinke, a smanjuju opasnosti koje je mogu zadesiti, no u krajnjoj liniji, sposobnost je ono što pridonosi uspješnom razmnožavanju. Razmnožavanje uvijek podrazumijeva i određeno odricanje u resursima te opasnost od predatora i sl. Takva odricanja i opasnosti se čak mogu putem prirodnog odabira i povećati, pa čak i nauštrb sposobnosti u smislu općeg preživljavanja jedinke (Williams, 1966).

No ako prihvatimo ideju da je spolni odabir zapravo zaseban proces, onda možemo primijetiti sljedeće: prirodni odabir ne može pogodovati obilježjima koja su protivna preživljavanju, a budući da većina ukrasa životinja upravo negativno utječe na izgled neke jedinke u borbi za opstanak (jer su, primjerice, glomazni i skupi), vjerojatno se i nisu razvili prirodnim odabirom. To znači da evolucija mora, osim prirodnog odabira, uključivati i još jedan oblik odabira koji može oblikovati ta obilježja. Darwin je zaključio da će svako obilježje koje pomaže u nadmetanju za partnera imati tendenciju širenja među pripadnicima vrste koja se razmnožava spolnim putem, pa čak i ako smanjuju izgled za opstanak (Miller, 2007).

Veza između fenotipa i sposobnosti se može opisati kao jedan od tri načina na koji odabir funkcionira. Odabir može biti „usmjeren“ prema jednom ekstremnom fenotipu koji pokazuje najveću sposobnost, „stabilizirajući“, ukoliko je srednji fenotip (intermedijer) onaj koji pokazuje najveću sposobnost, a može biti i „razlikovni“ te favorizirati dva ili više fenotipa koji pokazuju veću sposobnost od intermedijera među njima (Futuyma, 2005).

Ono što ne bismo trebali otkrivati od prirodnog odabira jest da djeluje u smjeru apsolutnog savršenstva. Prirodni odabir može favorizirati određene varijante koje doprinose

ve o sposobnosti, može napraviti organizam uiniti malice savršenijim u odnosu na pretka ali ne može ispraviti i usavršiti apsolutno sve varijante. Iako pokazuje određeni trend u adaptacijama, pogrešno je smatrati za evoluciju (tj. prirodni odabir) da pokazuje određeni „cilj“, osim ako taj cilj nije poboljšavanje adaptacija, no i u tom slučaju treba biti oprezan jer svaka vrsta ima drukčiju definiciju „boljega“ (Futuyma, 2005).

## 2.4. SPOLNI ODABIR

Dok neki autori smatraju spolni odabir samo podvrstom prirodnog, drugi pak vjeruju da bi se spolni odabir trebao promatrati kao izdvojena, zasebna evolucijska sila. Darwin (1859) je opisao spolni odabir kao borbu između mužjaka za posjedovanje ženki gdje rezultat nije smrt neuspješne jedinice nego manje ili nimalo potomstva. Nadalje, isto je kako je spolni odabir manje strog od prirodnog te kako konačni uspjeh u reprodukciji ne ovisi o općenitoj snazi, nego o „posebnom oružju“ koje je svojstveno mužjacima. Napominje kako se pijeo bez ostruga ostaviti manje potomstva iza sebe od „obruzanog“ suparnika. Spolni odabir, dopuštaju i svaki put bolje opremljenom suparniku priliku za razmnožavanje, je, nedvojbeno, narednim generacijama pijeolova donijeti više hrabrosti, dulje ostruge i jača krila za borbu. Darwin je priznao da ne zna koliko duboko u zakone prirode seže ovaj poriv za borbom no primijetio je jedno, a to je da se mužjaci aligatora tuku i proizvode glasne zvukove dok se bore za ženke, baš kao i Indijanci prilikom ratnih plesova!

