

Forenzična rekonstrukcija mekih tkiva lica pomoću kraniofacijalne antropometrije i 3D računalnih metoda

Ćirić, Irena

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, 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:131:590394>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-13**



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
Odsjek za informacijske i komunikacijske znanosti
Smjer informatologija
Akademska godina 2018./2019.

Irena Ćirić

**FORENZIČNA REKONSTRUKCIJA MEKIH TKIVA LICA POMOĆU
KRANIOFACIJALNE ANTROPOMETRIJE I 3D RAČUNALNIH METODA**

Interdisciplinarni diplomski rad

Mentori:

dr. sc. Zdravka Hincak, izv. prof.

dr. sc. Hrvoje Stančić, red. prof.

Zagreb, rujan 2019.

Izjavljujem pod punom moralnom odgovornošću da sam diplomski rad „Forenzična rekonstrukcija mekih tkiva lica pomoću kraniofacijalne antropometrije i 3D računalnih metoda“ izradila potpuno samostalno uz stručno vodstvo mentorice dr. sc. Zdravke Hincak, izv. prof. i mentora dr. sc. Hrvoja Stančića, red. prof. 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.

(potpis)

Zahvale

Veliku zahvalnost dugujem mentorima dr. sc. Zdravki Hincak i dr. sc. Hrvoju Stančiću na razumijevanju i pomoći prilikom izrade diplomskog rada.

Diplomski rad ne bi bilo moguće realizirati bez suradnje Ureda za forenzične znanosti Sveučilišta u Zagrebu i Ministarstva hrvatskih branitelja. Zahvaljujem sjajnim osobama u obje institucije na podršci i pomoći. Zahvaljujem magistrici Ani Mikulki za pomoć pri rješavanju problema u radu. Također, zahvaljujem docentu Tomislavu Staroveškom i Zlatku Čatlaku sa Zavoda za tehnologiju i Katedre za alatne strojeve Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu za pomoć pri skeniranju lubanje laserskim skenerom.

Zahvalnost dugujem i svojim roditeljima na podršci i strpljenju.

Sadržaj	
1. UVOD	1
TEORIJSKI DIO	3
2. LJUDSKO LICE	4
2.1. PREPOZNAVANJE LICA	6
3. ANTROPOMETRIJA I ANTROPOMETRIJSKE TOČKE	8
4. LUBANJA	12
4.1. KOSTI NEUROKRANIJA	12
4.2. KOSTI VISCEROKRANIJA	13
4.3. ODREĐIVANJE ETNIČKE PRIPADNOSTI, SPOLA I STAROSTI	14
4.3.1. Određivanje populacijske/etničke pripadnosti	14
4.3.2. Određivanje spola	16
4.3.3. Određivanje starosti	18
4.4. DEBLJINA TKIVA LICA	21
4.4.1. Razlike u facijalnom tkivu povezane s prehrambenim uvjetima	21
4.4.2. Razlike u facijalnom tkivu povezane sa spolom	22
4.4.3. Razlike u facijalnom tkivu povezane s godinama	23
4.4.4. Razlike u facijalnom tkivu povezane s etničkim podrijetlom	23
5. REKONSTRUKCIJA LICA	25
5.1. POVIJEST	26
5.2. METODE REKONSTRUKCIJE LICA	30
5.2.1. Dvodimenzionalne metode rekonstrukcije lica	31
5.2.2. Trodimenzionalne metode rekonstrukcije lica	32
5.2.3. Računalna rekonstrukcija lica	33
5.3. ODNOS MEKOG I TVRDOG TKIVA LICA	34
5.3.1. Rekonstrukcija nosa	35
5.3.2. Rekonstrukcija brade	37
5.3.3. Rekonstrukcija ušiju	37
5.3.4. Rekonstrukcija očiju	38
5.3.5. Rekonstrukcija usta	39
5.4. PROBLEMI I POTEŠKOĆE	40
6. DIGITALIZACIJA	43
PRAKTIČNI DIO	46
7. MATERIJAL I METODE	47
7.1. PROGRAMI ZA 3D MODELIRANJE I RAČUNALNU REKONSTRUKCIJU LJUDSKOG TIJELA	50
8. REZULTATI	53
9. RASPRAVA	61

10. ZAKLJUČAK	64
LITERATURA	66
POPIS TABLICA	70
POPIS SLIKA	70
SAŽETAK	71
SUMMARY	72

1. UVOD

Ljudsko lice ima posebnu važnost i ulogu u svakodnevnom životu, od samog prepoznavanja lica do prenošenja komunikacijskih signala i emocija. Ljepota i karakteristike lica jedno su od najproučavanijih područja u antropologiji i filozofiji, ali i drugim znanostima. Osim svakodnevne uloge lica, njegovo prepoznavanje može biti od pomoći i na području forenzike, odnosno kao pomoćna tehnika u istraživanju zločina. Sudska ili forenzična antropologija spada pod okvir fizičke antropologije kojoj je potrebna stručna osposobljenost kako bi se mogla obaviti identifikacija ljudskih ostataka u pravosudne svrhe.¹ Usredotočena je na primjenu arheologije i osteologije kod rješavanja pravnih pitanja. Forenzični antropolozi pomažu mrtvozornicima identificirati ljudske koštane ostatke, a od pomoći su kod istraga povezanih s masovnim katastrofama, zonama sukoba i terorizmom.² Ukoliko je nemoguće utvrditi identitet pojedinca tehnikama koje se inače koriste i imaju uspjeha, koštani ostaci mogu poslužiti za forenzičnu rekonstrukciju lica koja je glavni predmet ovog rada.

Cilj ovog diplomskog rada jest na temelju lubanje žrtve iz razdoblja Drugog svjetskog rata i poslijeratnog razdoblja, čiji su koštani ostaci ekshumirani na lokalitetu u Gračanima, izraditi rekonstrukciju mekih tkiva lica te stvoriti približan izgled osobe za vrijeme njezina života. S ciljem izrade uspješne rekonstrukcije mekih tkiva lica ovaj rad temeljit će se na primjeni 3D laserskog skenera i softvera za 3D modeliranje Blender.

Rad je podijeljen u dva dijela: teorijski i praktični. U teorijskom dijelu objašnjeni su osnovni pojmovi, anatomija lubanje i lica, važnost lica kroz povijest, način prikupljanja podataka potrebnih za rekonstrukciju, metode rekonstrukcije lica i pojedinih dijelova lica te važnost digitalizacije u svakodnevnom životu. Praktični dio se odnosi na rezultat rekonstrukcije lica. Rad je podijeljen u nekoliko poglavlja i potpoglavlja. Za početak je potrebno upoznati se s izgledom i anatomijom lica i lubanje, definicijama, karakteristikama i osnovnim oblicima te razlikama koje doprinose prepoznavanju pojedinaca. Nakon toga se objašnjava uloga antropometrije kao metode mjerenja u antropologiji koja je jedan od glavnih čimbenika rekonstrukcije mekih tkiva lica zahvaljujući antropometrijskim točkama koje pomažu u dobivanju najvjerojatnijih osobina lica. U poglavlju „Rekonstrukcija lica“ prvo je dan osvrt na povijest i sam nastanak te metode i stručnjake koji su pridonijeli njezinom nastanku. Zatim je

¹ Haviland, W. A. Kulturna antropologija. Jastrebarsko: Naklada Slap, 2004., str. 9.

² Jurmain, Robert et al. Introduction to Physical Anthropology. 15th ed. Boston: Cengage Learning, 2017., str. 16-17. URL: <https://books.google.hr/books?id=HmjvDQAAQBAJ> (2019-04-29)

razjašnjena podjela glavnih metoda rekonstrukcije lica te je naglasak stavljen na korištenu računalnu rekonstrukciju lica. Prije početka izrade mekih tkiva lica prikupljeno je dovoljno podataka iz koštanih ostataka pojedinca za utvrđivanje najvažnijih značajki te proučen njihov odnos. Poglavlje „Digitalizacija“ ističe njezinu važnost u današnjem životu, daje pregled načina digitalizacije, njezinih prednosti i nedostataka te predstavlja uvod u praktični dio rada u kojem je korištena. Drugi dio rada obuhvaća izradu rekonstrukcije lica koja je provedena u programu Blender. U njega je najprije uvezena datoteka lubanje skenirane laserskim skenerom. Nakon uvoza datoteke i prikupljenih podataka na lubanju su se postavile antropometrijske točke s određenim vrijednostima, a nakon toga je nadodano tkivo koje se konačno modelira do željenog izgleda.

TEORIJSKI DIO

2. LJUDSKO LICE

Svako ljudsko lice je jedinstveno te predstavlja vrlo važan društveni pokazatelj s kojeg se mogu očitati komunikacijski signali i emocije. Isto tako, pokazuje detalje poput spola, godina, zdravlja, etničke pripadnosti i kulture.³ Postoje različite definicije lica, jedna od najjednostavnijih navodi da lice označava „prednji dio glave čovjeka od čela do brade“. Ostale definicije također ističu prednji dio glave na kojem se nalaze oči, nos, usta, brada, obrazi i čelo. K. Waters navodi kako je lice „frontalni pogled glave od baze brade do linije kose i frontalna polovica glave iz lateralnog pogleda“. Vanco i sur. su definirali profil kao obris mekog tkiva anteriorno liniji okomitoj na Camperovu liniju⁴ i koja prolazi 5 mm posteriorno mekog tkiva *nasiona*. Ferrario i sur. profil lica definiraju kao liniju između submentalnog mekog tkiva profila i produženja ruba donje čeljusti i sjecišta profila čela s linijom koja spaja prvu točku i lateralni očni *canthus*.⁵

Sposobni smo opažati i najmanje varijacije između različitih lica što rezultira prepoznavanjem i identifikacijom lica. Lice prolazi kroz različite promjene od rođenja do smrti. Kod rođenja lice zauzima četvrtinu lica odrasle osobe, u prvoj godini će se i više nego udvostručiti, dok će se tijekom djetinjstva hrskavice i kosti razvijati te mijenjati oblik i proporcije lica. Kod procesa starenja lice se mijenja na što ukazuje pojava bora, gubitak zubi i zategnutosti usana, promjene u kvaliteti kose, gubitak elasticiteta kože i sjaja u očima i sl. Mnogo filozofa i znanstvenika smatralo je kako lice može pružiti informacije i o karakteru osobe. Izvođenje karaktera iz morfologije lica poznato je kao fizionomija koju je prvi primijenio Aristotel u svom djelu „Historia Animalium“. Naveo je kako nisko čelo označava promjenjivost, visoko čelo sporo kretanje, zaobljeno čelo brz temperament te široko čelo tendenciju uznemirenosti. Osvrnuo se i na obrve kao pokazatelje raspoloženja, oštre i vijugave obrve pokazuju grubo, dok ravne obrve pokazuju blago raspoloženje. Oči pokazuju nepristojnost ako se gleda dugo, neodlučnost ako se namiguje, dok velike i izbočene uši pokazuju tendenciju beznačajnog razgovora. Giambattista della Porta je u svom djelu „De humana physiognomonia“ tvrdio kako su značajke lica i karakter rezultat čovjekovog temperamenta, te je podijelio lica na

³ Usp. Wilkinson, C. Forensic Facial Reconstruction. Cambridge: Cambridge University Press, 2004., str. 5.

⁴ Camperova linija označava pravac koji spaja antropometrijske točke lubanje, prednji nosni trn i porion. (Camperova crta. // Struna: Hrvatsko strukovno nazivlje. URL: <http://struna.ihj.hr/naziv/camperova-crta/13308/#naziv> (2019-04-29))

⁵ Usp. Thomas, C. D. L. Three-dimensional quantification of facial shape. // Computer-Graphic Facial Reconstruction / Clement, J. G.; Marks, M. K. Amsterdam; Boston; Heidelberg: Elsevier Academic Press, 2005., str. 58-59. URL: <https://www.elsevier.com/books/computer-graphic-facial-reconstruction/clement/978-0-08-045422-1> (2019-05-15)

četiri vrste: flegmatično, melankolično, sangvinično i kolerično. Do popularizacije kraniologije ili frenologije, odnosno proučavanja oblika lubanje kao pokazatelja karaktera i osobina pojedinaca, doveli su radovi znanstvenika Galla i Combea te filozofa J. C. Lavatera.⁶

Ljepota lica jedno je od najčešće istraživanih područja antropologije i filozofije. Najraniji zapisi o ljepoti i estetici mogu se pronaći kod drevnih Egipćana čije je idealno lice obuhvaćalo zaobljeno široko lice s nagnutim čelom, istaknute oči, nenaglašene obrve, zaobljenu bradu i nos te pune usne. Platon i grčki matematičari su strukturu lica podijelili na 3 dijela: od linije kose do očiju, od očiju do gornje usne te od gornje usne do brade. Na idealnom licu dijelovi bi trebali biti jednake veličine, a širina lica bi trebala iznositi dvije trećine njegove visine. Prema drugoj teoriji idealno lice je podijeljeno na sedam jednakih dijelova, a od kriterija za ljepotu navode se i simetrija i pravilnost značajki lica, oblik Kupidovog luka gornje usne, udaljenost između očiju koja bi trebala odgovarati širini oka itd. Međutim, moderna istraživanja pokazala su kako se idealni kriteriji lica pojavljuju kao jedna od mnogih varijacija.⁷

Osnovna struktura lica razvila se više iz biološke nužnosti što dokazuje položaj nosnica u odnosu na usta koji sprječava gušenje, položaj očiju i ušiju koji omogućavaju percepciju udaljenosti, a čeljust i usne su stvorene za gutanje, disanje, žvakanje i verbalnu komunikaciju. Lice oblikuju kosti lica, a lubanja se sastoji od 14 facijalnih i 8 kranijalnih kostiju. Oblik lica također ovisi o tvrdom i mekom tkivu lica te koštanoj strukturi lubanje. Razlike i detalji poput boje kože, kose, očiju i njihova tekstura mogu ukazivati na starost i etničku pripadnost te pomoći kod procesa identifikacije. D. H. Enlow opisuje dva osnovna tipa lubanje, dolicefalične koje su duže i uže te brahicefalične koje su kraće i šire. Dolicefalično lice obuhvaća bliske i duboko postavljene oči, više nagnuto čelo, duži, tanji i izbočeniji nos koji će vjerojatno imati visok korijen i orlovski profil, retrognatični profil lica te manje istaknute jagodice. Brahicefalično lice karakteriziraju široko postavljene i egzoftalmične oči, uspravno čelo, kraći, širi i zaobljeniji vrh nosa koji će vjerojatno imati niži korijen i konkavni profil, ravniji profil lica te više istaknute jagodice. Enlow navodi kako brahicefalični tipovi dominiraju u srednjoj Europi i na Dalekom Istoku, a dolicefalični u Škotskoj, Engleskoj, Skandinaviji, u zemljama Bliskog i Srednjeg istoka i u sjevernoj Africi.⁸

⁶ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 9.

⁷ Isto, str. 15-17.

⁸ Isto, str. 20-23.

2.1. PREPOZNAVANJE LICA

Analize lica pretpostavljaju postojanje temeljnog modela karakteristika lica i modela konteksta u kojem će se koristiti informacije dobivene s određenog lica. Mjerenje i oblikovanje lica može pomoći kod dijagnosticiranja zdravstvenih stanja, predviđanja jednog skupa karakteristika lica od drugih, procjenjivanja razlika između lica ili predviđanja promjena u licu. Također, moguće je uspoređivati lica kako bi se potvrdio ili opovrgnuo identitet osobe, za identifikaciju nestalih osoba i osumnjičenika, razvoj dijagnostičkih metoda za sindrome lica ili proučavanje odnosa između lubanje i njezinog mekog tkiva.⁹ Identifikacija je vrlo važna jer svaka nestala, preminula osoba ili koštani ostaci moraju biti pozitivno identificirani. Pojedinaac može izgubiti identitet krađom ili gubitkom osobnih dokumenata, emigracijom, psihijatrijskim bolestima, ali i utapanjem, raspadanjem tijela, kremiranjem, raskomadanjem i sličnim procesima kako bi se sakrio identitet osobe. Postoji nekoliko pouzdanih metoda za pozitivno utvrđivanje identiteta, to su usporedba DNA, usporedba otisaka prstiju te radiološka i odontološka usporedba, ostale metode daju samo mogući identitet. On se može utvrditi pronalaskom osobnih dokumenata ili identifikacijske kartice uz tijelo osobe, no nema znanstvenu vrijednost te može ukazivati na zamjenu identiteta. Početak istrage čine tzv. rekonstruktivne metode koje pružaju velik broj podataka i sužuju mogućnosti. Primjerice, opis tijela ili procjena dobi, etničke pripadnosti, spola i tjelesne visine uz pomoć forenzične antropologije, ali i složenije metode poput rekonstrukcije lica.¹⁰

Sposobnost prepoznavanja lica je karakteristika urođena ljudskim bićima. Društvena interakcija ljudi zahtijeva točno prepoznavanje lica, no još uvijek nije u potpunosti jasno kako ih obrađujemo u memoriji. Neki povjesničari smatraju kako je prepoznavanje lica automatsko te se temelji na biološkoj relevantnosti i sličnosti. Kod prepoznavanja je najvažniji centralni dio lica koji obuhvaća oči, nos i usta. V. Bruce i A. Young ustanovili su kako je cijelo lice više nego zbroj njegovih dijelova te da je prepoznato više kao cjelina ili međudnos različitih značajki nego kao grupa pojedinih značajki.¹¹

⁹ Usp. Thomas, C. D. L. Nav. dj., str. 57-58.

¹⁰ Quatrehomme, G.; Subsol, G. Classical non-computer-assisted craniofacial reconstruction. // Computer-Graphic Facial Reconstruction / Clement, J. G.; Marks, M. K. Amsterdam; Boston; Heidelberg: Elsevier Academic Press, 2005., str. 15-17. URL: <https://www.elsevier.com/books/computer-graphic-facial-reconstruction/clement/978-0-08-045422-1> (2019-05-15)

¹¹ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 26-29.

Forenzična rekonstrukcija lica je posljednja opcija kod identifikacijskog procesa koja se javlja kada nema drugih dokaza poput datoteka nestalih osoba, tragova na mjestu zločina ili zubnih kartona. Cilj rekonstrukcije lica je stvoriti sličnost s pojedincem koji bi, uz promidžbenu kampanju na televiziji ili u novinama, mogao biti prepoznat od strane obitelji i prijatelja. Mogu se javiti problemi ukoliko je osoba stranac, ako je nestala u većem odsjeku vremena te ukoliko su godine između odsutnosti i smrti imale negativan utjecaj, posebice kod djece čije će lice doživjeti dosta promjena.¹²

Tehnike prepoznavanja lica ovise o dostupnim dokazima te se mogu podijeliti na: usporedbu pomoću fotografija ili videa; superpoziciju lubanje i fotografije, tj. preklapanje slike lica (fotografije, portreta, video snimke) na lubanju; restauraciju lica koja je moguća kada ostane dovoljno mekog tkiva i rekonstrukciju lica kada nema preostalog mekog tkiva lubanje.¹³

Postoji nekoliko načina primjene modela lica, to su 3D istraživanja rasta ili asimetrije te istraživanje odnosa tvrdih i mekih tkiva, zatim usporedba slika sigurnosnih kamera s 3D snimkama lica (2D–3D usporedba) te usporedba lica na fotografijama (2D–2D superpozicija). Oni modeli koji povezuju koštanu strukturu i meko tkivo mogu biti od koristi oralnim kirurzima i ortodontima te u forenzičnoj rekonstrukciji lica.¹⁴

¹² Isto, str. 34-37.

¹³ Usp. Sauer, N. J.; Michael, A. R.; Fenton, T. W. Human Identification Using Skull–Photo Superimposition and Forensic Image Comparison. // A Companion to Forensic Anthropology / urednik Dirkmaat, Malden, MA: Wiley-Blackwell, 2012., str. 432-433. URL:

https://www.academia.edu/7501448/Human_Identification_Using_Skull-Photo_Superimposition_and_Forensic_Image_Comparison (2019-02-07)

¹⁴ Usp. Thomas, C. D. L. Nav. dj., str. 58.

3. ANTROPOMETRIJA I ANTROPOMETRIJSKE TOČKE

Antropometrija dolazi od grč. riječi *anthropos* što znači čovjek i riječi *metron* što znači mjeriti. Ona se koristi različitim metodama mjerenja kako bi se odredile funkcionalne sposobnosti i morfološke osobine ljudskog tijela.¹⁵ Antropometrija se počela proučavati u 18. stoljeću te se otada sve više razvija i upotrebljava za različite svrhe, primjerice u mikroevolucijskim istraživanjima, antropologiji, istraživanjima koja prate rast i razvoj djece, ergonomiji i sl.¹⁶ Neke od grana antropometrije su kranimetrija koja se odnosi na mjerenje veličine i oblika lubanje kako bi se utvrdili etnička pripadnost i osobine čovjeka, te forenzična antropometrija koja je stvorila Bertillonage sustav identifikacije koji se temelji na opisivanju obrva, nosa, kutova uha, boje očiju i sličnih karakteristika i njihovih udaljenosti te je pogodna za korištenje u kriminologiji.¹⁷

Tablica 1. Antropometrijske točke korištene pri rekonstrukciji lica i njihov položaj.

ANTROPOMETRIJSKA TOČKA	POLOŽAJ
Točke na medijalnoj liniji postavljane od čela prema bradi	
<i>Supraglabella</i>	anteriorna točka na medijalnoj liniji, smještena iznad <i>glabelle</i> ¹⁸
<i>Glabella</i>	najanteriornija središnja točka na čeonj kosti iznad frontozalnog šava ¹⁹
<i>Nasion</i>	središnja točka gdje se spajaju nosna i frontalna kost ²⁰
<i>Rhinion</i>	kraj nosne kosti na spoju kosti i hrskavice ²¹

¹⁵ Usp. Bender, R.; Margaritoni, M. Antropometrijske karakteristike šake – pregledni članak. // Sestrinski glasnik 20, 1(2015), str. 53. URL: https://hrcaj.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=202512 (2019-05-12)

¹⁶ Usp. Ujević, D.; Grilec Kaurić, A. Antropometrija kao komplementarna mjera životnog standarda. // Poslovna izvrsnost 7, 2(2013), str. 145-146. URL: https://hrcaj.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=166405 (2019-05-12)

¹⁷ Usp. Bender, R.; Margaritoni, M. Nav. dj., str. 54.

¹⁸ Tedeschi-Oliveira, S. V. Avaliação de medidas da espessura dos tecidos moles da face em uma amostra populacional atendida na seção técnica de verificação de óbitos do município de Guarulhos-São Paulo. Doktorska disertacija, Stomatološki fakultet Sveučilišta u São Paulu, 2008., str. 46.

¹⁹ Wilkinson, C. Nav. dj., str. 71.

²⁰ Isto.

²¹ Isto., str. 125.

<i>Midphiltrum</i>	središnja točka filtralnog stupca ²²
<i>Supradentale</i>	središnja točka gornje čeljusti, između gornjih središnjih sjekutića na razini spoja cementne cakline ²³
<i>Infradentale</i>	središnja točka donje čeljusti, između donjih središnjih sjekutića na razini spoja cementne cakline ²⁴
<i>Supramentale</i>	točka u depresiji medijalne linije, na početku korijena, na donjoj čeljusti, između zubi i mentalne eminencije ²⁵
<i>Eminentia mentalis</i>	točka projicirana anteriorno na medijalnu liniju do brade ²⁶
<i>Menton</i>	najniža medijalna oznaka ispod brade, poznata kao <i>gnathion</i> ²⁷
Bilateralne točke postavljane od čela prema bradi	
<i>Eminentia frontalis</i>	točke projicirane na uparenim frontalnim izbočenjima ²⁸
<i>Supraorbitale</i>	najviša točka gornjeg ruba orbite ²⁹
<i>Infraorbitale</i>	najniža točka na donjem rubu orbite, poznata kao orbitale i suborbitale ³⁰
<i>Pretragal</i>	točka anteriorno tragusu na korijenu zygoma ³¹
<i>Zygion</i>	najlateralnija točka na lateralnoj površini zigomatičnog luka ³²
<i>Ectoconchion</i>	najlateralnija točka na orbitalnom rubu ³³

²² Isto.

²³ Tedeschi-Oliveira, S. V. Nav.dj., str. 47.

²⁴ Isto.

²⁵ Isto.

²⁶ Isto.

²⁷ Wilkinson, C. Nav. dj., str. 124.

²⁸ Tedeschi-Oliveira, S. V. Nav. dj., str. 47.

²⁹ Wilkinson, C. Nav. dj., str. 124.

³⁰ Isto.

³¹ Isto, str. 125.

³² Isto, str. 71.

