

# Utjecaj prehrane na ljudske kranijalne morfološke promjene tijekom prijelaza na sedentarni način života

---

Jurić, Agneza

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:131:501194>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



Sveučilište u Zagrebu  
Filozofski fakultet  
University of Zagreb  
Faculty of Humanities  
and Social Sciences

Repository / Repozitorij:

[ODRAZ - open repository of the University of Zagreb  
Faculty of Humanities and Social Sciences](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Filozofski fakultet  
Odsjek za etnologiju i kulturnu antropologiju

Utjecaj prehrane na ljudske kranijalne morfološke promjene tijekom prijelaza na  
sedentarni način života

DIPLOMSKI RAD

15 ECTS

Agneza Jurić

Mentor: doc. dr. sc. Davorka Radovčić

Zagreb, rujan 2023.

## IZJAVA O AUTORSTVU

Izjavljujem pod punom moralnom odgovornošću da sam diplomski rad Utjecaj prehrane na ljudske kranijalne morfološke promjene tijekom prijelaza na sedentarni način života izradila potpuno samostalno uz stručno vodstvo mentorice doc. dr.sc. Davorke Radovčić. Svi podaci navedeni u radu su istiniti i prikupljeni u skladu s etičkim standardom struke. Rad je pisan u duhu dobre akademske prakse koja izričito podržava nepovredivost autorskog prava te ispravno citiranje i referenciranje radova drugih autora.

Sadržaj	
<b>UVOD</b> .....	4
<b>1. Najveća tranzicija u ljudskoj povijesti</b> .....	5
1.1. <i>Domestikacija</i> .....	6
1.2. <i>Širenje novog načina života</i> .....	7
<b>2. Kranimetrijska istraživanja</b> .....	10
2.1. <i>Srodnosti tranzicijskih populacija na temelju kranimetrijskih istraživanja</i> .....	10
2.2. <i>Istraživanja morfoloških promjena na lubanji tijekom prijelaza na sjedilački način života</i> .....	11
2.2.1. Promjene na lubanji .....	15
2.2.2. Promjene na donjoj i gornjoj čeljusti.....	18
<b>ZAKLJUČAK</b> .....	22
<b>LITERATURA</b> .....	23
<b>SAŽETAK</b> .....	26
<b>ABSTRACT</b> .....	26

## UVOD

Prijelaz s lovačko-sakupljačkog na poljoprivredni način života predstavlja ključnu prekretnicu u ljudskoj povijesti s dubokim implikacijama na razvoj naše vrste, društva i svijet u kojem danas živimo. Tranzicija, poznata i kao Neolitička revolucija, dogodila se prije otprilike 10 000 godina, međutim, nije se odvijala istodobno u svim područjima svijeta te je bila dugotrajan i postupan proces (Diamond, 2002: 700). Novi način života sa sobom je donio promjene u veličini populacije, opsegu posla, prehrani (Larsen et al., 2015: 28).

Tranziciju na sjedilački način života karakteriziraju domestikacija i razvoj poljoprivrede te stočarstva. Promjene na ljudskom kosturu kroz vrijeme, a osobito tijekom velikih događaja kao što je tranzicija na poljoprivredu, potaknule su antropologe istražiti dublje to pitanje. U kontekstu pitanja morfoloških promjena kod čovjeka prilikom tranzicije, zanimljiva je ljudska lubanja koja je veliki izvor informacija o različitim utjecajima koji su mogući uzrok tih promjena. Smatra se da je promjena hrane izazivala određene adaptacije što je dokumentirano kroz koštane ostatke te je kod ranih hominina prehrana važan pokretač promjena na lubanji, osobito početak konzumiranja mesa (Noback, Harvati, 2014: 34). Zbog mekše hrane te smanjene mastikatorne funkcije, pretpostavlja se da se brahicefalija, kao rezultat gracilizacije kostura, pojavila tijekom ranog holocena u Europi i sjevernoj Africi (Sardi et al., 2004: 130). Jedna od značajnih promjena koja je zasigurno nastala s usvajanjem poljoprivrede je pogoršanje oralnog zdravlja, većinom zbog povećanog unosa ugljikohidrata u prehrani. Nastanak karijesa, bolesti koja uključuje postupnu demineralizaciju zubnog tvrdog tkiva pod utjecajem organskih kiselina proizvedenih bakterijskom fermentacijom, posebno šećera, postao je učestaliji. Uočena je povezanost između karijesa i gubitka zubi, periodontitisa koji uništava alveolarnu kost i zubno tkivo koje podržava zub (Larsen, 1995: 189). Antropološka istraživanja utjecaja nekog događaja leži u kompleksnosti odvajanja utjecaja tog konkretnog događaja od mogućih ostalih utjecaja uzrokovanih različitim čimbenicima kao što su klimatski, genetski, itd.

Cilj rada je pregled morfoloških promjena na lubanji tijekom prijelaza na poljoprivredni način života i stočarstvo.

U radu će se kroz analizu dosad provedenih istraživanja pokušati istražiti koje su promjene uzrokovane promjenom prehrane prilikom tranzicije na sjedilački način života. U prvom poglavlju se predstavlja tranzicija i proces domestikacije, hipoteze o širenju poljoprivrednog načina života. Drugo poglavlje se bavi kranimetrijskim istraživanjima gdje

se kratko daje osvrt na povijest takvih istraživanja te pregled morfoloških promjena na lubanji povezanih sa prijelazom na poljoprivredu i stočarstvo. Na kraju se daje zaključak te sažetak na hrvatskom i engleskom jeziku.

## **1. Najveća tranzicija u ljudskoj povijesti**

U fazi mlađeg drijasa koji je datiran otprilike 11 000 g.p.n.e., klimatski uvjeti bili su hladniji i suši nakon čega je nastupilo razdoblje toplije i vlažnije klime, holocen. Tijekom toplijih i vlažnijih uvjeta, šume Mediterana su zbog visoke bioraznolikosti pružale obilan izvor orašastih plodova i voća bogatog kalorijama, proteinima i hranjivim tvarima, dok su u sušim razdobljima močvarna i stepska područja bila domaćin divljoj pšenici, ječmu i mnogim drugim jestivim travama (Rosen i Rivera-Collazo, 2012: 3641). Relativno stabilna klima holocena omogućila je razvoj poljoprivrede i stočarstva (van der Leeuw u: Lemmen i Wirtz, 2012: 1).

Tranzicija s lovačko-sakupljačkog načina života omogućila je sedentarni način života, naseljavanje uz vrtove umjesto sezonskih migracija u potrazi za hranom. Proizvodnja hrane i povećani napor doveli su do napretka u tehnologiji koju bi lovcima-sakupljačima bilo nepraktično nositi sa sobom u migraciji. Prihvaćanje poljoprivrede vjerojatno nije bila svjesna odluka jer, ukoliko poljoprivredne populacije i populacije lovaca-sakupljača nisu živjele jedne pokraj drugih, novi način života se nije mogao usporediti sa starim te se prednosti nisu mogle odvagnuti (Diamond, 2002: 700-702).

