

Evolucija gubitka dlakavosti kod čovjeka

Poldrugač Supina, Dora

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:786055>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-21**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Dora Poldrugač Supina

Evolucija gubitka dlakavosti kod čovjeka

Završni rad

Zagreb, 2023.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Dora Poldrugač Supina

Evolution of hair loss in humans

Bachelor thesis

Zagreb, 2023.

Ovaj završni rad je izrađen u sklopu studijskog programa Preddiplomski sveučilišni studij Molekularna biologija na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom Prof. Dr. Sc. Damjana Franjevića

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Završni rad

Evolucija gubitka dlakavosti kod čovjeka

Dora Poldrugač Supina

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Homo sapiens (čovjek) se razlikuje od drugih primata po stalnom dvonožnom hodu i relativno goljoj koži. Točan razlog razvoja takvih jedinstvenih prilagodbi još uvijek nije poznat, ali postoje brojne hipoteze od kojih su neke više prihvaćene od drugih. Najvjerojatniji razlog gubitka dlake je razvoj kao prilagodba za bolju termoregulaciju u odnosu na njihov život u otvorenim savanama. Međutim, moguća su i druga objašnjenja, uključujući ona da se gubitak dlake razvio kao prilagodba protiv ektoparazita ili kao posljedica neotenije. Seksualna selekcija je sigurno uključena u razvoj tog svojstva, ali nesigurno je kada je počela imati značajan utjecaj.

Ključne riječi: Hominidi, evolucijska biologija, gubitak krzna, ektoparazitska hipoteza, seksualna selekcija, termoregulacija, neotenija.

(17 stranica, 4 slike, 36 literaturnih navoda, jezik izvornika: Hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Mentor: Prof. Dr. Sc. Damjan Franjević

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Bachelor thesis

Evolution of hair loss in humans

Dora Poldrugač Supina

Rooseveltovo trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Homo Sapiens (human) differs from other primates by its constant bipedal gait and relatively naked skin. The exact reason for such unique adaptations is still unknown, but there are many hypotheses, some more accepted than others. The most likely reason for hair loss is that it was developed as an adaptation for better thermoregulation in their life in the open savannahs. There are other possible explanations, including that hair loss developed as an adaptation against ectoparasites or as a consequence of neoteny. Sexual selection definitely played part in the development of this trait, but it's unclear when it started having a significant effect.

Keywords: Hominid, evolutionary biology, fur loss, ectoparasite hypothesis, sexual selection, thermoregulation, neoteny

(17 pages, 4 figures, 36 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: Prof. Dr. Sc. Damjan Franjević

Sadržaj

Uvod	1
1. Seksualna selekcija	2
1.1 Osnove hipoteze seksualne selekcije	2
1.2 Kritike teorije seksualne selekcije.....	3
2. Termoregulacija	4
2.1 Osnove hipoteze termoregulacije.....	4
2.2 Povezanost s bipedalnosti.....	4
2.3 Kritike teorije termoregulacije.....	6
3. Vodeni majmun	7
3.1 Osnove hipoteze vodenog majmuna	7
3.2 Kritike hipoteze vodenog majmuna	8
4. Neotenija	9
4.1 Osnove hipoteze neotenije.....	9
4.2 Kritike hipoteze neotenije.....	10
5. Ektoparaziti	11
5.1 Osnove hipoteze ektoparazita	11
5.2 Veza bipedalnosti i ektoparazitske hipoteze.....	12
5.3 Kritike teorije ektoparazita	13
6. Rasprava	14
Zaključak	15
Literatura	16
Životopis	20

Uvod

Evolucija gubitka dlakavosti kod čovjeka predstavlja izuzetno kompleksno područje koje uključuje evolucijske procese koji su oblikovali smanjenje dlake kod modernog čovjeka. Kroz prizmu gubitka dlake, dobivamo uvid u brojne aspekte ljudske evolucije, uključujući prilagodbe promjenama klime i okoline te mehanizmima prirodne selekcije.

Dlake su prisutne kod drugih primata i služe za termoregulaciju, zaštitu od UV zračenja i komunikaciju. Ipak, gubitak dlake kod čovjeka otvara brojna pitanja. Kako i zašto su naši predci evoluirali u smjeru smanjene dlakavosti? Je li ova evolucijska promjena rezultat prirodne selekcije pod utjecajem okoline ili su neki drugi čimbenici imali presudnu ulogu.

Prema istraživanju na mitohondrijskim genomima čovjeka i njegovih najbližih srodnika, koja su proveli Horai et al. (1992), podjela zajedničkog pretka čimpanze i čovjeka u dvije različite skupine dogodio se prije oko 5 milijuna godina u području istočne Afrike.

Čovjek se razlikuje od drugih primata po tome što ima skoro голу kožu, osim u nekim određenim mjestima poput vrha glave i područja genitalija. To svojstvo modernog čovjeka se razvilo prije otprilike 1.2 milijuna godina (Leakey, 1972.).