U svijetu ptica, pri čija je miroljubljivija i mužjaci većine vrsta su ukrašeniji ljepšim i raskošnijim perjem te izvode udne rituale šepirenja i plesa kojim pokušavaju impresionirati ženke koje promatraju cijeli spektakl i pare se s najatraktivnijim partnerom (Darwin, 1859). Ostaju i na tom tragu, evolucijski psiholog Geoffrey Miller predlaže teoriju po kojoj je i ljudski um analogan šarenom perju i šepirenju mužjaka ptica. Ljudski um i, primjerice, paunov rep, imaju sličnu biološku funkciju. Paunov rep je klasičan primjer spolnog odabira putem izbora partnera. Takav rep se razvio jer su ženke više voljele duži i šareniji rep. Paunima bi bilo lakše preživjeti s kraćim, lakšim i jednoličnijim repom, no spolni izbor ženki natjerao ih je da proizvedu tako skupo perje koje je energetski zahtjevno i nezgrapno i otežava bijeg pred predatorima. Njegova biološka funkcija je da privlači paunice (Miller, 2007).



Najimpresivnije sposobnosti ljudskog uma su poput paunova repa: one su alati za udvaranje koji su se razvili kako bi privukli i zabavili spolne partnere. Svaki od naših predaka nije samo uspio neko vrijeme uspješno bježati predatorima nego je i nagovorio barem jednog spolnog partnera na dovoljno spolnih odnosa za stvaranje potomstva. Oni praljudi koji nisu pobudili ni ije zanimanje nisu postali naši preci, bez obzira koliko uspješni bili u borbi za opstanak. Darwin je to shvatio te zaključio da evoluciju ne pokreće samo prirodni odabir nego i jednako važan proces koji je on nazvao „spolni odabir putem izbora partnera“ (Miller, 2007).

### 3. EVOLUCIJA RODA HOMO

Evolucijski put ljudi započinje u istočnim predjelima Afrike, na prijelazu Miocena u Pliocen, prije otprilike 5 milijuna godina. Polovinom Miocena, kontinentsko uzdizanje i brojni rasjedi stvorili su Dolinu rasjeda u Istočnoj Africi. Pojava glacijacije koje su se na prijelazu Miocena u Pliocen odvijale na sjevernoj hemisferi dovele su do klimatskih promjena južnije, što je rezultiralo zamjenom tropskih šuma savanama u ekvatorijalnom dijelu Afrike. Miocen je također bio i period obilne specijacije, uključujući i pojavljivanje novih vrsta sisavaca, a posebno i zajedničkog pretka ovjekolikih majmuna i ranih varijanti hominida<sup>2</sup> (Cunnane, 2005).

Vjerojatno najpoznatiji fosilni nalaz jedne od prvih vrsta ranih hominida jest „Lucy“, ženka vrste *Australopithecus afarensis* (Afar regija, Etiopija) kojeg je otkrio Donald Johanson. Starost fosila određena je na nekih 3 do 4 milijuna godina. Smatra se da ova vrsta, zajedno s malo robusnijim vrstama australopitecina koje su živjele prije 1.3 - 2.7 milijuna godina (primjerice, *Paranthropus ethiopicus*, *P. robustus*, *P. boisei*), nije predstavljala liniju iz koje su se razvili današnji ljudi. Prva vrsta australopitecina za koju se pretpostavlja da je dala ishodišni oblik za daljnju specijaciju prema rodu *Homo* jest vrsta *Australopithecus africanus* (prije 2.2 – 2.7 milijuna godina) (Cunnane, 2005).

Za vrijeme preposljednje velike glacijacije (prije 2.6 milijuna godina), brojne vrste australopitecina su izumrle. Tijekom posljednje velike glacijacije (prije 2 milijuna godina), po etkom Pleistocena, pojavio se rod *Homo*. Prva za sada poznata vrsta bio je *Homo habilis*, koji je živio prije 2.4 – 1.8 milijuna godina i prvi je koristio kameno oruđe. Prvi pronađeni primjerak je iz Olduvai gorja u Keniji. Utvrđeno je da je *H. Habilis* imao asimetričnu lijevu hemisferu, što se pripisuje razvoju govora i jezika, a izrađeno oruđe bilo je namijenjeno dešnjacima (Cunnane, 2005).

*H. habilis* koegzistirao je s nekoliko drugih vrsta iz roda *Homo*, uključujući i *H. rudolfensis*, *H. ergaster* te vjerojatno i rane *H. erectus*, zajedno s nekoliko vrsta roda *Paranthropus*. Ostale vrste iz tog razdoblja nisu koristile kameno oruđe (Cunnane, 2005).