Naziv Neolitička revolucija doprinosi pozitivnoj pretpostavci da se prihvaćanjem poljoprivrede život promijenio nabolje, da je doživio revoluciju. Međutim, dokazi upućuju da život poljoprivrednih zajednica nije bio jednostavan. Neke od mana prihvaćanja novog načina preživljavanja su, sasvim suprotno pretpostavkama, povećanje obujma posla, pad imuniteta i općeg stanja zdravlja čime se sugerira kako život lovca-sakupljača nije bio lošiji od života poljoprivrednika te da tranzicija nije imala samo pozitivan učinak na čovječanstvo (Larsen, 1995: 186). Lov i traženje divljih resursa zahtjeva veliki napor, ali i uzgoj biljaka i briga oko životinja također zahtjeva konstantni trud kako bi zajednica opstala te je teško reći kojoj grupi je bilo „teže“. Degenerativne bolesti kao što su osteoartritis i osteofitoza pružaju uvid u fizičku zahtjevnost poslova u prošlosti. Iako nema konkretnog zaključka o prevalenciji osteoartritisa u zajednicama prilikom tranzicije jer rezultati studija variraju, nađeni su dokazi i kod lovaca-sakupljača i kod poljoprivrednih zajednica (Larsen, 1995: 200). Primjer

osteoartritis kod žena ukazuje na specifične zadatke koje su imale npr. mljevenje žitarica kamenjem (Larsen, 1995: 201). Može se zaključiti kako su oba životna načina bila fizički zahtjevna na svoj način. Povećanjem zaliha hrane koji omogućuje sjedilački način života i povećanjem broja ljudi dolazi do pojave infekcija i bolesti jer, da bi se bolesti održale, potreban je veći broj nositelja. Osim većeg broja ljudi, kontakt između ljudi i domesticiranih životinja omogućio je i prijenos zoonotskih bolesti od kojih se moglo ili umrijeti ili dobiti doživotnu imunizaciju (Diamond, 2002: 703). To potvrđuje i usporedba infekcija pri čemu su gušće naseljene populacije bile sklonije infekcijama (Larsen, 1995:199). Anemiju karakterizira poroznost očne šupljine (zvana i cribra orbitalia) i koja je nađena na velikom broju koštanih ostataka. Istraživanja su pokazala da veću prevalenciju cribre orbitalie imaju sjedilačke poljoprivredne zajednice od lovaca-sakupljača, ali iznimke postoje na sjevernoameričkoj obali Pacifika gdje lovci-sakupljači imaju veliku, a poljoprivredne zajednice malu prevalenciju cribre orbitalie. Iz toga se može zaključiti da anemija nije bila uzrokovana samo prehrambenim čimbenicima (Larsen, 1995: 199).

### *1.1. Domestikacija*

Domestikacija životinja i biljaka nije samo proces pripitomljavanja već proces tijekom kojeg su ljudi mijenjali i kontrolirali ponašanje životinja kroz uzgoj i rasplod kako bi što bolje ispunile njihove životne potrebe (Zeder, 2012: 163). Za većinu domesticiranih vrsti, utvrđen je divlji predak i dokazana genetička povezanost.(Diamond, 2002:702) Na području Plodnog polumjeseca domesticirane su pšenica, ječam, goveda, ovce i svinje (Lemmen i Wirtz, 2012: 1). U Africi su važne bile žitarice proso, sirak, jam i datulje; u sjevernoj Kini riža i proso; u jugoistočnoj Aziji šećerna trska, riža, jam i taro; u središnjoj Americi kukuruz, grašak, bundeva i u južnoj Americi krumpir, batat i manioka (Larsen, 1995: 186). Iako je kvaliteta života domesticiranih životinja smanjena u usporedbi sa njihovim divljim precima, domestikacija je povećala njihov reproduktivni učinak. Isto tako, nutritivna vrijednost hrane koju su konzumirale poljoprivredne populacije je manja u odnosu na hranu koju su konzumirali lovci-sakupljači, ali domestikacija je omogućila kontrolu nad usjevima i životinjskim resursima što je bilo ključno prilikom povećanja populacije zbog bolje raspodjele zaliha (Zelder, 2012: 163). Pojedina ponašanja životinja činila su neke životinje boljim kandidatima za pripitomljavanje od ostalih: načini organizacije grupa (socijalna struktura),

seksualno ponašanje (koliko je vrsta izbirljiva pri odabiru partnera i koliko lako mogu zamijeniti partnera), odnosi između roditelja i potomka (lakoća i brzina stvaranja povezanosti roditelja s potomkom), fleksibilnost u prehrani i toleranciji na stanište te reakcija na ljude i novo okruženje, uključujući reakciju na stresne događaje i podražaje pri čemu je ključ pripitomljavanja što manja reakcija na ljude i novo okruženje (Zelder, 2012: 167). Trajna i intenzivna selekcija za smanjenu reakciju životinja uzrokovala je promjene na mozgu životinja od kojih je najdrastičnija redukcija u veličini mozga (Zelder, 2012:167). Usporedbom domesticiranih sisavaca i njihovih divljih predaka, svinje su pokazale najveću razliku u veličini mozga u odnosu na divlju svinju (33.6% manji mozak), od mesojeda psi su imali 30% manji mozak u usporedbi sa vukovima, kod biljojeda je manji mozak od 14% do 24% u usporedbi sa divljim precima dok je kod glodavaca mala razlika u veličini mozga čime se sugerira da vrijedi pravilo što je veći mozak, veća je i redukcija prilikom pripitomljavanja (Zelder, 2012: 167). Čini se da vrijeme domestikacije ne utječe na smanjenje veličine mozga, ovce su pripitomljene prije više od 10 000 godina i pokazuju 24% smanjenje mozga, dok je pitoma vretica pripitomljena prije otprilike 2500 godina i pokazuje 30% smanjenje mozga u odnosu na tvora (Kruska u: Zelder,2012: 168). Međutim, nisu svi dijelovi mozga jednako zahvaćeni redukcijom veličine, npr. kod svinja dijelovi mozga koji kontroliraju slušne i mirisne funkcije pokazuju manji stupanj smanjenja nego dijelovi mozga koji kontroliraju vid ili motoričku funkciju, dok kod štakora dijelovi mozga zaduženi za motoričku funkciju pokazuju veću stupanj smanjenja od dijelova mozga zaduženih za vid i mirisnu funkciju, a golubovi pismonoše pokazuju povećanje dijelova mozga zaduženih za pamćenje i učenje (Kruska u: Zelder, 2012:169). Najveću promjenu kod domesticiranih sisavaca (svinje, psi, ovce) pokazuje limbički sustav gdje je stupanj smanjenja veličine veći od 40% u odnosu na divlje pretke te je direktno povezan sa smanjenjem agresije, reakcije na stres i strah (Zelder, 2012:169).

## *1.2. Širenje novog načina života*

Smatra se kako se poljoprivreda razvila u 9 područja svijeta neovisno jedni o drugima. Ta područja su: Plodni polumjesec, Kina, Mezoamerika, Ande/Amazonija, istok Sjeverne Amerike, Sahel, tropska zapadna Afrika, Etiopija i Nova Gvineja. Poljoprivreda i stočarstvo nisu se širile ravnomjerno već su bile isprekidane razdobljima prostorne stagnacije, ali lokalnog intenziviranja, npr. poljoprivreda se brzo proširila iz Grčke na Balkan nakon čega



je nastupilo razdoblje stagnacije (Lemmen i Wirtz, 2012: 5). Današnje žitnice svijeta razlikuju se od navedenih početnih područja poljoprivrede, a razlog tome je vjerojatno što su se na tim područjima nalazile biljke i životinje koje su imale najveću mogućnost pripitomljavanja te su samo ondje lokalni poljoprivrednici mogli nadmašiti lokalne lovce-sakupljače (Diamond, 2002: 702).