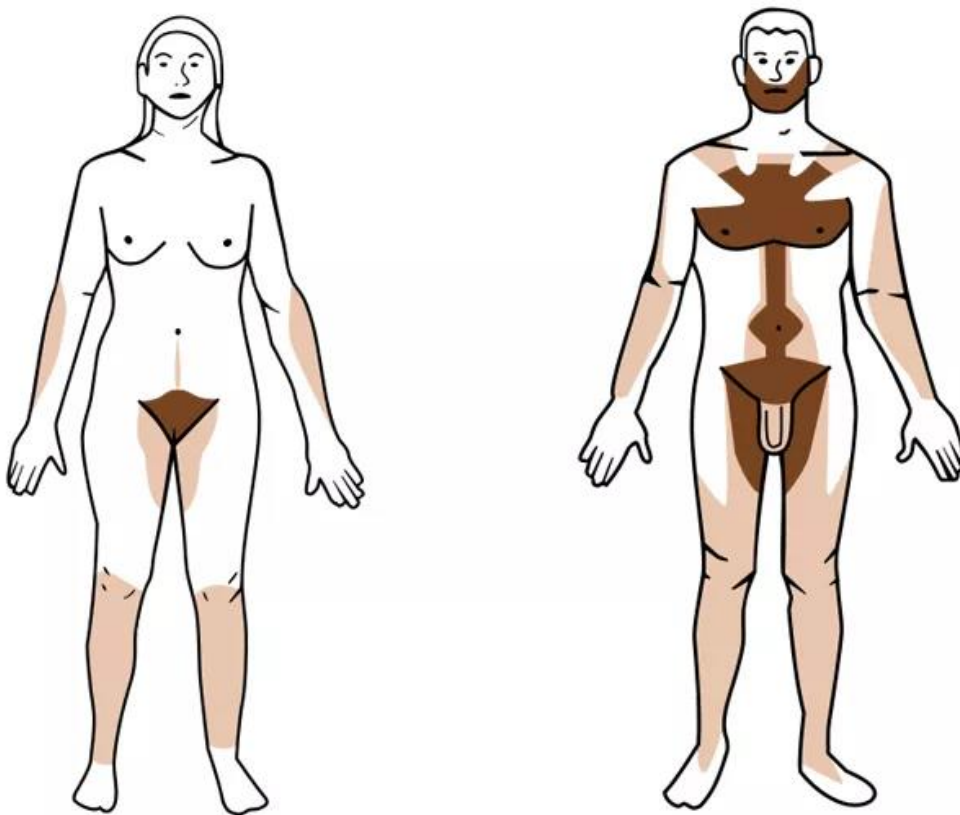
Ljudi i čimpanze imaju sličan broj folikula po kvadratnom centimetru kože. Međutim, ljudske dlake su puno manje i tanje te su manje pigmentirane od dlake čimpanze, što ljudima oduzima zaštitu od hladnoće i UV (ultraljubičastih) zraka koje bi inače krzno trebalo donijeti (Allen et al. 2013). Iznimke tome uključuje kosa na našoj glavi, koja se vjerojatno zadržala kao zaštita od UV zraka na dijelu tijela koji je najizloženiji suncu te kao toplinska izolacija.

Ovaj seminar će istražiti različite hipoteze i teorije koje su iznesene i raspravljene u cilju boljeg razumijevanja evolucije gubitka dlakavosti kod čovjeka. Proučit ćemo najviše korištene hipoteze, kao što su seksualna selekcija, termoregulacija i ektoparaziti te one nešto kontroverznije, kao hipoteza vodenog majmuna i neotenijska.

1. Seksualna selekcija

1.1 Osnove hipoteze seksualne selekcije

Evolucija novih adaptacija u nekoj vrsti, koje joj pomažu preživljavanju u njenom staništu, rezultat je prirodne selekcije. Postojeća svojstva tijekom generacija postaju izraženija, umanjena ili mogu čak nestati, a nova svojstva, nastala zbog mutacija, mogu se proširiti kroz populaciju. Svojstva koja su evoluirala zbog seksualne selekcije (Darwin, 1871) zapravo često smanjuju šanse preživljavanja jedinke, ali povećavaju šansu pronalaska partnera za razmnožavanje. Kao primjer mogu se navesti mužjaci ptica koji svojim šarenim perjem privlače ženke, ali zato postaju više opažljivi grabežljivcima. Hipoteza seksualne selekcije tvrdi da je čovjekov gubitak dlakavosti rezultat seksualne selekcije. Prema tome, gubitak dlakavosti većinom nema praktičnu svrhu, odnosno ornamentalan je. Također treba spomenuti seksualni dimorfizam žena i muškaraca. Brade nemaju praktičnu svrhu osim zaštite od hladnoće, pa bi zato imalo smisla da žene zadrže bradu. Pošto žene, unatoč tome nemaju bradu, može se zaključiti da je njihov manjak brade ornamentalan te da služi samo za privlačenje partnera.



Slika 1: Seksualni dimorfizam u dlakavosti između žena i muškaraca

(www.livescience.com/33513-men-vs-women-our-physical-differences-explained.html)

1.2 Kritike teorije seksualne selekcije

Morgan (1990) tvrdi da nema smisla da je ranim hominidima manja dlakavost bila privlačnija od gustog krzna koje bi služilo kao indikator dobrog zdravlja, dok je manjak dlake inače indikacija bolesti. Također, većina svojstava koja su se razvila seksualnom selekcijom, razvijaju se tek pri sazrijevanju jedinke u odraslu dob, a ne od rođenja.

Seksualna selekcija ovisi o tome ima li neko svojstvo prednost koje to svojstvo čini poželjnim, (Fisher, 1930). Moguće je da se zbog nekog razloga manjak kose počeo smatrati boljom prilagodbom od prisutnosti gustog krzna, vjerojatno zato što je u nekom trenutku krzno donosilo više vidljive štete za zdravlje i stopu preživljavanja. Seksualna selekcija je počela imati utjecaja tek kasnije u evoluciji čovjeka te je jednostavno ubrzala evoluciju svojstva koje se već počelo razvijati kao prilagodba za preživljavanje.