---

<sup>2</sup> Hominidi su bili prva grana primata koji su postali nepovratno bipedalni, što se smatra prvom i osnovnom anatomskom prilagodbom prema razvoju roda *Homo*.

Najpoznatiji predstavnik vrste *H. ergaster* je „Turkana boy“, pronađen pokraj jezera Turkana. Vrsta *H. ergaster* povećala je svoju visinu za 50%, a po istrošenosti zubi može se vidjeti da su promijenili i prehranu koja je sada sadržavala manje biljaka, a više mesa. Koristili su naprednije kameno oruđe i vatru. Također, veličina mozga se isto tako povećala kod vrste *H. ergaster* u odnosu na *H. habilis* (Cunnane, 2005).

Po završetku glacijacije prije 2 milijuna godina, pojavio se i *H. erectus*. Koegzistirao je s vrstom *H. ergaster* no trajao je puno dulje, neki vjeruju sve do pojave prvih modernih ljudi prije otprilike 300.000 godina. *H. erectus* bio je bipedalan, imao je veliki mozak, potpuno vertikalno držanje, eljast umjerene veličine to no ispod lica te opozicijske palce (Cunnane, 2005).

Nije jasno je li *H. erectus* vodio ka vrsti *H. sapiens* ili je bio posebna grana no između te dvije vrste postoji još vrsta, kao što su *H. antecessor* (prije 800.000 godina) te nešto mlađi *H. heidelbergensis*. *H. heidelbergensis* imao je umjereno veliki mozak te je ostavio arheološke dokaze socijalnog društva i korištenja vatre. Iako dokazi o proizvodnji i korištenju naprednog oruđa nisu pronađeni, za vrstu *H. heidelbergensis* se zna da je imao razvijen govor (Cunnane, 2005).

Vrsta *H. neanderthalensis* je jedina para-hominidna vrsta jer iako su se rani moderni ljudi razvili paralelno s periodom Neandertalca, DNA dokazi ukazuju da su te dvije vrste bile međusobno različite i da se nisu međusobno parile. Neandertalci su bili veći i jači od vrste *H. sapiens*, imali su veće lubanje i izraženije okosnice. Iako im je mozak bio veći, frontalne regije mozga bile su manje u odnosu na mozak modernog čovjeka. Neandertalac je za sobom ostavio predivno oblikovano oruđe (Musterijanska kultura) no nisu izrađivali napredno oruđe niti koristili druge materijale osim kamena. Također nije jasno jesu li imali razvijen govor (Cunnane, 2005).

Anatomski moderni čovjek (*H. sapiens*) postoji barem 100.000 godina. Smatra se da potječe iz Afrike, otprilike prije 130-160.000 godina. No, jasni dokazi pokazuju da do kreativne eksplozije u evoluciji ove vrste ne dolazi sve do prije nekih 30.000 godina (pojava Kromanjonca i spiljske umjetnosti). Vrsta *H. sapiens* je relativno mlada vrsta i trenutno jedina živa vrsta roda *Homo* (Cunnane, 2005).

### **3.1. UTJECAJ PRIRODNOG ODABIRA**

Empirijski, iz svakodnevnog iskustva, znamo da okolišni imbenici imaju važan utjecaj na ljudsko ponašanje i funkcioniranje, bez obzira bili ti imbenici prehrana, obiteljske aktivnosti ili širi društveni aspekti. Mogli bismo definirati dva glavna okolišna imbenika koji utječu na funkcije mozga: kulturu i prehranu. Kultura podrazumijeva interakcije između ljudi i potrebu komunikaciju te stjecanje znanja kroz učenje. Prehrana predstavlja određene vrste hrane i njihov udio, od čega se dio iskorištava za energiju, a dio za izgradnju organizma (a time i mozga) (Cunnane, 2005).