Pitanje širenja „neolitičkog paketa“ (domesticirane biljke i životinje, keramika, tehnologija karakteristična za anadolijske populacije), odnosno poljoprivrede i stočarstva u Europi objašnjava se dvama modelima:

- Model demičke difuzije – prema ovom modelu, egzogeni pripadnici anadolijskih/bliskoistočnih poljoprivrednih zajednica donijeli su sa sobom „neolitički paket“, oni su demografski različiti od lovaca-sakupljača.
- Model domorodaca – prema ovom modelu, domorodačke populacije lovaca-sakupljača su prihvatile poljoprivredu kao inovaciju ili kao kulturnu razmjenu sa anadolijskim poljoprivrednim zajednicama (Pinhasi, Von Cramon-Taubadel, 2012: 46).

Ova dva modela se mogu nadopunjavati i nisu međusobno isključivi jer postoji mogućnost da su lovci-sakupljači prihvatili poljoprivredu, ali postoji i velika mogućnost da je tranzicija bila rezultat priljeva anadolijskih/bliskoistočnih poljoprivrednih zajednica (Pinhasi, Von Cramon-Taubadel, 2012: 47).

Marek Zvelebil i Peter Rowley-Conwy predložili su model prihvaćanja poljoprivrede kroz tri faze. Pri stvaranju modela, u obzir su uzeli periode kontakta između poljoprivrednih zajednica koje se šire i domorodačkih lovaca-sakupljača. Prva faza je faza dostupnosti tijekom koje lovci-sakupljači preuzimaju određen broj poljoprivrednih elemenata, ali zadržavaju svoju strategiju preživljavanja. Druga faza je faza zamjene u kojoj lovci-sakupljači postupno zamjenjuju sve veći postotak svoje ekonomije poljoprivrednim proizvodima. Treća faza je faza integracije tijekom koje lovci-sakupljači transformiraju svoju ekonomiju i nastupaju kao nova poljoprivredna zajednica. Ovaj model se primjenjuje za dodirna područja gdje poljoprivredne zajednice imaju kontakt sa lokalnim lovcima-sakupljačima (Zvelebil i Rowley-Conwy u: Pinhasi i Von Cramon-Taubadel, 2012: 48).

Zajednice iz područja prve poljoprivrede imale su samo bolji početak u odnosu na ostale zajednice, a nakon što su te životinje i biljke domesticirane i proširile se izvan svojih

prvotnih staništa, društva iz više plodnih područja sa boljom klimom lako su nadmašile prvotne skupine (Diamond, 2002:702).

## 2. Kranimetrijska istraživanja<sup>1</sup>

Tijekom 19. i 20. stoljeća, postojalo je uvjerenje da je tranzicija iz mezolitika u neolitik dovela do značajne promjene u dužini lubanje. Pretpostavljalo se da je oblik glave evoluirao od izduženog oblika (dolichocefalija) prema kraćem obliku (brachicefalija). Ova ideja bila je često povezana s rasnom tipologijom, koja je tada bila široko prihvaćena. Vjerovalo se da se različiti rasni tipovi mogu identificirati putem kranijalnog indeksa, koji se dobiva izračunom omjera širine i dužine lubanjskog svoda, pomnoženog sa 100. Međutim, suvremenija istraživanja su donijela nova saznanja te je otkriveno da se mezolitičke lubanje razlikuju od neolitičkih lubanja više po visini lubanje nego po njihovoj širini i dužini. Osim toga, prijašnja kranimetrijska istraživanja često su se temeljila na opisnoj statistici i osnovnim usporedbama poput minimuma, maksimuma, prosjeka i standardnih odstupanja. U tim pristupima često se koristila samo jedna varijabla, a naglasak je bio na pronalaženju razlika između različitih rasnih tipova. Smatralo se da će te usporedbe otkriti kranimetrijske razlike koje su karakteristične za različite rase, te da će odražavati evoluciju prema određenom rasnom tipu. Međutim, ovi pristupi nisu uzimali u obzir varijabilnost unutar istih populacija i mogućnost da se rasni tipovi često preklapaju. Ronald Menk među prvima je provodio multivarijantna kranimetrijska istraživanja na velikom broju lubanja diljem Europe kako bi provjerio istinitost rasne tipologije. Njegova istraživanja otkrila su da, kada se lubanje promatraju multivarijantno, različiti rasni tipovi se često preklapaju, a razlike su češće uočljive unutar populacija nego između različitih populacija. Ova nova metodologija multivarijantne kranimetrije, zajedno s naglaskom na proučavanju populacija kao jedinica analize, otvorila je vrata za detaljnije istraživanje mezolitičkih i neolitičkih populacija tijekom neolitičke tranzicije.

### 2.1. Srodnosti tranzicijskih populacija na temelju kranimetrijskih istraživanja

Ron Pinhasi u svojim znanstvenim radovima istraživao je srodnost mezolitičke i neolitičke populacije u Europi te dijele li europski ranoneolitički primjerci bilo kakvu kranimetrijsku srodnost s anadolskim primjercima s lokaliteta Çatal Höyük ili predkeramičkim bliskoistočnim populacijama. Uočena je mala sličnost između mezolitičkih

---

<sup>1</sup> Informacije o povijesti kranimetrijskih istraživanja dane su prema izvoru: Pinhasi, Ron and Von Cramon-Taubadel, Noreen, 2012 "„A Craniometric Perspective on the Transition to Agriculture in Europe"“ *Human Biology: Vol. 84: Iss. 1, Article 10.*

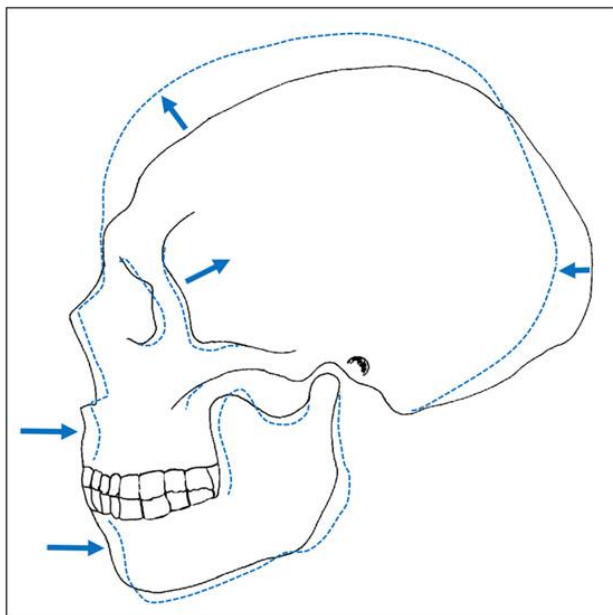
lovaca i ranoneolitičkih poljoprivrednika u svakoj regiji, ali s dokazima kontinuiranosti u Đerdapskoj klisuri. Mediteranske neolitičke grupe Impresso kulture nisu pokazale sličnosti s anadolskim primjercima, ali mogući razlog tome je nedostatak cijelih lubanja te nejasno porijeklo pojedinih koštanih primjeraka. Prema Ronu Pinhasiju rezultati ne podupiru tezu lokalne tranzicije na poljoprivredu u centralnoj i jugoistočnoj Europi. Moguća osnivateljska populacija ranoneolitičkih Europljana bio bi Çatal Höyük ili neka druga bliskoistočna rana poljoprivredna populacija (Pinhasi i Von Cramon-Taubadel, 2012: 55). Drugi znanstveni rad uključivao je kranimetrijsku analizu gornjopaleolitičke, mezolitičke, neolitičke populacije i modernih Europljana. Rezultati su pokazali da moderni Europljani iz središnje i sjeverne Europe nisu slični neolitičkim populacijama sa istog područja. Iako rezultati podupiru model demičke difuzije (model migracije koji uključuje širenje određene populacije u novo područje pri čemu ona može zauzeti prostor prijašnje populacije ili se s njome pomiješati<sup>2</sup>) sa Bliskog istoka, također sugeriraju da su moderne središnje i sjeverne populacije formirane kroz ekstenzivno miješanje između dolazećih bliskoistočnih farmera i autohtonih lovaca sakupljača (Brace et al. u: Pinhasi i Von Cramon-Taubadel, 2012: 55). Sve više istraživanja koja se bave globalnim oblicima varijabilnosti u obliku lubanje kod modernih ljudi dosljedno pokazuje da je većina te varijacije rezultat neutralnih mikroevolucijskih faktora. Ovo sugerira da je, u prosjeku, raznolikost oblika lubanje unutar i među ljudskim populacijama prije svega posljedica slučajnih mutacija, razmjene gena i genetskog drifta, a manje posljedica intenzivne prirodne i spolne selekcije. Važno je napomenuti da treba uzeti u obzir i potencijalnu prilagodbu ljudskih populacija na termoregulaciju, s obzirom na značajne klimatske fluktuacije u Europi tijekom neolitičke tranzicije. (Pinhasi i Von Cramon-Taubadel, 2012:56). Iako se čini da kranij djeluje relativno neutralno i stoga može biti korišten kao zamjenski pokazatelj za modeliranje povijesti stanovništva, kao i neutralni genetski podaci, globalni obrasci varijacije u mandibuli pokazali su se kao ne-neutralni. Ti obrasci varijacije koreliraju s razlikama u ekonomiji preživljavanja između lovaca-sakupljača i populacija koje se bave poljoprivredom. Stoga je mandibula vjerojatno fenotipski prilagodljiva i podložna promjenama tijekom razvoja kao odgovor na različite prehrambene utjecaje (isto).

