Procjena spola u hrvatskoj populaciji s pomoću gustoće papilarnih linija prstiju

Božinović Karauz, Marijan

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, University Department for Forensic Sciences / Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:227:870165

Rights / Prava: Attribution 4.0 International/Imenovanje 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

SVEUČILIŠTE U SPLITU

SVEUČILIŠNI ODJEL ZA FORENZIČNE ZNANOSTI

Repository / Repozitorij:

Repository of University Department for Forensic Sciences

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA
FORENZIČNE ZNANOSTI

FORENZIČNA KEMIJA I MOLEKULARNA BIOLOGIJA

DIPLOMSKI RAD

PROCJENA SPOLA U HRVATSKOJ POPULACIJI S POMOĆU GUSTOĆE PAPILARNIH LINIJA PRSTIJU

MARIJAN BOŽINOVIĆ KARAUZ

Split, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA
FORENZIČNE ZNANOSTI

FORENZIČNA KEMIJA I MOLEKULARNA BIOLOGIJA

DIPLOMSKI RAD

PROCJENA SPOLA U HRVATSKOJ POPULACIJI S POMOĆU GUSTOĆE PAPILARNIH LINIJA PRSTIJU

Mentor

prof. dr. sc. ŠIMUN ANĐELINOVIĆ

Komentor

dr. sc. IVAN JERKOVIĆ

MARIJAN BOŽINOVIĆ KARAUZ

418/2017

Split, rujan 2020.

Rad je izrađen u Laboratoriju za istraživanje mjesta događaja na Sveučilišnom odjelu za forenzične znanosti u Splitu pod nadzorom mentora prof. dr. sc. Šimuna Anđelinovića i komentora dr. sc. Ivana Jerkovića u vremenskom razdoblju od svibnja 2019. godine do rujna 2020. godine.

Datum predaje rada: 13. rujna 2020.

Datum prihvaćanja rada: 15. rujna 2020.

Datum obrane rada: 18. rujna 2020.

Ispitno povjerenstvo:

1. Izv. prof. dr. sc. Ivana Kružić
2. Izv. prof. dr. sc. Željana Bašić
3. Prof. dr. sc. Šimun Anđelinović

Sadržaj

1. Uvod ... 1

1.1. Forenzične znanosti i identifikacija ... 1

1.2. Daktiloskopija ... 1

1.3. Dermatoglifija ... 2

1.4. Otisci papilarnih linija ... 3

1.5. Spolni dimorfizam i papilarne linije ... 8

2. Cilj rada ... 10

3. Materijali i metode ... 11

3.1. Materijali ... 11

3.2. Prikupljanje i analiza otisaka prstiju ... 11

3.3. Statistička analiza ... 12

4. Rezultati ... 14

4.1. Struktura ispitanika ... 14

4.2. Razdioba učestalosti gustoća papilarnih linija ... 14

4.3. Deskriptivna analiza i spolni dimorfizam ... 15

4.4. Bilateralna asimetrija ... 18

4.5. Procjena spola s pomoću gustoće papilarnih linija ... 19

4.5.1. Procjena spola na temelju gustoće vjerojatnosti ... 19

4.5.2. Procjena spola diskriminantnom analizom ... 21

5. Rasprava ... 24

5.1. Učestalosti gustoća papilarnih linija prema područjima i spolni dimorfizam ... 24

5.2. Bilateralna asimetrija ... 26

5.3. Procjena spola na temelju gustoće vjerojatnosti ... 27

5.4. Procjena spola diskriminantnom analizom ... 28

5.5. Ograničenja i mogućnosti procjene spola s pomoću gustoće papilarnih linija ... 29

6. Zaključci 30
7. Literatura 32
8. Sažetci 35
9. Životopis 37
10. Izjava o akademskoj čestitosti 38

1. Uvod

1.1. Forenzične znanosti i identifikacija

Izraz forenzika, odnosno forenzične znanosti, obuhvaća primjenu širokog spektra znanstvenih grana i načela koji se primjenjuju pri otkrivanju, istraživanju i dokazivanju kaznenih djela (1, 2). Forenzične znanosti daju odgovore na razna pitanja u kontekstu pravosuđa: je li počinjeno djelo kazneno djelo, ako jest, koje je, tko je počinitelj, gdje, kada, kako i zašto je djelo počinjeno, i brojna druga (2). Sukladno s razvojem humanističkih i prirodnih znanosti, razvile su se brojne metode prepoznavanja i razlikovanja osoba u području kriminalističke identifikacije (3). Prvi suvremeni sustav identifikacije čija je osnova bila analiziranje mjera pojedinih dijelova tijela razvio je Alphonse Bertillon 1883. godine, koji je po njemu dobio naziv bertionaža (4). Sastojao se od tri dijela, uključujući mjerenja tjelesnih proporcija, opise tipa tjelesne građe i zabilježavanja posebnih obilježja na tijelu (deformacije, ožiljci i tetovaže). Alphonsa Bertillona, francuskog policajca te istraživača biometrije, smatramo za pionira korištenja antropometrijske tehnike pri identifikaciji ljudi, odnosno počinitelja kriminalnih djela, međutim razvitkom daktiloskopije Bertillonov je sustav izgubio na važnosti (5).