Adaptacija je jedan od mehanizama preko kojeg se razvijaju nova svojstva (uključujući i ponašanje). Svaki aspekt morfologije, fiziologije i ponašanja nekog organizma se može promatrati kao adaptacija na izazove kojima je dotični organizam izložen. Adaptacionisti pretpostavljaju da se ljudski mozak razvio kao odgovor na zahtjeve okoliša (poput potrebe za lovom ili izradom oruđa). Primjerice, adaptacionisti objašnjavaju razvoj dvonožnog hoda ljudi kao uinkoviti vid kretanja (troši manje energije) od četveronožnog hodaimpanze. Dvonožni hod je tako oslobodio ruke koje su bile potrebne za izradu i korištenje oruđa. Oruđe (i oružje) je bilo korišteno u lovu, a lov je bio potreban kao izvor energije za ekspanziju i razvoj mozga, što je pak, u krajnjoj liniji, omogućilo razvoj civilizacije i kulture (Cunnane, 2005). No, autor ovdje ističe da ovu teoriju treba i razmotriti jer ne daje odgovore na neka ključna pitanja. Primjerice, ako je dvonožni hod toliko energetski povoljniji, zašto se iimpanze nisu prilagodile na istu način? Drugi autori, primjerice Ian Tattersall, smatraju da je „nešto“ prethodilo povećanju mozga prvih ljudi pa su oni zahvaljujući tome mogli koristiti njegove veće kapacitete za razvoj sposobnosti poput lova ili socijalnog društva (Cunnane, 2005).

#### **3.1.1. PRILAGODLJIVOST TJELONE PLASTIČNOSTI MOZGA**

Profesori K. Laland i G. Brown sa Sveučilišta u Cambridgeu pretpostavljaju da je ljudsko ponašanje „više nusprodukt naše izvanredne prilagodljivosti, nego adaptacija sama po sebi“. Prilagodljivost (egzadaptacija) je važna ideja u evoluciji ljudskog mozga. Moglo bi se reći da je izjednačena s plastičnošću. Plastičnost mozga tijekom razvoja organizma može podnositi ako

nije pretjerano osjetljiv na negativne ishode. Plasti nost i osjetljivost su dvije strane istog nov i a: razvoj ljudskog mozga pokazuje visoku plasti nost i visoku osjetljivost.impanze pokazuju nešto manju plasti nost ali i nešto manju osjetljivost. Zlatne ribice imaju veoma nisku neuralnu plasti nost, kao i veoma nisku osjetljivost. Pove ana osjetljivost naj eš e implicira smanjene šanse za reproduktivni uspjeh i preživljavanje, pa da bi plasti nost prodrla u neuralni razvoj, osjetljivost tog sustava mora se održavati na minimumu – to nije, mora se maskirati razvojnom stabilnoš u (Cunnane, 2005).

Neuralna plasti nost i niska osjetljivost kod ljudi produkt su visoke osjetljivosti koja je maskirana okolišnom, razvojnom i nutritivskom stabilnoš u. Visoka osjetljivost ublažena okolišnom stabilnoš u uvjet je koji su jedino ljudi, od svih sisavaca, ikada doživjeli. Rani hominidi i ljudi su se prilagodili na visoku osjetljivost jer su naseljavali stabilan okoliš bogat nutrijentima potrebnim za (selektivni) razvoj mozga. Ukratko, to ih je ostavilo zašti enima od visoke razvojne osjetljivosti. Neandertalci, s druge strane, nisu bili te sre e i živjeli su u nestabilnim životnim uvjetima i prevrtljivom okolišu s lošom distribucijom nutrijenata, što je u kona nici osujetilo njihovu prilagodljivost i smanjilo kognitivne sposobnosti u odnosu na rane ljude (Cunnane, 2005).

### **3.1.2. PREHRANA**

Nakon dugih perioda adaptacija tijekom kojih se veli ina mozga australopitecina slabo mijenjala, po eo se probijati *H. habilis*, prvi hominid koji je koristio oru e i alate. Svoju je sposobnost odmah testirao s po etka nešto rje om, no poslije sve eš om potrebom za rezanjem mesa. Pove an unos mesa u organizam svakako je nadokna ivao oskudne energetske ponude biljki savana koje su bile jedina alternativa. Unos mesa podigao je kvalitetu ishrane i osigurao dovoljno energije za ve e tijelo i ve i mozak dok je polako *H. habilis* evoluirao u vrstu *H. erectus*. Fosilni ostaci ukazuju na promjene u obliku i strukturi eljusti te u veli ini probavnog sustava koje su konzistentne s manjim unosom biljne, vlaknaste hrane (Cunnane, 2005).