## 2.2. *Istraživanja morfoloških promjena na lubanji tijekom prijelaza na sjedilački način života*

---

<sup>2</sup> <http://struna.ihj.hr/naziv/demicka-difuzija/31884/#naziv>

Kako bi objasnili morfološke razlike između nubijskih populacija lovaca-sakupljača i poljoprivrednika, 1977. godine Davis S. Carlson i Dennis P. Van Gerven postavili su hipotezu mastikatorne funkcije. „Prema ovoj hipotezi, sustavno smanjenje funkcionalnih zahtjeva koji se postavljaju na žvačni kompleks iz mezolitika dovelo je, sekundarno, do promjene rasta maksilomandibularnog kompleksa tako da je lice postajalo sve manje robusno i inferoposteriornije smješteno u odnosu na svod lubanje.“ (Carlson i Gerven, 1977: 495). Glavna pretpostavka je da hrana koja je zahtjevnija za mehaničku obradu uzrokuje prilagodbe lubanje koje će pojačati silu zagriža, a to uključuje povećane i anteriorno pozicionirane mastikatorne mišiće te posteriorno postavljen zubni luk. Općenito se smatra da manje zahtjevna hrana za žvakanje korelira sa manjim lubanjama (Noback, Harvati, 2014: 34). Slika 1 prikazuje promjene koje su D. Carlson i D. Van Gerven uočili u nubijskim populacijama: smanjenje žvačnih mišića, sekundarne promjene za zaobljeniju lubanju, smanjenje čeljusti i zubi – manji izražen prognatizam (Irish i Usai, 2021: 2). Puna crta označava mezolitičku populaciju, a isprekidana neolitičku.



*Slika 1. Promjene na nubijskim populacijama (Von Cramon-Traubadel, 2017: 8917)*

U južnoameričkim populacijama, utjecaj prehrane je veći na veličinu nego na oblik lubanje (Perez et al. u: Noback, Harvati, 2014: 34).

Iako je većina istraživanja morfoloških promjena na lubanji rađena na jednoj populaciji ili u usporedbi nekoliko populacija i područja, još uvijek je manjak istraživanja na

globalnoj razini koja bi obuhvatila veći broj populacija i područja prema kojima bi se mogao dati točniji i izravniji odgovor na pitanje koje su promjene nastala kao posljedica prehrane (Katz et al.,2017: 9050). U istraživanju Davida C. Katza et al. 2017. godine analiziran je veliki broj kranijalnih uzoraka iz 25 zajednica iz cijelog svijeta: 559 lubanja iz 25 populacija te 534 mandibuli iz 24 populacije, uzorkovane populacije prikazane su na Slici 2.

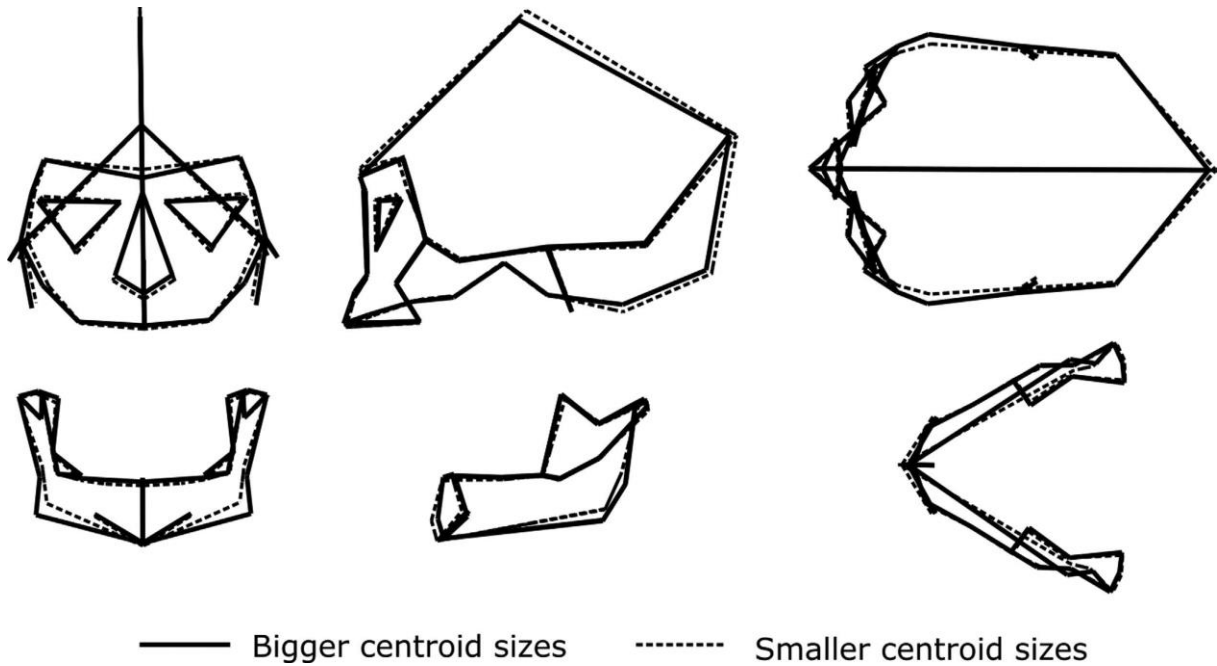


*Slika 2. Prikaz uzorkovanih populacija (Katz et al.,2017: SI Appendix Doc S1)*

Na svakom uzorku određeni su orijentiri te su napravljena tri modela od kojih svaki pretpostavlja varijablu prema vrsti namirnica koje su konzumirale populacije koje se proučavaju: mliječni (Milk), kukuruz, pšenica, riža i ostale žitarice (Mush) i kombinirani model koji objedinjuje prve dvije grupe namirnica (Soft). Izabrane su mliječne namirnice i žitarice zbog povezanosti tih namirnica sa smanjenim potrebama žvakanja. Svaki model uključuje fiksne učinke: spol, prosječnu godišnju temperaturu (jer temperatura može utjecati na raznolikost lubanje), slučajni učinak na strukturu populacije i stopa pogreške. Uočen je slabi učinak koji je u skladu s predviđanjima hipoteze mastikatorne funkcije: mastikatorna redukcija kod poljoprivrednika je najznačajnije izražena kod populacija koje konzumiraju mliječnu hranu, a najslabije kod populacija koje kultiviraju žitarice (Katz et al. 2017: 9050-9051). Katz et al. zaključuju u svojem istraživanju kako su promjene koje su analizirali uglavnom u skladu sa hipotezom mastikatorne funkcije koju su postavili na početku rada, ali i da su te promjene relativno male što ne umanjuje njihov utjecaj (2017: 9053).