U današnjem dobu, kojeg bismo mogli nazvati informatičkim, računalnim ili digitalnim, otvaraju se potpuno nova poimanja nekih pojmova vezanih uz predmete kaznenog djela, kao što su sredstva počinjenja, predmeti na kojima je počinjeno kazneno djelo, odnosno predmeti nastale kaznenim djelom, materijalni dokaz, modus operandi te razni drugi aspekti važni za kriminalističko istraživanje (2). Identifikacija osoba ili predmeta i traseološka identifikacija, odnosno područje kriminalističke identifikacije jedno je od područja kriminalističkog istraživanja koje je doživjelo velike promjene (3).

1.2. Daktiloskopija

Identitet je skup fizičkih, funkcionalnih ili psiholoških obilježja, bila ona fiziološka ili patološka, koja čine određenu osobu ili predmet te ih ujedno razlikuje od svih drugih (6), a sva

ta karakteristična obilježja predstavljaju individualnost (7). Identifikacija osoba postupak je usporedbe određenog broja identifikacijskih obilježja u svrhu utvrđivanja istovjetnosti nepoznatog s otprije poznatim te se na tako određuje podudarnost ili različitost između osoba ili predmeta koji se uspoređuju. Provjeravanje identiteta provodi se kada je potrebno samo provjeriti istinitost podataka o nespornom identitetu osobe, dok utvrđivanje identiteta nepoznate osobe podrazumijeva identifikaciju i utvrđivanje točnosti podataka o identitetu u slučajevima kada se sumnja u točnost istoga. Radi se o složenijem postupku od provjere identiteta, a provodi se pomoću posebnih metoda i tehnika identifikacije kao što je daktiloskopija (3).

Daktiloskopija je jedna od najsuvremenijih i najpogodnijih metoda identifikacije osoba, a temelji se na klasifikaciji i analizi papilarnih linija koje su specifične i jedinstvene za svaku osobu (3). Riječ daktiloskopija nastala je od dvije riječi, grčke *dactilo,* što u prijevodu znači prst, i latinske *scopein,* što bi u prijevodu značilo gledati (8). Identifikacija otiscima papilarnih linija prstiju i dlanova temeljena je na jedinstvenom rasporedu udubljenja i ispupčenja kože zvanih dermatoglifi, odnosno papilarne linije. Kod detekcije papilarnih linija potrebno je pažljivo odabrati metode kako bi se izuzeo trag, a zatim provesti daktiloskopsku pretragu (7).

Za razvoj daktiloskopije uvelike je zaslužan i kriminalist Ivan Vučetić koji je sastavio tzv. desetoprstni sustav klasifikacije pomoću kojeg je uspoređivanjem papilarnih linija uspio pronaći počinitelja zločina dok je radio kao šef identifikacijske službe u La Plati u Argentini (9).

1.3. Dermatoglifija

Dermatoglifija je znanost koja uključuje proučavanje i analiziranje crteže papilarnih linija. Ima mnogobrojne upotrebe u genetici, biološkoj antropologiji, morfologiji i anatomiji, u medicini u svrhu otkrivanja bolesti, u istraživanju povezanosti s pretcima, u razumijevanju evolucije populacija podijeljenih na manje dijelove, u analizi individualnih varijacija, te za razjašnjenja populacije i ljudske varijabilnosti (10). Određena svojstva otisaka prstiju, kao što je gustoća papilarnih linija, nose veliki neiskorišteni potencijal, naročito u području identifikacije kod forenzičnih istraga. U slučajevima kada su dostupni samo parcijalni otisci prstiju ili kada nema otisaka prstiju osumnjičenih, identifikacija spola može igrati ključnu ulogu u istrazi (11).