2. Termoregulacija

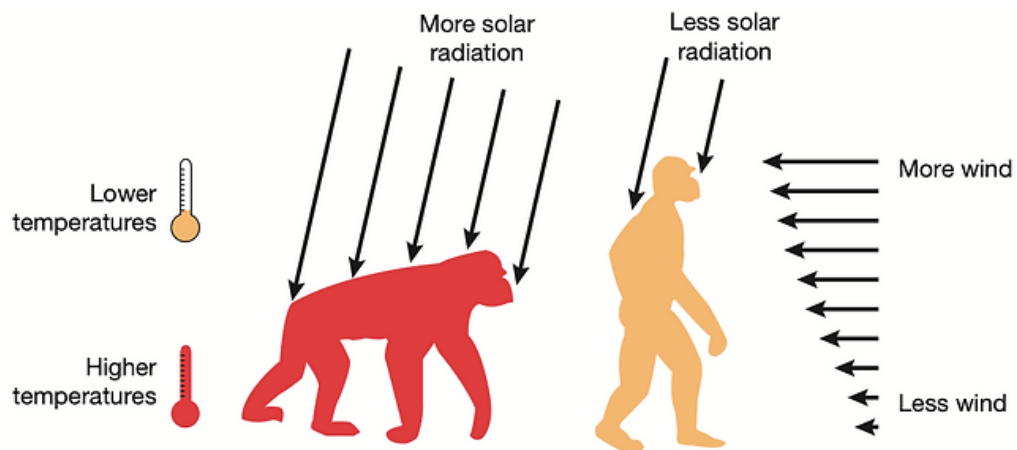
2.1 Osnove hipoteze termoregulacije

Prema hipotezi termoregulacije, hominidi su izgubili krzno kao prilagodbu koja nam je omogućila da bolje reguliraju tjelesnu temperaturu u području vrućih afričkih savana kada su tamo počeli tražiti hranu (Morris, 1967).

Wheeler (1984) tvrdi da je jedan od razloga našeg gubitka krzna bolja regulacija tjelesne temperature s ciljem povećanja efikasnosti gubitka topline znojenjem. Ovaj mehanizam ima posebnu važnost za regulaciju temperature našeg mozga, koji je posebno osjetljiv na pregrijavanje, pogotovo u doba kada su hominidi evoluirali da imaju veću masu i veličinu mozga.

2.2 Povezanost s bipedalnosti

Wheeler (1992) tvrdi da su hominidi možda paralelno evoluirali bipedalan hod i gubitak krzna kao i da njihova kombinacija smanjuje ukupni toplinski stres na tijelo te pomaže s termoregulacijom u područjima afričkih savana. Uspravan hod smanjuje izloženost tijela suncu, povećava efikasnost hlađenja vjetrom te posljedično tijelo bolje izbacuje suvišnu toplinsku energiju u okolinu (slika 2). Takva prilagodba bi hominidima omogućila da hodaju po otvorenijim savanama u potrazi za hranom puno duže od većine četveronožnih, krznenih sisavaca. Također se treba spomenuti da je pri uspravnom hodu suncu najizloženija glava, koja je zadržala guste dlake. Bramble and Lieberman (2004) su naznačili kako su hominidi prije oko 2 milijuna godina razvili sposobnost dugotrajnog trčanja na velike udaljenosti, što je neuobičajeno svojstvo kod mnogo sisavaca. Možda su zato ljudi znojenjem i odbacivanjem krzna dobili sposobnost da obave dugotrajna putovanja. Također je moguće i da je gubitak dlake kod hominida otvorio mogućnost razvoja drugih svojstava, uključujući bipedalnost i daljnji razvoj mozga.



Slika 2: Prikaz razlike izloženosti četveronožne čimpanze i bipedalnog čovjeka sunčevim zrakama (<https://13916669534.wixsite.com/wubozhi/post/evolution-of-bipedalism>)

2.3 Kritike teorije termoregulacije

Amaral, (1996) tvrdi da golo tijelo donosi poteškoće što se tiče cirkadijarnog ciklusa kroz dan, gdje golo tijelo prima više toplinske energije zbog direktne izloženosti sunčevim zrakama, a gubi više toplinske energije po hladnim noćima. I sam Wheeler (1992) priznaje da su prednosti gubitka krzna ograničene kada se uzmu u obzir toplinski uvjeti cijelog dana. Ipak, Pagel i Bodmer (2003) spominju da su hominidi možda koristili vatru i skloništa kako bi umanjili poteškoće u termoregulaciji. Moguće je da su hominidi koristili vatru još od doba *Homo erectusa*, prije oko 1.8 milijuna godina.

Ruxton i Wilkinson (2011) kritiziraju Wheelerov model, tvrdeći da je krzno dobra toplinska izolacija, te da zato nema smisla izgubiti krzno kako bi se zadržala toplina. Međutim, David-Barret i Dunbar (2016) tvrde da Wheelerov model može biti točan ako se uzme u obzir visina na kojoj su živjeli predci modernog čovjeka, specifično australopiteki, navodeći da ni čimpanze, koje su čovjekov najbliži živući srodnik, ne žive uz obalu ili na razini mora. Čak bi i čimpanze bile pod prevelikim utjecajem pregrijavanja da prežive ako se pretpostavlja da su one u konstantnom pokretu cijeli dan, zbog čega se izračuni o termoregulacijskim sposobnostima hominida Ruxtona i Wilkinsona (2011), koji su napravljeni pod sličnom pretpostavkom, ne mogu uzeti u obzir kao dokazi protiv hipoteze termoregulacije.

Ipak, zbog prije spomenutih kritika, moguće je da je korist gubitka dlake jednaka poteškoćama koje mogu proizaći iz nje, te zbog toga nema previše smisla da bi kod ljudi to svojstvo evoluiralo kao prilagodba za bolju termoregulaciju.