<i>Inferior malar</i>	točka ispod zigomatične vezanosti na vertikalnoj liniji s točkama <i>infraorbitale</i> i <i>supraorbitale</i> ³⁴ , u donjem dijelu gornje čeljusti ³⁵
<i>Supra M2</i>	točka alveolarnog grebena gornje čeljusti, iznad drugog kutnjaka ³⁶
<i>Okluzalna linija</i>	nalazi se na grani donje čeljusti, u ravnini zubne okluzije ³⁷
<i>Sub M2</i>	točka alveolarnog grebena donje čeljusti, ispod drugog kutnjaka ³⁸
<i>Gonion</i>	točka u središtu kuta donje čeljusti ³⁹

Antropometrija je korištena kao pomoć u dobivanju najvjerojatnijih osobina lica. Za izradu rekonstrukcije lica postoje mnoge tablice u kojima su pohranjeni antropometrijski podaci poput mjera lica, kutnih odnosa između različitih dijelova lica, proporcionalnih omjera i sl. Kirurzi i antropolozi već dugo vremena pokušavaju utvrditi najvažnije značajke koje utječu na geometriju lica. Antropometrijske oznake označavaju anatomske lokacije na lubanji ili licu, na kojima se nalaze različita ispupčenja ili udubljenja, koja se prilagođavaju značajkama lica ili predstavljaju potporne točke za umetanje mišićnih tkiva u koštano tkivo. Za predviđanje najvjerojatnijih osobina lica mogu se koristiti tehnike poput Bayesovih mreža, matematičke morfologije i računalnih grafičkih modela. Bayesove mreže se koriste za određivanje varijabli koje su bitne za određivanje anatomske značajke lica i predstavljaju graf stvoren iz stručnog znanja i antropometrijskih podataka. Pretpostavlja se kako se pomoću skupa mreža može rekonstruirati lice iz lubanje ili izraditi fotografija prilagođene dobi osobe. G. Matheron i J. Serra tvoreci su matematičke morfologije koja predstavlja teoriju skupa mapiranja koja modelira binarnu transformaciju slike. Prvi korak je pretvoriti sliku u binarni oblik što se može učiniti s obzirom na vrijednost intenziteta praga. Sve točke, tj. pikseli, koji imaju intenzitet niži od praga se mijenjaju na minimalnu razinu intenziteta, dok oni koji imaju

³³ Isto.

³⁴ Isto, str. 125.

³⁵ Tedeschi-Oliveira, S. V. Nav. dj., str. 47

³⁶ Byers, S. N. Forensic Anthropology Laboratory Manual. London: Routledge, 2017., str. 191. URL: <https://books.google.hr/books?id=YiqRDQAAQBAJ> (2018-02-08)

³⁷ Tedeschi-Oliveira, S. V. Nav. dj., str. 48.

³⁸ Byers, S. Nav. dj., str. 191-192.

³⁹ Wilkinson, C. Nav. dj., str. 125.

jednak ili viši intenzitet se mijenjaju na maksimalnu razinu. Riječ je o tzv. postupku binarizacije, tj. svođenju svih točaka na crnu ili bijelu boju. Morfološki operatori poput dilatacije i erozije koriste se za ublažavanje interesnih područja i naglašavanje određenih dijelova slike, odnosno za uklanjanje neželjenih informacija. Dilatacija područje oko piksela popunjava po zadanoj šablona, dok erozija briše grupe piksela sa slike koje odgovaraju zadanoj šablona. Ovaj proces rezultira slikom koja određuje obris područja lubanje. Granične točke proizašle iz procesa prikazane su kao krivulje razine, a na svaku od njih se primjenjuje postupak uzorkovanja zbog dobivanja skupa točaka s kojima je učinjena bivarijatna interpolacija. U područjima gdje krivulja pokazuje niske varijacije u derivatu, točke se dobivaju pomoću referentne točke smještene u središtu kranijalnog obrisa i uzimanjem točaka krivulje svakog n stupnja kuta, dok se u području visoke varijacije uzorkovane točke dobivaju uzimanjem točaka svakog određenog broja točaka u krivulji. Za izradu grafičkog modela koriste se granice dobivene iz obrađenih slika te se svaka slika može koristiti kao krivulja razine na različitim visinama lubanje. Površina modela sastoji se od Bézierovih krivulja koje su određene skupom kontrolnih točaka. Njihova prednost je mogućnost pravljenja lokalnih promjena na kontrolnoj točki bez utjecaja na ostale točke.⁴⁰

Antropometrija se kao metoda antropologije može primijeniti u različitim područjima ljudskog djelovanja. Pomoću rezultata mjerenja može se pratiti ljudski razvoj (pojedinačni ili populacijski), dobiveni rezultati mogu poslužiti za dobivanje opisa određenih populacija te njihove usporedbe, a osim toga može se koristiti i u kriminologiji. Isto tako, može se upotrijebiti u pedijatriji, sportskoj medicini, praćenju oporavka u procesu rehabilitacije radi prilagodbe ljudskim sposobnostima, ergonomiji i industriji radi stvaranja proizvoda koji će odgovarati ljudskim dimenzijama te u mnoštvu različitih područja.

⁴⁰ Usp. Vargas, J. E.; Sucar, L. E. Predicting the most probable facial features using Bayesian networks, mathematical morphology, and computer graphics. // Computer-Graphic Facial Reconstruction / Clement, J. G.; Marks, M. K. Amsterdam; Boston; Heidelberg: Elsevier Academic Press, 2005., str. 129-136. URL: <https://www.elsevier.com/books/computer-graphic-facial-reconstruction/clement/978-0-08-045422-1> (2019-05-15)

4. LUBANJA

Lubanja je najviše proučavani i najsloženiji dio ljudskog kostura, a sastoji se od 14 facijalnih i 8 kranijalnih kostiju. Pravilno postavljena lubanja čovjeka nalazi se u položaju tzv. njemačke ili frankfurtske horizontale (Ohr-Augen-Ebene) koja se dobiva kada horizontalna linija prođe kroz donji rub očne šupljine i gornji rub vanjskog slušnog hodnika, tj. kada je postavljena u ravnini oko – uho.⁴¹ Lubanja ima dva zadatka, prvi je zaštititi središnji živčani sustav i organe, a drugi je oblikovati uvijek otvorene cijevi s čvrstim stijenkama zbog prolaska zraka kod disanja te za mrvljenje i uzimanje hrane. Na oblik lubanje utječu njezin sadržaj i mišići. Dijeli se na viscerokranijalni dio kojeg čine kosti lica i neurokranij koji štiti mozak.⁴²

4.1. KOSTI NEUROKRANIJA

Čeona kost (*os frontale*) sastoji se od parnih orbitalnih dijelova, čeone ljuske i nosnog dijela s čeonim sinusima. U trenutku razvoja je parna kost koju povezuje čeoni šav (*sutura frontalis*) koji bi trebao srasti do 6. godine, ukoliko ne dođe do srastanja šav se naziva *sutura metopica*, a pojava metopizam. Na vanjskoj površini ljuske nalaze se čeone kvрге (*tuber frontale*), a iznad orbita izbočeni lukovi (*arcus superciliaris*) koji omeđuju udubinu *glabella*.

Tjemena kost (*os parietale*) predstavlja četverokutnu koštanu ploču s dvije strane, četiri ruba: gornji rub (*margo sagittalis*), prednji rub (*margo frontalis*), stražnji rub (*margo occipitalis*) i donji rub (*margo squamosus*) te četiri kuta: čeoni kut (*angulus frontalis*), zatiljni kut (*angulus occipitalis*), mastoidni kut (*angulus mastoideus*) i klinasti (*angulus sphenoidalis*).

Sljepoočna kost (*os temporale*) sačinjava koštani oklop oko slušnih organa. Dijeli se na tri glavna dijela, to su ljuska (*pars squamosa*), mastoidni dio i piramida (*pars petrosa*) i timpanični dio (*pars tympanica*).

Klinasta kost (*os sphenoidale*) predstavlja središnju kost koja se sastoji od trupa (*corpus*), krilnih nastavaka (*processus pterygoidei*) te malih i velikih krila (*alae minores i alae majores*).

⁴¹ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 69.

⁴² Usp. Krmpotić-Nemanić, J.; Marušić, A. Anatomija čovjeka. 2. korigirano izd. Zagreb: Medicinska naklada, 2007., str. 22. URL: https://dlscrib.com/queue/anatomija-ovjeka-krmpoti-nemani-marui-2007_59b64d0cdc0d60e5318ceb1b_pdf?queue_id=59b64d14dc0d60ec318ceb1c (2019-02-07)

Zatiljna kost (*os occipitale*) sastoji se od četiri dijela: bočni dijelovi (*partes laterales*), bazalni dio (*pars basilaris*) te zatiljna ljuska (*squama occipitalis*) koji srastu do 6. godine života.⁴³

4.2. KOSTI VISCEROKRANIJA

Rešetnica (*os ethmoidale*) je složena kost koja se nalazi između očnih šupljina.

Suzna kost (*os lacrimale*) je četverokutasta kost s vertikalnim grebenom. Iznad nje se nalazi čeona kost, ispod trup gornje čeljusti, sprijeda je čeonni nastavak gornje čeljusti te se sa stražnje strane spaja s orbitalnom pločom.

Gornja čeljust (*maxilla*) nalazi se u središtu viscerokranija te predstavlja najveću kost gornjeg dijela. Nosi gornje zube, omeđuje sve okolne prostore te je spojena sa svim kostima na licu.

Jagodična kost (*os zygomaticum*) je mala, čvrsta kost koja je podloga jagodicama.

Nosna kost (*os nasale*) čini koštanu podlogu nosnog hrpta. U sredini je sužena, a donji rub omeđuje koštani ulaz u nosnu šupljinu (*apertura piriformis*).

Nepčana kost (*os palatinum*) prislonjena je na stražnji dio gornje čeljusti.

Donja nosna školjka (*concha nasalis inferior*) ima dva različita kraja. Prednji kraj je širi te je pričvršćen uz koštanu prugu na korijenu čeonog nastavka gornje čeljusti (*crista conchalis*), a stražnji kraj se veže uz greben nepčane kosti. Kost ima oblik školjke te je lateralno zavijena.

Ralo (*vomer*) je tanka, sagitalna ploča koja se nalazi u medijalnoj ravnini te čini donji dio koštane nosne pregrade.

Donja čeljust (*mandibula*) jedina je kost koja se uzglobljava s lubanjskim kostima. Njezin oblik i razvoj su pod utjecajem oblika neurokranija, žvačne muskulature i lučenja endokrinih žlijezda. Sastoji se od trupa (*corpus mandibulae*) te dvije grane (*rami mandibulae*) te kuta na prijelazu trupa u granu (*angulus mandibulae*).

Jezična kost (*os hyoideum*) pomiče se prilikom govora i gutanja. Smještena je na prednjoj strani vrata, ispod donje čeljusti te je jedina kost koja nije povezana s nekom drugom kosti.⁴⁴

⁴³ Isto, str. 24-33.

⁴⁴ Isto, str. 33-42.

4.3. ODREĐIVANJE ETNIČKE PRIPADNOSTI, SPOLA I STAROSTI

U biološkoj ili fizičkoj te forenzičnoj antropologiji, posebice u području forenzične rekonstrukcije lica, potrebno je prikupiti što više podataka iz koštanih ostataka pojedinca. Značajke bi se trebale utvrditi određenim redosljedom: podrijetlo, spol, dob, tjelesna visina, patološke i traumatske promjene na kostima. Jedan od najvažnijih čimbenika za stvaranje cjelokupnog profila pojedinca je određivanje spola jer se ostali čimbenici koji pridonose stvaranju profila temelje na mogućnosti određivanja spola.

4.3.1. Određivanje populacijske/etničke pripadnosti

Ljudska lica su vrlo raznolika te su povezana s geografskim područjima s kojih potječu koštani ostaci. Podjela na ljudske rase temelji se na zajedničkom podrijetlu i tjelesnim osobinama pojedinaca. Kod određivanja populacijske pripadnosti lutanje se svrstavaju u tri skupine – bijela, žuta i crna rasa kako bi se olakšala identifikacija pojedinca. Osnovna podjela nije jedinstvena ni toliko pouzdana no sužava područje istrage te pruža daljnje smjernice.⁴⁵ Funk i Wagnall definiraju rasu kao jednu od najvećih potpodjela čovječanstva koje dijele zajedničko podrijetlo i relativno stalni skup fizičkih osobina poput proporcija tijela i lica, oblika kose, pigmentacije kože i sl. Prema Hootonu su rase velika podjela čovječanstva čiji su članovi karakterizirani kao grupa po kombinaciji metričkih i morfoloških značajki koje su izvedene od zajedničkog pretka. Neki antropolozi uzrok fizičkih razlika vide u prilagodbi na okoliš. Primjerice, ljudi tamne puti žive u toplijim krajevima gdje ih melanin štiti od štetnih sunčevih zraka, dok visoki i izbočeni nos kod beduinskih plemena može biti prilagodba za povećanje vlažnosti suhog pustinjskog zraka prije nego što dođe do pluća. Postoji i teorija s utjecajem prehrane, primjerice inuitsko plosnato lice je odraz žvačnog opterećenja umjesto prilagodbe hladnoći te su jagodične kosti usmjerene prema maksimiziranju učinkovitosti i snage žvakanja.⁴⁶

Zbog učestalih migracija ljudske populacije genetička mješavina je više pravilo nego izuzetak. Prilikom određivanja populacijske pripadnosti treba se usmjeriti na područje nosa

⁴⁵ Usp. Petaros, A.; Čengija, M.; Bosnar, A. Primjena i uloga osteologije u praksi: forenzična antropologija. // *Medicina Fluminensis* 46, 1(2010), str. 22. URL: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=75287 (2019-02-12)

⁴⁶ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 82-83.

(korijen nosa, donji nosni brid, prednji nosni trn, širina nosne šupljine), lubanjskog svoda (šavovi, supraorbitalni lukovi, postbregma, hvatišta mišića), lica (veličina i oblik lica i očnih šupljina, donji očni brid) i čeljusti (građa gornje i donje čeljusti, nepca i gornjih sjekutića). Ako lubanja nije očuvana etnička pripadnost se može pokušati utvrditi iz obilježja bedrene kosti.⁴⁷ U forenzičnim slučajevima korisno je odrediti najvjerojatnije etničko podrijetlo nepoznatog pojedinca, a među najuobičajenije grupe etničkog podrijetla ubrajaju se kavkaska ili bijela rasa koja uključuje Europljane, sjeverne i istočne Afrikance, Azijce s Indijskog potkontinenta, Mediterance i Arape; zatim negroidna ili crna rasa koja uključuje južne i zapadne Afrikance; australoidna rasa u koju spadaju australski Aboridžini, Fidžijci, Papuanci, pacifički narodi te mongoloidna rasa koju čine Azijati, Inuiti i američki domoroci.⁴⁸

Značajke kavkaskе lubanje su dug do zaobljen oblik s uskim nosnim otvorom, niže smještena glabella, tupi supraorbitalni rubovi, oštri lateralni orbitalni rubovi, umjereni supraorbitalni grebeni, isturen frontonazalni spoj, velik mastoidni nastavak, oštre jagodice, vijugavi kranijalni šav, duboko udubljenje na prednjoj strani gornje vilice, istaknut nosni šiljak, nedostatak prognatizma ili umjeren prognatizam, šiljati nosni korijen, valoviti donji rub donje čeljusti, uska međuorbitalna udaljenost. Zbog toga je čelo strmije, brada je istaknutija, zatiljne krivulje su promjenjive, a profil je ortognatan.

Negroidne lubanje imaju duži oblik glave, valoviti supraorbitalni greben, širok nosni otvor, jak alveolarni prognatizam, oštar gornji rub orbite, slabo zaobljen nosni korijen, zaobljenu glabellu, široku orbitalnu udaljenost, jednostavan frontonazalni spoj. Zbog toga će imati zaobljenije i punije čelo, postbregmatičnu depresiju, ravne sagitalne obrise i zaobljene zatiljne obrise.

Mongoloidna lubanja ima zaobljeni oblik glave i orbitalne rubove, srednje široki nosni otvor, istaknute jagodične kosti, nedostatak grebena obrva, nedostatak ili slaba udubljenja na prednjoj strani gornje vilice, umjereni prognatizam, jednostavan kranijalni šav, širok, ravan nosni korijen, ravan nosni profil, kratak nosni šiljak, gornji sjekutić u obliku lopate, širok oblik nepca, široko i ravno lice.

Lubanja Aboridžina ima nisku nosnu kost, izravnat sagitalni obris luka i široki nosni otvor, izrazit zatiljni torus, nema vanjskog zatiljnog ispupčenja, umjerenu do veliku *glabellu* i

⁴⁷ Usp. Petaros, A.; Čengija, M.; Bosnar, A. Nav. dj., str. 21-22.

⁴⁸ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 84.

supraorbitalne lukove, jagodičnu kost srednje veličine, nizak i ravan nos, znatni podnazalni prognatizam, izražene grebene obrva, dolicefalični oblik lica.

Polinezijsku lubanju karakterizira istaknuto tjemeno ispupčenje, jagodične kosti su vidljive od gore, nosna kost je smanjena ili odsutna, visina gornjeg dijela lica je velika, profil je ortognatan, brada istaknuta, grana donje čeljusti visoka, zakrivljen inferiorni rub donje čeljusti, minimalni nosni prognatizam, široke plosnate jagodične kosti, zaobljena vilica, uspravan profil i duži donji dio lica.

Prema Enlowu će kavkazoidi najvjerojatnije imati dolicefalični oblik glave s protruzivnim gornjim dijelom glave, dugo i usko nepce s velikim frontalnim sinusom, udubljene očne jabučice, protruzivnu *glabellu*, manje istaknute jagodice i konveksan profil. Negroidi će također imati dolicefalični oblik, ali s manje istaknutim gornjim dijelom glave i uspravnijim čelom, nosni most je niži, a frontalni sinus manje proširen, jagodice su istaknute, nos širok i manje protruzivan, grana donje čeljusti je široka što dovodi do protruzije tijela donje čeljusti. Za mongoloidnu lubanju navodi da je brahicefaličnog oblika, ima uspravnije čelo, skraćeno nepce i dentalne lukove, manje protruzivne supraorbitalne grebene i *glabellu*, širok i kratak nosni dišni put, niži nosni most, plitke orbite i manje udubljene očne jabučice. Prema Stewartu šanse za točnost u određivanju etničke pripadnosti uvelike ovise o iskustvu promatrača.⁴⁹

4.3.2. Određivanje spola

Za istraživače koji određuju spol važno je poznavanje spolnog dimorfizma. Određivanje spola s lubanje može biti problematično jer postoji određena količina preklapanja spolova, a problem se javlja i ukoliko se naiđe na nepotpuni i neočuvani kostur. Na određivanje spola mogu utjecati i okoliš, godine, međupopulacijske varijacije i patološke promjene.⁵⁰ Određivanje spola temelji se na morfološkim značajkama koje se počinu razvijati u pubertetu i adolescentskoj dobi, dok naglašenije postaju u odrasloj dobi. Zbog toga je jako teško dobiti pouzdane rezultate kada se radi o određivanju spola kod djece. Postoje dva pristupa koja se koriste prilikom određivanja spola, to su osteometrija ili metrička metoda te antroposkopija ili morfološka metoda. Antroposkopija se odnosi na vizualno utvrđivanje morfoloških značajki pri čemu se razlike između žena i muškaraca mogu vidjeti u građi i veličini, dok se

⁴⁹ Isto, str. 84-89.

⁵⁰ Isto, str. 78.

osteometrija zasniva statističkoj analizi izmjerenih vrijednosti kosti. No, morfometrijska mjerenja mogu biti zavaravajuća zbog pogrešne klasifikacije pojedinaca jer robusnije žene mogu biti svrstane u muškarce, a gracilniji muškarci u žene. Spol se određuje deskriptivnim metodama, odnosno promatranjem morfoloških značajki na kostima. Za odredbu spola se ispituju određene anatomske strukture: čeona kost, *glabella*, nadočni lukovi, orbite, nosni otvor, jagodice, zatiljna kost, mastoidni nastavak, baza lubanje, nepce, zubi te *trigonum mentale* na donjoj čeljusti.⁵¹ Pouzdanosti ove metode pridodaju kriteriji ocjene morfoloških značajki koje su predložili J. E. Buikstra i D. Uberlaker. U kriterije su uključeni naglašenost *glabelle*, veličina mastoidnog nastavka, robusnost zatiljne kosti, izraženost *trigonum mentale* i oštrina orbitalnog ruba.⁵² Morfološke karakteristike ocjenjuju se brojevima od 0 do 5, gdje 0 označava neodređen spol, 1 - ženski, 2 - vjerojatno ženski, 3 - dvoznačan spol, 4 - vjerojatno muški i 5 - muški spol.⁵³

Işcan i Krogman su proveli istraživanje na uzorku od 750 jedinki te su utvrdili da cijeli kostur daje 100% točne rezultate, sama zdjelica 95%, sama lubanja 92% i same duge kosti 80% točnosti.⁵⁴ Prema Stewartu se spol s cijelim kosturom može točno utvrditi s 90 do 95% točnosti, a s lubanjom 80%.⁵⁵ Hrdlička je preko kranijuma dobio 80% točnosti, a s prisutnosti donje čeljusti se točnost povećava na 90%. Općenito, veća lubanja pripada muškarcima, a manja ženama te je ženska gracilnija i zaobljenija. Ta obilježja su najviše izražena u dobi od 22 do 55 godina, a osobine se razlikuju ovisno o etničkoj pripadnosti. Žensko lice je glađe i ravnomjernije, dok je kod muškaraca nepravilnije i grublje te se smatra kako je žensko lice više brahicefalično, a muško dolicefalično. Čeona kost je kod muškaraca više ukošenija s izbočenijom *glabellom* i jače razvijenim supraorbitalnim grebenima⁵⁶, dok je kod žena čeona kost glađa, okomita s manje izraženim supraorbitalnim grebenima i manje izraženijom ili

⁵¹ Işcan, M. Y., Steyn, M. The human skeleton in forensic medicine. 3rd ed. Springfield, Ill: Charles C. Thomas, 2013.

⁵² Buikstra, J. E., Uberlaker, D. Standards for dana collection from human skeletal remains. Arkansas Archaeological Survey Research Series 44. Fayetteville, AR: Arkansas Archaeological Survey, 1994.

⁵³ Buikstra, J. E., Uberlaker, D. Standards for dana collection from human skeletal remains. Indianapolis: Western Newspaper Company, 1997.

⁵⁴ Krogman, W. M., Işcan, M. Y. The Human skeleton in Forensic Medicine. 2nd ed. Springfield, Ill: Charles C. Thomas, 1962., str. 112. URL:

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://duienforcers.wildapricot.org/Resources/Documents/HumanSkeletonForensicMedicine_Krogman_ChasThomas_1962.pdf&ved=2ahUKEwjki8zrlNvkAhVKzaQKHTmyDUYQFjAJegQIChAB&usg=AOvVaw25E2qfAN4ddeS7W57-JHLY&cshid=1568836937681 (2019-09-19)

⁵⁵ Stewart, T. D. Mediocolegal aspects of the skeleton – age, sex, race and stature. // American Journal of Physical Anthropology 6, 3(1948), str. 313-321. URL:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ajpa.1330060306?sid=nlm%3Apubmed> (2019-09-19)

⁵⁶ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 78-80.

izostajućom *glabellom*⁵⁷. Kod muškaraca su orbite postavljene niže, manje su i imaju četvrtasti oblik⁵⁸, dok su kod žena postavljene više, zaobljenije su i veće te su orbitalni rubovi oštrij⁵⁹. Muški nosni otvor je uži i viši s oštrijim rubovima, a nosna kost je veća. Zbog veće protruzije nosa čini se da muškarci imaju duboke oči, dok su kod žena oči postavljene bliže prednjem dijelu lica te imaju istaknutije obraze. Kod muškaraca su obrazi teži, a nepce je šire i veće te ima oblik slova „U“, dok žene imaju oblik parabole. Mastoidni nastavak je kod muškaraca veći, isto kao i donja čeljust koja je deblja te ima širu granu i veću visinu tijela⁶⁰, dok je donja čeljust kod žena manja i tanja, a grane uže⁶¹. Kut donje čeljusti kod žena ima tupi oblik, dok muškarci imaju oblik pravog kuta.⁶² Zglobni nastavci donje čeljusti su kod žena manji, a kod muškaraca veći. Gonijalni kut kod žena iznosi od 110°-140° te je brada ušiljena, dok je kod muškaraca 90°-120°, a brada ima četvrtasti oblik. Zatiljna kost kod muškaraca ima naglašeniji zatiljni greben te očitije koštane pruge, dok kod žena to nije izraženo te je kost glatka.⁶³ Istraživanja Brucea i sur. pokazala su kako ljudi ostvaruju 96% točnosti u određivanju spola lica bez pomoćnih vanjskih značajki poput frizure, odjeće, šminke i sl.⁶⁴

4.3.3. Određivanje starosti

Dob se s lubanje najbolje može odrediti preko zubi. Sva tvrda dentalna tkiva pokazuju inkrementalne linije ili linije rasta koje nastaju kao posljedica ritmičnog odlaganja cakline te mineralizaciju koja se javlja nakon odlaganja organskoga matriksa. Gustafson je prvi uvidio povezanost dobi i histoloških promjena kod zubi. Promatrao je promjene u atriciji, sekundarnom dentinu, cementu, periodontozi, resorpciji i transparentnosti korijena te je stvorio formulu po kojoj se može izračunati starost pojedinca. Neki istraživači su utvrdili kako je za određivanje dobi pouzdana sama transparentnost korijena zuba, a istraživanja E. Vlček i J. Kilian pokazala su da je u više od 75% njihovih rezultata prihvatljiva procjena bila moguća iz jednog zuba. Metoda određivanja dobi preko mikroskopske dentalne procjene čini se najpouzdanijom metodom, no za nju je potrebna dobra uvježbanost i iskustvo. Kada

⁵⁷ Usp. Banić, M.; Bašić, Ž.; Anđelinović, Š. Vrednovanje morfoloških metoda za određivanje spola na lubanji. // Policija i sigurnost 26, 1(2017), str. 5. URL: <https://hrcak.srce.hr/184213> (2019-02-12)

⁵⁸ Isto.

⁵⁹ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 80.

⁶⁰ Isto.

⁶¹ Usp. Banić, M.; Bašić, Ž.; Anđelinović, Š. Nav. dj., str. 5.