### 3.2. UTJECAJ SPOLNOG ODABIRA

Dok prirodni odabir djeluje tako da vrstu prilagođava njezinu okolišu, spolni odabir oblikuje svaki spol u odnosu na drugi. Darwin je spolni odabir smatrao autonomnim procesom, kao spolno natjecanje unutar vrste koje utječe na relativne stope reprodukcije. Također je smatrao da spolni odabir najjače djeluje u životinja na višem stupnju razvoja, dok prirodni i umjetni odabir sasvim zadovoljavaju potrebe gljiva, biljaka i nižih životinjskih vrsta (Miller, 2007).

Taj trag nastavilo je slijediti nekoliko znanstvenika. Ronald Fisher (1915) iznosi nekoliko ideja. Prva je da su spolni ukrasi brojnih vrsta evoluirali kao pokazatelji sposobnosti, zdravlja i energije. Zdraviji mužjaci imaju jače boje i veće ili bujnije ukrase, a ženke mogu donijeti na svijet brojnije i zdravije potomstvo ako za parenje izabiru zdravije mužjake. Ako su ženke slučajno i sklone jačim ili većim ukrasima, njihovo muško potomstvo naslijedit će takve ukrase, a žensko će naslijediti sklonost takvim ukrasima (Miller, 2007).

Druga Fisherova ideja bio je proces bijega u spolnom odabiru. Fisher je ovako teoretizirao: kad god najukrašeniji pojedinac stekne veliku reproduktivnu prednost, to može pokrenuti proces bijega koji mora, ako ga nešto ne zaustavi, i bez obzira na to koliko je na početku neprimjetan, dovesti do velikih, a u kasnijim fazama i brzih promjena. Fisher je tvrdio da proces bijega može navesti ukrase da evoluiraju eksponencijalnom brzinom i evoluirali bi sve dok ne bi postali toliko glomazni da bi njihova cijena u smislu izgleda za opstanak konačno nadmašila njihovu veliku spolnu korist (Miller, 2007).

Izraelski biolog Amotz Zahavi (1975) nadograđuje Fisherovu ideju ukrasa kao pokazatelja sposobnosti nekim što on naziva „na elu hendikepa“. Zahavi pretpostavlja da je visoka cijena<sup>3</sup> mnogih spolnih ukrasa ono što ih drži pouzdanim pokazateljima sposobnosti. Primjerice, paunov rep zahtijeva mnogo energije za održavanje i rast i samo paun koji je snažan i zdrav može si priuštiti veliki, sjajni rep (Miller, 2007).

---

<sup>3</sup> U energiji potrebnoj za proizvodnju takvog ukrasa ili pak u narušenim izgledima za preživljavanje uslijed glomaznosti ili obojanosti ukrasa (op.a.).

### 3.2.1. PROCES BIJEGA I „ODBJEGLI MOZAK“

Fisherov proces bijega može poslužiti kao dobar prvi model evolucije ljudskog uma. Spolnim odabirom vrste se prilagođuju, ali uzajamno. Ženke se prilagođuju mužjacima, a mužjaci ženkama. Spolne sklonosti prilagođuju se raspoloživim spolnim ukrasima, a spolni ukrasi aktualnim spolnim sklonostima (Miller, 2007).

Ako zamijenimo perje pauna primjerice kreativnom inteligencijom, a pauna nekim od ranih hominida koji su hodali uspravno, možemo primijeniti proces bijega na evoluciju spomenutog obilježja. Potrebno je još da se muški hominidi međusobno razlikuju po stupnju kreativne inteligencije (varijabilnost) te da se ta karakteristika mogla prenositi na sljedeće generacije genetičkim putem (nasljedivost) i imamo dva od tri potrebna uvjeta za spolni odabir. Treći uvjet je razvoj seksualne sklonosti ženki prema kreativnoj inteligenciji. Kada imamo sva tri uvjeta, spolni odabir može funkcionirati, a proces bijega započeti (Miller, 2007).