3. Vodeni majmun

3.1 Osnove hipoteze vodenog majmuna

Hipoteza akvatičnog majmuna, također poznata kao hipoteza vodenog majmuna ili hipoteza prilagodbe na vodeni način života, predstavlja kontroverzni pristup u istraživanju evolucije gubitka dlakavosti kod čovjeka. Prema ovoj hipotezi, čovjekovi predci su izgubili dlaku kao prilagodba na život u vodenom okruženju (Hardy, 1960).

Hardy je prvi predložio hipotezu vodenog majmuna, tvrdeći da je dio populacije ljudskog pretka u nekom trenutku, zbog kompeticije, bio prisiljen preseliti se blizu obala voda te se hraniti ribama, školjkašima i drugim živim bićima koja žive u vodi. Navedeno je postupno odvojilo ranog čovjeka i čovjekolike majmune u dvije različite skupine. To bi značilo da je nedostatak gustog krzna u suvremenom čovjeku preostala prilagodba na način života koji čovjek više ne prati. Pagel i Bodmer (2003) navode Morgana (1997), koji je predložio da su ljudi razvili karakteristike slične vodenim sisavcima poput dupina i nilskog konja zbog toga što gusto krzno nije dobra toplinska izolacija u vodenom okruženju. Moguće je da su hominidi zadržali kosu na glavi zbog zaštite od UV zraka, dok im je glava virila van iz vode pri plivanju, poput kompromisa. Morgan također zastupa stajalište da su naši potkožni masni slojevi prilagodba koja nam omogućuje održavanje tjelesne temperature u vodi.

Verhaegen (2004) također zastupa ovu hipotezu, ali kaže kako ima puno krivih interpretacija i informacija koje daju ljudima krivu predodžbu o hipotezi. Prema njemu, predci čovjeka su sigurno prije otprilike 5 milijuna godina, kada su ljudi i čimpanze još imali zajedničkog predka, počeli imati djelomično voden način života, plivajući u plićim vodama i prikupljajući hranu s morskog tla. Navodi i hipotezu u kojoj su se hominidi u doba pleistocena odmaknuli od dubljih voda te počeli hodati uspravno po plićim vodama, tražeći pogledom moguće izvore hrane na podvodnom tlu.

3.2 Kritike hipoteze vodenog majmuna

Foley (1987) kaže da su nađeni fosili hominida uz obale voda ili uz mjesta koja su bila obale voda u doba kada su hominidi tamo živjeli. Međutim, to samo znači da su hominidi možda imali običaj živjeti blizu slatkovodnih izvora te nalazili hranu u plićacima, a ne nužno da su ovisili o životu u vodi toliko da su razvili prilagodbe na njega. Zbog toga što prisutnost fosila blizu vode ne dokazuje sama po sebi vodeni način života, može se reći da ne postoje nikakvi sigurni fosilni dokazi za ovu hipotezu.

Rantala (2007) navodi neke od Wheelerovih (1985) kritika. Iako je istina da manjak krzna može smanjiti smetnju otpora vode i uzgona, gubitak krzna za životinju koja puno vremena provodi u vodi znači da će imati puno više poteškoća u regulaciji temperature od potpuno kopnenog sisavca, jer je voda bolji konduktor topline od zraka. Većina vodenih sisavaca ima i debelo, kompaktno tijelo, s udovima koji su oblikovani tako da ne gube previše topline, dok im u isto vrijeme omogućuju plivanje. Čak su i sisavci, mase slične čovjekovoj, koji nastanjuju tropska slatkovodna područja, zadržali krzno. Ljudi nemaju ni jedno od tih svojstava, što znači da nisu prilagođeni za život u vodi.

Langdon (1997) odbija hipotezu vodenog čovjeka, te ju je nazvao „umbrella hypothesis“ kako bi objasnio pojavu hipoteza koje pokušavaju spojiti više nepovezanih činjenica koje su se razvile u jednu jedinstvenu hipotezu koja bi mogla dati jednostavno objašnjenje za određenu pojavu. Tvrdi da su čovjekove sličnosti s vodenim sisavcima nepovezana svojstva koja su se razvila u različitim vremenima i nemaju veze sa životom u vodi.

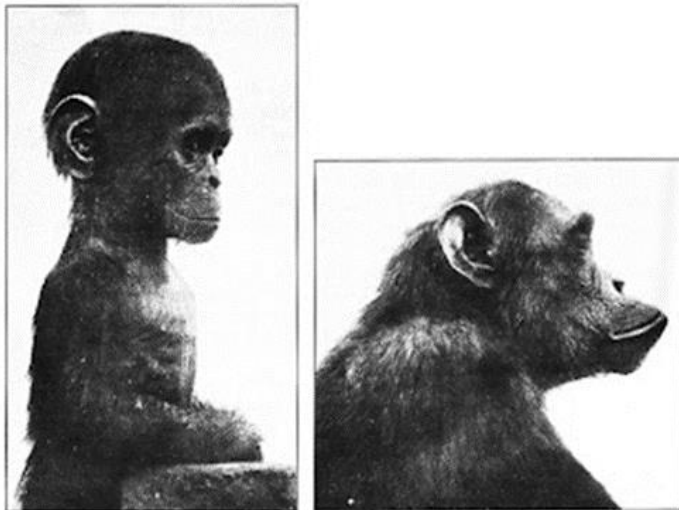
Na njegove kritike je odgovorio Kulikulas (2011), tvrdeći da je pogrešno shvaćanje da zastupnici hipoteze vodenog čovjeka smatraju da su hominidi imali potpuno ili većinom vodeni način života, iako većina zastupnika hipoteze zapravo govori da su hominidi imali samo djelomično vodeni način života. Također spominju kako taktika regulacije temperature, koja uključuje deblji sloj masti i znojenje, zapravo najbolje radi u životnim uvjetima koja uključuju česti ulazak u vodu, te kako ta taktika nije prisutna kod drugih vrsta tropskih kopnenih sisavaca.