⁶² Klepinger, L. Fundamentals of Forensic Anthropology. Illinois: A John Wiley & Sons, Inc., 2006.

⁶³ Işcan, M. Y., Steyn, M. Nav. dj.

⁶⁴ Bruce, V. et al. Seks discrimination: how do we tell the difference between male and female faces? // Perception 22, 2(1993), str. 131-152. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/p220131> (2019-09-15)

procjenu dobi nije moguće izvršiti na taj način koriste se dentalne tehnike koje procjenjuju dentalnu kalcifikaciju i atriciju. Atricija označava postepeno trošenje zubi tijekom žvakanja koja nastaje abrazijom jednog zuba od drugi, a na stupanj atricije može utjecati abrazivna priroda materijala u ishrani te jačina žvakanja. Ukoliko zubi nedostaju, dob pojedinca se može odrediti procjenom kosti u rasponu od 10 do 15 godina. Jedan od pokazatelja starosti je koža lica koja postaje smežurana i visi zbog biokemijskih promjena u vezivnom tkivu kože zbog čega je manje pričvršćena za mišiće i kosti. Također, zbog smanjene elastičnosti vlakana te promjena u formiranju i distribuciji kolagenog materijala dolazi do pojave bora. Sa starenjem nazolabijalni i mentalni nabori postaju dublji i upadljivi, a oči potonule zbog resorpcije masnog tkiva na orbitama, dok se crni krugovi ispod očiju stvaraju zbog sve više vidljivih vena. Vanjski čimbenici poput pušenja, konzumacije alkohola, lijekova, štetnosti sunca i sl. navedene promjene mogu još više ubrzati.⁶⁵

Sekundarna metoda odredbe starosti, također korištena u ovom slučaju zbog nedostataka ostalih kriterija, odnosi se na srastanje lubanjskih i palatinalnih šavova.⁶⁶ Stupanj srastanja može se vidjeti na tri endokranijalna, četiri palatalna i deset ektokranijalnih šavova. Redosljed srastanja šavova prema Uberlaker i Buikstra 1994., kojeg su razvili na temelju metoda Todd i Lyon (1924), Baker (1984), Meindl i Lovejoy (1985), Mann i sur. (1987), može se vidjeti na slici 1, a stupanj srastanja su podijelili u nekoliko faza:

Prazno = neodređeno,

0 = otvoren – nema dokaza o ektokranijalnom srastanju,

1 = minimalno srastanje – djelomično srastanje,

2 = značajno srastanje – značajniji stupanj srastanja, no još uvijek postoje otvoreni dijelovi,

3 = kompletno srastanje – šavovi potpuno srasli.

Šavovi bi trebali srastati usporedno s čovjekovim godinama, no ima odstupanja koja smanjuju valjanost i pouzdanost ove metode.⁶⁷ Isto tako, neki antropolozi poput Linde L. Klepinger

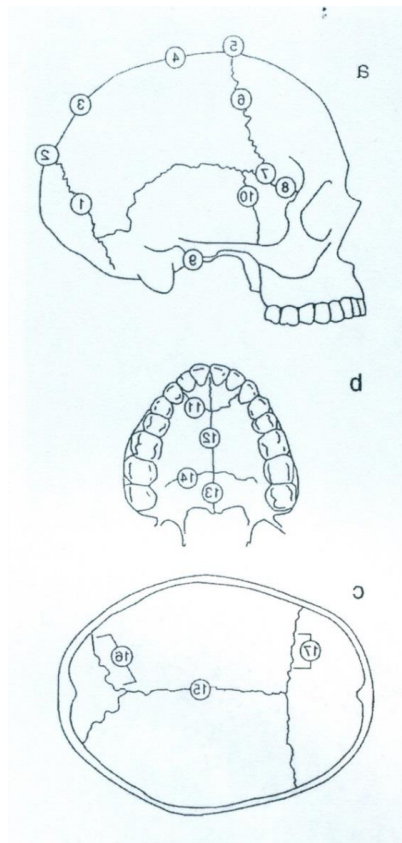
⁶⁵ Isto, str. 70-77.

⁶⁶ Todd, T. W., and Lyon, D.W. (1924). Endocranial suture closure: its progress and age relationship. Part I. - Adult males of white stock. // American Journal of Physical Anthropology 7, 3(1924), str. 326-384. URL: https://www.google.com/amp/s/www.researchgate.net/publication/230065682_Endocranial_suture_closure_Its_progress_and_age_relationship_Part_I-Adult_males_of_white_stock/amp (2019-09-19)

⁶⁷ Masset, C. Age estimation on the basis of cranial sutures. // Age Markers in the Human skeleton / Işcan, M. Y. (ed.) Springfield: Charles C. Thomas, 1989., str. 71-103.

smatraju kako srastanje šavova ne može precizno odrediti starosti te tu metodu ne koristi ukoliko nije potrebna.⁶⁸

Danas se za određivanje starosne dobi najčešće se koristi Martinova podjela, razvijena 1957. godine, u kojoj se navodi osam faza života, to su *infans I* (do 7. godine), *infans II* (od 7. do 14.), *juvenilis* (od 14. do 21.), *adultus I* (od 21. do 29.), *adultus II* (od 30. do 39.), *maturus I* (od 40. do 49.), *maturus II* (od 50. do 59.) i *senilis* (60+).⁶⁹



Slika 1. Redoslijed srastanja lubanjskih šavova (Buikstra, Ubelaker, 1994.).

⁶⁸ Klepinger, L. Fundamentals of Forensic Anthropology. Illinois: A John Wiley & Sons, Inc., 2006.

⁶⁹ Martin R., Saller, K. Lehrbuch der Anthropologie: in systematischer darstellung mit besonderer berücksichtigung der Anthropologischen Methoden. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1957.

4.4. DEBLJINA TKIVA LICA

Lubanja može biti povezana s mekim tkivom lica na različite načine. Jedan od problema je razumijevanje varijacija u debljini tkiva unutar i između populacija. Najranija mjerenja debljine tkiva dobivena su krajem 19. stoljeća, ručnom metodom na truplima, pomoću instrumenta za probijanje s mjernim vodičem. Instrument se umetao kroz meka tkiva na određenim antropometrijskim točkama lica. S razvojem tehnologije istraživači su počeli provoditi mjerenja koristeći cefalometrijsku radiografiju, ultrazvuk, snimanje magnetskom rezonancom ili računalnu tomografiju. To su pouzdanije tehnike mjerenja jer se može provjeriti podudaraju li se antropološke oznake na koži s kostima.⁷⁰ Mjerenja dubine tkiva na truplima bila su kritizirana zbog toga što antropološke oznake nije bilo lako odrediti palpacijom lica te je moglo doći do deformacije tkiva. Također, utjecaj na debljinu mogu imati i mrtvačke promjene proizašle iz dehidracije, gravitacije, rigidnosti i dekompozicije. Trenutni je trend mjerenja dubine mekog tkiva kod živih pojedinaca lateralnim rendgenskim zrakama, tomodensitometrijom, ultrazvukom i sl. Neki autori su, zbog utjecaja gravitacije, predložili mjerenja u vertikalnom, a ne ležećem položaju. Postoji mnogo čimbenika koji utječu na debljinu mekog tkiva poput spola, dobi, tjelesne građe, biološke skupine i individualnih razlika koje se moraju uzeti u obzir.⁷¹

4.4.1. Razlike u facijalnom tkivu povezane s prehranbenim uvjetima

His je prvi, 1895. godine, usporedio dubinu facijalnog tkiva mršavih i dobro uhranjenih ljudi te otkrio kako su sva tkiva tanja kod mršavih nego dobro uhranjenih umrlih, osim na nosnom mostu gdje je tkivo vrlo tanko u oba slučaja. Najočiglednije razlike mogu se vidjeti na mentalnoj eminenciji brade, području jagodica, donjoj čeljusti i ispod područja brade (*menton*) gdje su neka od tkiva tanja i do 4,5 mm. Istraživanja japanskih lica od Shinsuke Suzuki 1948., otkrila su da tkivo lica opada sa smanjenjem prehrane, ali se ne smanjuje tkivo oko oka. To bi moglo biti zbog nedostatka potkožnog masnog tkiva na tom području te je zaključio da su najviše pogođena ona područja s visokom razinom potkožne masnoće ili dobro razvijenim mišićima kao što su usta, čeljust i obrazi. Sutton je, 1969. godine, otkrio da

⁷⁰ Usp. Taylor, R.; Craig, P. The wisdom of bones: facial approximation on the skull. // Computer-Graphic Facial Reconstruction / Clement, J. G.; Marks, M. K. Amsterdam; Boston; Heidelberg: Elsevier Academic Press, 2005., str. 37. URL: <https://www.elsevier.com/books/computer-graphic-facial-reconstruction/clement/978-0-08-045422-1> (2019-05-15)

⁷¹ Usp. Quatrehomme, G.; Subsol, G. Nav. dj., str. 23.

su tkiva na zigomatičnom luku pod jakim utjecajem građe tijela te da je dubina tkiva mršavog muškarca ista trećini te dubine za debljeg muškarca i da je dubina kod mršavih žena ista polovici te dubine kod debljih žena.⁷²

4.4.2. Razlike u facijalnom tkivu povezane sa spolom

Rezultati raznih istraživanja pokazali su da muškarci imaju više tkiva nego žene na gotovo svim točkama lica. Muško i žensko tkivo je slično na nosnim kostima, na točkama *nasion*, *rhinion*, *mentale*, *labiomentale*, *menton* i *infraorbitale*, dok žene imaju više tkiva samo na zigomatičnom luku. Prema tome, muškarci imaju više tkiva od žena na ustima i područjima čeljusti te obrvama, a žene imaju više tkiva na obrazima. Shinsuke Suzuki pokazuje da su mjere žena iz Japana manje od muškaraca na većini područja, no žene imaju više tkiva na spojevima zigomatične kosti i lateralnim orbitama. Rezultati Amerikanaca (i kavkazoidi i negroidi) koje su proveli Rhine i Campbell, 1980., pokazali su da žene imaju slično ili malo manje tkiva na svim točkama osim na obrazima. Radiografska istraživanja Amerikanaca bijele rase (Weining 1958.; George, 1987.) su pokazala da muškarci imaju više tkiva od žena na većini točkama, iako su slična tkiva pronađena na *labiomentale* i *mentale* točkama, *glabelli* i *rhinionu*. Istraživanja Europljana bijele rase (Bankowski, 1958.; Leopold, 1968.) također pokazuju više tkiva kod muškaraca, a slične mjere pronađene su na točkama *vertex*, *rhinion*, *glabella*, *opisthocranion*, *labiomentale*, *mentale*. CT studije miješane rase južnih Afrikanaca (Phillips i Smuts, 1996.) otkrile su da oba spola imaju vrlo slične mjere tkiva, mjere su malo veće kod muškaraca na čeljusti i točkama brade i na čelu, a kod žena na obrazima i ustima. Indijski rezultati (Sahni, 2002.) koristili su MR skeniranje i pokazali da su sva tkiva značajno deblja kod muškaraca, osim na *opisthocranionu*, *rhinionu*, *gonionu* i točkama gornjih kutnjaka na kojima su mjere slične, dok žene imaju značajno deblje tkivo ispod brade i na točkama donje usne i infraorbitalnim točkama. Ultrazvučna istraživanja pokazale su slične rezultate. Helmerova istraživanja Europljana bijele rase, 1984., pokazala su da žene imaju tanja tkiva na većini područja u svim godinama. Iznimke su viđene na obrazima kod žena u svim godinama te na obrvama (čelo, *supraorbitale* i *glabella*) kod žena preko 60 godina gdje je tkivo bilo deblje nego kod muškaraca. Istraživanja na umrlima i istraživanja živih Europljana bijele rase, Amerikanaca bijele i crne rase, miješane rase južnih Afrikanaca i 9 etničkih grupa iz Sovjetskog saveza, indijske i japanske populacije su u suglasnosti. Svi

⁷² Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 141.

rezultati su pokazali kako muškarci imaju deblje tkivo na većini lica od žena, posebno na obrvama, čeljusti i ustima, a žene imaju deblje tkivo na obrazima.⁷³

4.4.3. Razlike u facijalnom tkivu povezane s godinama

His je otkrio da se s povećanjem godina kod Europljana bijele rase u muškoj populaciji povećava i tkivo na svim područjima osim *midphiltruma*, *nasiona* i gonijalnih točaka. S. Suzuki je u suglasnosti da se tkiva žena i muškaraca povećavaju s godinama, posebno ispod brade te je zaključio kako se tkivo preko maseteričnog mišića smanjuje između 60. i 80. godine. Prema Helmeru se s povećanjem godina kod žena povećava tkivo na bradi, obrazima, *glabelli*, čeljusti, stražnjem dijelu glave, ali se smanjuje na gornjoj usni i temporalnoj regiji. Isto tako, s povećanjem godina kod muškaraca povećava se tkivo na obrvama, bradi, *fossa canina*, nosu i područjima čeljusti, a smanjuje se na ustima, *nasionu* i donjim jagodicama. Što se tiče Amerikanaca bijele rase tkivo se povećava s godinama na *mentale* i *supraorbitale* točkama i *glabelli*, a smanjuje se na *supracanine*, *midphiltrum*, *supraglenoidale* i *gonion* točkama. Kod Amerikanaca crne rase tkivo se ne povećava s povećanjem godina, ali se smanjuje s godinama na točkama *midphiltrum*, *rhinion*, *gonion*, *supracanine* i *supraglenoidale*. Rezultati raznih istraživanja pokazala su kako su promjene tkiva povezane s godinama vrlo promjenjive.⁷⁴

4.4.4. Razlike u facijalnom tkivu povezane s etničkim podrijetlom

Kada se usporede istraživanja F. Birknera, E. Fischera i H. v. Eggelinga i rezultati o Europljanima dobiju se značajne razlike u tkivu između različitih grupa etničke pripadnosti. Birkner je zaključio da se meki dijelovi lica razlikuju više nego lubanje među etničkim grupama. Kineska lica imaju deblje tkivo od Papuanaca i Europljana na bradi, obrvama, gornjoj usni, spojevima zigomatične kosti, dok lica Papuanaca imaju tanja tkiva od Kineza i Europljana na *nasionu* i spojevima zigomatične kosti, a deblja na gonijalnim točkama i sredini donje čeljusti. Lica Amerikanaca crne rase imaju značajno više tkiva od ostalih grupa na gornjoj usni i točki *supraglenoidale*. J. S. Rhine i H. R. Campbell su otkrili da crna rasa pokazuje deblju dubinu tkiva nego europska lica na svim područjima osim od frontalne

⁷³ Isto, str. 141-145.

⁷⁴ Isto, str. 145.

eminencije; najveće razlike se vide na usnama, donjoj čeljusti i ispod te lateralno od očiju. Amerikanci crne rase imaju deblje tkivo nego Amerikanci bijele rase na svim točkama osim na čelu, *nasionu*, *rhinionu* i donjem prvom kutnjaku gdje su tkiva slična, dok je na supraorbitalnoj točki tkivo tanje.⁷⁵ S. Suzuki je otkrio da Japanci imaju tanja tkiva oko očiju, na bradi i na području masetera nego ostali te tanja tkiva na spojevima zigomatične kosti od Kineza, Europljana i Amerikanaca crne rase, a deblje tkivo na točki *supraglenoidale*. V. M. Phillips i N. A. Smuts su utvrdili da lica crnaca imaju deblja tkiva nego lica miješane rase na gornjim i donjim dijelovima lica posebice na frontalnoj eminenciji, donjoj usni i obrazima. Otkrili su da miješana rasa ima deblja tkiva na gornjoj usni, *philtrumu* i gonijalnim područjima nego bijelci, ali tanja tkiva na točkama *mentale*, *supraorbitale*, *nasion* te lateralnoj orbiti i obrazima. G. U. Lebedinskaya i sur. su otkrili široke međugrupne varijacije i manje razlike između devet različitih ruskih etničkih grupa. Pojavila su se preklapanja između europoidnih (Litvanci, Rusi, Uzbekistanci, Armenci) i mongoloidnih (Abhazi, Koreanci, Burjati) grupa i jedne grupe miješanog podrijetla - Kazahstanci koji su bliže mongoloidima, dok su Baškiri bliži europoidima.⁷⁶ Indijska lica pokazuju tanja tkiva na većini točaka od Amerikanaca crne i bijele rase, Europljana bijele rase i miješane rase južnih Afrikanaca. Muškarci iz Indije imaju deblja tkiva na donjoj usni i gornjem području molara i na *nasionu* od muškaraca miješane rase, a žene iz Indije imaju deblje tkivo na donjoj usni i gornjem području molara od žena miješane rase. Postoje velike razlike u dubini tkiva lica između različitih etničkih grupa što može biti odraz varijacije etničkih grupa, varijacija grupa etničke pripadnosti, težine i stasa ili odraz ogromne varijacije između pojedinaca.⁷⁷

Neki smatraju kako se prosječne mjere tkiva dobivene iz podataka o dubini tkiva ne mogu primijeniti na sve lubanje unutar istog spola, etničke pripadnost i godina. Ukoliko se upotrijebe netočni podaci o dubini tkiva rekonstrukcija lica može biti ugrožena. Podaci o tkivu mogu često upućivati na dubinu koja se ne čini prikladnom za lubanju, iako su podaci dobiveni iz točno određenog spola, etničke pripadnosti i godina. Tada bi se podaci o dubini tkiva trebali koristiti samo kao smjernice, a izrada rekonstrukcije bi trebala pratiti anatomiju i smjer lubanje.

⁷⁵ Rhine, J. S., Campbell, H. R. Thickness of facial tissues in American Blacks. // Journal of Forensic Science 25, 4(1980), str. 847-858. URL:

https://www.astm.org/DIGITAL_LIBRARY/JOURNALS/FORENSIC/PAGES/JFS11301J.htm (2019-09-19)

⁷⁶ Usp. Lebedinskaya, G. U.; Balueva, T. S.; Veselovskaya, E. B. Development of methodological principles for reconstruction of the face on the basis of skull material. // Forensic analysis of the Skull / Işcan, M. Y.; Helmer, R. P. (eds.) New York: Wiley – Liss Inc., 1993., str. 183-198.

⁷⁷ Isto, str. 146-149.

5. REKONSTRUKCIJA LICA

U području forenzike rekonstrukcija i prepoznavanje lica imaju vrlo važnu ulogu. Forenzika označava primjenu znanstvenih metoda i tehnika u istraživanju zločina.⁷⁸ Forenzične znanosti podrazumijevaju da se te metode i tehnike primjenjuju kako bi se dobili precizni odgovori u svrhu raspleta kaznenih događaja te kao pomoć pravosudnom tijelu radi utvrđivanja počinitelja kaznenih djela.⁷⁹ Prepoznavanje lica najviše se koristi kod pokušaja identifikacije osumnjičene osobe pri čemu mogu pomoći očevidac ili, u novije vrijeme, softver za prepoznavanje lica koji preko određenih točaka uspoređuje sliku osumnjičenog sa slikama iz baze podataka osumnjičenih osoba, dok rekonstrukcija lica pomaže kod identifikacije žrtve. Oba procesa imaju isti cilj, a to je identificirati nepoznatu osobu.⁸⁰

Rekonstrukcija lica je proces primjene umjetničkih vještina koje prate znanstvena pravila u svrhu izgradnje lica na lubanji koje bi moglo biti od koristi u procesu identifikacije pojedinca.⁸¹ Najustaljenija metoda korištena u procesu rekonstrukcije je pričvršćivanje materijala za modeliranje na lubanju koje dovodi do ponovnog stvaranja izgleda preminule osobe. Rekonstrukcija je od pomoći forenzičnim antropolozima kako bi napravili procjenu visine, težine i dobi pojedinca.⁸² Rekonstrukcija ili aproksimacija lica razvila se iz različitih izvora. Glavni poticaj za istraživanja u području znanosti proizašli su zbog potrebe identifikacije osumnjičenika ili žrtava. U drugim područjima, primjerice kraniofacijalnoj ortopediji razvila se u svrhu poboljšanja predoperativnog kirurškog planiranja. Svako područje zahtijeva točnost i preciznost konačnih rezultata.⁸³

Forenzična rekonstrukcija lica predstavlja tehniku identifikacije koja rekonstruira lice pojedinca, tj. njegov približan izgled koji će poslužiti kod prepoznavanja i dodatnih identifikacija forenzičnim analizama. Tehnika može biti od koristi arheološkim i obrazovnim

⁷⁸ Usp. Forensic. // Lexico Dictionaries. URL: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/forensic> (2019-02-16)

⁷⁹ Usp. Banić, M.; Bašić, Ž.; Anđelinović, Š. Nav. dj., str. 2.

⁸⁰ Crime Museum. URL: <https://www.crimemuseum.org/crime-library/forensic-investigation/facial-recognition-and-facial-reconstruction/> (2019-02-16)

⁸¹ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 39.

⁸² Usp. Facial Reconstruction. // USLegal. URL: <https://definitions.uslegal.com/f/facial-reconstruction/> (2019-02-16)

⁸³ Usp. Clement, J. G.; Marks, M. K. Introduction to facial reconstruction. // Computer-Graphic Facial Reconstruction / Clement, J. G.; Marks, M. K. Amsterdam; Boston; Heidelberg: Elsevier Academic Press, 2005., str. 3. URL: <https://www.elsevier.com/books/computer-graphic-facial-reconstruction/clement/978-0-08-045422-1> (2019-05-15)

ustanovama, primjerice muzejima kod stvaranja izložbi.⁸⁴ U području arheologije može se koristiti za prepoznavanje balzamiranih tijela, ostataka kostiju ili prepoznavanja lica ljudi iz prošlosti.⁸⁵ Tradicionalni pristupi koriste metode rekonstrukcije temeljene na glini. Takva rekonstrukcija je dosta subjektivan proces te se može razlikovati ovisno od osobe koja provodi rekonstrukciju.⁸⁶ Zbog toga se često postavlja pitanje o tome tko bi trebao izvoditi rekonstrukciju lica. Neki kritičari smatraju kako ista lubanja može pružiti više različitih verzija lica, dok drugi misle kako lubanja može pružiti samo jedno lice koje će dovesti do identifikacije. Kraniofacijalna rekonstrukcija korištena je kada se restauracija zbog nedovoljno mekog tkiva ne može završiti, odnosno kad je u pitanju samo kostur. Cilj takve rekonstrukcije je pomoću lubanje približno odrediti oblik lica pojedinca. Lubanja služi kao baza koja podržava meko tkivo, no odnos između točaka kraniofacijalnog kostura i mekog tkiva ne može se u potpunosti precizno predvidjeti te se rekonstruira približan oblik lica s dovoljno sličnosti. Ipak, nije cilj stvoriti savršenu sličnost s pojedincem nego dovoljnu sličnost koja će biti poticaj ili vodič prema identifikaciji od strane obitelji i prijatelja.⁸⁷

5.1. POVIJEST

Proces rekonstruiranja lica proizašao je iz opčinjenosti ljudskim licima, o čemu svjedoče rani simbolički primjeri modeliranja lica na lubanji. Smatra se kako ta opčinjenost oblikom lica može biti povezana s mozgom kao pomoći u prepoznavanju obiteljskih i plemenskih udruženja. U forenzici se prepoznavanje nepoznate osobe u najvećoj mjeri temelji na takvom vizualnom aspektu identifikacije.⁸⁸ Prvi postupak vezan uz stvarni izgled pokojnika bilo je stvaranje smrtnih maski, a prvi primjer smrtno maske pronađen je u egipatskom grobu koji datira iz 1370. god. pr. Kr. U Jerihonu su pronađena gipsana lica nadodana na lubanje koja datiraju iz 5500. god. pr. Kr. te neki smatraju kako je i to jedan od prvih pokušaja

⁸⁴ Usp. Moraes, C.; Dias, P.; Melani, R. Demonstration of protocol for computer-aided forensic facial reconstruction with free software and photogrammetry. // *Journal of Research in Dentistry* 2, 1(2014), str. 78. URL: http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/JR_Dentistry/article/view/1993 (2019-02-16)

⁸⁵ Usp. Gupta, Sonia et al. Forensic Facial Reconstruction: The Final Frontier. // *Journal of clinical and diagnostic research* 9,9(2015), str. 26. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4606364/> (2019-02-18)

⁸⁶ Usp. Tu, Peter, et al. Automatic face recognition from skeletal remains. U: 2007 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. IEEE, 2007., str. 1. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4270085> (2019-02-16)

⁸⁷ Usp. Quatrehomme, G.; Subsol, G. Nav. dj., str. 17-18.