Studija Olivie Cheronet, Johna A. Finarellija i Rona Pinhasija iz 2016. godine analizirala je populacije lovaca-sakupljača i poljoprivrednih zajednica iz 3 regije (Levant, Iberija i Ukrajina) u kojima je tranzicija tekla drugačijim tokom. Levant kao prva euroazijska regija gdje su se pojavila poljoprivredna društva, razvoj se događao postupno (Cheronet et al., 2016: 2). Početak natufijanske kulture označava preživljavanje na divljim resursima, ali i kultivaciju divljih biljaka te su živjeli sjedilačkim načinom života. Prve dokaze domestikacije žitarica, a onda i životinja (koze, ovce, goveda i svinje) ostavile su predkeramičke neolitičke kulture, ali su još uvijek kombinirale lov i traženje. U Iberiji poljoprivredne zajednice impresso kulture osnivaju naselja duž obale te se na tranziciju gleda kao kolonizaciju egzogenih poljoprivrednika koji sa sobom donose domesticirane biljke i životinje i tehnologiju keramike. U Ukrajini su već mezolitičke kulture pokazivale znakove tranzicije kao što je korištenje keramike koju su vjerojatno primili preko kontakata sa susjednim poljoprivrednim zajednicama, iako su se uglavnom oslanjali na divlje resurse i nisu bili u potpunosti sedentarni. Kasnije domestikacija goveda i koza ukazuje na promjenu načina života (Cheronet et al., 2016). Prema njihovoj analizi, obrasci morfoloških promjena u populacijama koje su istraživali nisu značajni, odnosno nedostaju. Također, nije sa sigurnošću potvrđeno da su razlike koje su pronašli utjecaj prehrane, a ne i utjecaj ostalih genetskih ili okolišnih čimbenika (Cheronet et al., 2016).

Nubija, regija koja pokriva današnji južni Egipat te sjeverni Sudan bogata je arheološkim ostacima te zahvaljujući kontinuiranosti populacija, može se istraživati promjena načina života u toj regiji (Galland et al., 2016: 1). Očita je razlika između oblika lubanje i oblika mandibule između mezolitičkih lovaca-sakupljača i kasnijih poljoprivrednih populacija: mezolitički Nubijci pokazuju veću prosječnu veličinu lubanje i mandibule, ali značajne razlike u veličini između mezolitičkih Nubijaca i poljoprivrednih populacija pokazuje mandibula. Razlike u veličini lubanje i mandibule nisu značajne u usporedbi ranijih i kasnijih poljoprivrednih populacija Nubije (Galland et al., 2016: 3). Mezolitički primjerci sa većim središnjim dijelom lubanje imaju šire jagodične lukove i manja lica te svodove, dok mezolitički primjerci sa većom mandibulom imali su širi i robusniji korpus nego oni sa manjim mandibulama (Slika 3) (Galland et al., 2016: 4).



Slika 3. Usporedba mezolitičkih primjeraka sa većim i manjim središnjim dijelom lubanje (Galland et al., 2016: 4)

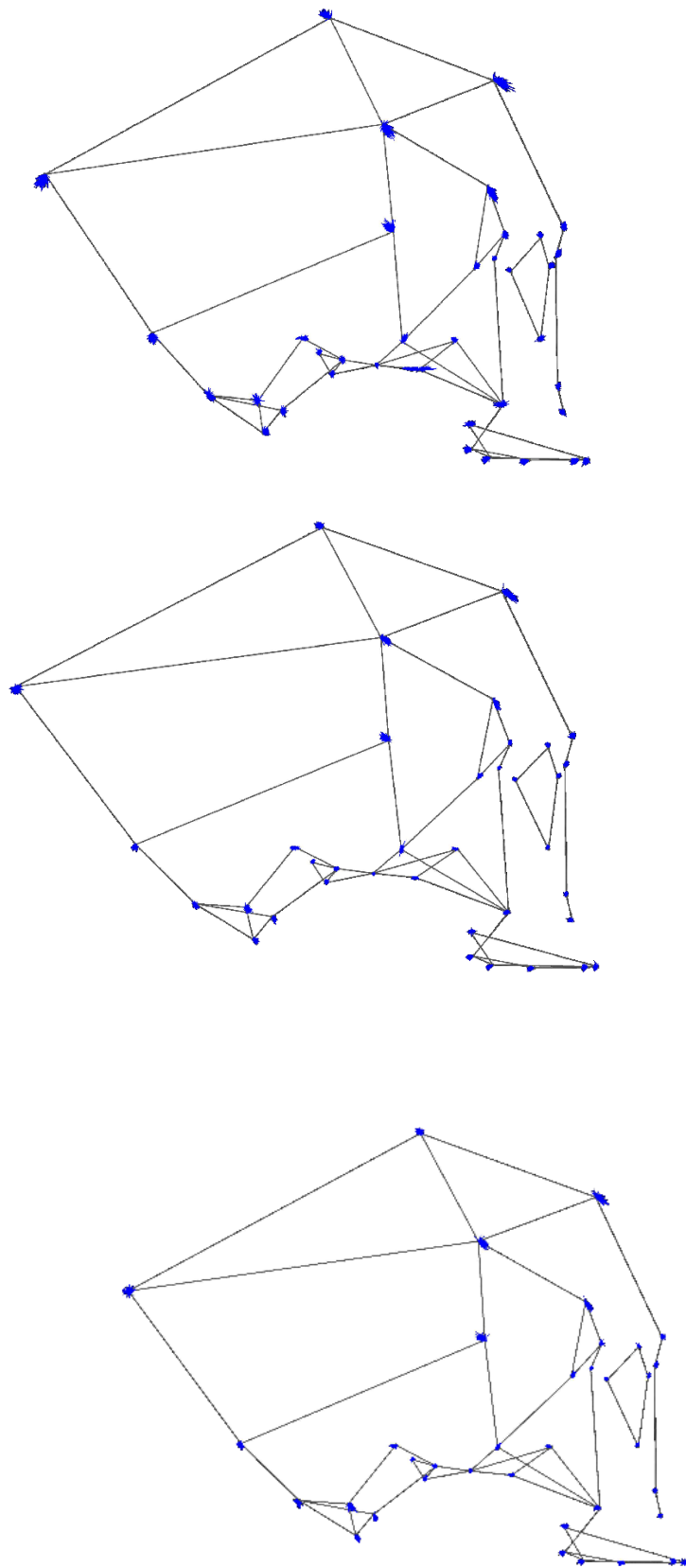
Razlike u obliku su očite između mezolitičkih populacija i poljoprivrednih, osobito razlike u obliku mandibule: ramus je u mezolitičkih populacija kraći, širi i uspravniji, mandibularni kondil duži, a korpus dulji i širi. Lubanjski svod je niži i širi, izraženiji prognatizam, izraženija glabela, niži i širi orbitalni otvori i manji nosni otvor (isto). Redukcija u facijalnoj robusnosti između lovaca-sakupljača i poljoprivrednih populacija je u skladu sa prošlim istraživanjima, dok nema značajne razlike u redukciji visine i dužine lubanjskog svoda. Robusnost lica i mandibule ukazuje na prisutnost teških žvačnih mišića i većih zuba koji se očekuju kod populacija lovaca-sakupljača zbog njihove strategije preživljavanja (Galland et al., 2016: 4).