Mušjaci s većom kreativnom inteligencijom bi bili seksualno privlačniji ženkama, privukli bi više partnerica i imali više potomstva (uz pretpostavku da naši preci nisu bili strogo monogamni). Ti potomci naslijedili bi natprosječno kreativnu inteligenciju, a istovremeno i seksualnu sklonost prema toj istoj karakteristici. Inteligencija bi došla u genetiku kao korelaciju sa seksualnom sklonošću prema inteligenciji. Seksualni „ukus“ prikvačio bi se za evolucijski uspjeh spolnog obilježja kojem daje prednost. Svaka generacija hominida bi postajala kreativno inteligentnija, ali bi i zahtijevala više kreativne inteligencije od svojih partnera. Ovdje je ključno to što kreativna inteligencija nije trebala davati hominidima nikakvu prednost u borbi za opstanak, ali je procesom bijega mogla evoluirati u isti spolni ukras (Miller, 2007).

Nužan preduvjet za proces bijega, osim navedenih, je i poliginija. Da su naši preci kojim slučajem bili savršeno monogamni, proces bijega i „odbjegli“ spolni odabir ne bi mogao ići u prilog velikome mozgu, kreativnoj inteligenciji i ostalim mentalnim sposobnostima. Što je poliginija izraženija, proces bijega u spolnom odabiru je uspješniji. Po antropološkim istraživanjima ustanovljeno je da su naši preci bili umjereno poligini (Miller, 2007).

Također, važno je istaknuti da je proces bijega nepredvidljiv te veoma osjetljiv na početne uvjete i slučajne događaje. Po etni smjer procesa ovisi o ukusima ženki te obilježjima mužjaka u populaciji. Napredovanje bijega ovisi o nekoliko genetičkih događaja koji su nasumični: rekombinacija i genetički drift. Budući da je bijeg proces pozitivne povratne sprege, njegova osjetljivost na početne uvjete i slučajne događaje pojačava se s protokom evolucije pa je stoga i nepredvidljiv i nikada se ne događa dvaput na isti način (Miller, 2007).

Načelno, postoji i nekoliko problema s procesom bijega pa on, sam za sebe, ne može biti odgovoran za evoluciju ljudskog uma, nego u kombinaciji s ostalim procesima. Kao prvo, prebrz je. Dva milijuna godina evolucije ljudskog uma je previše spor događaj da bi se mogao objasniti procesom bijega koji je i do sto puta brži. Da je za veličinu našeg mozga i za njegove mentalne sposobnosti bio odgovoran isključivo proces bijega, naš mozak bi se utrostručio u samo 20.000 godina, a ne u dva milijuna. Jedino ako pretpostavimo da se proces bijega događao na mahove kroz evoluciju uvijek: postojala su kratka razdoblja nagle i relativno brze evolucije praćena duljim razdobljima kad je odabir održavao *status quo* (Miller, 2007).

Nadalje, proces bijega stvara prevelike spolne razlike. Po tome, mozak muškarca trebao bi biti težak 1300 grama, a žene bi i dalje imale mozak od jedva 400 grama kakvog i danas ima većina ovjekolikih majmuna. Također bismo mogli i primijetiti da u tom slučaju muškarci imaju i puno viši kvocijent inteligencije od žena. Pogledajmo na primjeru jezika zašto i kako je ženski mozak „pratio“ evoluciju muškog.

Pretpostavimo da je jezik evoluirao isključivo putem procesa bijega. Pretpostavimo da su muškarci govorili, a žene slušale i da su se ženama slučajno svi ali artikulirani govornici od onih manje sposobnih u usmenom izražavanju. Jezične sposobnosti muškaraca bi se kroz spolni odabir poboljšale, vokabular bi im se proširio i sintaksa postala složenija, a prijetile zanimljivije. Ali da bi proces bijega funkcionirao, morala je porasti i ženska izbirljivost! Ženske jezične sposobnosti morale bi biti uvijek jedan korak „ispred“ muških kako bi bile u stanju procijeniti i razlikovati jezične sposobnosti muškaraca. To se može do određene mjere objasniti genetičkom korelacijom među spolovima koja donekle sprječava među spolovima evoluciju spolnih razlika. Dakle, geni za muške jezične sposobnosti „prikrpat“ se se genima za ženski ukus i obrnuto, tako da ne samo muški potomci nasljeđivati jezične sposobnosti, a ženski ukus za njih, nego i potomci oba spola nasljeđivati i jedno i drugo. No, to nas vodi na zaključak da su ženske mentalne sposobnosti samo „nuspojava“ evolucije muškog uma, a to nikako nije točno (Miller, 2007).