⁸⁸ Usp. Taylor, R.; Craig, P. Nav. dj., str. 34-35.

rekonstrukcije karakteristika pokojnika.⁸⁹ Do velikog preporoda u umjetnosti smrtnih maski kao dijela rimskih pogrebnih obreda došlo je u 2. i 3. st. pr. Kr. te se daljnji preporod dogodio u srednjovjekovnom kršćanskom razdoblju gdje su se stvarali brončani portreti pokojnika. Lijevanje dijelova tijela u Europi postalo je uobičajeno od 12. do 18. stoljeća. Umjetnost smrtnih maski postala je najviše cijenjena tijekom talijanske renesanse, a talijanski umjetnici sa sjevera su predstavili modeliranje voskom. Renesansno razdoblje bilo je zainteresirano za strukturu i pokrete ljudskog tijela te su u 15. stoljeću umjetnici počeli obavljati ljudsku disekciju tj. raščlanjivanje u svrhu proučavanja anatomije. „Anatomica plastica“ ili anatomsko modeliranje voskom razvilo se u Italiji u 17. stoljeću zahvaljujući radovima kipara G. G. Zumba koji je prikazivao različite faze dekompozicije tj. raspadanja ljudskog tijela. Jedno od najpoznatijih djela, ujedno i jedan od najboljih primjera 3D rekonstrukcije je glava mrtvog čovjeka, u vosku, oblikovana preko prave lubanje gdje su mišići lica i struktura žlijezda vrlo precizno i stvarno prikazani. Zumbo je bio zaslužan za širenje modeliranja voskom diljem Europe, a najveći zagovornik u Engleskoj bio je A. Chovet. Njegov portfelj uključuje ljudske figure bez kože kako bi se detaljnije prikazala muskulatura ljudske glave koja prikazuje mišiće ždrijela, jezik i grkljan te povezane živce i krvne žile. Takvu umjetnost je dalje razvijao E. Lelli koji je stvorio anatomsko remek djelo modeliranjem mišića na pune kosture za potrebe medicinskog učenja. Svi ti umjetnici zaslužni su za teoriju prema kojoj oblik i proporcije lubanje pružaju strukturu i oblik muskulaturi, koja zauzvrat definira proporcije i morfologiju lica.⁹⁰

Postoji mnoštvo metoda i pristupa koji su korišteni za obnovu ili ponovno stvaranje izgleda nepoznate osobe. Rekonstruirala su se lica i biste poznatih ljudi iz povijesti za razne izložbe, autentifikaciju i zadovoljavanje znatiželje. Za rekonstrukciju lica kao akademsku vježbu su, krajem 19. stoljeća, prvenstveno bili zainteresirani njemački anatomi. Ustaljena praksa kod prvih pokušaja bila je potvrditi identitete poznatih osoba usporedbom njihovih lubanja s portretima, skulpturama, bistama ili smrtnim maskama. Prva rekonstrukcija lica predstavljala je lice slavnog njemačkog skladatelja Johanna Sebastiana Bacha, a napravljena je od strane anatoma Wilheima Hisa, 1895. godine. Uz njega je po prvim rekonstrukcijama poznat i Hermann Welcker, njemački anatom i fiziolog. On je zaslužan za rekonstrukcije lica Friedricha Schillera, Immanuela Kanta i Dantea Alighierija.⁹¹ Welcker i His zasebno su provodili mjerenja debljine mekog tkiva i proučavali odnose s koštanim detaljima te imaju

⁸⁹ Isto, str. 35.

⁹⁰ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 39-45.

⁹¹ Usp. Gupta, Sonia et al. Nav. dj., str. 26.

veliku važnost u području rekonstrukcije lica zbog utjecaja na sve daljnje radove. Početne rekonstrukcije temelje se na Welckerovoj tehnici rekonstrukcije lica koja je proizašla iz proučavanja prosječne debljine tkiva. Subjekti proučavanja bili su mrtvaci kojima je na različitim oznakama na licu umetao kirurške oštrice i tako mjerio dubinu prodiranja. His je napravio izmjene u toj tehnici krajem 1880-ih i početkom 1890-ih godina. Umjesto oštrice umetao je tanku oštru iglu koja je na vrhu imala komadić gume što je rezultiralo smanjenjem iskrivljenja tkiva i dobivanjem preciznijih rezultata mjerenja.⁹² Welckerova metoda koristila se za dobivanje preciznijih rezultata korištenjem smrtnih maski, problem kod te metode je pretpostavka da smrtne maske odgovaraju točnom anatomskom i morfološkom prikazu osobe. Prvom pravom znanstvenom rekonstrukcijom smatra se lice žene iz kamenog doba iz Auvenera u Francuskoj za čiju su rekonstrukciju zaslužni J. Kollman i kipar W. Buchly. Kollman je za rekonstrukciju koristio mjere debljine mekog tkiva prikupljene od stotine žena s tog područja te stvorio plan koji je oživio zahvaljujući umjetničkim vještinama kipara. Ostali rani pokušaji odnosili su se na rekonstrukcije drevnih arheoloških uzoraka i pretpovijesnih lubanja. Do pomaka je došlo kada se tehnika počela koristiti za identificiranje nepoznatih osoba iz forenzičnih ostataka. Kao tehnika identifikacije u Europi je u to vrijeme bila fotografska superpozicija. Ona se javila s pojavom fotografije te francuskog kriminalističkog sustava opisa i karakterizacije tzv. „Bertillonage“. F. Stadtmüller je prilagodio Welckerovu tehniku fotografiji te je pokušavao uskladiti proširenja forenzičnih fotografija s fotografijama lubanje snimljene objektivom iste žarišne duljine na standardnoj udaljenosti po pravilima Bertillonovog sustava.⁹³ Jedan od najpoznatijih slučajeva koji su imali koristi od fotografske superpozicije je slučaj ubojstva Bucka Ruxtona, 1935. godine. Predstavljao je važan povijesni slučaj identifikacije lica koji je trebao pokazati točnost tehnike kako bi se mogla prihvatiti na sudu. Napravljena je usporedba koristeći tehniku superpozicije između fotografija prije smrti te dvije djelomično macerirane lubanje za koje se smatralo da su gospođa Ruxton i njezina sluškinja. Upotrijebljeni su obrisi lubanja i fotografije te je utvrđeno kako jedna lubanja odgovara gospođi Ruxton te je sud prihvatio to kao dokaz podrške. Krivac je bio Buck Ruxton koji ih je ubio i uklonio oči, usne, nos, zube i kožu kako bi izbjegao identifikaciju. Prihvaćena je vrijednost superpozicije u isključivanju podudaranja između fotografije lica i lubanje, no nije dopuštena kao sredstvo utvrđivanja identifikacije bez dodatnih podataka.⁹⁴

⁹² Usp. Gupta, Sonia et al. Nav. dj., str. 26.

⁹³ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 45-48.

⁹⁴ Usp. Sauer, N. J.; Michael, A. R.; Fenton, T. W. Nav. dj., str. 433-434.

Ruski antropolog, Mikhail Mikhaylovich Gerasimov, modelirao je ljudska lica te rekonstrukcije uspoređivao s fotografijama tih osoba u posljednjim godinama života smatrajući kako tehnika može proizvesti dobru sličnost s tim pojedincima. Stvorio je mnogo crteža lica, pripremnih crteža za skulpture, no najpoznatiji je po 3D rekonstrukcijama. Tvorac je anatomskog pristupa koji obuhvaća modeliranje svakog mišića lica na lubanji.⁹⁵ Opisao je svoju anatomsku metodu kao stavljanje mišića, masti, žlijezda slinovnica i kože napravljenih od specifičnih materijala te ju je koristio na paleontološkim uzorcima, a kasnije i u forenzičnim slučajevima.⁹⁶ Metoda se sastoji od dva dijela, to su početna faza koja uključuje stvaranje glave te rekonstrukciju žvačnih i vratnih mišića te druga faza koja se odnosi na modeliranje maske lica za što je potrebno iskustvo. Smatrao je kako se detalji lica mogu odrediti na temelju koštanih struktura. Primjerice, vjerovao je kako oblik nosa može biti određen iz nosnih kostiju, gornje čeljusti i obrva; oči se mogu odrediti uz pomoć orbitalne kosti i suznih kanala te korijena nosa; oblik usta preko gornje čeljusti i zuba; a uši se mogu odrediti iz mastoidnog procesa, kraka donje čeljusti i slušnih kanala.

U SAD-u je prvi rekonstrukciju lica izradio J. H. McGregor čija se rekonstrukcija pretpovijesnog čovjeka čuva u Prirodoslovnom muzeju u New Yorku. H. H. Wilder je više pozornosti pridodao europskim metodama rekonstrukcije. Rekonstrukcija u SAD-u nije preuzeta do 1946. godine kada je provedeno istraživanje o točnosti tehnike od Wiltona Krogmana i kipare McCuea i Frosta. Krogman je, uz fizičkog antropologa Clydea Snowa i forenzične umjetnice Betty Pat Gatliff, stvaratelj američke 3D metode. Njihov rad se bavio utvrđivanjem identiteta američkog domoroca. Gatliff je rekonstruirala polovicu lica, dok je druga polovica stvorena koristeći zrcalnu fotografiju te se počela shvaćati važnost asimetrije lica. Američka metoda temelji se na prosječnim podacima o debljini tkiva dobivenih iz tablica koje se odnose na različiti spol, godine i etničku pripadnost. K. Taylor dijeli metodu na dvije faze, prva je tehnička ili formalna faza koja se odnosi na prikupljanje informacija, pripremanje lubanje, primjenu dubine tkiva te stvaranje obrisa lica, dok je druga faza umjetnička i uključuje skulpturiranje značajki lica i završavanje glave.

Krogman je želio utvrditi može li se metoda koristiti i u forenzičnim istraživanjima. Pokušao je rekonstruirati lice pokojnika čiji mu je identitet bio poznat uz pomoć kipara kojemu je ta osoba bila nepoznata. Sličnost s izvornim licem bila je dovoljno uspješna kako bi se

⁹⁵ Isto, str. 48-49.

⁹⁶ Usp. Quatrehomme, G.; Subsol, G. Nav. dj., str. 18-19.

opravdalo korištenje rekonstrukcije u forenzičnim slučajevima.⁹⁷ Sličan proces je ponovio i M. Y. Işcan, 1979. godine, u suradnji s umjetnikom koji je slijedio njegove upute te se nakon identifikacije uvidjelo kako je moguće usporediti skicu i stvarno lice osobe. Kasnije se vidjela sličnost između skice uspoređene s 3D kraniofacijalnom ručnom rekonstrukcijom iste osobe koju je izradio M. Charney. M. C. Caldwell je utemeljila 2D rekonstrukciju lica u SAD-u. Razvila je tehniku predstavljajući Krogmanove smjernice i principe obilježja lica od B. P. Gatliff te je predložila korištenje lateralnih i frontalnih pogleda na lubanju u stvarnoj veličini na koju se mogu dodati podaci o dubini tkiva popraćeni crtanjem lica.

Velika Britanija koristila je tehniku superpozicije, dok je u Njemačkoj R. Helmer pratio američku metodu, ali je za rekonstrukcije koristio vosak. R. Neave je spojio dvije metode, koristio je isti set prosječne dubine tkiva kao američka metoda, ali je pratio Gerasimov pristup pri korištenju markera za dubinu tkiva kod postavljanja sloja kože preko strukture mišića. Radio je s gipsanim lubanjama i glinom te je često gradio strukturu vrata kako bi rekonstrukcija imala uravnotežen izgled. Neki od njegovih najpoznatijih radova su Filip II. Makedonski, „Lindow Man“ i Kralj Mida. Kombinacija dvije metode u rekonstrukciji lica pokazala se najtočnijom tehnikom. U njoj se koriste koštani detalji lubanje kako bi se utvrdili oblik i detalji lica, a zatim se oslanja na podatke o debljini tkiva kao vodiče u stvaranju mekog tkiva lica. Manchester metoda uključuje proučavanje anatomije lica, antropometrije, ekspresije lica, antropologije te odnose između tvrdih i mekih tkiva lica. Za ovu metodu potrebno je vrijeme posvetiti učenju i uvježbavanju.⁹⁸

5.2. METODE REKONSTRUKCIJE LICA

Rekonstrukcija lica može se podijeliti na tri glavne metode:

1. dvodimenzionalna (2D) umjetnička reprezentacija lica,
2. trodimenzionalna (3D) rekonstrukcija lica koja koristi skulpturalnu metodu,
3. trodimenzionalna (3D) rekonstrukcija lica pomoću računalno generiranih slika.⁹⁹

⁹⁷ Usp. Taylor, R.; Craig, P. Nav. dj., str. 35.

⁹⁸ Wilkinson, C. Nav. dj., str. 55-62.

⁹⁹ Isto, str. 39.

5.2.1. Dvodimenzionalne metode rekonstrukcije lica

Dvodimenzionalna rekonstrukcija lica temelji se na procjenama dubine mekog tkiva lica, a za razvoj metode, 1980-ih godina, zaslužna je Karen Taylor.¹⁰⁰ Rekonstrukcija se postiže skiciranjem na papiru ili računalu, a oslanja se na fotografije prije smrti i lubanju. Najjednostavniji način je uzeti fotografiju lubanje, u punom licu ili prikazu profila, postavljene na frankfurtskoj horizontali te ju povećati do svoje izvorne veličine. Podaci o debljini tkiva primjenjuju se na antropometrijske oznake lubanje te se njihovim spajanjem stvara opći obris lica. Ovaj proces zahtijeva suradnju forenzičnog antropologa čiji je zadatak izvršiti analizu skeletnih ostataka, odrediti spol, dob, rasu, veličinu tijela, traume, zdravstvene probleme, položaj značajki lica i slično koji su putokaz forenzičnim umjetnicima pri stvaranju lica sa slike. Sličan postupak se može napraviti i s rendgenskim snimkama. Važno je znati kako se pojedini dijelovi lica razlikuju s obzirom na dob, spol i rasu te se s vremenom mijenjaju. Ova metoda skiciranja često se koristila kako bi se uštedili troškovi i vrijeme.¹⁰¹ No, smatra se kako su ovakve metode više subjektivne i umjetničke, a ne znanstvene. Osim skiciranja, postoji i tzv. Georgeova metoda. Ona se temelji na prosječnim debljinama mekog tkiva postavljenim u odnosu na rendgenske zrake lica iz profila. R. George mjerio je dubine mekih tkiva u odnosu na radiološke točke (*glabella, supraglabella, pogonion, gnation, menton, nasale, nasion, subspinale, supramentale, suprapogonion*). Točke mekog tkiva su rekonstruirane crtanjem nagiba okomito ili ukoso na točku postavljajući odgovarajuću duljinu na nagibu koja predstavlja prosječnu dubinu mekog tkiva u točki. Ova metoda pruža samo stilizirani profil lica, no izbjegava pogreške u rekonstrukciji profila pojedinca te je korisna za proces kraniofacijalne rekonstrukcije.¹⁰² George je razvio smjernice za izradu lateralnih crteža te pružio posebne dijagrame i matematičke prijedloge za predviđanje i računanje individualnih značajki u profilu.¹⁰³ 2D tehnike temeljene su na superpoziciji slika lubanje. Lubanje moraju biti fotografirane na isti način kao i fotografije osobe, vizualna kontrola je temelj za poravnanje, a cilj je stvoriti podudarnost između lubanje i lica.¹⁰⁴ U novije vrijeme,

¹⁰⁰ Gupta, Sonia et al. Nav. dj., str. 26.

¹⁰¹ Usp. Bandyopadhyay, S. K.; Basu, N.; Nag, S. Facial reconstruction- a review. // International Education and Research Journal 1, 5(2015), str. 35. URL: https://www.academia.edu/19837924/FACIAL_RECONSTRUCTION- A_REVIEW (2019-02-12)

¹⁰² Usp. Quatrehomme, G.; Subsol, G. Nav. dj., str. 23-24.

¹⁰³ Usp. Taylor, K. T. Forensic Art and Illustration. 1st ed. Boca Raton: CRC Press, 2000, str. 370. URL: <https://books.google.hr/books?id=5QQwAsJkBiEC> (2019-02-12)

¹⁰⁴ Usp. Subke, J. Digital 3D reconstruction of skulls from fragments using SLT and CAD/CAM tools. // Computer-Graphic Facial Reconstruction / Clement, J. G.; Marks, M. K. Amsterdam; Boston; Heidelberg: Elsevier Academic Press, 2005., str. 164. URL: <https://www.elsevier.com/books/computer-graphic-facial-reconstruction/clement/978-0-08-045422-1> (2019-05-15)

kao pomoć su poslužili računalni programi poput FACES-a (engl. *Forensic Anthropology Computer Enhancement System*) i CARES-a (engl. *Computer Assisted Recovery Enhancement System*) koji su ubrzali stvaranje rekonstrukcije. Koriste se snimanjem i digitalizacijom fotografija ili rendgenskih slika koje se mogu uređivati te stvaraju elektronički izmijenjene verzije slike.¹⁰⁵

5.2.2. Trodimenzionalne metode rekonstrukcije lica

Trodimenzionalne metode mogu se podijeliti na ručne 3D metode i računalne 3D metode. Ručne metode obuhvaćaju: antropometrijsku ili američku metodu, anatomsku ili rusku metodu te kombiniranu Manchester ili britansku metodu. Antropometrijsku ili američku metodu razvio je Krogman, 1946. godine. Ona se temelji na podacima o dubini mekog tkiva, a mjerenja se izvršavaju pomoću igala, ultrazvuka ili rendgenskih zraka. Budući da se mišići označavaju na pravilan anatomski način, ova metoda zahtijeva trening i iskustvo. Najčešće je koriste policijska tijela. Anatomska ili ruska metoda razvijena je od Gerasimova, 1971. godine. U njoj je stavljen naglasak na oblikovanje mišića, dok se dubina mekog tkiva ne uzima u obzir. Metoda se sastoji od preciznog oblikovanja mišića te postavljanja mišića, hrskavice i žlijezda na lubanju sloj po sloj. Za nju je potrebno odlično znanje anatomije, no znatno je sporija od američke metode. Korištena je za rekonstrukciju fosilnih lubanja, no danas se obično više ne koristi. Manchestersku metodu razvio je Neave, 1977. godine, te je postala široko prihvaćena. Koristi kombinaciju metoda te u obzir uzima i mišiće lica i dubinu mekog tkiva. Metoda počinje uzglobljavanjem kranijuma i donje čeljusti te postavljanjem lubanje na stalak u položaju frankfurtske horizontale. Na lubanju se zatim dodaju markeri za dubinu tkiva postavljeni pod kutom od 90 stupnjeva. Duljina markera označava prosječnu dubinu tkiva određene antropometrijske oznake. Ekspresije lica i mastikatorni mišići se modeliraju pomoću gline i postavljaju na lubanju na temelju svog podrijetla, a oblik i veličina mišića određuje se prema ishodišnom tvrdom tkivu. U očne šupljine postavljaju se gipsane ili plastične očne kugle, promjera 25 mm, na način da tangenta koja se uzima od sredine supraorbitalne margine do sredine infraorbitalne margine dotakne šarenicu. Maksimalna širina nosa i njegov oblik određuje se preko nosnog otvora na najširoj točki te iznosi oko 3/5 ukupne širine nosa. Za uho se predviđa da odgovara duljini nosa, dok se kanal za uho smješta pomoću vanjskog slušnog kanala. Širina usta odgovara širini šest prednjih zubi, a debljina se

¹⁰⁵ Usp. Gupta, Sonia et al. Nav. dj., str. 27.

izračunava prema gornjim i donjim prednjim zubima. Nakon postavljanja mišića dodaje se novi sloj gline koji predstavlja potkožnu masnoću i kožu te se pritom pazi na dužinu markera.¹⁰⁶ 3D tehnike temelje se na superpoziciji trodimenzionalne površine kože na trodimenzionalnu površinu lubanje uzimajući u obzir debljinu mekog tkiva.¹⁰⁷

Neki autori ručne 3D metode dijele na morfološku i morfometrijsku metodu. Morfološka metoda je anatomska metoda u kojoj su mišići i masti postavljeni na lubanju i prekriveni slojem kože. U završnoj fazi se modeliraju značajke lica, ali ne po pravilima nego anatomskom znanju i iskustvu. Morfometrijska metoda izrađuje lice na temelju informacija o prosječnoj debljini tkiva. Kod morfološke metode odabiru lokacije na površini lubanje gdje se određuje debljina tkiva lica. Površina lica se pri tom prilagođava kako bi se uklopila na odabrane lokacije primjenom 3D transformacije. Postoji i treća metoda koja se temelji na registraciji. U njoj se napravi referentni model glave koji se može izvući iz 3D slika dobivenih 3D laserskim skeniranjem ili računalnom tomografijom. Zatim se referentna lubanja registrira modelom nepoznate lubanje kako bi se izračunala 3D deformacija koja se nakon toga može primijeniti na referentno lice kako bi se zaključilo nepoznato lice.¹⁰⁸

5.2.3. Računalna rekonstrukcija lica

Računalnu rekonstrukciju su prvi put proučavali na UCL-u (engl. *University College London*), 1980. godine J. P. Moss i sur., a temeljila se na sustavu korištenom za kranijalnu rekonstruktivnu kirurgiju. Postupak je proveden pomoću video kamere i laserskog linijskog skenera koji su proizveli digitalizirane površinske podatke s lubanje. Razvili su sustav za 3D površinsko prikupljanje podataka koji ima ograničene ručne intervencije te je podložan minimalnoj ljudskoj pogrešci. Nakon snimanja, laserski skenirani podaci prikazuju se kao zatamnjena 3D površina na kojoj operator označava antropometrijske oznake te im pridodaje prosječnu debljinu tkiva. Zatim se odabire prosječno lice ovisno o spolu, etničkoj pripadnosti i godinama te se morfira kako bi odgovaralo novoj lubanji. Kasnije se mogu nadodati značajke lica poput kose i otvorenih očiju. Radi usporedbe ručnih i računalnih tehnika proveden je slijepi test s poznatom lubanjom. Završene rekonstrukcije su uspoređene s fotografijom

¹⁰⁶ Isto.

¹⁰⁷ Usp. Subke, J. Nav. dj., str. 164.

¹⁰⁸ Usp. Subsol, G.; Quatrehomme, G. Automatic 3D facial reconstruction by feature-based registration of a reference head. // *Computer-Graphic Facial Reconstruction* / Clement, J. G.; Marks, M. K. Amsterdam; Boston; Heidelberg: Elsevier Academic Press, 2005., str. 79-81. URL: <https://www.elsevier.com/books/computer-graphic-facial-reconstruction/clement/978-0-08-045422-1> (2019-05-15)

rekonstruiranog pojedinca, a rezultati su pokazali kako se obje metode mogu koristiti za identifikaciju. Problemi kod računalne tehnike bili su mali broj podataka o dubini tkiva te ograničenost značajki lica. Ručna metoda proizvodi realističnije lice, no potrebno je više vremena za rekonstrukciju, a kasnije izmjene je teže napraviti. D. H. Ubelaker i G. O'Donnell su manipulirali slikom lica kako bi odgovarala proporcijama lubanje i služili su se sustavom koji ima sposobnost retuširanja i fotokompozicije te je mogao pohraniti nekoliko varijacija. Evenhouseov sustav koristio je 22 kranimetrijske i cefalometrijske točke, od kojih njih 8 označava opseg mekog tkiva, a ostale se točke odnose na translaciju, skaliranje i rotaciju značajki. Prema predlošku lica se stvara prosječno lice koje se zatim usklađuje s neidentificiranom lubanjom koristeći lokaciju antropometrijskih oznaka. Mogu se stvoriti višestruke varijacije lubanje, no lica uključuju informacije koje se ne mogu odrediti iz lubanje, primjerice boju kose ili očiju. To može izazvati zbunjenost kod prepoznavanja zbog velikog broja značajki te je moguće da se više prepoznaju općenitije rekonstrukcije lica. Volume Deformation System počeo je koristiti magnetsku rezonancu (MR) za snimanje glave. MR snimke prikupljaju matricu mjera koje mogu proizvesti velik broj dubina tkiva, no problem je što se prikupljaju iz ležećeg položaja te gravitacija ima utjecaj. Sustav je bio brz, ali netestiran, a najveće ograničenje procedure je što je koristio lice kojem bi konačni rezultat sličio, ali je bio blizu stvarnom licu koliko i uzorak lica. Cilj računalnih sustava je povećati brzinu i učinkovitost. Idealan računalni sustav trebao bi se sastojati od 3 koraka: 1. prikupljanje informacija s neidentificirane lubanje opremom za skeniranje, 2. dodavanje karakterističnih detalja (dob, spol, stas) te 3. izrada rekonstrukcije lica. Jedan od najvećih problema ručnih tehnika su znanje i sposobnosti provoditelja rekonstrukcije lica te njihova subjektivnost koju računalne tehnologije pokušavaju spriječiti. No, računalne rekonstrukcije se oslanjaju na ograničene informacije kod stvaranja lica. Oslanjaju se na opće odrednice i podatke o dubini tkiva, a ne na opsežne informacije koje se mogu dobiti iz koštanih detalja.¹⁰⁹

5.3. ODNOS MEKOG I TVRDOG TKIVA LICA

Kraniofacijalna rekonstrukcija lica zahtijeva temeljitu antropološku analizu. Lubanju je potrebno precizno promotriti i napraviti klasična mjerenja, vertikalna, sagitalna i horizontalna te izračunati indekse i kutove koji ukazuju na rasu i opći oblik lica i lubanje. Kutovi su korisni jer daju informacije o obliku lubanje te procjeni postojanja prognatizma ili ortognacije, a

¹⁰⁹ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 62-68.

možu se izračunati iz mjerenja izvedenih na lubanji ili izravnim mjerenjem na rendgenskim snimkama ili lubanji.¹¹⁰

Gerasimov je vjerovao kako postoji povezanost između površine mekog sloja lica i reljefa lubanje što može biti prikazano asimetrijom lubanje i lica. Asimetrija je jedan od osnovnih, prirodnih elemenata koji predstavljaju individualnost pojedinca. Razjasnio je to pomoću fotografskog istraživanja lica i stvaranja zrcalnih fotografija pomoću fotografija lijeve i desne strane lica tako da je jedno lice stvoreno od dvije lijeve, a drugo od dvije desne strane što upućuje na važnost asimetrije. Da bi se uočila u svakodnevnom životu treba biti upadljiva, a položaj glave i izrazi lica čine ju manje primjetljivom. Nainys i Fedosyutkin su gornji dio lica podijelili na četiri vrste: četvrtasto, zaobljeno, trokutasto i ovalno koji su određeni poprečnim lukovima kranija koji mogu biti ovalni, peterokutni, pravokutni i polukružni. Oblik donjeg dijela lica prati obris donje čeljusti, a ako je gonijalni kut manji od 125° te koronoidni nastavak širok i nizak oblik će biti širi i četvrtastog ili okruglastog oblika. Ukoliko je gonijalni kut veći od 125° te koronoidni nastavak visok lice će biti uže te imati trokutasti ili ovalni oblik. Prepoznatljive značajke lica poput nosa, očiju, usana, ušiju ili obrva razlikuju se od pojedinca do pojedinca te se za rekonstrukciju lica koriste opće informacije.¹¹¹

5.3.1. Rekonstrukcija nosa

Rekonstrukcija nosa jedan je od težih zadataka budući da je nos jedna od najupečatljivijih karakteristika lica. Prvi koji je naglasio važnost nosa u rekonstrukciji je Tandler. Istraženi su odnosi između nosne kosti, nosne hrskavice i vanjskog nosa, a rezultati su pokazali kako visina vanjskog nosa odgovara udaljenosti točaka *nasion* i *subspinale* na lubanji. Schultz je primijetio kako se točka *subnasale*, središnja točka baze izdanka ispod *spina nasalis*, nalazi ispod točke *subspinale*¹¹², najdublje točke udubljenja prednjega obrisa zubnoga ležišta gornje čeljusti¹¹³, kod bijele rase za 1,4 mm, a kod crne rase 1,6 mm, dok su kod rođenja točke smještene obrnuto.¹¹⁴ Otkrio je i kako je širina nosa uvijek veća od *aperture piriformis*, u prosjeku za 15 mm kod crne, a 10 mm kod bijele rase. Gatliff i Snow su dobili slične prosječne rezultate širine te nadodaju kako nosna projekcija iznosi tri dužine nosnog trna.