### 2.2.1. Promjene na lubanji

Uočene su neke razlike u lubanjama lovaca-sakupljača i poljoprivrednih zajednica: kod poljoprivrednih zajednica kraći je i inferiorniji donji luk anteriornog sljepoočnog mišića i zbog inferiornije postavljenog orijentira koji utvrđuje gornji opseg svoda, svod lubanje je „šiljatiji“ te ta razlika možda izražava povećanu zaobljenost svoda lubanje kod



poljoprivrednih populacija. Za svaku varijablu prehrane, model prikazuje učinak te prehrane na lubanju kroz pomake vektora koji procjenjuju promjene u obliku lubanje. Prikazan je prosječni ženski oblik lubanje iz referentne skupine koja konzumira tvrđu hranu, a vektori pomaka na Slici 3 prikazuju procjene promjene oblika povezane sa mliječnim modelom (gore), sa modelom žitarica (u sredini) i kombinirani model (skroz dolje). Pomaci orijentira lubanjskog svoda sugeriraju da je veličina svoda veća u odnosu na veličinu lica u poljoprivrednim zajednicama. Malo je dokaza za smanjenje veličine lubanje jer učinci prehrane na veličinu lubanje su mali u usporedbi sa razlikama u veličini lubanje muških i ženskih primjeraka ili između skupina čije se okolišne temperature razlikuju za prosjek uzorka (~10 °C) (Katz et al., 2017: 9051-9052).



*Slika 3. Procijenjene promjene na svim modelima prehrane (Katz et al., 2017: SI Appendix FS3)*

Studija (Cheronet et al., 2016: 1) iz 2016. godine analizirala je 7 varijabli na lubanji populacija iz Levanta, Ukrajine i Iberije. Lagano širenje srednjeg dijela lubanjskog svoda (brahicefalizaciju) zamjećeno je u ukrajinskim populacijama iz vremena tranzicije dok u ostalim populacijama nema procesa širenja svoda. Kao razlog za brahicefaliju navodi se proces žvakanja: tvrđa hrana zahtjeva jače žvakanje koje aplicira jači stres na kosti kranija te dovodi do razvoja regija povezanih direktno ili indirektno sa žvakanjem (Cheronet et al., 2016: 5). S druge strane, Menendez et al. predlaže ideju da sastav hrane ima značajniji utjecaj na razlike u lubanji u usporedbi sa mehanikom žvakanja (Menendez et al. u: Cheronet et al., 2016: 5). Ostale veće morfološke razlike između lovaca-sakupljača i poljoprivrednih zajednica u Levantu i Iberiji nisu zamjećene, a razlog je moguća genetska kontinuiranost koja je prema arheološkim podacima moguća za Levant, ali ne i za Iberiju, dok je mogući razlog za promjene u ukrajinskim populacijama dolazak novih populacija (Cheronet et al., 2016: 5).

Osim mastikatornog stresa, jedan od mogućih utjecaja na morfologiju lubanje je povijest populacije jer regije lubanje mogu sačuvati taj povijesni signal (Von Cramon-Taubadel u: Noback, Harvati, 2014: 34). Baza lubanje i oblik temporalne kosti povezani su sa neutralnim genetskim podacima. Lubanjski svod pokazuje različite stupnjeve korelacije sa neutralnim genetskim podacima, nazalna regija je pod utjecajem klime (Smith, von Cramon-Taubadel, Roseman and Weaver, Harvati and Weaver u: Nordback, Harvati, 2014: 34). Varijacije nekih kraniofacijalnih regija ostaju nerazjašnjene, ali varijacije u veličini i obliku lubanja među populacijama su previše izražene da bi bile uzrokovane genetskim pomakom. (Perez et al. u: Noback, Harvati, 2014: 34)

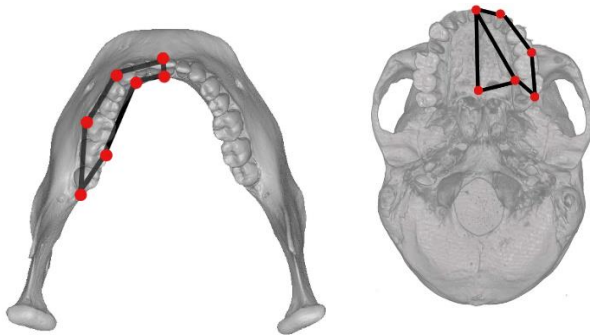
Adaptivna selekcija je još jedan mogući utjecaj na razlike u lubanji i nazalnog područja, a signal za adaptivnu selekciju je posebno izražen u populacijama iz hladnih područja gdje je važno napomenuti da su arktičke populacije, osim prilagodbe na klimu, povezane sa prilagodbom na ekstremnu prehranu (Hylander u: Noback, Harvati, 2014: 34).

### 2.2.2. Promjene na donjoj i gornjoj čeljusti

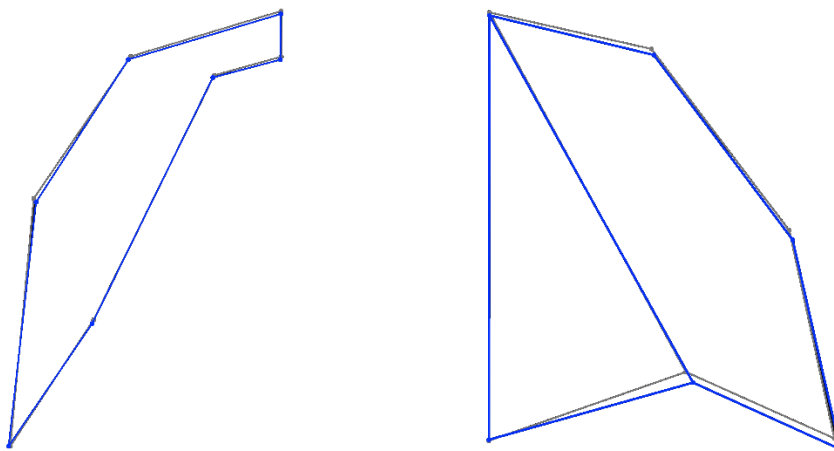
Regije lubanje koje su pod mastikatornim stresom, a to su palatomaksila i zigotemporalna, pokazuju veću varijabilnost od regija koje nisu toliko pod mastikatornim stresom kao što su lubanjski svod ili baza lubanje. To je možda dokaz veće plastičnosti

mastikatornih regija lubanje od ostalih, ali potrebno je više istraživanja na globalnoj razini kako bi se mogla potvrditi hipoteza (Von Cramon-Taubadel u: Noback, Harvati, 2014: 34).