Brojni znanstvenici smatraju da je oblik otiska prstiju poligensko svojstvo koje je pod kontrolom niza gena jednakih učinaka, bez dominacije, dok neki tvrde da su papilarne linije određene jednim glavnim genom. U svakom slučaju, broj papilarnih linija pokazuje vrlo izraženu nasljednost u odnosu na oblik crteža koji dosta ovisi o okolišnim čimbenicima u tijeku prenatalnog razvoja. Ono što je važno, ako ne dođe do promjena izazvanim vanjskim čimbenicima, papilarne linije se smatraju stabilnim strukturama koje ostaju nepromijenjene tijekom života. Bitno je naglasiti da se veličina papilarnih linija povećava somatskim rastom ekstremiteta, dok se oblik i broj linija ne mijenjaju (10).

Kada se govori o otiscima prstiju važno je naglasiti da se crtež papilarnih linija kao takav u čovjeka formira tijekom intrauterinog razdoblja, odnosno tijekom trudnoće. Još u ranom embrionalnom razvoju dolazi do diferencijacije stanica ektoderma, mezoderma i endoderma koja će kasnije dati osnovu za razvitak epiderma i njegovih pripadajućih derivata. U periodu od devetog do trinaestog tjedna gestacije dolazi do formiranja otisaka i kao takvi ostaju za života, osim u veličini i/ili u slučaju unutrašnjih povrjeda tkiva. Koža je epitelno-vezivni organ koji pokriva površinu tijela i ujedno je najveći organ čovjekova organizma. Sastoji se od tri sloja, površinski, koji se naziva epiderm ili pousmina, također je građen slojevito. Vanjski sloj epiderma naziva se *stratum corneum* kojeg čine odumrle orožene stanice koje se postepeno deskvamiraju i zamijenjuju novima. Slijedi sloj kojeg sačinjavaju paralelno postavljeni zavijeni grebeni između kojih su plitke brazde, a nazivamo ih papilarnim linijama (12-14).

1.4. Otisci papilarnih linija

Prema diferencijalnoj ili individualnoj vrijednosti, identifikacijska obilježja mogu biti opća i posebna. Opća su obilježja ona koja se mogu rabiti za definiranje ili eliminaciju određene skupine. Neki su od primjera takvih obilježja krvna skupina i oblik crteža papilarnih linija. Obilježja koja određuju pojedinačnu osobu, kao što su građa molekule DNK i crtež papilarnih linija, zovemo posebna obilježja (1, 7). Identifikacija putem otisaka prstiju, odnosno crteža papilarnih linija temelji se na uspoređivanju papilarnih linija i otkrivanju određenih anatomskih karakteristika linija i brazdi, koje nazivamo minucijama (1, 15). Minucije, odnosno detaljne identifikacijske točke sastoje se od crta, isprekidanih linija, otoka, točaka, račvanja, kukica i krajeva brazdi, a takvih identifikacijskih točaka može biti i više od sto (1, 15). Kao minimalan broj minucija u Republici Hrvatskoj koje se moraju pronaći da bi se osoba identificirala,

prihvaćen je broj od dvanaest minucija. Važno je naglasiti da su neke minucije manje, a neke više frekventne u populaciji iz čega proizlazi zaključak da nemaju sve minucije jednaku dokaznu vrijednost. Minucija koja je najmanje zastupljena u populaciji jest kukica koja se javlja u 1,4 % muškaraca i 1,2 % u žena (1).

Postoji nekoliko vrsta otisaka papilarnih linija, a to su daktiloskopski otisci, vidljivi otisci, nevidljivi ili latentni otisci i reljefni otisci. Otisci nastali preslikavanjem s pomoću tiskarske tinte zovu se daktiloskopski otisci. Otisci se mogu pronaći na mekanim površinama poput voska ili gline te se u tom slučaju nazivaju reljefnim otiscima. Vidljivi otisci nastaju ako crtež papilarnih linija nastane prijenosom obojenih tvari kao što su tinta, krv i slično. U forenzičnim istragama najučestaliji su nevidljivi ili latentni otisci, a nastaju prijenosom znoja s kože na glatku površinu te zahtijevaju obradu radi daljnje usporedbe (16).

Prema općem izgledu, razlikujemo tri osnovna oblika crteža papilarnih linija: kružni oblik (Slika 1), oblik luka (Slika 2) te oblik petlje (Slika 3) (1, 16).