¹¹⁰ Usp. Quatrehomme, G.; Subsol, G. Nav. dj., str. 20.

¹¹¹ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 94-102.

¹¹² Isto, str. 103.

¹¹³ Subspinale. // Struna: Hrvatsko strukovno nazivlje. URL: <http://struna.ihj.hr/naziv/tocka-lt-i-gt-subspinale-lt-i-gt/15303/#naziv> (2019-02-18)

¹¹⁴ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 103.

Prema Shultzu je nos najizrazitija značajka etničke pripadnosti te se on, uz Virchowa, slaže s teorijom kako je nos više istaknut kod bijele rase te ima više izbočenu nosnu pregradu, *septum nasi*, i treba veću potporu hrskavice. Meki dijelovi nosa smatraju se prirodnim nastavcima koštanih dijelova, a kako bi se točno procijenio oblik nosa, prvo treba točno procijeniti gornju čeljust, jagodične kosti, *glabellu*, oči i obrve. Prema Gerasimovu će istaknuta *glabella* pratiti istaknute grebene obrva i nosni trn te prateći nosne kosti može odrediti stupanj izbočenja nosa i opći oblik profila, a obris nosnog otvora i oblik lateralne nosne kosti može odrediti oblik krila. Mathews i Broadbent su otkrili kako su nosna krila produžena do unutarnjeg *cantusa* i da je profil nosa paralelan s osi uha te da je koštana struktura nosa jednaka polovici dužine nosa. Prema Angelu, oblik nosnih kostiju morao bih odrediti oblik nosa te bi isto tako oblik nosnog trna trebao odrediti oblik vrha nosa, a nagib nosnog trna odražava nagib baze nosa. Gerasimov je zaključio kako je profil nosa projiciran od dvije ravne linije, jedna kao nastavak smjera točke nosnog trna, a druga od tangente do zadnje trećine nosne kosti. Mjesto na kojem se linije presijecaju označava položaj vrha nosa. Općenito je prihvaćeno kako širina nosnog otvora na najširoj točki iznosi $\frac{3}{5}$ cjelokupne širine nosa. Ravan i tanak nos obično ima usku međuorbitalnu udaljenost, slabu *glabellu*, visok i uzak nosni most, tanke nosne kosti, oštre donje kutove otvora, sam otvor produžen i uzak, nosni trn usmjeren prema naprijed, nikad dolje, i oštar profil lica. Ptičji ili kukasti nos je karakterističan za lice s istaknutom i oštrom nosnom kosti, jakom *glabellom*, debljim nosnim kostima u obliku zvona, uskom bazom, snažno razvijenim nosnim trnom usmjerenim prema gore ili dolje, simetričnom *aperturom piriformis* i uskim licem. Široki, mesnati nos je karakterističan za širu, okruglastu aperturu *piriformis*, nosni trn je usmjeren prema gore ili ravno, kosti su široke i zaobljene u obliku zvona s jednostavnim obrisom i donjim rubom u obliku srca. Prćasti nos ima tup i zaobljen donji rub, kratku *aperturu piriformis*, udubljeni korijen sa zaobljenim i širokim lukom i kratki nosni trn usmjeren prema gore. Profil nosa može se odredit pomoću metode Lebedinskaya koju su u istraživanjima koristili Ubelaker i Prokopec. U toj metodi linija A rasijska *prothion* i *nasion*, dok je linija B paralelna s linijom A te se križa s najistaknutijom točkom nosne kosti. Na A i B linije se okomito crtaju 4 do 6 linija s istom međusobnom udaljenosti između nosne kosti i baze *aperture piriformis*. Na svakoj okomitoj liniji mjeri se udaljenost od linije B do ruba nosnog otvora te se ista udaljenost dodaje sa suprotne strane linije. Spoj tih točaka trebao

bi prikazati oblik nosa.¹¹⁵ Treba uzeti u obzir da se nos povećava tijekom cijelog života te se nosni most širi, a vrh se naginje prema dolje.¹¹⁶

5.3.2. Rekonstrukcija brade

Tandler je otkrio kako debljina mekog tkiva i stupanj protruzije brade nisu povezani. Prema Gerasimovu, brada će imati nježniji obris te će mišićno tkivo nježnije prekriti kost ako je donji rub čeljusti lagano zaobljen unutra te ako nema hrapavosti i kreste. Brada će biti teška i masivna ukoliko donji rub čeljusti ima istaknutu krestu te su mišići dobro razvijeni. Rascijepljenu bradu karakterizira središnji žlijeb na mentalnoj eminenciji te jaki mišićni privitci za mentalne mišiće. Nainys i Fedosyutkin su utvrdili kako širina baze donje čeljusti i stupanj elevacije frontalnog dijela određuju širinu brade.¹¹⁷ Oni su bradu podijelili na duguljastu, trokutastu, okruglu i ovalnu. Brada se ne bi trebala rekonstruirati kao odvojeni dio nego unutar cjeline usta – usne – brada.¹¹⁸

5.3.3. Rekonstrukcija ušiju

Uši su jedna od značajki koja se ne može utvrditi s lubanje. Neki antropolozi predlažu da je os uha (od najsuperiornije točke heliksa do najinferiornije točke ušne školjke) paralelna s nosom, no ta teorija nema temelj u znanstvenim istraživanjima. Skiles i Randall su pružili uvjerljiviju teoriju proučavanjem iz kojeg su utvrdili da kut između kuta nosa i osi uha iznosi 15°. Neki stručnjaci predlažu postavljanje vanjskog slušnog kanala na vrh tragusa uha. Nainys i Fedosyutkin su smatrali kako se više informacija o ušima može dobiti iz lubanje pomoću mastoidnog nastavka. Izjavili su i kako bi gornju protruziju uha mogla uzrokovati jako razvijena i izbočena supramastoidna kresta, a donju protruziju uzrokuje gruba vanjska površina mastoidnog nastavka. Isto tako, ako je mastoidni nastavak usmjeren prema dolje ušna školjka će biti više prilijepljena, a ako je nastavak usmjeren prema naprijed slobodnija. Po Gerasimovu je os uha paralelna s osi čeljusti, a širina uha približna je polovici njegove dužine. Veliki, istaknuti mastoidni nastavci karakteristika su velikih i raširenih ušiju, dok su

¹¹⁵ Isto, str. 104-110.

¹¹⁶ Usp. Taylor, R.; Craig, P. Nav. dj., str. 39.

¹¹⁷ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 119.

¹¹⁸ Usp. Quatrehomme, G.; Subsol, G. Nav. dj., str. 27.

mali, medijalno usmjereni mastoidni nastavci obilježje malih ušiju bližih glavi.¹¹⁹ Prema Matthewsu i Broadbentu vrh uha nalazi se blizu razine obrva, a donji dio blizu razine vrha nosa, dok prema Rogersu i Tollethu širina uha iznosi 50 - 65% svoje visine.¹²⁰ Većina stručnjaka koristi pristup s pravilom palca, jedna trećina uha je iznad vanjskog slušnog kanala, dok su druge dvije trećine ispod te je uho približno iste duljine kao i nos.¹²¹ Svi stručnjaci se slažu kako uši imaju složenu strukturu te se moraju modelirati po intuiciji.

5.3.4. Rekonstrukcija očiju

Oči predstavljaju vrlo bitan dio cijelog lica te njihov položaj ukazuje na točnost proporcija sredine lica. Rekonstrukcija očiju zahtijeva postavljanje očne jabučice u 3 dimenzije, vertikalni položaj određen je vertikalnim položajem zjenice smještene na sredini orbite, odmah iznad linije koja spaja endokantus i ekzokantus ili u gornje 3/5 orbite.¹²² Stewart je otkrio kako anteriorna površina suzne vrećice, *saccus lacrimalis*, najbolje pokazuje stupanj medijalnog kuta očne fisure. Van den Bosch i sur. su otkrili kako se očna fisura produljuje između 12. i 25. godine života za 10%, a za sličan postotak se smanjuje između srednje i starije dobi. Starenje uzrokuje pojavu kožnih nabora, mijenjanje položaja obrva, spuštanje kapaka, no ne utječe na položaj lateralnog *canthus* i očne jabučice. Oko su najdetaljnije proučili Nainys i Fedosyutkin koji su utvrdili kako dužina očne fisure odgovara 60 – 80% širine orbite, a otkrili su i da nabori kapaka mogu biti određeni strukturom supraorbitalnog ruba. Smjer tog ruba prati nabor učvršćenog dijela gornjeg kapka. Ukoliko u središtu ruba postoji presjek, nabor kapka će biti smješten u njegovom središtu. Ako je lateralni rub nakrivljen gore i posteriorno te zadebljan nabor je više izražen lateralno, a ukoliko je nosni korijen nizak ili srednje visine, orbita viša, lakrimalna udubina dugačka onda će nabor biti više izražen medijalno. Prema Gerasimovu, mongoloidi imaju najmanje očne jabučice, a najveće orbite, negroidima su jabučice srednje veličine, a orbite najmanje, dok bijela rasa ima orbite srednje veličine, a najveće očne jabučice po čemu se može vidjeti da veličina orbita i očiju nisu povezane. Također, vršila su se istraživanja o protruziji očnih jabučica. Prema Wolffu će ravna linija koja je postavljena nasuprot superiornog i inferiornog orbitalnog ruba promašiti ili dotaknuti prednji dio rožnice. Nainys i Fedosyutkin su zaključili kako protruzija

¹¹⁹ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 119-122.

¹²⁰ Usp. Quatrehomme, G.; Subsol, G. Nav. dj., str. 27.

¹²¹ Usp. Taylor, R.; Craig, P. Nav. dj., str. 41.

¹²² Usp. Quatrehomme, G.; Subsol, G. Nav. dj., str. 26.

treba biti određena stupnjem i debljinom višenja gornjeg orbitalnog ruba, vertikalnom inklinacijom orbite i dubinom orbitalne šupljine. Dublje uvučene oči češće se javljaju u slučaju isturenog i zaobljenog gornjeg orbitalnog ruba. Protruzija jabučica i širok otvor očne fisure javljaju se kod glatko zadebljanog vanjskog ruba i slabog orbitalnog profila. Mautner i Wilkinson su koristili MR snimke te su predložili da bi jabučice trebalo postaviti tako da tangenta između superiornog i inferiornog orbitalnog ruba dotiče šarenicu te otkrili da se sa smanjenjem protruzije jabučice povećava dubina orbita.¹²³ Dogovoreno je da se očne jabučice postave u središte orbite, s vrhom rožnice koja leži na spoju linije koja povezuje središnju točku medijalnog i lateralnog orbitalnog ruba te superiornog i inferiornog ruba.¹²⁴ Nainys i Fedosyutkin su izjavili kako supraorbitalna koštana struktura može odrediti oblik obrva. Ukoliko su supraorbitalni rub i greben obrva jako razvijeni, obrve će biti pomaknute prema dolje, otprilike 1-2 mm niže od ruba. Ako su greben obrva i nosni most slabo razvijeni srednja trećina obrva bit će smještena u orbiti, odmah ispod supraorbitalnog ruba, a lateralne 2/3 će se postepeno uzdići do ruba i pratiti njegov obris. S jakim grebenom obrva i zadebljanju na lateralnom dijelu ruba obrve će bit raspoređene preko tog u trokutastom obliku. Prema Angelu, obrve općenito prate liniju grebena te su postavljene oko 3-5 mm iznad supraorbitalnog ruba.¹²⁵

5.3.5. Rekonstrukcija usta

Usta su pokretni dio lica koji doprinose njegovom izrazu te su dosta promjenjiva. Prihvaćena je pretpostavka kako je širina usta približno jednaka udaljenosti između zjenica. Istraživanja Henneberga i Stephana su primjenom dvodimenzionalnih fotografskih podataka utvrdila da širina usta iznosi oko 133% širine između očnjaka. Otkrili su kako bi korištenjem udaljenosti među zjenicama bijela rasa i Azijati imali preširoka usta.¹²⁶ Mathews i Broadbent su izjavili da se spoj gornje i donje usne nalazi na liniji okomitoj na medijalni rub šarenice. Gatliff i Snow su kutove usana odredili usklađujući ih s najširom točkom brade te središtem zjenica, dok su ih Işcan i Krogman smjestili direktno ispod središta zjenice. Debljina usana, prema Gerasimovu, temelji se na sjekutićima, prognatizmu zubi i alveolarnim dijelovima gornje i donje čeljusti. Veliki i naglašeni zubi obilježje su debljih usana i prognatizma, dok su mali i

¹²³ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 110-113.

¹²⁴ Usp. Taylor, R.; Craig, P. Nav. dj., str. 38.

¹²⁵ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 113.

¹²⁶ Usp. Taylor, R.; Craig, P. Nav. dj., str. 40-41.

ravni obilježje tankih usana i ortognacije. Angel je zaključio da se linija donjeg ruba donje usne nalazi iznad sredine krune sjekutića, a kutovi usana smješteni su kod prvog spoja očnjaka i pretkutnjaka. Također, za debljinu usana je zaključio da ovisi o etničkoj pripadnosti, projekciji zubi te snazi bukcinatora i incizivnih mišića. Wilkinson je otkrio da udaljenost između limbusa rožnice predstavlja najtočniju odrednicu širine usta te da taj odnos nije pod utjecajem etničkog podrijetla i spola. Njegova daljnja istraživanja pokazala su povezanost između debljine donje usne i visine zubi donje čeljusti te debljine gornje usne i visine zubi gornje čeljusti, ali postoje standardi ovisni o etničkoj pripadnosti. Za Europljane bijele rase debljina usana bi se mogla izračunati u milimetrima na sljedeći način: debljina gornje usne = $0,4 + 0,6 \times (\text{visina gornjih zubi})$; debljina donje usne = $5,5 + 0,4 \times (\text{visina donjih zubi})$. Za Azijate s Indijskog potkontinenta vrijedi: debljina gornje usne = $3,4 + 0,4 \times (\text{visina gornjih zubi})$; debljina donje usne = $6 + 0,5 \times (\text{visina donjih zubi})$. Prema Krogmanu i Iščanu, bijela i crna rasa imaju dobro razvijen filtrum, usneni žlijeb, te će na gornjoj usni biti prisutan Kupidov luk. Nainys i Fedosyutkin su nazolabijalni nabor opisali kao produžetak od gornjeg ruba nosnice prema prvom gornjem kutnjaku. Njegova jačina ovisi o stupnju horizontalnog profila lica, *fossa canina*, prisutnosti i nedostatku zubi i projekciji frontalne površine jagodica.¹²⁷

5.4. PROBLEMI I POTEŠKOĆE

Rekonstrukcija lica je težak zadatak. Postoje brojni problemi vezani uz nutritivni i težinski status, intenzitete starenja, potrebnih detalja za stvaranje dijelova lica koji se teško određuju iz samog kostura, primjerice nos, oči, uši, usta i sl. Također, postoje i razlike u licu između spolova i populacija, a morfologija lica mijenja se cijeli život. Dosta stručnjaka tvrdi kako rekonstrukcije koje se temelje na prosječnoj debljini tkiva mogu stvoriti samo prosječno lice. Potrebno je razumjeti položaj točaka lica te odnos između ključnih dijelova lica za uspostavljanje ravnoteže. Nemogućnost postizanja točne sličnosti između lubanje koja se rekonstruira i stvarnog lica osobe otežava identifikaciju.¹²⁸

Prisutne su nesuglasice oko toga tko treba provoditi rekonstrukciju lica. Rijetki su idealni slučajevi u kojem je osoba i antropolog i umjetnik te je važna njihova suradnja. Neki smatraju kako umjetnici mogu negativno utjecati na rekonstrukcije zbog svoje sklonosti prema

¹²⁷ Usp. Wilkinson, C. Nav. dj., str. 114-118.

¹²⁸ Usp. Quatrehomme, G.; Subsol, G. Nav. dj., str. 19.

kreativnosti što se može dogoditi ukoliko dobiju slobodu. Ukoliko rekonstrukciju provodi znanstvenik, on bi trebao biti dobro upoznat s vještinama modeliranja kako bi se dobilo realistično lice. Metoda rekonstrukcije lica obuhvaća anatomske modeliranje, određivanje morfologije te prikaz dobivenog lica javnosti. Mišići i žlijezde kod anatomske modeliranja trebaju biti modelirani prema anatomske smjernicama kako bi postupak bio pouzdan i ta faza ne bi smjela uključivati umjetničke interpretacije. Morfološko određivanje temelji se na primjeni prosječnih podataka o debljini mekog tkiva. Ukoliko se anatomska struktura ne slaže s postavljenim klinovima debljine tkiva, klinovi se uklanjaju jer predstavljaju prosječne vrijednosti i smjernice. Većina morfologije može se odrediti znanstvenim postupkom, no postoje značajke koje se ne mogu pouzdano odrediti, primjerice usne i uši te detalji površine kože kod kojih je potrebna umjetnička interpretacija radi realističnog prikaza lica. Dobiveno lice se zatim predstavlja javnosti radi prepoznavanja te može uključivati različite boje i teksture kože, kose te osobne stvari. One mogu imati snažan učinak kod identifikacije osobe, no unatoč poznatim detaljima, točan izgled je i dalje neizvjestan. Na prepoznavanje može utjecati i karakterističan izraz lica kojeg je nemoguće odrediti na temelji koštane strukture. Lica je teško prepoznati bez detalja o boji i površini, no ipak, neki smatraju kako je bolje ne koristiti toliko detalja jer mogu imati negativan učinak na prepoznavanje. Zbog različitih frizura i boja kose teško je pronaći točnu vrstu koja bi bila korištena u rekonstrukciji lica. Rezultati istraživanja Fernandes i sur. o usporedbi rekonstrukcija lica sa i bez kose pokazala su veću stopu prepoznavanja rekonstrukcija bez kose. Prema tome je bolje ne koristiti kosu prilikom izrade rekonstrukcije ukoliko nema podataka o njezinim karakteristikama jer bi mogla otežati prepoznavanje.¹²⁹

Vrijednosti debljine mekog tkiva pomažu u davanju ograničenja za izradu rekonstrukcije u ranoj fazi, kod stvaranja početnog oblika lica. Problem je što rekonstrukcija uvelike ovisi o tim podacima koje je teško procijeniti. Još uvijek ne postoji zajednički dogovor o imenu, točnom položaju i broju oznaka koje bi se trebale koristiti. Provedena su istraživanja od D. Cavanagha i M. Steyn o utjecaju varijacija oznaka između spolova i dobi, unutar i između populacija, na proces identifikacije. Zaključeno je kako postoje razlike među etničkim skupinama te se mjerenja na jednoj skupini ljudi ne bi trebala smatrati pogodnima za drugu skupinu nego je potrebno razviti posebne standarde za svaku skupinu ljudi. Prema Stephanu i Simpsonu ograničeni podaci o debljini tkiva povezani su s nedostacima standardnih metoda

¹²⁹ Usp. Fernandes, C. M. S. et al. Is characterizing the digital forensic facial reconstruction with hair necessary? A familiar assessors' analysis. // *Forensic Science International* 229, 1/3(2013), str. 164.e1-164.e5. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073813001928> (2019-05-22)

za njihovo određivanje. Različite metode imaju svoje prednosti i nedostatke, no one doprinose različitostima mjernih vrijednosti što utječe na njihovu točnost. Vrijednosti se zbog velikih varijacija nikad neće moći točno odrediti, no i dalje je potrebno proučavati odnos između tvrdog i mekog tkiva.¹³⁰ Problem kod računalnih rekonstrukcija predstavlja potreba za potvrdom valjanosti rekonstrukcije. Razvijena metoda može funkcionirati, no ne može biti od pomoći u istragama dok se ispravno ne potvrdi njezina valjanost.¹³¹

S napretkom računalne tehnologije sve više će napredovati i računalne tehnike rekonstrukcije lica. Neke od prednosti digitalnog snimanja lubanje su smanjena mogućnost oštećenja izvornog primjerka lubanje budući da je nepotrebno izraditi kalup lubanje, te smanjenje vremena izrade i troškova potrebnih materijala. Jedna od prednosti je i reproduktivnost jer računalna tehnika koristi isti set podataka te bi različite osobe trebale proizvesti istu rekonstrukciju što smanjuje kiparsku subjektivnost.¹³² Skeniranje i fotografiranje rezultata na računalu omogućuje dodavanje detalja koji lice čine životnijim, moguće je prikazati značajke poput brade, brkova i frizure, a također i dodavanje naočala, nakita i ukrasa za personalizaciju slike. Za primjenu značajki ili izradu crteža mogu se koristiti softveri kao što su Adobe Photoshop, Adobe Illustrator ili Corel Draw. Prednost 3D skeniranih slika je mogućnost ponovnog mjerenja na pojedincu. Nedostatak može biti da se anatomske točke mogu pronaći s ograničenom točnošću, no ukoliko su od velike važnosti, mogu se pronaći i označiti prije skeniranja.¹³³ No, postoji i nekoliko ograničenja. Jedan od njih su podaci o debljini mekog tkiva koji su još uvijek predmet istraživanja i smatraju se nedovoljno pouzdanima. Ukoliko se želi stvoriti realistično lice potrebno je modelirati kožu i kosu što oduzima više vremena, ali i probleme s modeliranjem značajki poput bora koje bi trebale biti ne samo estetski nego i anatomske prikladne.¹³⁴

¹³⁰ Usp. Ramesh, G. et al. Facial Soft Tissue Thickness in Forensic Facial Reconstruction: Is it enough if Norms Set? // Journal of Forensic Research 6, 5(2015), str. 2. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/ca15/9ff2dab972e08190d4bde788a89e28a56ccd.pdf?_ga=2.14458228.2112552626.1562508215-582432419.1520177276 (2019-05-22)

¹³¹ Claes, P. et al. Computerized craniofacial reconstruction: Conceptual framework and review. // Forensic Science International 201, 1/3, str. 144. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073810001003> (2019-05-22)

¹³² Usp. Davy, S. L. et al. Forensic facial reconstruction using computer modeling software. // Computer-Graphic Facial Reconstruction / Clement, J. G.; Marks, M. K. Amsterdam; Boston; Heidelberg: Elsevier Academic Press, 2005., str. 183-184. URL: <https://www.elsevier.com/books/computer-graphic-facial-reconstruction/clement/978-0-08-045422-1> (2019-04-15)

¹³³ Usp. Thomas, C. D. L. Nav. dj., str. 60-61.

¹³⁴ Usp. Davy, S. L. et al. Nav. dj., str. 185.

6. DIGITALIZACIJA

Danas su digitalni resursi postali vrlo važan trend u svim područjima, pa tako sve više i u informacijskim ustanovama. Digitalizacija označava proces pretvaranja analognih signala ili informacija, bilo kojeg oblika, u digitalni format koji je moguće razumjeti pomoću elektroničkih uređaja ili računalnih sustava.¹³⁵ Digitalizacija se provodi kako bi se povećala dostupnost građe te mogućnost njezina korištenja, kako bi se zaštitio izvorni primjerak građe, radi upotpunjavanja fondova te radi pružanja novih usluga svojim korisnicima.¹³⁶ Neke od prednosti digitalizacije u informacijskim ustanovama su mogućnost postavljanja digitalizirane građe na Internet što ju čini dostupnom većem broju korisnika u bilo koje doba dana, također, digitalizirana građa ne može se oštetiti korištenjem te na taj način štiti izvornik te je moguće izraditi visokokvalitetne kopije odabrane građe. Jedan od nedostataka je problem digitalne zaštite, odnosno zaštite građe od uništenja koja se može riješiti migracijom, različitim kombinacijama softvera i hardvera te redovitim održavanjem elektroničkih arhiva. Isto tako, potrebna je dodatna oprema za čitanje ili gledanje, a tu su i troškovi radne snage i procesa digitalizacije općenito.¹³⁷ Korištenje multimedije i suvremenih tehnologija u projektima ili muzeološkim postavima te njihovo održavanje zahtijeva bolju financijsku situaciju, a problem se javlja i kod ograničenog razdoblja korištenja tih tehnologija s obzirom na sve brži i brži razvoj novijih tehnologija.¹³⁸

3D digitalizacija je proces snimanja prostornog oblika određenog objekta te njegovo zapisivanje u digitalnom obliku. Ovaj proces rezultira računalnim prikazom izgleda objekta iz bilo kojeg kuta koji se može duplicirati ili se koristiti za izradu različitih planova i nacрта. Potrebno je odrediti prostorne koordinate površinskih točaka željenog objekta u referentnom koordinatnom sustavu. Izmjerene točke zajedno tvore tzv. oblak točaka (engl. *point cloud*) na temelju kojeg se može izraditi prostorni računalni model.¹³⁹ Takav proces može se primijeniti na području arheologije, primjerice mapiranje lokaliteta iz zraka ili stvaranje 3D

¹³⁵ Digitization. // Techopedia. URL: <https://www.techopedia.com/definition/6846/digitization> (2019-04-15)

¹³⁶ Usp. Stančić, H. Digitalizacija. Zagreb: Zavod za informacijske studije, 2009., str. 10.