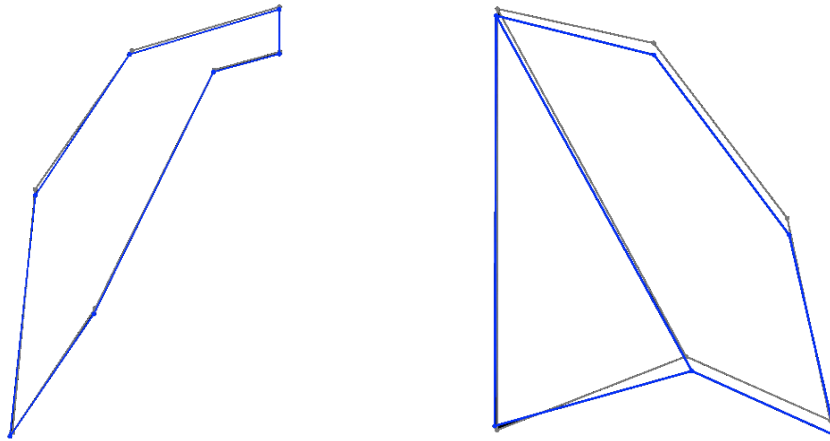
Katz et al. (2017.) uočili su u svom istraživanju sljedeće promjene na čeljusti: stražnji pomak zubnog niza, vertikalno viši nepčani svod, viši koronoidni nastavak mandibule, uži ramus mandibule, i više izbočena brada. Smanjenje veličine mandibule povezano sa poljoprivredom podržano je za mliječnu grupu (Milk) i grupu koja konzumira mliječno i žitarice (Soft). Mliječni proizvodi zahtjevaju malo mehaničke obrade u ustima zbog mekoće, a mlijeko ne zahtjeva nikakvu mehaničku obradu. Slike 4. i 5. prikazuju oblike čeljusti modela žitarica i kombiniranog modela (plava boja) u usporedbi sa nepoljoprivrednom populacijom (siva boja).



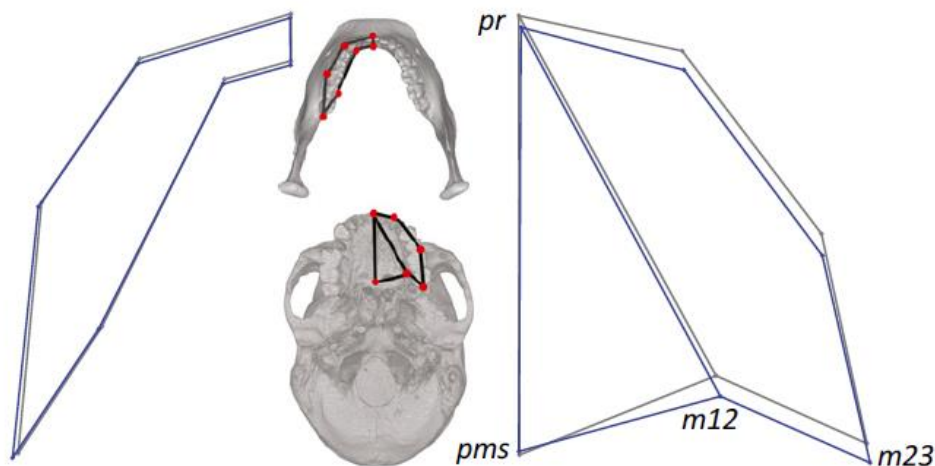
Slika 4. Pozicija orijentira na gornjoj i donjoj čeljusti (Katz et al., 2017: SI Appendix Fig. S5.)



Slika 5. Oblik čeljusti – model žitarica (Katz et al., 2017: SI Appendix Fig. S5)



Slika 6. Oblik čeljusti - kombinirani model (Katz et al., 2017: SI Appendix Fig. S5.)



Slika 7. Oblik čeljusti - mliječni model (Katz et al., 2017: 9052)

Usporedbom oblika čeljusti mliječnog modela i modela žitarica vidljivo je da je u usporedbi sa referentnim oblikom nepoljoprivredne zajednice maksila kraća, dok je u kombiniranom modelu ta razlika manja. Razlike u mandibuli su manje, ali opet najveće u mliječnom modelu. Zubi i gornje i donje čeljusti pomaknuti su posteriorno što se ne uklapa u hipotezu mastikatorne funkcije jer tako postavljeni zubi povećavaju mehaničku prednost mastikatornog sustava što je neobično budući da je zbog mekše hrane smanjena potreba za jačim žvakanjem (Katz et al., 2017: 9052). Katz et al. (2017.) predlažu kako je ta mehanička prednost poljoprivrednih zajednica nad lovcima-sakupljačima nastala možda upravo (ali slučajno) zbog smanjene potrebe za žvakanjem. Globalni obrazac oblika mandibule izražava razlike u strategijama preživljavanja više nego što izražava neutralnu povijest populacije što pretpostavlja da prelaskom na poljoprivredni način, ljudske mandibule su se promijenile čime

je izbrisan signal genetskih odnosa. Međutim, neke regije lubanje povezane sa žvakanjem i dalje pokazuju genetsku povijest populacije. Na primjer, maksila koja je povezana sa mandibulom, prati sličan obrazac kao mandibula, ali dok se mandibula mijenja zbog žvačnog pritiska, maksila se mijenja u odnosu na mandibulu kako bi zadržala funkcionalnu okluziju (Von Cramon-Taubadel, 2011: 19547). Za usitnjavanje i obradu hranu u našim ustima koristimo zube koji se u tom procesu troše. Trošenje zuba ovisi o karakteristikama hrane (tekstura, konzistencija, način pripreme). Korištenje keramike omogućilo je kuhanje hrane te je u usporedbi nepoljoprivrednih i poljoprivrednih zajednica vidljivo smanjenje trošenja zuba (Larsen, 1995: 194). Kod lovaca-sakupljača kutnjak se troši ravnomjerno dok se kod poljoprivrednih zajednica troši pod kutem što se objašnjavalo kroz manju žilavost hrane poljoprivrednika (Smirth u: Larsen, 1995: 194). Mikroskopskim metodama proučavanja mikrotrošenja zuba također je ustanovljena smanjena frekvencija ogrebotina na okluzalnim površinama što potvrđuje konzumiranje mekše hrane. Međutim, usporedba mikrotrošenja mezolitičkih i neolitičkih populacija iz južne Azija i populacija iz sjeverne Sirije pokazuje povećanje frekvencije mikrotrošenja zubi što je vjerojatno rezultat korištenja kamena za grubo mljevenje žitarica. U kasnijim poljoprivrednim populacijama sjeverne Sirije ovakav trend mikrotrošenja nije primjećen (Molleson u: Larsen, 1995: 195). Kod populacija lovaca-sakupljača zbog tvrde i abrazivne hrane, česta su oštećenja zubiju: puknuće i otkrhuće zuba te ostale dentalne traume (Larsen, 1995: 196).

## ZAKLJUČAK

Prijelaz na poljoprivredu i stočarstvo nije bio sasvim pozitivna promjena u ljudskoj povijesti zbog svojih negativnih strana (povećanje posla, smanjena mobilnost ljudi, slabije opće zdravlje te pojava raznih bolesti), ali je bila jedna od najdrastičnijih zbog novog i nepoznatog načina života koji se usavršavao tisućljećima. Ljudi su pripitomljavanjem uspjeli ostvariti relativno recipročan odnos sa određenim biljnim i životinjskim vrstama kako bi poboljšali svoje izgleda za preživljavanje. Današnje prehrambene navike temelje se upravo na poljoprivredi i uzgoju biljaka i životinja. Često se tranzicija na poljoprivredu i stočarstvo objašnjava kroz kulturni kontekst i što je ona značila u razvoju tehnologije i civilizacija, ali hrana je oduvijek imala važno mjesto i ulogu u ljudskoj biologiji, a adaptacije i promjene na ljudskom tijelu koje su se dogodile prilikom tranzicije omogućile su da naše tijelo obrađuje novu vrstu hrane: mekšu i drugačijeg nutritivnog sastava.