### 3.2.2. LJUDSKI UM KAO SKUP POKAZATELJA SPOSOBNOSTI

Na Fisherovu tragu, ova teorija bi se, za razliku od teorije „odbjeglog mozga“ mogla nazvati teorijom „zdravog mozga“. Ona pretpostavlja da se naš mozak ne razlikuje od mozga ovjekolikih majmuna zato što nam je tako prekomjerno velik mozak pomagao isključivo u opstanku ili podizanju potomstva, nego jer takav mozak jednostavno bolje oglašava kvalitetu naših gena. Što je mozak kompliciraniji, lakše ga je pokvariti. Zbog svoje velike složenosti, ljudski mozak je izuzetno osjetljiv na oštećenja koja izazivaju mutacije, a zbog svoje veličine je skup i u fiziološkom smislu (Miller, 2007).

Ljudske karakteristike poput umjetnosti, glazbe, morala, velikodušnosti, kompliciranog jezika i religije izgledaju besmisleno i nepotrebno: ne pomažu nam pobjeći od grabežljivaca, ne pomažu nam u išćenju od parazita niti pomažu u njih lakše nalazimo hranu te sve u svemu, gotovo da ni im ne doprinose „opstanku najспособnijih“. Doimaju se kao prilično fiziološki skup luksuz (Miller, 2007).

Kada je riječ o jednostavnim obilježjima koja ovise o samo nekoliko gena, odabir sasvim uspješno uklanja mutacije. U tim slučajevima mutacija će vjerojatno izazvati tako dramatičnu promjenu da će je prirodni odabir vrlo vjerojatno brzo eliminirati. No kada je riječ o velikim i kompliciranim obilježjima (poput ljudskog mozga) koja rastu kroz interakciju mnogih gena, odabiru je teže eliminirati mutacije. Kao prvo, radi se o velikom broju gena koji mogu mutirati pa se djelovanje odabira „razvodni“ jer se usmjerava na više gena odjednom. U stvaranju organa kao što je ljudski mozak sudjeluju deseci tisuća gena pa bi mozak davao mnogo bolje informacije o opterećenosti mutacijama i o sposobnosti od, primjerice, oblika lica (u što je uključeno nekoliko stotina gena) (Miller, 2007).

Ljudski talenti, poput dara za glazbu, smisla za humor ili kreativnost tradicionalnim evolucionistima i evolucijskim psiholozima ne izgledaju kao adaptacije zato što previše variraju, previše su nasljedivi i previše rastrošni (u energetskom i fiziološkom smislu). No to su upravo svojstva koja bismo očekivalo od (mentalnih) pokazatelja sposobnosti jer ako su se oni razvili spolnim odabirom onda se moraju razlikovati od uvijek do uvijek kako bi pomogli potencijalnim partnerima bolje prosuditi prilikom izbora spolnog partnera! Da su mentalne sposobnosti evoluirale putem prirodnog odabira, morale bi se tek neznatno

razlikovati od ovjeka do ovjeka (jer prirodni odabir eliminira maladaptivne varijacije), trebali bi biti slabo nasljedivi (jer prirodni odabir eliminira gene koji nisu optimalni) te bi trebali biti efikasni, štedljivi i jeftini jer prirodni odabir favorizira što efikasnije i jeftinije rješavanje određenog problema (Miller, 2007).