¹³⁷ Usp. Janeš, L. Digitalizacija građe u knjižnicama s osvrtnom na digitalizaciju hemeroteke u Gradskoj knjižnici „Franjo Marković“ Križevci. // Cris 5, 1(2003), str. 100. URL: <https://hrcak.srce.hr/95063> (2019-04-15)

¹³⁸ Usp. Horjan, G. Muzeji i izazovi digitalnog doba. // Informatica museologica 43, 1/4(2012), str. 89. URL: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=198007 (2019-04-15)

¹³⁹ Digitalizacija: Trodimenzijska digitalizacija (3D digitalizacija). // Hrvatska enciklopedija. URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=68025> (2019-04-15)

rekonstrukcija određenih građevina ili osoba.¹⁴⁰ Za provedbu 3D digitalizacije služe 3D skeneri ili digitalni fotoaparati koji se razlikuju u svom načinu rada i točnosti.

3D skeneri digitaliziraju prostor ili predmete te skupljaju podatke o njihovom obliku i izgledu. Razlikuju se kontakti i nekontakti 3D skeneri. Kontakti predstavljaju ručno ili automatski vođene uređaje koji mjernim šiljkom dodiruju koordinate mjernih točaka, dok nekontakti skeneri ne dodiruju objekt nego se koriste radiometrijskim, laserskim, stereofotogrametrijskim i sl. metodama.¹⁴¹ Kontakti skeneri mogu biti vrlo precizni, ali su i sporiji te njihov doticaj s predmetom može uzrokovati njegovo oštećenje. Nektakti skeneri se mogu podijeliti na aktivne i pasivne skeneri. Kod aktivnih skenera se mogu emitirati svjetlost, rendgenske zrake ili ultrazvuk te se detektira njihov odraz kako bi se odradila sondaža predmeta. Kod laserskog skeniranja se površina uzorkuje ili skenira uz pomoć laserske tehnologije pri čemu se koriste laseri manje snage kako ne bi došlo do oštećenja predmeta. Pasivni skeneri uključuju digitalne fotoaparate koji stvaraju niz uzastopnih fotografija predmeta nakon čega se te fotografije analiziraju te se dobije 3D model skeniranog predmeta.¹⁴² Dobiveni modeli se mogu nazvati i žičanim (engl. *wireframe*) modelima koje je potrebno dodatno obraditi. Dodavanjem tekstura na modele može se stvoriti vjerodostojan model koji se može koristiti za izradu 3D kopije predmeta pomoću 3D printera.¹⁴³ 3D skeneri su najčešće korišteni kod dokumentiranja arheoloških lokaliteta, skeniranja spomenika ili arhitekture ili izrade GIS (engl. *Geographic Information System*) karti.¹⁴⁴

U 3D računalnoj grafici računalna snaga i dostupna tehnologija koriste se za stvaranje visoko realističnih vizualizacija i animacija. Proces 3D modeliranja sastoji se od stvaranja objekata u trodimenzionalnom prostoru pomoću poligona ili krivulja što rezultira modelom s matematički zapisanim informacijama kod kojeg prilikom obrade ne dolazi do smanjenja kvalitete objekta. Na kvalitetu utječe broj poligona od kojih je sastavljen, što je manje poligona manja je i kvaliteta zbog promjene geometrije. Fotogrametrija i 3D skeniranje razvili su se kao potreba za vjernijim prikazom stvarnog svijeta. Fotogrametrija je podvrsta tehnike 3D skeniranja, a objekte mjeri isključivo na temelju fotografija. Tijekom snimanja koristi se jedan fotoaparat, a softver prilikom analiziranja fotografija traži sličnosti i pomoću njih spaja fotografije u cjelinu. Traženjem prividne promjene položaja objekta dobiva informacije o

¹⁴⁰ Usp. Horjan, G. Nav. dj., str. 88.

¹⁴¹ Digitalizacija: Trodimenzijska digitalizacija (3D digitalizacija). // Hrvatska enciklopedija. URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=68025> (2019-04-15)

¹⁴² Usp. Stančić, H. Nav. dj., str. 39-40.

¹⁴³ Isto, str. 94.

¹⁴⁴ Isto, str. 40.

obliku, dubini i teksturi objekta. Od tehnika 3D skeniranja, danas se najčešće koriste skeniranje dubinskim kamerama (npr. Xbox Kinect), skeniranje strukturiranim svjetlom te lasersko skeniranje.¹⁴⁵

Lasersko skeniranje omogućilo je nova istraživanja, posebice u područjima percepcije oblika i kretanja lica te je omogućilo stvaranje kontroliranih podražaja s jasno određenim svojstvima. Razlučivost kuta osvjetljenja i gledanja može se odabrati po želji te odmah primijeniti, a budući da je lasersko skeniranje konstantno uvjeti gledanja mogu se mijenjati neovisno o promjeni lica. Lasersko skeniranje daje informacije o obliku lica, ali i informacije o površinskoj refleksiji u obliku RGB teksture koja je snimljena u isto vrijeme kada i podaci o dometu što omogućuje kontrolu nad refleksijom površine.¹⁴⁶

¹⁴⁵ Usp. Bernik, A.; Lorenzo, C. Usporedba 3D skeniranja i fotogrametrije. // Polytechnic and design 6, 1(2018), str. 29-31. URL: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=298921 (2019-04-15)

¹⁴⁶ Usp. Hill, H. Using laser scans to study face perception. // Computer-Graphic Facial Reconstruction / Clement, J. G.; Marks, M. K. Amsterdam; Boston; Heidelberg: Elsevier Academic Press, 2005., str. 285-287. URL: <https://www.elsevier.com/books/computer-graphic-facial-reconstruction/clement/978-0-08-045422-1> (2019-04-15)

PRAKTIČNI DIO

7. MATERIJAL I METODE

Praktični dio diplomskog rada izveden je zahvaljujući suradnji Ministarstva hrvatskih branitelja i Ureda za forenziku Sveučilišta u Zagrebu. Za pronalaženje, ekshumaciju, identifikaciju kao i obilježavanje i održavanje grobova žrtava iz tog razdoblja zadužena je Uprava za zatočene i nestale Ministarstva hrvatskih branitelja. Godine 2018. provedeno je istraživanje lokacija masovnih grobnica na području Gračana. Rekonstruirana lubanja broj 9 (ID lokacije: 14-GZ-2SR-18, Klasa: 563-04/14-13/18) pripada jednoj od 95 lubanja pronađenih na lokaciji Peščenka. Stabilizacija koštanih ostataka te čišćenje izvedeno je u terenskom laboratoriju Ministarstva hrvatskih branitelja na samoj lokaciji, dok je primarna analiza izvedena u prostorima mrtvačnice Zavoda za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Lasersko skeniranje lubanje izvedeno je u okviru Ureda za forenzične znanosti na Zavodu za tehnologiju i Katedri za alatne strojeve Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Lubanja je nakon analize i skeniranja vraćena Ministarstvu hrvatskih branitelja na pohranu.

Spol lubanje je određen na temelju morfoloških karakteristika i anatomskih struktura opisanih od M. Y. Işcan i M. Steyn te se bodovalo četrnaest spolnih znakova. Znakovima se pridodaju vrijednosti u rasponu od -2 do +2, gdje -2 označava *hiperfemininum* (izrazito ženski spol), -1 *femininum* (ženski spol), 0 *indiferent* (neutralna značajka), +1 *masculinum* (muški spol) te +2 *hipermasculinum* (izrazito muški spol). Lubanja br. 9 ima najviše značajki označenih s +1 te pripada tipu *masculinum*.

Starost lubanje određena je prema stupnju srastanja lubanjskih i nepčanih šavova prema R. W. Mannu i sur. te trošenja okluzalnih ploha kutnjaka prema D. Brothwellu. Dijagram trošenja griznih ploha zubi sa starenjem može se vidjeti na slici 2.¹⁴⁷ Sagitalni šav prvi počinje srastati, u ranim dvadesetima što je slučaj kod lubanje br. 9, S3 (*pars obelica* ili treći dio sagitalnog šava) potpuno srasta tijekom ranih tridesetih godina, dok se potpuno srastanje očekuje između 61. i 65. godine. Nakon njega srastaju dijelovi koronarnog šava koji u potpunosti sraste između 56. i 60. godine života. Srastanje lambdoidnog šava također počinje u kasnim dvadesetima te se potpuno srastanje očekuje između 66. i 70. godine.¹⁴⁸

¹⁴⁷ Brothwell, D. Digging Up Bones. Ithaca: Cornell University Press, 1981., str. 72.

¹⁴⁸ Khandare, S. V.; Bhise, S. S.; Shinde, A. B. Age estimation from cranial sutures – a Postmortem study. // International Journal of Healthcare and Biomedical Research 3, 3(2015), str. 192-202. URL: https://www.researchgate.net/publication/295255829_Age_estimation_from_cranial_sutures_-_a_Postmortem_study (2019-09-19)

Mann i sur. su na temelju istraživanja ligvalnih površina iz 1987. godine zaključili da srastanje incizivnog šava započinje oko 25. godine, posteriorni medijalni šav ne srasta prije 25., anteriorni medijalni šav i poprečni šav ne srastaju prije 43. godine te da su najmanje dva šava gornje čeljusti potpuno srasla poslije 60. Kod lubanje br. 9 otvoreni su i poprečni i medijalni šav.¹⁴⁹

Age span	17-25			25-35			35-45			45+
Tooth	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
Wear pattern										More advanced wear
			No dentine exposed							

Slika 2. Dijagram trošenja griznih ploha zubi sa starenjem (Brothwell, 1981.).

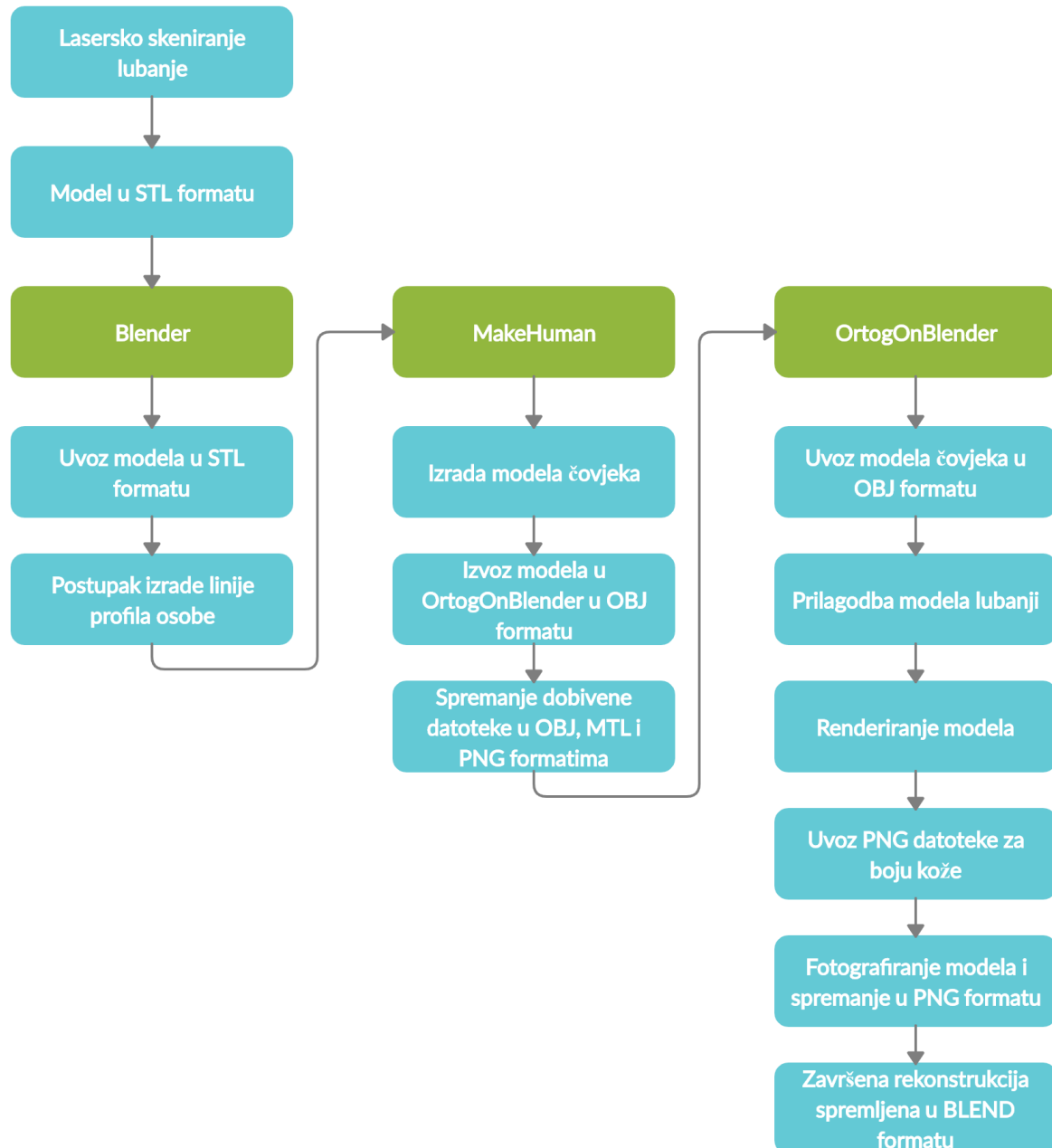
Lubanja je skenirana Cyberware 3030 3D skenerom. On skenira objekt u visokoj rezoluciji te digitalizira boju i oblik. Proces skeniranja kontroliran je softverom koji automatski skenira objekt te stvara 3D model. Veličina objekta trebala bi biti unutar granica kvadratne površine 300 mm x 480 mm. Objekt je obasjan plohom laserske zrake niskog intenziteta kako bi se dobio osvjetljen profil kojeg video senzor hvata iz dvije točke gledanja, dok drugi video senzor sakuplja informacije o boji objekta. Svjetlost se pravocrtno reflektira od objekta te se može vidjeti iz različitog kuta kako bi se vidio obris površine skeniranog objekta. Proces skeniranja obuhvaća polje digitaliziranih točaka koje su predstavljene X, Y i Z koordinatama za oblik te 24 bitnim RGB koordinatama za boju. Preglednost i uređivanje objekta omogućuje brzi prijenos podataka preko SCSI (engl. *Small Computer System Interface*) sučelja do grafičke stanice.

Skeniranjem je dobiven 3D model lubanje u STL formatu. Takav format prikazuje površinsku geometriju 3D modela bez podataka o teksturi i boji. Informacije o površini modela dobivaju se postupkom teselacije. Teselacija predstavlja postupak popločavanja površine geometrijskim oblicima tako da nema praznina ili preklapanja,¹⁵⁰ tj. mozaično dijeli ravninu

¹⁴⁹ Mann, R. W. Maxillary suture obliteration: a visual method for estimating skeletal age. Doktorska disertacija, Sveučilište u Tennesseeju, 1987., str. 13. URL: https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/4142 (2019-09-19)

¹⁵⁰ Chakravorty, D. STL File Format (3D Printing) – Simply Explained, 2019. URL: <https://all3dp.com/what-is-stl-file-format-extension-3d-printing/#pointthree> (2019-08-29)

na plošne elemente koji se međusobno dodiruju¹⁵¹ (poput pločica na zidovima). Površina modela dijeli se koristeći male trokute, tzv. facete. Ako su facete rijetke model će imati grublji izgled, stoga je za izradu preciznijih i glađih modela bolje koristiti gušće facete, no ipak treba paziti na veličinu datoteke. Uvođenjem STL datoteke u Blender može se vidjeti kako se model sastoji od 1.015.316 poligona. Daljnji koraci u izradi rekonstrukcije lica mogu se vidjeti na slici 3.



Slika 3. Koraci u izradi rekonstrukcije lica.

¹⁵¹ Teselacija. // Struna: Hrvatsko strukovno nazivlje. URL: <http://struna.ihji.hr/naziv/teselacija/21789/#naziv> (2019-08-29)

7.1. PROGRAMI ZA 3D MODELIRANJE I RAČUNALNU REKONSTRUKCIJU LJUDSKOG TIJELA

Povećanom korištenju digitalnog hardvera i softvera koji služe za generiranje trodimenzionalnih modela pridonio je značajan napredak u području forenzične rekonstrukcije lica. Neki od primjera su MR strojevi, CT skeneri, laserski skeneri i slične aplikacije korištene u izradi 3D animacije. Izrada rekonstrukcije lica koja se koristi slobodnim softverom (engl. *open source*) sastoji se od tri dijela: dobivanja 3D modela, postavljanja virtualnih markera za debljinu tkiva i anatomske oblikovanja, te renderiranja¹⁵² i dorade.¹⁵³ Proces rekonstrukcije rađen je na temelju priručnika „Manual de Reconstrução Facial 3D Digital: Aplicações com Código Aberto e Software Livre“.

Jedan od slobodnih softvera za 3D modeliranje i animaciju je Blender koji svakom pruža pristup izvornom kodu programa kako bi se napravila potrebna poboljšanja. Nastao je 1990. godine te predstavlja idealan, pristupačan i praktičan alat za grafičko računalstvo. Ujedno je i 3D editor koji omogućava stvaranje scena i objekata te mijenjanje njihovih svojstava poput dimenzija i boja.¹⁵⁴ Blender omogućuje uvoz i izvoz velikog broja formata, a za rekonstrukciju lica najčešće su korišteni STL (engl. *Stereolithography File*) i OBJ (engl. *Wavefront 3D Object File*) formati. Rekonstrukcija lica osobe izrađena je u Blenderu 2.79 u kombinaciji s dodatkom OrtogOnBlender 2.80 izvorno razvijenim za ortognatsku kirurgiju.

MakeHuman je besplatan softver koji pruža mogućnost stvaranja izgleda ljudi te ubrzava i pojednostavljuje proces računalne rekonstrukcije. Razvili su ga umjetnici i programeri koji se bave 3D modeliranjem likova. Prethodnik ovog softvera bio je MakeHead, a osnovao ga je Manuel Bastioni, 1999. godine. MakeHuman je nastao 2000. godine, a oba softvera pisana su Python programskim jezikom.¹⁵⁵ Detaljna proučavanja morfoloških karakteristika tijela omogućila su realistično modeliranje virtualnih ljudskih modela u različitim tjelesnim pozama sa simulacijom mišićnih pokreta. Program je vrlo jednostavan za korištenje, na samom početku ponuđen je model *Humunculus* koji predstavlja kombinaciju žene i muškarca kojem se mogu preurediti spol, dob, visina, težina i etnička pripadnost. Također, MakeHuman sadrži

¹⁵² Postupak osjenčavanja pri računalnoj obradi slika ili animaciji (Renderiranje. // Hrvatski jezični portal. URL: <http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search> (2019-05-12))

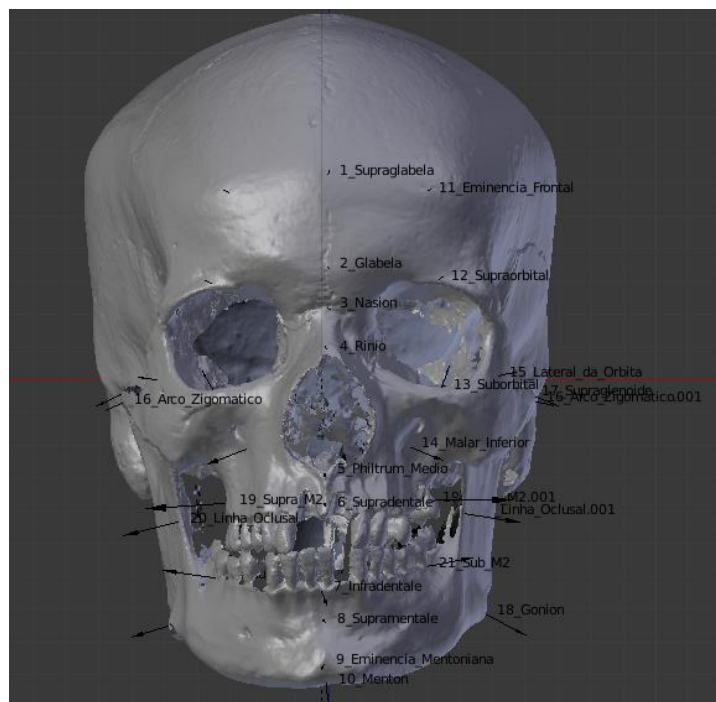
¹⁵³ Usp. Moraes, C.; Dias, P.; Melani, R. Nav. dj., str. 78.

¹⁵⁴ Usp. Moraes, C.; Miamoto, P. Manual de Reconstrução Facial 3D Digital: Aplicações com Código Aberto e Software Livre. Sinop-MT: EXPRESSÃO GRÁFICA, 2015., str. 60. URL: <http://www.ciceromoraes.com.br/ebook/pdf/MANUAL%20DE%20RECONSTRU%C3%87%C3%83O%20FACIAL%203D%20DIGITAL.pdf> (2019-05-12)

¹⁵⁵ CG Channel. URL: <http://www.cgchannel.com/2018/01/manuel-bastioni-lab-turns-blender-into-a-character-creator/> (2019-08-28)

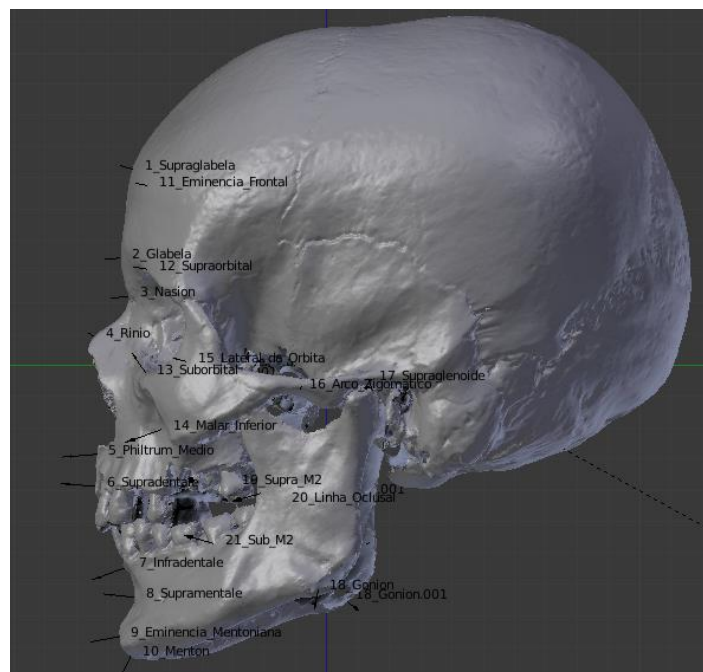
i oznake vezane uz geometriju, materijale (teksturu kože), poze, renderiranje i sl. Kod izvoza modela u Blender najbolje je koristiti OBJ format koji kvalitetno izvozi mreže i teksture. Na mjestu gdje je spremljena datoteka nalazi se i datoteka u MTL (engl. *Material File*) formatu koja sadrži informacije o izvezenim mrežama te mapa teksture u kojoj se nalaze slike tekstura tijela i očiju u PNG (engl. *Portable Network Graphic*) formatu.¹⁵⁶

Za početak rekonstrukcije bilo je potrebno postaviti markere za debljinu tkiva lica (u Blenderu) koji su prikazani na slici 4 i 5, a njihov položaj opisan je u tablici 1, u teorijskom dijelu rada. Postoje dvije baze podataka inače korištene pri rekonstrukciji, iz američkog istraživanja na truplima koje su mjerili Rhine i Moore te njemačko istraživanje na živima provedeno od Helmera. Vrijednosti uzete za ovu rekonstrukciju preuzete su iz novijeg istraživanja S. De Greef i sur. te se mogu vidjeti na slici 6.



Slika 4. Antropometrijske točke postavljene na lubanji. Norma frontalis. (Lubanja 9, Gračani)

¹⁵⁶ Usp. Moraes, C.; Miamoto, P. Nav. dj., str. 370-375.