Mnoga istraživanja pokazala su kako se lubanja smanjila, zaobljenija je, smanjen je prognatizam, mastikatorni sustav je manje robustan što je pripisano smanjenoj potrebi za žvakanjem, kao i pojava raznih infekcija zbog kontakta sa životnjama ili bolesti kao što je karijes, danas jedna od najrasprostranjenijih bolesti zubiju koja je pripisana novoj prehrani i njenom sastavu te načinu trošenja zubi zbog drugačijih tehnika pripreme hrane.

Međutim, budući da postoje istraživanja koja nisu mogla doći do istih zaključaka, postavlja se pitanje mogu li se ove promjene dovoditi u vezu sa novim načinom života, odnosno novom prehranom ili su te promjene pod utjecajem nekih drugih faktora.

Važno je provoditi daljnja istraživanja, ispitivati i dopunjavati hipoteze te unaprijeđivati metode kojima će se možda u budućnosti uspjati izolirati utjecaj prehrane od ostalih utjecaja na morfološke promjene na čovjeku. Od velike važnosti je i veličina skeletnih uzoraka koja se analizira, potrebna su istraživanja manje populacija, ali i istraživanja na globalnoj razini jer što je više podataka, lakše se može postići konsenzus, a svaka spoznaja o prošlosti pomaže razumijevanju sadašnjosti i budućnosti.

## LITERATURA

Betti, Lia, Beyer, Robert M., Jones, Eppie R., Eriksson, Anders, Tassi, Francesca, Siska, Veronika, ... & Manica, Andrea. 2020. Climate shaped how Neolithic farmers and European hunter-gatherers interacted after a major slowdown from 6,100 BCE to 4,500 BCE. *Nature Human Behaviour*, 4(10), s. 1004-1010. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0897-7> (pristup 5.9.2023.)

Cheronet, Olivia, Finarelli, John A., Pinhasi, Ron, 2016. „Morphological change in cranial shape following the transition to agriculture across western Eurasia“, *Sci Rep* 6, 33316, s. 1-9, <https://doi.org/10.1038/srep33316> (pristup 27.8.2023.)

Diamond, Jared, 2002, „Evolution, consequences and future of plant and animal domestication“, *NATURE*, Vol. 418, s. 700-707 <https://doi.org/10.1038/nature01019> (pristup 12.6.2023.)

Galland, Manon, Van Gerven, Denis P., Von Cramon-Taubadel, Noreen, & Pinhasi, Ron. 2016. 11,000 years of craniofacial and mandibular variation in Lower Nubia. *Scientific reports*, 6(1), 31040. <https://doi.org/10.1038/srep31040> (pristup 20.9.2023.)

*Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=33723> (pristup 6. 9. 2023.)

Irish, Joel D., & Usai, Donatella. 2021. The transition from hunting–gathering to agriculture in Nubia: dental evidence for and against selection, population continuity and discontinuity. *Proceedings of the Royal Society B*, 288(1952). <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.0969> (pristup 5.9.2023.)

Katz, David C., Grote, Mark N., Weaver, Timothy D., 2017. „Changes in human skull morphology across the agricultural transition are consistent with softer diets in preindustrial farming groups“, *PNAS* Vol. 114, no. 34, s. 9050-9055 [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1702586114](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1702586114) (pristup 12.6.2023.)



Larsen, Clark Spencer, 1995. „Biological Changes in Human Populations with Agriculture“. *Annual Review of Anthropology* 1995 24:1, s. 185-213 <https://www.jstor.org/stable/2155935> (pristup 21.6.2023.)

Lemmen, Carsten, and Kai W. Wirtz, 2014. „On the sensitivity of the simulated European Neolithic transition to climate extremes.“ *Journal of Archaeological Science* 51, s. 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.10.023> (pristup 20.9.2023.)

Noback, Marlijn L., Harvati, Katerina, 2014. „The contribution of subsistence to global human cranial variation“ *Journal of Human Evolution*, Vol. 80, s. 34-50 <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.11.005> (pristup 4.9.2023.)

Pinhasi, Ron and Von Cramon-Taubadel, Noreen, 2012 „A Craniometric Perspective on the Transition to Agriculture in Europe““ *Human Biology: Vol. 84: Iss. 1, Article 10.* <http://digitalcommons.wayne.edu/humbiol/vol84/iss1/10> (pristup 12.6.2023.)

Rosen, Arlene M., & Rivera-Collazo, Isabel, 2012. Climate change, adaptive cycles, and the persistence of foraging economies during the late Pleistocene/Holocene transition in the Levant. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(10), s. 3640-3645. <https://doi.org/10.1073/pnas.1113931109> (pristup 22.9.2023.)

Sardi, Marina L., Ramirez Rozzi, Fernando, Pucciarelli, Hector M., 2004, „The Neolithic transition in Europe and North Africa. The functional craneology contribution“ *Anthropologischer Anzeiger* , Jahrg. 62, H. 2, s. 129-145 <http://www.jstor.com/stable/29542540> (pristup 20.8.2023.)

Von Cramon-Taubadel, Noreen, 2017. „Measuring the effects of farming on human skull morphology“, *PNAS* Vol. 114, No. 34 695/8917–8919 <https://doi.org/10.1073/pnas.1711475114> (pristup 12.6.2023.)

Zeder, Melinda A., 2012. The domestication of animals. *Journal of anthropological research*, 68(2), s. 161-190. <https://www.jstor.org/stable/23264664> (pristup 21.9.2023.)

Internetski izvori:

<http://struna.ihjj.hr/naziv/demicka-difuzija/31884/#naziv> (pristup 5.9.2023.)

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/871152/> (pristup 25.8.2023)

## **SAŽETAK**

Ovaj diplomski rad istražuje pitanje utjecaja prehrane na kranijalne promjene kod ljudi tijekom prijelaza s lovačko-sakupljačkog na sjedilački, odnosno poljoprivredni način života. Od svoje pojave, poljoprivreda i stočarstvo postale su najvažnije ljudske djelatnosti za dobivanje hrane, a za sobom su donijele niz inovacija koje su pomogle ljudima opstati stvaranjem trajnih naselja, zaliha hrane što je utjecalo na daljni razvoj tehnologije i civilizacije.

Pregledom relevantnih antropoloških istraživanja zaključuje se kako se konzumiranjem mekše hrane ljudska lubanja smanjila te je manje robustna, međutim postoji problem izdvajanja jednog faktora, u ovom slučaju prehrane, koji je mogao samostalno utjecati na promjene. U nedostatku istraživanja na globalnoj razini, potrebno je unaprijediti metodologiju i provesti više istraživanja kako bismo mogli bolje razumijeti koje su sve sile utjecale na kranijalne promjene.

## **ABSTRACT**

This thesis examines the question of diet effect on cranial changes during the transition from Hunter-gatherer lifestyle to agriculture. Since the dawn of agriculture, it became number one human activity for obtaining food and it brought innovations that helped humans survive creating permanent settlements, food supplies which influenced further development of technology and civilization.

A review of relevant anthropological research concludes that by consuming softer food, the human skull has gotten smaller and is less robust, however there is a problem of singling out one factor, in this case diet, which could independently influence the changes. In the absence of research on a global scale, it is necessary to improve the methodology and conduct more research so that we can better understand what forces have influenced the cranial changes.