Međutim, čak ako je čovjek proveo dio dana u plitkoj vodi tražeći hranu, on nikad nije proveo dovoljno vremena u tom stanju da opravda gubitak krznenog kaputa poput prije spomenutih vodenih sisavaca, pogotovo kada se uzme u obzir da su hominidi spavali po noći na kopnu, gdje bi im bilo potrebno krzno kako bi održali tjelesnu temperaturu (Rantala, 2007).

4. Neotenija

4.1 Osnove hipoteze neotenije

Neotenija je zadržavanje juvenilnih ili ličinačkih svojstava u odrasloj životinji koja je sposobna razmnožavati se (Hirschfeld, 2008). Primjeri uključuju aksolota, koji je zadržao vanjske škrge (Safi et al, 2004) te голу krticu koja je, slično čovjeku, izgubila krzno (Sherman, 2002). Hipoteza neotenije, koju je predložio Gould (1977), tvrdi da su ljudi juvenilizirana vrsta majmuna, jer imaju karakteristike koje inače ima mladunčad drugih majmuna, poput relativno gole kože i plosnatijeg lica (slika 3). Također navodi sazrijevanje ljudske mladunčadi, koje je mnogo sporije nego kod ostalih sisavaca, uključujući majmune, te činjenicu da se čimpanzama mozak razvija u brzinama prenatalnog perioda i neko vrijeme nakon rođenja. Prema Gouldu (1977), ljudski predci su evoluirali da zadrže brzi razvoj mozga još dulje, a gubitak dlakavosti je jednostavno još jedno od juvenilnih svojstava koja su se razvila zbog neotenije.



Slika 3 – Usporedba oblika lica mladunčeta čimpanze i odrasle jedinke, (<http://marxist-theory-of-art.blogspot.com/2008/10/origins-of-art-part-3-neoteny.html>)

4.2 Kritike hipoteze neotenije

Morgan (1982) tvrdi da relativno gola koža u slučaju čovjeka nije svojstvo neotenije, navodeći da bi se takva svojstva trebala pojaviti pri fetalnom razvoju i zadržati pri odrasloj jedinci, dok čovjek nema istu razinu dlakavosti tijekom cijelog života. Kada ljudski fetus dosegne dob od 6 mjeseci, cijelo tijelo postane pokriveno mekanim dlakama pod nazivom lanugo, koje otpadnu tjednima prije ili danima nakon rođenja. Morgan (1990) također naglašava da svojstva zadržana zbog neotenije trebaju biti dobre ili neutralne za fizičku spremnost vrste, odnosno sposobnost opstanka, iako gubitak dlake nema nikakve očite prednosti za preživljavanje.

5. Ektoparaziti

5.1 Osnove hipoteze ektoparazita

Ektoparazitska hipoteza tvrdi da su ljudi izgubili svoje krzno kako bi umanjili količinu ektoparazita koji im nastanjuju površinu tijela (Rantala, 1999).

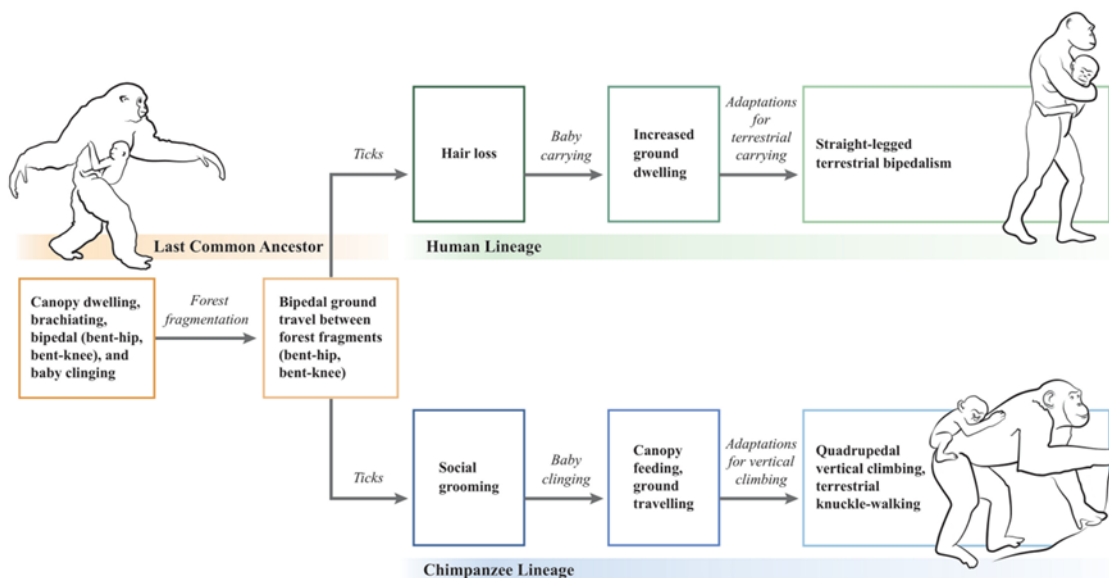
Hominidi koji su prije oko 2 milijuna godina otišli u sjevernija područja nisu opet dobili „krzneni kaput“ da se zaštite od hladnijih temperatura tih područja, nego su nastavili gubiti dlaku, što znači da je zbog nekog razloga bilo poželjno biti bez krzna unatoč tome što bi to otežalo regulaciju temperature u hladnijim područjima. Ova činjenica znači da gubitak krzna u hominidima možda uopće nije imalo veze s regulacijom temperature, nego sa smanjivanjem napada ektoparazita (Rantala, 1999).