Slika 5. Antropometrijske točke postavljene na lubanji. Norma lateralis. (Lubanja 9, Gračani)

Table 3a
Tissue depth means (mm) for Caucasian adult males between 18 and 29 years

Point numbers and descriptions	BMI															
	<20 (28)				20-25 (149)				>25 (34)							
	Mean	S.D.	Range	#	Mean	S.D.	Range	#	Mean	S.D.	Range	#				
1	Supraglabella	3.9	0.39	3.2	4.8	27	4.1	0.55	2.8	7.0	148	4.8	0.85	3.7	7.6	34
2	Glabella	4.6	0.54	3.7	5.6	27	5.0	0.69	3.2	7.9	149	5.8	1.30	4.5	10.6	34
3	Nasion	5.6	0.85	4.0	8.4	27	5.9	1.10	3.6	9.7	149	6.3	1.32	4.2	10.0	34
4	End of nasal	2.7	0.67	2.0	4.5	27	2.8	0.69	1.6	6.5	148	3.2	0.73	2.1	5.5	34
5	Mid-philtrum	11.6	1.71	8.2	14.0	27	11.2	1.78	7.1	16.6	146	10.8	1.66	7.4	13.9	33
6	Upper lip margin	11.1	2.14	7.2	17.7	26	11.0	2.15	6.4	15.9	147	10.4	1.71	6.1	14.2	34
7	Lower lip margin	12.1	1.70	8.3	16.0	25	12.5	2.05	8.0	17.6	147	12.2	2.17	8.3	15.8	34
8	Chin-lip fold	10.1	1.41	7.5	12.6	25	10.1	1.31	6.5	13.8	139	10.1	0.97	8.8	12.2	33
9	Mental eminence	8.7	1.57	5.3	12.5	25	9.5	1.66	4.6	15.0	144	10.3	1.91	5.0	13.5	33
10	Beneath chin	5.5	1.02	3.8	7.6	25	6.1	1.20	3.9	9.9	142	7.2	1.73	4.7	11.0	32
32/11	Frontal eminence	3.8	0.47	3.1	4.7	27	4.1	0.64	2.0	5.9	149	5.0	0.96	3.6	8.6	34
33/12	Supraorbital	4.7	0.52	3.6	5.6	27	5.1	0.65	3.6	7.4	149	6.1	0.66	5.0	8.1	33
34/13	Lateral glabella	5.9	1.12	3.4	7.7	27	6.0	1.29	2.8	9.7	148	6.2	1.31	3.7	9.0	34
35/14	Lateral nasal	3.7	0.59	2.7	4.8	23	3.7	0.64	2.4	6.0	120	4.1	0.68	3.1	5.4	21
36/15	Suborbital	7.7	1.35	5.1	10.7	27	8.3	2.07	4.0	14.5	148	9.8	2.18	4.6	13.8	34
37/16	Inferior malar	14.7	2.44	9.8	20.7	27	16.2	2.80	10.6	24.6	148	18.9	3.23	12.4	24.7	34
38/17	Lateral nostril	10.4	1.37	6.9	13.1	26	10.1	1.48	6.8	14.2	146	10.3	1.27	8.1	12.8	34
39/18	Naso-labial ridge	11.4	1.67	8.3	15.3	26	11.1	1.93	6.4	17.2	143	11.0	1.57	8.1	14.1	33
40/19	Supra canina	10.0	1.74	7.0	13.4	25	10.4	1.93	6.4	16.3	147	10.5	1.96	8.2	18.1	33
41/20	Sub canina	9.5	1.19	6.7	11.4	25	10.5	1.65	6.5	16.4	147	11.1	1.95	7.7	16.0	33
42/21	Mental tubercle ant.	9.2	1.21	7.0	12.5	24	9.6	1.42	6.3	13.3	142	10.8	1.57	7.3	14.6	33
43/22	Mid lateral orbit	4.8	1.34	3.7	8.8	25	4.6	0.82	3.4	10.3	148	5.4	1.67	3.8	13.5	34
44/23	Supraglenoid	9.1	3.11	4.0	15.0	25	9.8	2.92	3.8	18.0	147	10.7	3.26	5.1	17.5	34
45/24	Zygomatic arch	4.8	1.05	3.1	7.0	25	5.7	1.15	3.4	9.1	148	8.4	1.66	5.8	12.2	34
46/25	Lateral orbit	6.7	1.15	4.7	9.8	25	7.4	1.37	4.0	12.4	148	10.3	1.68	5.4	14.1	34
47/26	Supra-M2	23.6	4.29	15.8	35.3	25	25.0	3.48	16.4	33.4	148	29.4	3.48	20.8	37.3	33
48/27	Mid-masseter muscle	16.2	3.29	7.0	20.8	25	16.8	3.98	6.5	27.5	141	19.0	4.06	10.3	26.9	34
49/28	Occlusal line	17.8	1.83	15.0	21.5	25	19.4	2.38	12.4	28.4	148	22.8	2.37	18.5	27.8	34
50/29	Sub-M2	16.1	3.50	10.0	23.9	25	17.2	2.82	10.5	25.5	148	21.0	4.35	7.7	30.8	33
51/30	Gonion	13.6	2.16	9.9	17.2	25	14.4	2.42	7.0	22.3	146	17.8	3.64	8.0	25.2	34
52/31	Mid mandibular angle	8.9	1.88	5.4	13.1	25	9.8	2.30	5.0	16.9	144	13.7	2.49	9.6	18.7	34

Slika 6. Tablica iz koje su uzeti podaci o debljini tkiva za rekonstrukciju lica iz istraživanja S. De Greef i sur.

8. REZULTATI

Analizirana lubanja očuvana je u svim koštanim dijelovima. Oblika je kuće u *norma occipitalis*, dok je oblik u *norma verticalis* pentagoidni. Metopizam, kao nemetrička varijacija, vidljiv je u punoj dužini na čeonnoj kosti (*os frontale*) što se može vidjeti na slici 7. Zubni nizovi su u velikom dijelu očuvani u donjoj (*mandibula*) i gornjoj čeljusti (*maxilla*) što se vidi na slikama 8 i 9. Lijeva gornja čeljust očuvala je zubni niz na pozicijama: I², C, PM¹, PM² te M³. Na pozicijama I¹, M¹ i M² očuvane su prazne alveole uslijed postmortalnog gubitka zuba. Desna gornja čeljust očuvala je zubni niz na pozicijama I², C, P¹, P², dok su zamjetne prazne alveole na pozicijama I¹ i M² uslijed postmortalnog gubitka zuba. Donja čeljust je bolje očuvana, lijeva strana u zubnom nizu: I₂, C, PM₁, PM₂, M₁, M₂, M₃. Prazna je tek pozicija I₁ uslijed postmortalnog gubitka zuba. Zubni niz desne strane donje čeljusti očuvao je pozicije I₁, I₂, C, M₁, M₂, M₃. Prazne, dobro očuvane alveole na pozicijama PM₁, PM₂ ukazuju upućuju na postmortalni gubitak.



Slika 7. Metopizam. Norma frontalis. (Lubanja 9, Gračani)



Slika 8. Meziiodens. (Lubanja 9, Gračani)



Slika 9. Mandibula. (Lubanja 9, Gračani)

Na nepčanoj kosti (*os palatinum*) vidljiv je meziodens koji se također vidi na slici 7, prekobrojni zub koji izbija iz sjekutičnog otvora (*foramen incisivum*). Od uobičajenog položaja između središnjih gornjih prvih sjekutića, rotiran je za 90 stupnjeva.

Na zatiljnom dijelu lubanje vidljiva je epigenetička varijacija, *os interparietale* (*os incae*, *os epactale*). Na slici 10 jasno je vidljiv transverzalni šav koji dijeli zatiljnu ljusku na mjestu najviše *linea nuchales* i na dva mjesta dodiruje lambdoidni šav (*sutura lambdoidea*), dio iznad tog šava predstavlja u *os interparietale*.



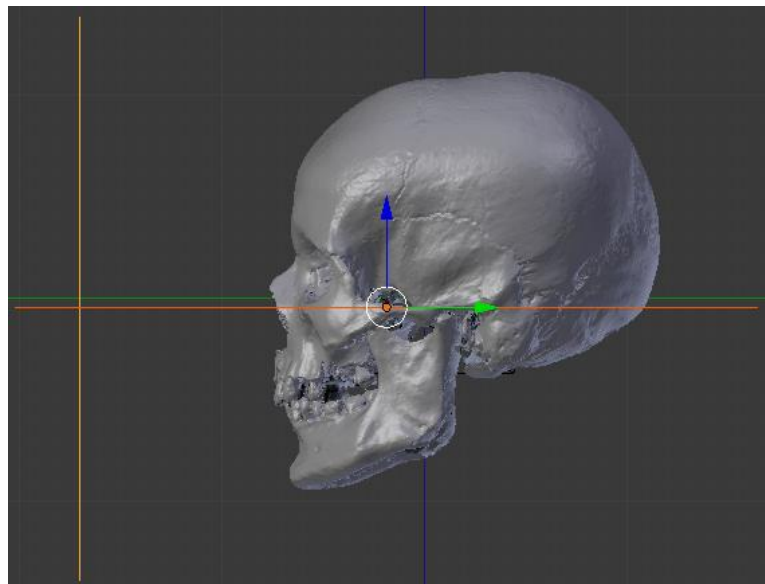
Slika 10. *Os interparietale*. Norma occipitalis. (Lubanja 9, Gračani)

Spol osobe određena je prema četrnaest spolnih znakova na lubanji s bodovanjem: *glabella* +1, *processus mastoideus* +2, *relief planum nuchale* +1, *processus zygomaticus* +2, *arcus supracilliaris* +1, *tuber frontale et parietale* -, *protuberantia occipitalis externa* +1, *os zygomaticus* +1, *inclinatio frontale* +1, *forma orbite* +1, *corpus mandibule* +1, *trigonum mentale* +1, *angulus mandibules* +2, *margo inferior mandibulae* +1. Stupanj seksualnosti osobe, prema spolnim znakovima na lubanji iznosi +1.3 i opisuje se kao lubanja muške osobe tipa *masculinum*, bez robusnih znakova spola.

Doživljena starost osobe određena je prema stupnju trošenja okluzalnih površina zuba u rasponu od 25-30 godina. Sljedeći parametar bio je stupanj strastanja šavova nepčane kosti gdje su medijana nepčana kost i transverzalna kost (*sutura palatina mediana et sutura palatina transversa*) u potpunosti otvorene. Sekundarna metoda odredbe starosti prema

stupnju srastanja šavova ekto i endokranijuma također je ukazala na mladost osobe. Vjenačni i lambdoidni šav (*sutura coronale et sutura lambdoidea*) su u potpunosti otvoreni u obje projekcije (endo i ektokranijum), kao i veći dio sagitalnog šava (*sutura sagitalis*) u odsječcima S1, S2 i S4. Ipak, segment S3, ekto i endokranijalno, pokazuje blagi početak srastanja, što doživljenu starost osobe primiče rasponu od samog kraja dvadesetih godina do tridesetak godina.

Osoba koja izrađuje rekonstrukciju trebala bi koristiti antropološke podatke o profilu osobe te odabrati najprikladniju tablicu debljine mekog tkiva za lubanju na temelju spola, podrijetla i dobi. Važno je lubanju postaviti u položaj frankfurtske horizontale. U pogledu iz profila predstavlja ju jedna horizontalna linija, dok vertikalna služi kao osnova za projekciju profila kao što se može vidjeti na slici 11.



Slika 11. Lubanja postavljena u položaj frankfurtske horizontale. Norma lateralis. (Lubanja 9, Gračani)

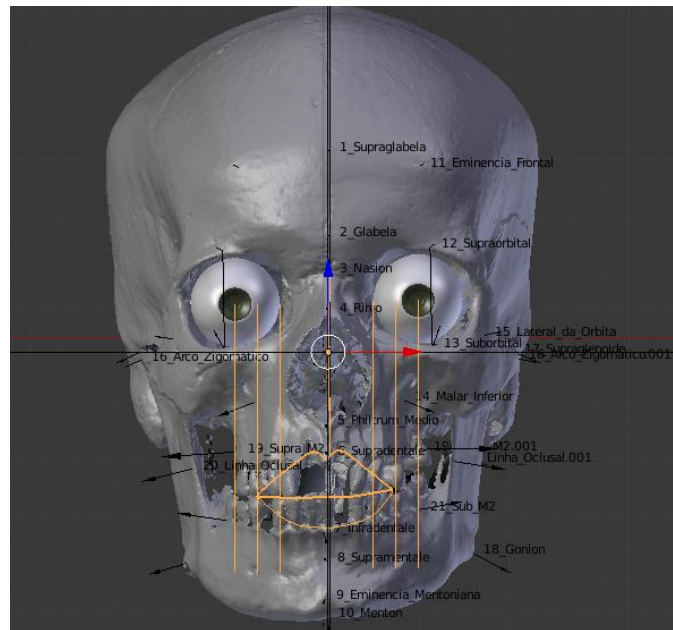
Vrijednosti korištene u rekonstrukciji, prikazane na slici 6, predstavljaju prosječnu debljinu tkiva muškaraca bijelaca u dobi između 18 i 29 godina.¹⁵⁷ Marker za debljinu tkiva su u Blenderu predstavljeni strelicama, određena im je vrijednost te su postavljeni na odgovarajuće mjesto na lubanji pod kutom od 90°.

¹⁵⁷ De Greef, S. et al. Large-scale in-vivo Caucasian facial soft tissue thickness database for craniofacial reconstruction. // Forensic Science International 159S, str. S126-S146. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073806000879> (2019-05-12)

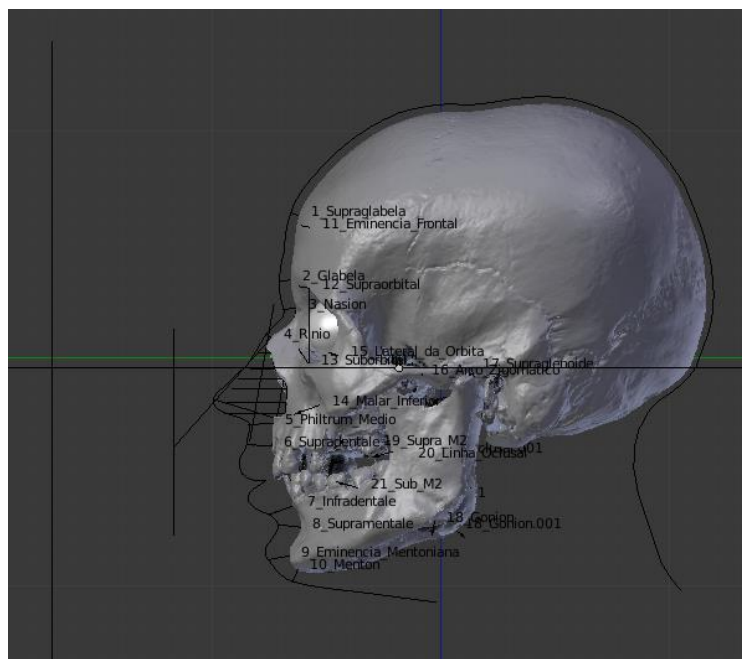
Pri izradi ove rekonstrukcije koristila se kombinacija metode Lebedinskaya i Manchesterske metoda. Za početak je potrebno napraviti liniju između točaka *nasion* i *supradentale*. Zatim treba napraviti paralelnu kopiju iste linije tako da dodiruje vrh nosne kosti. Kao anatomske parametar za oblik nosa koristi se profil *aperture piriformis*. Izrađuje se linija od šest vrhova koja počinje od lateralnog profila *aperture piriformis* na visini zadnje trećine nosne kosti te završava u visini *procesus nasalis* gornje čeljusti. Nakon toga se odabere rub svake točke i duplicira vodoravno kako bi se dobio projekcijski parametar nosa. U zadnjoj trećini nosne kosti stvara se linija koju je potrebno malo nagnuti dolje kako projekcija ne bi bila previše proširena. Zatim se preko prednjeg nazalnog vrha projicira linija na dnu.

Za postavljanje očnih jabučica potrebno je napraviti linije između supraorbitalnih i suborbitalnih markera koji označavaju granicu izbočenosti očne jabučice, a izrađena linija bi ju trebala sjeći na području leće.

Oblik usana se također određuje pomoću nekoliko linija koje se mogu vidjeti na slici 12. Prva linija treba biti postavljena u središte oka te sezati do malo ispod donjih zubi. Te linije se dupliciraju i postavljaju u središte očnjaka te se još jedna linija smješta između te dvije. Nakon toga se izrađuje linija u ravnini zubi koristeći ostale linije kao granice te se povlače linije oblika usana u skladu s gornjim i donjim zubima. Problematično je bilo odrediti oblik gornje usne i Kupidovog luka zbog nedostatka gornjih, prvih sjekutića i oštećenja alveolarnog procesa. Također, *mandibula* je za potrebe laserskog skeniranja bila pričvršćena, no postoji manje odstupanje od medijalne linije lubanje te je meko tkivo tog dijela prilagođeno suprotnom dijelu lubanje, više nego antropometrijskim oznakama i kutovima. Ostatak profila osobe izrađuje se produžavajući linije i postavljajući ih u skladu s markerima kao što je naznačeno na slici 13.

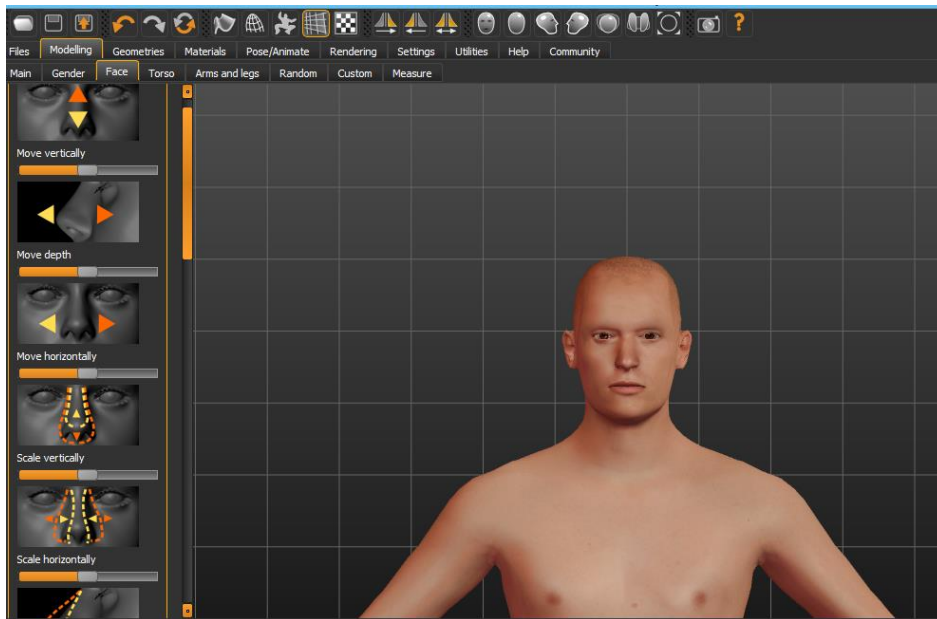


Slika 12. Pomoćne linije korištene pri izradi usana i umetanju očnih jabučica. Norma frontalis. (Lubanja 9, Gračani)



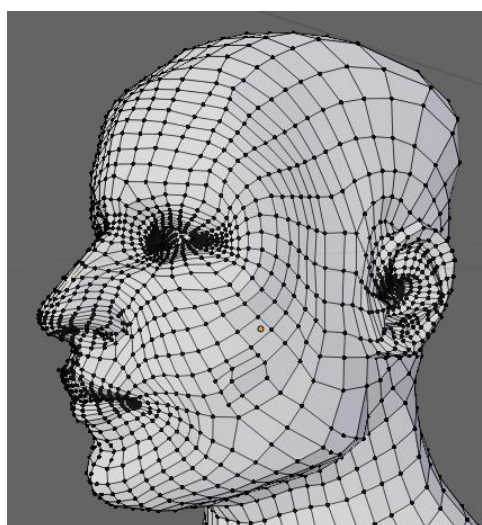
Slika 13. Rekonstruirani profil osobe. Norma lateralis. (Lubanja 9, Gračani)

Za izradu rekonstrukcije korišten je i softver MakeHuman koji nudi model čovjeka kojeg je potrebno preurediti kao što je prikazano na slici 14. Za rekonstrukciju je postavljeno da je osoba podrijetlom Europljanin, u prosjeku 25 godina, te mu je određena prosječna težina od 80 kg i visina od 178 cm budući da ju zbog necjelovitog kostura nije bilo moguće odrediti.



Slika 14. Modeliranje u programu MakeHuman.

Kod uvoza OBJ datoteke u Blender mora se odabrati sloj ispod prvog sloja, povećati model te označiti i ukloniti područje očiju i ostatka tijela brisanjem ploha. Kako bi se mreža modela mogla prilagođavati lubanji potrebno je u donjem izborniku označiti Proportional Editing te Enable što će prilikom pomicanja mreže prikazati krug koji se može povećavati i smanjivati tako da određuje područje na čije vrhove ili rubove utječe. Nakon toga je potrebno strpljivo mrežu lica prilagođavati obliku lubanje. Mreža modela lica prikazana je na slici 15.



Slika 15. Mreža modela lica.

Nakon stvaranja osnovne strukture potrebno je primijeniti modifikatore Subdivision Surface i Smooth te primijeniti na model boju kože i očiju za završetak rekonstrukcije lica koja je prikazana na slici 16.



Slika 16. Rekonstruirano lice žrtve, norma frontalis i norma lateralis. (Lubanja 9, Gračani)

9. RASPRAVA

Rekonstruirana lubanja broj 9 pripada jednoj od 95 lubanja pronađenih na lokalitetu Peščenka, u Gračanima, 2018. godine. Prema spolnim znakovima na lubanji utvrđeno je da se radi o muškoj osobi, tipa *masculinum*. Na temelju stupnja trošenja okluzalnih površina zuba te strastanja šavova nepčane kosti, ekto i endokranijuma zaključeno je da starost osobe pripada rasponu od kraja dvadesetih godina do tridesetak godina.

Analizom lubanje uočene su dvije anomalije. Na čeonj kosti vidljiv je metopizam. Starosna dob u kojem krajevi metopičnog šava počinju srastati je vrlo niska, krajem prve godine života, dok se potpuna obliteracija očekuje u rasponu od četvrte do šeste godine života.¹⁵⁸ U određenom postotku, dva dijela čeonj kosti nikada ne srastu u potpunosti, već se šav (*sutura metopica*) proteže u rasponu *nasion-bregma*. Prema nekim znanstvenicima učestalost metopizma ipak ne prelazi 12%.¹⁵⁹ Osim antropološkog značaja, metopizam pokazuje i kliničku važnost. Nova istraživanja povezala su nesrastanje čeonog šava (*sutura metopica*) i ozbiljnih defekata poput anomalija čeonih sinusa ili nastanka zečje usne.¹⁶⁰

Pojava meziodensa koničnog oblika u nicanju, prekobrojnog zuba, opaža se u sjekutičnom otvoru (*foramen incisivum*) nepčane kosti (*os palatinum*) gdje je rotiran za 90 stupnjeva. Riječ je o poremećaju u razvoju tvrdih zubnih tkiva, točnije, poremećaju u inicijalnom stadiju zubnog zametka. Kao prekobrojni zub može normalno izniknuti i zauzeti mjesto između središnjih sjekutića, ali u više od 75% slučajeva ostaje u čeljusti.¹⁶¹ Učestalost u općoj populaciji kreće se u rasponu od 0.15% do 1.9% i prema istraživanjima češće se javlja kod muškaraca nego kod žena.¹⁶²

¹⁵⁸ Mann R. W., Hunt D. R. *Photographic Regional Atlas of Bone Disease: A Guide to Pathologic and Normal Variation in the Human Skeleton*. 2nd ed. Springfield, Ill: Charles C. Thomas, 2005., str. 31. URL: https://books.google.hr/books?id=kDnl_vtRAXOC&printsec=frontcover&hl=hr#v=onepage&q&f=false (2019-09-19)

¹⁵⁹ Krogman, W. M. *The Human Skeleton in Forensic Medicine*. Springfield, Ill: Charles C. Thomas, 1986., str. 87-88. URL: https://duienforcers.wildapricot.org/Resources/Documents/HumanSkeletonForensicMedicine_Krogman_ChasThomas_1962.pdf (2019-09-19)

¹⁶⁰ Zdilla, M. et al. Metopism: a Study of the Persistent Metopic Suture. // *Journal of Craniofacial Surgery* 29, 1(2018), str. 204-208. URL: https://journals.lww.com/jcraniofacialsurgery/Abstract/2018/01000/Metopism_a_Study_of_the_Persistent_Metopic_Suture.48.aspx (2019-09-19)

¹⁶¹ Štalo, J. et al. *Patologija i terapija tvrdih zubnih tkiva*. Zagreb: Naklada Zadro, 1994., str. 61.

¹⁶² Van Buggenhout G., Bailleul-Forestier I. // *Mesiodens*. *European Journal of Medical Genetics* 51, 2(2008), str. 178-181. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1769721207001280?via%3Dihub> (2019-09-19)

Na zatiljnom dijelu lubanje vidljiva je epigenetička varijacija, *os interparietale* (*os incae*, *os epactale*). Na slici 9 jasno je vidljiv transverzalni šav koji dijeli zatiljnu ljusku na mjestu najviše *linea nuchales* i na dva mjesta dodiruje lambdoidni šav (*sutura lambdoidea*), dio iznad tog šava predstavlja u *os interparietale*. Sama varijacija nema poznatu funkciju.¹⁶³ Javlja se pretežno u muškaraca, a smanjuje se prisutnost od dječje u odraslu dob. Prisutnost u općoj populaciji ne prelazi 2.8%.¹⁶⁴ Pojava ove varijacije je genetički uvjetovana¹⁶⁵, no dokumentirani su slučajevi u kojima je pojava varijacije povezana s prekobrojnim kostima (*ossa suturalia*, Wormove kosti) i kranijalnim deformacijama.¹⁶⁶ Općenito, pojava prekobrojnih kostiju u zatiljnoj regiji dovodi se u vezu s mehaničkim stresom u ranoj fazi rasta i razvoja, ontogeničnim stresom.¹⁶⁷

S. De Greef i sur., od kojih su uzete mjere debljine tkiva, dvije su godine proučavali 967 bijelaca oba spola, različite dobi i različitog indeksa tjelesne mase (BMI). Cilj tog istraživanja bio je poboljšati reprezentativnu kvalitetu uzoraka u različitim kategorijama. Uzete su vrijednosti mjerene na živim osobama kako bi se uklonile nesigurnosti postmortalnih promjena i mogućih iskrivljenih vrijednosti zbog ležećeg položaja tijela i utjecaja gravitacije. Prilikom postavljanja markera za debljinu tkiva došlo je do poteškoća na određenim dijelovima, primjerice kod postavljanja *gonion* i *malar inferior* točaka, zbog oštećenosti mjesta na kojima se nalaze te su postavljene na približna mjesta pod približnim kutom.