#### **4. LITERATURA**

Cunnane, S. C. (2005): „Survival of the Fattest – The Key to Human Brain Evolution“, World Scientific Publishing, Singapore

Darwin, C. (1859): „On the Origin of Species by Means of Natural Selection“, William Clowns and Sons, London

Darwin, C. (1871): „The Descent of Man and Selection in Relation to Sex“, William Clowns and Sons, London

Futuyma, D. J. (2005): „Evolution“, Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA

Miller, G. (2007): „Razum i razmnožavanje – Kako je izbor partnera oblikovao evoluciju ljudske naravi“, Algoritam, Zagreb

Williams, G. C. (1966): „Adaptation and Natural Selection“, Princeton, New Jersey, USA

## 5. ZAKLJUČAK

Cunnane ističe kako je prirodni odabir, kroz adaptacije na izazove koje je pred ljude svakodnevno postavljao okoliš (primjerice, u obliku potrebe za lovom tj. hranom) u velikoj mjeri zaslužan za nova svojstva koja je vrsta *Homo sapiens* razvila, uključujući i ponašanje. Također ističe kako ljudski mozak pokazuje izrazito veliku plastičnost, dok je visoka osjetljivost na negativne ishode (poput mutacija) maskirana razvojnom stabilnošću. No, autor upozorava da adaptacije same po sebi možda i nisu najbolje objašnjenje sve dok se ne objasni zašto i niži primati nisu razvili neke od osobina (koje su energetski povoljnije, poput dvonožnog hoda) koje su razvili ljudi. Također, autor pretpostavlja da je i promjena u načinu prehrane (povećana dostupnost i konzumacija mesa) osigurala višak energije koji se mogao preusmjeriti u razvoj energetski skupog organa kao što je mozak.

S druge strane, evolucijski psiholog Geoffrey Miller postulira kako je spolni odabir putem izbora partnera taj koji je najviše doprinio razvoju ljudskog mozga, kao spolnog ukrasa. Autor posebno ističe Fisherov proces bijega kojim objašnjava razvoj tako, za puko preživljavanje, nepotrebnih osobina kao što su kreativna inteligencija ili humor. Uz Zahavijevo načelo hendikepa (da samo izuzetno sposobni mogu stvoriti izuzetno energetski skup spolni ukras poput mozga) kao moderator razvoja mozga, Miller pretpostavlja da je mozak mogao evoluirati da bi što bolje oglašavao kvalitetu gena jedinice (što je organ kompliciraniji, lakše ga je „pokvariti“ mutacijama i ozljedama).

## 6. SAŽETAK

Evolucija ljudskog uma jedna je od najkompleksnijih zagonetki moderne znanosti. Zašto se razvio i kako se razvio, zašto danas takav organ pronalazimo samo kod jedne vrste na planetu i što je to usmjeravalo njegov razvoj? Dok autori poput Cunnanea smatraju da su prirodni odabir (kroz adaptacije na svakodnevne izazove okoliša) te promjena prehrane (povećana konzumacija mesa) doprinijeli razvoju ljudskog mozga, drugi, poput Geoffreyja Millera tvrde da je spolni odabir putem izbora partnera, preko procesa bijega i naela hendikepa, najviše odgovoran za razvoj mozga kao spolnog ukrasa i pokazatelja sposobnosti jedinice.

U ovom radu ukratko su izloženi najvažniji aspekti evolucije uvijek kao i evolucijskih sila (s posebnim naglaskom na spolni odabir) koje su oblikovale ljudski mozak. Rad zastupa teoriju da je spolni odabir, kroz nekoliko različitih procesa, vjerojatno bio glavni pokretač evolucije ljudskog uma.

## 7. SUMMARY

Evolution of the human mind is one of the most complex mysteries of the modern science. Why it had evolved and how? Why today can we find such an organ in only one living species on the planet and what orchestrated its development? While authors like Cunnane say that natural selection (through adaptations to everyday challenges of the environment) and change in diet (increase in meat consumption) are two major driving forces of human brain evolution, others, like Miller, postulate that sexual selection, through the process of escape and the handicap principle, is the most responsible for the evolution of the human brain as a sexual ornament and a fitness indicator of the individual.

This paper contains brief overview of the most important aspects of the human evolution, as well as the evolutionary forces (with special emphasis on sexual selection) which shaped the human brain. This paper supports the theory that sexual selection (through a few distinct processes) probably was the major driving force of the evolution of the human mind.