Pagel i Bodmer (2003) tvrde da je gubitak dlakavosti kod hominida rezultat zajedničkog utjecaja prilagodbe na prisutnost ektoparazita i seksualne selekcije pri kojoj se manjak dlake zbog takve prednosti smatrao atraktivnijim, pogotovo kod žena. Manja količina krzna je vjerojatno u ranim ljudima bila poželjna zbog manje količine ektoparazita na njihovom tijelu. Neuobičajeno je da je neko svojstvo poželjno u oba spola, ali u ovom slučaju je to zbog toga što to svojstvo pridonosi sveukupnom zdravlju populacije. Također, kao i prije spomenuto, poteškoće u termoregulaciji, koje dovodi gubitak krzna, mogle su se minimizirati upotrebom skloništa i vatre (Pagel i Bodmer, 2003).

Moguće je da je gubitak dlakavosti hominidima oslobodilo mnogo vremena u danu koje bi inače proveli čisteći se. Primjerice, ženke pavijana provedu čak 28% dana čisteći sebe i druge (Rantala, 1999). Hominidi su započeli život u trajnim skloništima prije barem 1.8 milijun godina (Rantala, 2007), što je razdoblje oko pola milijuna godina prije razdoblja kada su hominidi postali funkcionalno goli (Leakey, 1971). Takvi uvjeti daju veću mogućnost napada ektoparazita, pogotovo kod ženki hominida koje obično provode više vremena u skloništu od mužjaka. To je možda povećalo seksualnu sklonost prema hominidima s manjom dlakavosti. To je pogotovo vrijedilo za žene koje su provodile više vremena u utočištu, gdje je izloženost ektoparazitima bila veća (Rantala, 1999). Pagel i Bodmer (2003) spominju golu krticu, koja je prema njihovom mišljenju također izgubila krzno kako bi smanjila količinu napada parazita u koloniji. Pošto živi u klimatski stabilnim uvjetima i podzemnim skloništima, ne bi trebala koristiti vatru da umanja negativne posljedice gubitka krzna.

5.2 Veza bipedalnosti i ektoparazitske hipoteze

Prema Sutou (2012), svi primati su djelomično bipedalni, tj. do neke mjere koriste bipedarno kretanje, poput penjanja uz vodoravna područja i nošenje hrane. Prema Brownu (2021), hominidi su jedinstveni po tome što su se razvili u potpuno bipedalne životinje s potpuno uspravnim nogama. Brown zastupa hipotezu da se posljednji zajednički predak hominida i čimpanzi podijelio u te dvije skupine zbog razvitka različitih prilagodbi protiv ektoparazita. Predci čimpanze su prešli na društveno čišćenje, a hominidi su počeli gubiti dlaku. Zbog gubitka dlake, mladunci hominida se nisu više mogli držati za majčino krzno te su ih majke zbog toga morale držati prednjim udovima, što ih je prisililo da provode više vremena tlu te dalje razvijaju bipedalan hod (slika 4).



Slika 4: Prijedlog evolucije hoda kod čimpanzi i hominida, nacrtala Emily M., uzeto iz rada Brown (2021)

5.3 Kritike teorije ektoparazita

Prema Sutou (2012), rani hominidi nisu tako rano u svojoj evoluciji koristili trajna skloništa, vatru i odjeću, navodeći istraživanje Kittler et al. (2003), koje kaže da ljudske uši tijela, koje se nastanjuju u odjeći, razvile tek prije oko 72000 godina iz zajedničkog pretka uši tijela i glave, što znači da su ljudi počeli nositi odjeću tek mnogo godina nakon što su ogolili. Sutou (2012) tvrdi da ektoparazitska hipoteza nije točna, nego je gubitak dlakavosti zapravo iznenadni rezultat mutacije koja se odvila u većini vrsta primata u nekom trenutku, dok su hominidi jedina skupina koja je to svojstvo zadržala tako što je pomoću socijalnih adaptacija prebrodila poteškoće prouzrokovane manjkom dlake. Ipak, Sutou to kaže pod pretpostavkom da su ljudi prvo počeli koristiti vatru, odjeću i trajna skloništa i tek onda počeli gubiti nepotrebnu dlaku kako bi se riješili prekomjernog broja ektoparazita. Također se pozivam na prije spomenutu tvrdnju Pamel i Bodmer (2003) da postoji mogućnost da su hominidi koristili vatru još od prije 1.8 milijuna godina, odnosno prije razvoja gubitka krzna. Međutim, čak ako razmišljamo pod pretpostavkom da je Sutou u pravu, moguće je da su hominidi počeli gubiti dlaku kako bi smanjili količinu ektoparazita po tijelu, a korištenje vatre, odjeće i trajnih skloništa su kasnije prilagodbe koje su se razvile kao odgovor na poteškoće koje je prouzrokovao gubitak dlake. Zbog tih prilagodbi je dlakavost postala manje potrebna za opstanak te se postupno nastavila smanjivati. Sam Darwin (1888) je uzeo u obzir, zatim odbio ideju ektoparazitske hipoteze, govoreći da bi onda više tropskih sisavaca razvilo sličnu prilagodbu. Međutim to je možda zbog toga što u devetnaestom stoljeću nije bilo onoliko razumijevanja o ulozi parazita u prirodnoj selekciji, te Pagel i Bodmer (2003) navode više primjera životinja koje su razvile alternativne načine nošenja s ektoparazitima.