Također, u programu MakeHuman moguće je urediti specifične strukture pojedinih dijelova tijela pa je tako preuređen i opći oblik lica koji bi zbog šireg *proc. coronoideus* i gonijalnog kuta manjeg od 125° trebao imati širi oblik poput okruglastog ili četvrtastog, no oblik lubanje od čeone kosti posteriorno nije simetričan. Uređen je i nos koji bi trebao imati ravan oblik zbog nježnije *glabelle*, produžene i uske *aperture piriformis*, uskog i visokog nosnog mosta te *spina nasalis* usmjerene prema naprijed. Budući da se ušima oblik ne može odrediti na temelju kostura preuređene su zbog istaknutih *proc. mastoideus* koji su karakteristični za veće

¹⁶³ Hauser G., De Stefano G. F. Epigenetic Variants of the Human Skull. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1989., str. 99.

¹⁶⁴ Kadanoff, D., Mutafov, S. 1963. Über die Variationen der typisch lokalisierten überzahligen Knochen und Knochenfortsätze des Hirnschädels beim Menschen. // *Anthropologischer Anzeiger* 31, 1/2(1968), str. 28-39.

¹⁶⁵ Berry, A. C. Factors affecting the incidence of nonmetric skeletal variants. // *Journal of Anatomy* 120, 3(1975), str. 519-535. URL: <http://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC1231693&blobtype=pdf> (2019-09-19)

¹⁶⁶ Ossenberg N. S. Discontinuous morphological variation in the human cranium. Doktorska disertacija. Sveučilište u Torontu, 1969., str. 46.

¹⁶⁷ Das, S., Suri, R., Kapur, V. Anatomical observations on *os inca* and associated cranial deformities. // *Folia Morphol* 64, 2(2005), str. 118-121. URL: https://journals.viamedica.pl/fovia_morphologica/article/viewFile/16182/12820 (2019-09-19)

i šire uši, te njihovog usmjerenja prema naprijed zbog čega je ušna školjka slobodnija te uši nisu pričvršćene uz lubanju.

Razvojem računalne tehnologije i pojavom različitih softvera prikladnih za rekonstrukciju lica skraćuje se vrijeme potrebno za izradu rekonstrukcije, a ujedno se poboljšavaju i računalne tehnike. Digitalni fotoaparati i 3D laserski skeneri uvelike su pridonijeli bržem snimanju lubanje i sprječavanju oštećenja skeniranih uzoraka. Također, smanjuje se i vrijeme provedeno u laboratoriju, troškovi materijala potrebnog za rekonstrukciju, a postoji i mogućnost izmjenjivanja rekonstrukcije. Zbog smanjenja vremena potrebnog za izradu novac bi se trebao uložiti u računalne sustave i softvere potrebne za rekonstrukciju. Na taj način bi proces izrade rekonstrukcije postao dostupan onima s većom stopom neidentificiranih žrtava. Računalna rekonstrukcija lica povećava točnost i objektivnost te su veće šanse da više različitih antropologa i umjetnika stvore sličan izgled lica. Različitosti bi se mogle pronaći kod izrade detalja koji se još nisu znanstveno utvrdili poput oblika ušiju ili usana. Forenzična rekonstrukcija lica se nije previše koristila kod slučajeva masovnih grobnica zbog previše vremena i troškova koji bi otišli na potreban materijal, no računalna rekonstrukcija može otkloniti te poteškoće te bi mogla biti idealno rješenje u takvim slučajevima. Jedan od problema su još nedovoljno pouzdani podaci o dubini tkiva koje je potrebno neprestano proučavati te znanstveno neutvrđeni oblici dijelova lica koji se ne mogu utvrditi iz lubanjskih kostiju. Programi za izradu rekonstrukcije se još uvijek trebaju poboljšati kako bi lice izgledalo što realnije, a modeliranje kože, kose, obrva i bora je potrebno dodatno usavršiti. Računalnim metodama može se stvoriti i nekoliko verzija rekonstrukcije, lako se mogu napraviti dobne promjene, izmijeniti boje i teksture i sl. Završene rekonstrukcije lica zatim se mogu usporediti s bazama podataka o nestalim osobama. Potrebno je provoditi daljnja istraživanja i mjerenja na živim populacijama (ovisno o dobi, spolu i BMI), usavršiti programe za izradu rekonstrukcije, baviti se forenzičnim slučajevima neidentificiranih žrtava (i pojedinih, ali i iz masovnih grobnica), omogućiti suradnju antropologa i umjetnika kako bi se rekonstrukcija što pravilnije izradila, troškove usmjeriti na potrebnu opremu te proučavati i uspoređivati tehnike rekonstrukcije i ispitati njihovu pouzdanost radi uspješnijih budućih identifikacija žrtava.

10. ZAKLJUČAK

Antropološkim metodama analizirani su koštani ostaci žrtava iz Drugog svjetskog rata i poslijeratnog razdoblja pronađenih u masovnoj grobnici na lokaciji Peščenka, u Gračanima. Ekshumacija je trajala od 11. do 20. 4. 2018. godine te je pronađeno 95 lubanja, od kojih je lubanja broj 9 dodatno analizirana i posuđena za izradu forenzične rekonstrukcije lica. Stabilizacija i čišćenje koštanih ostataka izvedeno je u terenskom laboratoriju Ministarstva hrvatskih branitelja na samoj lokaciji, a analiza koštanih ostataka obavljala se u prostorima mrtvačnice Zavoda za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. S ciljem stvaranja 3D računalne rekonstrukcije lica lubanja je skenirana 3D laserskim skenerom Cyberware 3030, a skeniranje je izvedeno u okviru Ureda za forenzične znanosti na Zavodu za tehnologiju i Katedri za alatne strojeve Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, nakon čega je vraćena Ministarstvu hrvatskih branitelja. Antropološke metode korištene u ovom radu obuhvaćaju odredbu spola deskriptivnim metodama proučavajući morfološke karakteristike lubanje te odredbu doživljene starosti na temelju sekundarnih metoda, zbog nedostatka cjelovitog kostura, prema stupnju srastanja lubanjskih i nepčanih šavova te trošenja okluzalnih ploha kutnjaka. Na temelju dobivenih rezultata zaključeno je kako osoba pripada muškom spolu (tip *masculinum*) te joj raspon starosti iznosi između 25 i 30 godina (*adultus I* tip prema Martinovoj podjeli dobnih skupina). Na mlađu osobu ukazuje stupanj srastanja šavova ekto i endokranijska, otvorenost medijalnog nepčanog i transverzalnog šava te blagi početak srastanja S3 dijela sagitalnog šava. Od anomalija na lubanji prisutni su metopizam, meziodens, a na zatiljnom dijelu lubanje može se vidjeti i epigenetička varijacija, *os interparietale*. Proces rekonstrukcije lica odvijao se u programima za 3D modeliranje: Blender, MakeHuman i OrtogOnBlender. Sastojao se od nekoliko koraka koji prate određeni redoslijed. Početni dio rekonstrukcije odvijao se u programu Blender u koji se uvela STL datoteka skenirane lubanje te postavila u položaj frankfurtske horizontale. Nakon toga su se postavili markeri za debljinu tkiva s određenim vrijednostima za osobe u rasponu od 18 do 29 godina te se na temelju njih izradio obris profila lica. Izrada modela čovjeka izvedena je u programu MakeHuman gdje su ubačeni osnovni podaci (spol, dob, visina, težina, etnička pripadnost) te sredene specifične karakteristike. U OrtogOnBlender uvedena je datoteka modela u OBJ formatu te se model prilagođavao lubanji i stvorenom obrisu profila lica. Nakon toga se uvezla PNG datoteka boje kože te su se primijenili određeni modifikatori koji doprinose kvalitetnijem izgledu modela. Renderiranjem modela dobiven je 3D prikaz rekonstruiranog lica lubanje što predstavlja

posljednji korak procesa izrade približnog izgleda osobe prije smrti. Daljnji pokušaji izrade forenzične rekonstrukcije lica trebali bi se bazirati na što većem skupu podataka i većem broju uzoraka te tako pridonijeti uspješnosti ove metode.

LITERATURA

1. Bandyopadhyay, S. K.; Basu, N.; Nag, S. Facial reconstruction- a review. // International Education and Research Journal 1, 5(2015), str. 34-36. URL: https://www.academia.edu/19837924/FACIAL_RECONSTRUCTION- A_REVIEW
2. Banić, M.; Bašić, Ž.; Anđelinović, Š. Vrednovanje morfoloških metoda za određivanje spola na lubanji. // Policijska i sigurnost 26, 1(2017), str. 1-19. URL: <https://hrcak.srce.hr/184213>
3. Bender, R.; Margaritoni, M. Antropometrijske karakteristike šake – pregledni članak. // Sestrinski glasnik 20, 1(2015), str. 53-59. URL: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=202512
4. Bernik, A.; Lorenzo, C. Usporedba 3D skeniranja i fotogrametrije. // Polytechnic and design 6, 1(2018), str. 29-46. URL: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=298921
5. Berry, A. C. Factors affecting the incidence of nonmetric skeletal variants. // Journal of Anatomy 120, 3(1975), str. 519–535. URL: <http://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC1231693&blobtype=pdf>
6. Brothwell, D. Digging Up Bones. Ithaca: Cornell University Press, 1981.
7. Bruce, V. et al. Seks discrimination: how do we tell the difference between male and female faces? // Perception 22, 2(1993), str. 131-152. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/p220131>
8. Buikstra, J. E., Uberlaker, D. Standards for dana collection from human skeletal remains. Arkansas Archaeological Survey Research Series 44. Fayetteville, AR: Arkansas Archaeological Survey, 1994.
9. Buikstra, J. E., Uberlaker, D. Standards for dana collection from human skeletal remains. Indianapolis: Western Newspaper Company, 1997.
10. Byers, S. N. Forensic Anthropology Laboratory Manual. London: Routledge, 2017. URL: <https://books.google.hr/books?id=YiqRDQAAQBAJ>
11. Camperova crta. // Struna: Hrvatsko strukovno nazivlje. URL: <http://struna.ihjj.hr/naziv/camperova-crta/13308/#naziv>
12. CG Channel. URL: <http://www.cgchannel.com/2018/01/manuel-bastioni-lab-turns-blender-into-a-character-creator/>
13. Chakravorty, D. STL File Format (3D Printing) – Simply Explained, 2019. URL: <https://all3dp.com/what-is-stl-file-format-extension-3d-printing/#pointthree>
14. Claes, P. et al. Computerized craniofacial reconstruction: Conceptual framework and review. // Forensic Science International 201, 1/3, str. 138-145. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073810001003>
15. Clement, J. G.; Marks, M. K. Computer-Graphic Facial Reconstruction. Elsevier Academic Press, 2005. URL: <https://www.elsevier.com/books/computer-graphic-facial-reconstruction/clement/978-0-08-045422-1>
16. Crime Museum. URL: <https://www.crimemuseum.org/crime-library/forensic-investigation/facial-recognition-and-facial-reconstruction/>
17. Das, S., Suri, R., Kapur, V. Anatomical observations on os inca and associated cranial deformities. // Folia Morphol 64, 2(2005), str. 118–121. URL: https://journals.viamedica.pl/fovia_morphologica/article/viewFile/16182/12820

18. De Greef, S. et al. Large-scale in-vivo Caucasian facial soft tissue thickness database for craniofacial reconstruction. // Forensic Science International 159S, str. S126-S146. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073806000879>
19. Digitalizacija. // Hrvatska enciklopedija. URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=68025>
20. Digitization. // Techopedia. URL: <https://www.techopedia.com/definition/6846/digitization>
21. Facial Reconstruction. // USLegal. URL: <https://definitions.uslegal.com/f/facial-reconstruction/>
22. Fernandes, C. M. S. et al. Is characterizing the digital forensic facial reconstruction with hair necessary? A familiar assessors' analysis. // Forensic Science International 229, 1/3(2013), str. 164.e1-164.e5. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073813001928>
23. Forensic. // Lexico Dictionaries. URL: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/forensic>
24. Gupta, Sonia et al. Forensic Facial Reconstruction: The Final Frontier. // Journal of clinical and diagnostic research 9,9(2015), str. 26-28. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4606364/>
25. Hauser G., De Stefano G. F. Epigenetic Variants of the Human Skull. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1989.
26. Haviland, W. A. Kulturna antropologija. Jastrebarsko: Naklada Slap, 2004.
27. Horjan, G. Muzeji i izazovi digitalnog doba. // Informatica museologica 43, 1/4(2012), str. 88-91. URL: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=198007
28. Işcan, M. Y., Steyn, M. The human skeleton in forensic medicine. 3rd ed. Springfield, Ill: Charles C. Thomas, 2013.
29. Janeš, L. Digitalizacija građe u knjižnicama s osvrtom na digitalizaciju hemeroteke u Gradskoj knjižnici „Franjo Marković“ Križevci. // Cris 5, 1(2003), str. 100-104. URL: <https://hrcak.srce.hr/95063>
30. Jurmain, Robert et al. Introduction to Physical Anthropology. 15th ed. Boston: Cengage Learning, 2017. URL: <https://books.google.hr/books?id=HmjvDQAAQBAJ>
31. Kadanoff, D., Mutafov, S. 1963. Über die Variationen der typisch lokalisierten überzahligen Knochen und Knochenfortsätze des Hirnschädles beim Menschen. // Anthropologischer Anzeiger 31, 1/2(1968), str. 28-39.
32. Khandare, S. V.; Bhise, S. S.; Shinde, A. B. Age estimation from cranial sutures – a Postmortem study. // International Journal of Healthcare and Biomedical Research 3, 3(2015), str. 192-202. URL: https://www.researchgate.net/publication/295255829_Age_estimation_from_cranial_sutures_-_a_Postmortem_study
33. Klepinger, L. Fundamentals of Forensic Anthropology. Illinois: A John Wiley & Sons, Inc., 2006.
34. Krmpotić-Nemanić, J.; Marušić, A. Anatomija čovjeka. 2. korigirano izd. Zagreb: Medicinska naklada, 2007. URL: https://dlscrib.com/queue/anatomija-ovjeka-krmpoti-nemani-marui-2007_59b64d0cdc0d60e5318ceb1b_pdf?queue_id=59b64d14dc0d60ec318ceb1c

35. Krogman, W. M. The Human Skeleton in Forensic Medicine. Springfield, Ill: Charles C. Thomas, 1986. , str. 87-88. URL:
https://duienforcers.wildapricot.org/Resources/Documents/HumanSkeletonForensicMedicine_Krogman_ChasThomas_1962.pdf
36. Krogman, W. M., Işcan, M. Y. The Human skeleton in Forensic Medicine. 2nd ed. Springfield, Ill: Charles C. Thomas, 1962. URL:
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://duienforcers.wildapricot.org/Resources/Documents/HumanSkeletonForensicMedicine_Krogman_ChasThomas_1962.pdf&ved=2ahUKEwjk8zrlNvkAhVKzaQKHTmyDUYQFjAJegQIChAB&usg=AOvVaw25E2qfAN4ddeS7W57-JHLY&cshid=1568836937681
37. Lebedinskaya, G. U.; Balueva, T. S.; Veselovskaya, E. B. Development of methodological principles for reconstruction of the face on the basis of skull material. // Forensic analysis of the Skull / Işcan, M. Y.; Helmer, R. P. (eds.) New York: Wiley – Liss Inc., 1993., str. 183-198.
38. Mann R. W., Hunt D. R. Photographic Regional Atlas of Bone Disease: A Guide to Pathologic and Normal Variation in the Human Skeleton. 2nd ed. Springfield, Ill: Charles C. Thomas, 2005., str. 31. URL:
https://books.google.hr/books?id=kDnl_vtRAXQC&printsec=frontcover&hl=hr#v=onepage&q&f=false
39. Martin R., Saller, K. Lehrbuch der Anthropologie: in systematischer darstellung mit besonderer berücksichtigung der Anthropologischen Methoden. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1957.
40. Masset, C. Age estimation on the basis of cranial sutures. // Age Markers in the Human skeleton / Işcan, M. Y. (ed.) Springfield: Charles C. Thomas, 1989., str. 71-103.
41. Moraes, C.; Dias, P.; Melani, R. Demonstration of protocol for computer-aided forensic facial reconstruction with free software and photogrammetry. // Journal of Research in Dentistry 2, 1(2014), str. 77-90. URL:
http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/JR_Dentistry/article/view/1993
42. Oliveira, S. V. T. Avaliação de medidas da espessura dos tecidos moles da face em uma amostra populacional atendida na seção técnica de verificação de óbitos do município de Guarulhos-São Paulo. Doktorska disertacija, Stomatološki fakultet Sveučilišta u São Paulu, 2008. URL:
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/23/23148/tde-21012009-151057/pt-br.php>
43. Ossenberg N. S. Discontinuous morphological variation in the human cranium. Doktorska disertacija. Sveučilište u Torontu, 1969.
44. Petaros, A.; Čengija, M.; Bosnar, A. Primjena i uloga osteologije u praksi: forenzična antropologija. // Medicina Fluminensis 46, 1(2010), str. 19-28. URL:
https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=75287
45. Ramesh, G. et al. Facial Soft Tissue Thickness in Forensic Facial Reconstruction: Is it enough if Norms Set? // Journal of Forensic Research 6, 5(2015), str. 1-4. URL:
<https://pdfs.semanticscholar.org/ca15/9ff2dab972e08190d4bde788a89e28a56ccd.pdf?ga=2.14458228.2112552626.1562508215-582432419.1520177276>
46. Rhine, J. S., Campbell, H. R. Thickness of facial tissues in American Blacks. // Journal of Forensic Science 25, 4(1980), str. 847-858.

47. Sauer, N. J.; Michael, A. R.; Fenton, T. W. Human Identification Using Skull–Photo Superimposition and Forensic Image Comparison. // A Companion to Forensic Anthropology / urednik Dirkmaat, Malden, MA: Wiley-Blackwell, 2012. Str. 432-447. URL: https://www.academia.edu/7501448/Human_Identification_Using_Skull-Photo_Superimposition_and_Forensic_Image_Comparison
48. Stančić, H. Digitalizacija. Zagreb: Zavod za informacijske studije, 2009.
49. Stewart, T. D. Mediocolegal aspects of the skeleton – age, sex, race and stature. // American Journal of Physical Anthropology 6, 3(1948), str. 313-321. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ajpa.1330060306?sid=nlm%3Apubmed>
50. Subspinale. // Struna: Hrvatsko strukovno nazivlje. URL: <http://struna.ihjj.hr/naziv/tocka-lt-i-gt-subspinale-lt-i-gt/15303/#naziv>
51. Šutalo, J. et al. Patologija i terapija tvrdih zubnih tkiva. Zagreb: Naklada Zadro, 1994.
52. Taylor, K. T. Forensic Art and Illustration. Boca Raton: CRC Press, 2000. URL: <https://books.google.hr/books?id=5QQwAsJkBiEC>
53. Teselacija. // Struna: Hrvatsko strukovno nazivlje. URL: <http://struna.ihjj.hr/naziv/teselacija/21789/#naziv>
54. Todd, T. W., and Lyon, D.W. (1924). Endocranial suture closure: its progress and age relationship. Part I. - Adult males of white stock. // American Journal of Physical Anthropology 7, 3(1924), str. 326–384. URL: https://www.google.com/amp/s/www.researchgate.net/publication/230065682_Endocranial_suture_closure_Its_progress_and_age_relationship_Part_IAdult_males_of_white_stock/amp
55. Tu, Peter, et al. Automatic face recognition from skeletal remains. U: 2007 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. IEEE, 2007. Str. 1-7. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4270085>
56. Ujević, D.; Grilec Kaurić, A. Antropometrija kao komplementarna mjera životnog standarda. // Poslovna izvrsnost 7, 2(2013), str. 145-154. URL: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=166405
57. Van Buggenhout G., Bailleul-Forestier I. // Mesiodens. European Journal of Medical Genetics 51, 2(2008), str. 178-181. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1769721207001280?via%3Dihub>
58. Wilkinson, C. Forensic Facial Reconstruction. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
59. Zdilla, M. et al. Metopism: a Study of the Persistent Metopic Suture. // Journal of Craniofacial Surgery 29, 1(2018), str. 204-208. URL: https://journals.lww.com/jcraniofacialsurgery/Abstract/2018/01000/Metopism_a_Study_of_the_Persistent_Metopic_Suture.48.aspx

POPIS TABLICA

Tablica 1. Antropometrijske točke korištene pri rekonstrukciji lica i njihov položaj.	8
--	---

POPIS SLIKA

Slika 1. Redoslijed srastanja lubanjskih šavova (Buikstra, Ubelaker, 1994.).....	20
Slika 2. Dijagram trošenja griznih ploha zubi sa starenjem (Brothwell, 1981.).	48
Slika 3. Koraci u izradi rekonstrukcije lica.	49
Slika 4. Antropometrijske točke postavljene na lubanji. Norma frontalis. (Lubanja 9, Gračani)	51
Slika 5. Antropometrijske točke postavljene na lubanji. Norma lateralis. (Lubanja 9, Gračani)	52
Slika 6. Tablica iz koje su uzeti podaci o debljini tkiva za rekonstrukciju lica iz istraživanja S. De Greef i sur.	52
Slika 7. Metopizam. Norma frontalis. (Lubanja 9, Gračani).....	53
Slika 8. Meziiodens. (Lubanja 9, Gračani).....	54
Slika 9. Mandibula. (Lubanja 9, Gračani).....	54
Slika 10. Os interparietale. Norma occipitalis. (Lubanja 9, Gračani)	55
Slika 11. Lubanja postavljena u položaj frankfurtske horizontale. Norma lateralis. (Lubanja 9, Gračani).....	56
Slika 12. Pomoćne linije korištene pri izradi usana i umetanju očnih jabučica. Norma frontalis. (Lubanja 9, Gračani)	58
Slika 13. Rekonstruirani profil osobe. Norma lateralis. (Lubanja 9, Gračani).....	58
Slika 14. Modeliranje u programu MakeHuman.....	59
Slika 15. Mreža modela lica.	59
Slika 16. Rekonstruirano lice žrtve, norma frontalis i norma lateralis. (Lubanja 9, Gračani) .	60

SAŽETAK

Rekonstrukcija lica postala je važno područje antropologije koje se neprestano razvija. Teorijsko ishodište i brojne morfološke te morfometrijske metode prethode računalnoj rekonstrukciji mekih tkiva lica. Cilj ovog diplomskog rada jest izraditi rekonstrukciju mekih tkiva lica na primjeru lubanje te stvoriti približan izgled osobe za vrijeme njezina života. Također, cilj je prikazati primjenjivost uređaja za digitalizaciju i slobodnih softvera za 3D modeliranje u kontekstu forenzične antropologije. Neprestani razvoj tehnologije omogućuje uključivanje novih izvora i uređaja u praksu forenzične antropologije. Zahvaljujući nekontaktim skenerima moguće je prikupiti i obrađivati podatke o željenim predmetima bez njihovog oštećenja. Postupak rekonstrukcije započeo je identifikacijom skeletnih ostataka s naglaskom na kraniofacijalnu antropometriju. Potom su opisani dijelovi lubanje te antropometrijske točke koje su glavni izvor podataka potrebnih za daljnje provođenje rekonstrukcije. Postupak se nastavlja procesom 3D skeniranja te 3D modeliranja. Analiziraju se dostupni programi za računalnu rekonstrukciju lica te se na temelju dobivenih rezultata navode prednosti i nedostaci računalnih metoda 3D rekonstrukcije lica.

Ključne riječi: forenzična antropologija, rekonstrukcija lica, digitalizacija, 3D tehnologija, 3D modeliranje

SUMMARY

Forensic facial soft tissue reconstruction using craniofacial anthropometry and 3D computer methods

Facial reconstruction has become an important and constantly advancing part of anthropology. Theoretical basis and many morphological and morphometric methods precede computer-based soft tissue reconstruction. The aim of this thesis is to reconstruct soft tissue of the chosen skull and create approximate appearance of the person, as well as to show the applicability of digitization devices and open source software for 3D modelling in the context of forensic anthropology. Constant technological development enables new sources and new devices in the forensic anthropology practice. Thanks to non-contact scanners it is possible to gather and process information about objects without causing any damage. The reconstruction begins with the identification of the skeletal remains focussing on craniofacial anthropometry. Description of the parts of the skull and the anthropometric points, which are the main source of the information needed to conduct further reconstruction, are given. The process continues with 3D scan and 3D modelling. Further, the thesis analyses available software for computer facial reconstruction and discusses benefits and weaknesses of the computer methods for 3D facial reconstructions.

Key words: forensic anthropology, facial reconstruction, digitization, 3D technology, 3D modelling