Slika 1. Kružni oblik otiska prsta

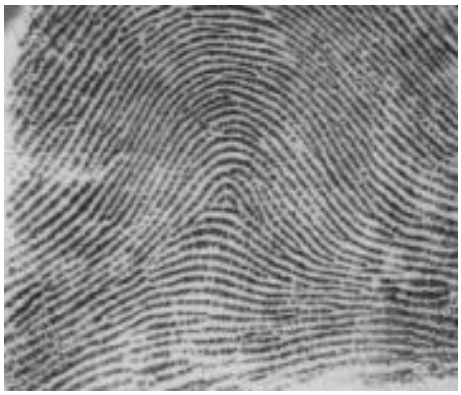


Slika 2. Otisak prsta u obliku luka

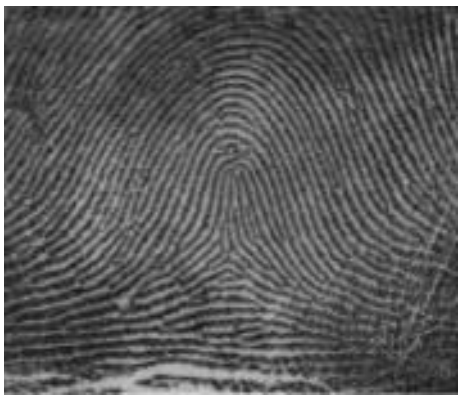


Slika 3. Otisak prsta u obliku petlje

Skupinu luka možemo podijeliti na one u kojih papilarne linije u središtu luka čine uzdignuti luk te one čiji lučni oblik izgledom podsjeća na jelku, tako da govorimo o dvije podskupine lučnih oblika: jeloviti lukovi (Slika 4) i čisti lukovi (Slika 5) (16).



Slika 4. Otisak prsta u obliku čistoga luka

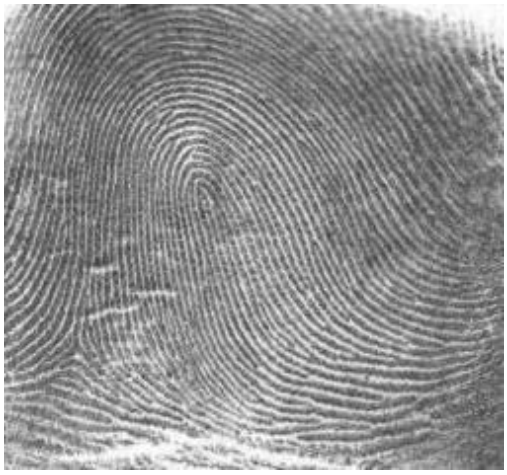


Slika 5. Otisak prsta u obliku jelovitoga luka

Oblik petlje možemo podijeliti na dvije podskupine. Općenito govoreći, kod oblika petlje, središnje papilarne linije polaze s jedne strane te u središtu ili blizu središta čine petlju i vraćaju se unatrag prema strani. Ako je otvor petlje na palčanoj strani, odnosno na strani palčane kosti (lat. *radius)* govorimo o radijalnoj petlji (Slika 6), a ako je otvor na strani malog prsta, odnosno na strani lakatne kosti (lat. *ulna*) radi se o ulnarnoj petlji (Slika 7). U otisku prsta može se također pojaviti i dvostruka petlja, premda rijetko (16).



Slika 6. Otisak prsta desne ruke u obliku radijalne petlje



Slika 7. Otisak prsta desne ruke u obliku ulnarne petlje

U kružnu skupinu otisaka spadaju oni kod kojih papilarne linije čine koncentrične krugove, više ili manje pravilne. Kod ovakvih crteža, sa svake strane kruga postoje najmanje dva račvanja linija, odnosno najmanje dvije delte. S obzirom na to da izgled crteža kod ovakvih otisaka može varirati, kružni su otisci podijeljeni na jednostavan krug (jedna ili više linija čine puni krug oko središta), blizanac petlju (neke od linija petlje savijaju se i okružuju srednji krug) i dvostruku petlju (dvije odvojene petlje koje okružuju jedna drugu) (16).

Osim navedenih oblika otiska prsta, postoji mogućnost pojave mješovitog oblika koji se ponekad naziva i slučajni oblik otiska prsta. Takvi otisci uglavnom imaju kombinirane karakteristike dvaju osnovnih oblika otiska prsta, naprimjer oblici kruga i petlje u jednom

otisku, ali takav otisak može biti u potpunosti nepravilnog oblika pa se ne može svrstati u nijednu od prethodno navedenih skupina otisaka (16).

Zastupljenost pojedinih oblika otiska prsta varira ovisno o populaciji, no najučestalija je sljedeća podjela:

- 60 % petljasti tipovi;
- 29 % kružni tipovi;
- 6 % lučni tipovi;
- 5 % mješoviti tipovi (16).