6. Rasprava

Iako je hipoteza termoregulacije u današnje doba najviše zastupljena, moguće je da je jedna od drugih hipoteza točna ili se pak odgovor nalazi u nekoj mješavini više hipoteza. Gubitak krzna zbog termoregulacije je moguć, iako takva prilagodba donosi mnogo poteškoća koje bi mogle biti dovoljne velike da neutraliziraju ukupnu korist koju bi takva prilagodba donijela, poput direktnije izloženosti nepokrivenog tijela suncu (iako uspravan hod i dlakavi vrh glave do neke mjere umanju intenzitet takve posljedice) te manjak zaštite od noćne hladnoće zbog manjka termalne izolacije u obliku krzna. Ipak, hipoteza termoregulacije spaja zajedno i objašnjava mnogo drugih svojstava prema kojima se čovjek ističe od ostalih sisavaca.

Čovjekovi predci su vjerojatno počeli nositi odjeću i služiti se vatrom nakon što su izgubili krzno, što je prilagodba na hladnija doba dana i klime, pogotovo kada su se ljudi počeli širiti iz Afrike u toplija područja. Razvoj takve prilagodbe nije ovisan o tome koja je hipoteza o gubitku dlakavosti točna. Bez obzira na točnu hipotezu, moguće je da su hominidi počeli koristiti vatru i prije gubitka krzna, a nošenje odjeće, koje se dogodilo mnogo godina nakon gubitka krzna, vjerojatno je ubrzalo proces gubitka preostale dlake na tijelu, koja bi tada bila nepotrebna i samo povećavala mogućnost zaraze ektoparazitima. Seksualna selekcija je također imala utjecaja na gubitak dlakavosti, ako ne na početku, onda sigurno u kasnija doba, što je ubrzalo pad razine dlakavosti kroz generacije čovjeka, kada su ljudi počeli aktivno smatrati manjak dlake atraktivnim.

Iako je hipoteza termoregulacije najprihvaćenija, mislim da bi se i ektoparazitska hipoteza trebala uzeti u obzir. Čak ako ona nije originalni razlog čovjekovog manjka krzna, moguće je da je manja zaraza parazitima te posljedično manja izloženost njihovim negativnim posljedicama pridonijela tome da prirodna selekcija favorizira manjak krzna.

Zaključak

Otkrivanje stvarnog razloga gubitka dlakavosti kod čovjeka još je uvijek otvorena tema, koja zaslužuje dodatna istraživanja, posebno kod hipoteze ektoparazita. Iako se hipoteza termoregulacije smatra najbolje prihvaćenom, mišljenja sam da bi ektoparazitska teorija trebala biti više zastupljena. Čak i u slučaju kad ona nije glavni razlog čovjekovog nedostatka krzna, vrlo je vjerojatno da je manja zaraza parazitima dovela do manje izloženosti njihovim negativnim posljedicama, odnosno bolestima te time znatno pridonijela da prirodna selekcija favorizira manjak krzna.

Literatura

Allen, J.M., Worman, C.O., Light, J.E., Reed, D.L. (2013) Parasitic Lice Help to Fill in the Gaps of Early Hominid History, In *Primates, Pathogens and Evolution*, Brinkworth J.F., Pechenkina K., Eds., Springer: New York, NY, USA, 161–186.

Amaral, L.Q. (1996), Loss of body hair, bipedality and thermoregulation: comments on recent papers in the journal of human evolution. *J. Hum. Evol.* 30, 357–366.

Boutellis, A., Abi-Rached, L., & Raoult, D. (2014), The origin and distribution of human lice in the world. *Infection, genetics and evolution : journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases*, 23, 209–217.

<https://doi.org/10.1016/j.meegid.2014.01.017>

Bramble, D., Lieberman, D. (2004) Endurance running and the evolution of Homo, *Nature*, 432, 345–352, <https://doi.org/10.1038/nature03052>

Brown J.G. (2021) Ticks, Hair Loss, and Non-Clinging Babies: A Novel Tick-Based Hypothesis for the Evolutionary Divergence of Humans and Chimpanzees. *Life*, 11(5),435, <https://doi.org/10.3390/life11050435>

Darwin, C. (1871) *The descent of man, and selection in relation to seks*, London: John Murray

Darwin, C. (1888) *The descent of man and selection in relation to sex*, 600, London: John Murray

Dávid-Barrett T., Dunbar R.I.M. (2016) Bipedality and hair loss in human evolution revisited: The impact of altitude and activity scheduling, *Journal of Human Evolution*, 94, 72-82, <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2016.02.006>

Fisher, R. A. (1930) *The genetical theory of natural selection*, Oxford: The Clarendon Press of Oxford University Press

Foley, R. (1987). *Another unique species: patterns in human evolutionary biology*, London: Longman.

Gould, S.J. (1977), *Ontogeny and phylogeny*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Hardy A. (1960) The aquatic ape, appendix 2, 102-115, <https://folk.ntnu.no/krill/bioko-references/Hardy%201960.pdf>

Hirschfeld E. (2008) The origins of art, part 3: Neoteny and culture, <http://marxist-theory-of-art.blogspot.com/2008/10/origins-of-art-part-3-neoteny.html>

Horai, S., Satta, Y., Hayasaka, K., Kondo, R., Inoue, T., Ishida, T., Hayashi, S., & Takahata, N. (1992). Man's place in Hominoidea revealed by mitochondrial DNA genealogy. *Journal of molecular evolution*, 35(1), 32–43. <https://doi.org/10.1007/BF00160258>

Kittler R., Kayser M., Stoneking M. (2003) Molecular evolution of *Pediculus humanus* and the origin of clothing, *Pubmed, Curr. Biol.* 1414–1417, [https://doi.org/10.1016/s0960-9822\(03\)00507-4](https://doi.org/10.1016/s0960-9822(03)00507-4)

Kulikulas A.V. (2011) Langdon's Critique of The Aquatic Ape Hypothesis: Not the Last Word, *Researchgate*, https://www.researchgate.net/publication/240635378_LANGDON'S_CRITIQUE_OF_THE_AQUATIC_APE_HYPOTHESIS_NOT_THE_LAST_WORD

Langdon J.H. (1997) Umbrella hypotheses and parsimony in human evolution: a critique of the Aquatic Ape Hypothesis, *Journal of Human Evolution*, 33(4), 479-494, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0047248497901469?via%3Dihub>

Morgan B. J., Tchernov, E., & Raz, S. (2010). Hair loss as a thermoregulatory adaptation to arid environments. *Journal of human evolution*, 59(1), 1-10.

Morgan E. (1982). *The aquatic ape*, London: Souvenir Press.

Morgan E. (1990). *The scars of evolution*, London: Souvenir Press.

Morgan, E. (1997) *The aquatic ape hypothesis*, London: Souvenir Press

Morris, D. (1967). *The naked ape*. London: Jonathan Cape

Pagel M., Bodmer W. (2003) A naked ape would have fewer parasites, *The Royal society, Biological sciences* vol. 270, 117-9, <https://doi.org/10.1098/rsbl.2003.0041>, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1698033/pdf/12952654.pdf>

Rantala M. J. (1999). Human nakedness: adaptation against ectoparasites?. *International journal for parasitology*, 29(12), 1987–1989, [https://doi.org/10.1016/s0020-7519\(99\)00133-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7519(99)00133-2)

Rantala M.J. (2007) Evolution of nakedness in *Homo sapiens*, *Journal of Zoology*, 273(1), 1-7, <https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-7998.2007.00295.x>

Reed, D.L., Smith, V.S., Hammond, S.L., Rogers, A.R., Clayton, D.H., 2004. Genetic analysis of lice supports direct contact between modern and archaic humans. *PLoS Biol.* 2, e340, <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020340>

Ruxton G.D., Wilkinson D.M. (2011) Avoidance of overheating and selection for both hair loss and bipedality in hominins, *Pnas.org*, <https://doi.org/10.1073/pnas.1113915108>

Safi R., Bertrand S., Marchand O., Duffraisse M., Luze A., Vanacker J.M., Maraninchi M., Margotat A., Demeneix B., Laudet V. (2004) The Axolotl (*Ambystoma mexicanum*), a Neotenic Amphibian, Expresses Functional Thyroid Hormone Receptors, *Endocrinology*, 145 (2), 760–772, Pubmed, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14576183/> , <https://doi.org/10.1210/en.2003-0913>

Sherman, P. (2002) Naked mole-rats, *The encyclopedia of evolution* (ed. Pagel M.), 793–795. Oxford University Press.

Sutou S. (2012) “Hairless mutation: a driving force of humanization from a human-ape common ancestor by enforcing upright walking while holding a baby with both hands.” *Genes to cells : devoted to molecular & cellular mechanisms*, 17 (4), 264-72, Pubmed, doi:10.1111/j.1365-2443.2012.01592.x <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3510307/>

Verhaegen, Marc. (2013). *The Aquatic Ape Evolves: Common Misconceptions and Unproven Assumptions About the So-Called Aquatic Ape Hypothesis*. *Human Evolution*. 28. 237-266, https://www.researchgate.net/publication/271328214_The_Aquatic_Ape_Evolves_Common_Misconceptions_and_Unproven_Assumptions_About_the_So-Called_Aquatic_Ape_Hypothesis

Wheeler, P.E. (1984). The evolution of bipedality and loss of functional body hair in hominids. *Journal of Human Evolution*, 30, 357–366.

Wheeler, P.E. (1985) The loss of functional body hair in man: the influence of thermal environment, body form and bipedality. *Journal of Human Evolution* 14, 23–28, [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(85\)80091-9](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(85)80091-9)

Wheeler, P.E. (1992) The influence of the loss of functional body hair on hominid energy and water budgets. *Journal of Human Evolution* 23, 379–388.

Wolchover N. (2011) Men vs. Women: Our Key Physical Differences Explained,
www.livescience.com/33513-men-vs-women-our-physical-differences-explained.html

Wu B. (2019) Evolution of Bipedalism,
<https://13916669534.wixsite.com/wubozhi/post/evolution-of-bipedalism>

Životopis

Rođena sam 28. lipnja 2001. godine u Zagrebu, gdje sam završila Osnovnu školu Josipa Jurja Strossmayera. Srednjoškolsko obrazovanje stekla sam u Privatnoj klasičnoj gimnaziji Zagreb, gdje sam maturirala 2020. godine s prosjekom ocjena 5,0.

Iste godine upisala sam Preddiplomski sveučilišni studij Molekularne biologije na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu.

Tijekom akademske godine 2021./22 sudjelovala sam na predmetu/radionici Molekularne filogenije i evolucije na Sveučilištu Johannes Gutenberg u Mainzu, Njemačka, pod vodstvom prof. dr. Herlyna Holgera.

Moja interesna područja znanosti su evolucijska biologija, zoologija i histologija. Uz hrvatski kao materinji jezik, aktivno govorim engleski i njemački jezik.