Tri su glavna svojstva papilarnih linija: nepromjenjivost, individualnost i mogućnost klasifikacije. Nitko ne može svojevoljno promijeniti izgled papilarnih linija, nego samo trajno uništiti. Francuski matematičar Baltasar matematičkim je putem potvrdio individualnost otisaka prstiju, odnosno dokazao je da je vjerojatnost da se dva otiska prsta podudaraju u svom obliku gotovo jednaka nuli. Unatoč visokoj individualnosti, otisci se mogu klasificirati na temelju općih zajedničkih karakteristika, a to uvelike smanjuje potrebno vrijeme za identifikaciju (7).

1.5. Spolni dimorfizam i papilarne linije

Kao što je prethodno navedeno, uzorkovanje otisaka prsta ne služi samo za izravnu identifikaciju kada je riječ o kriminalnom djelu. Ako nema približnog saznanja o identitetu osobe, uvelike bi koristila spoznaja o spolu te osobe, pri čemu bi se vrijeme identifikacije znatno smanjilo (1). Istraživanje spolnog dimorfizma i varijacija među populacijama čine dva važna dijela biološke antropologije koji su procjenjivani raznim morfološkim, molekularnim i biokemijskim biljezima. Među raznolikim morfološkim biljezima, dermatoglifi (otisci prstiju, dlana i stopala) postali su jako popularni za istraživanje navedenih dijelova biološke antropologije. Sustavi za prepoznavanje otisaka prstiju sve se više i više rabe za osobnu identifikaciju i dokumentaciju, naročito kad se radi o kriminalu i masovnim nesrećama gdje su nepoznati podrijetlo i spol žrtve, počinitelja ili trećeg subjekta, odnosno kad ne postoji prethodno izuzeti otisak u bazi podataka, a nema ni osumnjičene osobe na kojoj bi se izvršila izravna daktiloskopska identifikacija (10).

Gustoća, odnosno broj papilarnih linija na određenoj površini, već neko vrijeme privlači pozornost jer je otkriveno da postoje razlike u gustoći papilarnih linija na temelju spola i

etničkog podrijetla (10). Dosta se istraživanja bavilo gustoćom papilarnih linija kao pokazateljem spolnog dimorfizma, a sva su pokazala da je prisutna razlika u gustoći, odnosno da je prisutan više ili manje značajan spolni dimorfizam (11). Istraživanja su provedena na raznim populacijama: ruskoj (17), španjolskoj (18), argentinskoj (19), sjevernoindijskoj (20), južnoindijskoj (21), kineskoj (22, 23) te na Amerikancima europskoga i afroameričkoga podrijetla (23). Međutim, nijedno od navedenih istraživanje nije razvilo modele s dovoljnom točnošću za praktičnu uporabu u procjeni spola s pomoću gustoće papilarnih linija (11). Istraživanje u homogenoj skupini unutar populacije Pandžabaca provedeno je analizirajući gustoću papilarnih linija samo na desnom kažiprstu te je pokazalo točnost procjene spola veću od 95 %. Međutim, iako je u navedenom istraživanju pokazano da je gustoća papilarnih linija jako iskoristiva u procjeni spola, u obzir se treba uzeti podatak da je istraživanje napravljeno na samo jednom prstu i unutar homogene skupine jedne populacije s istog geografskog područja (11). U istraživanju unutar čuvaške populacije u Rusiji, muškarci su pokazali da imaju veći ukupan broj papilarnih linija nego žene na obje ruke, a samim time i veću gustoću papilarnih linija (17). U španjolskoj se populaciji pokazalo suprotno, odnosno kod žena veći broj linija, a kod muškaraca manji (24).

Razlike su se u nekim istraživanjima određivale s pomoću dvije odrednice: širina papilarnih linija i udaljenost između papilarnih linija. Istraživanja su pokazala da je u nekim populacijama posebno izražen spolni dimorfizam u vidu otiska prsta. Štoviše, unutar istog spola, mogu se pronaći razlike između populacija na istom geografskom području. Neke populacije imaju izražene razlike u obliku otiska prsta na desnoj i lijevoj ruci, npr. subsaharski muškarci. Sve ove razlike čine da unutarpopulacijske studije nužno trebaju uzeti u obzir gustoće papilarnih linija na više područja i na obje ruke (10).

Sva se istraživanja provode u svrhu ostvarenja praktične uporabe gustoće papilarnih linija za identifikaciju spola koja bi dala ključne informacije u forenzičnim istragama čak i u slučajevima kad nema otiska osumnjičenika ili su izuzeti samo djelomični otisci (25). U ovom radu provedeno je istraživanje na hrvatskoj populaciji s ciljem da se dobije veza između spola i gustoće papilarnih linija otisaka prstiju uzimajući mjere na tri mjerna područja svakog otiska prsta, odnosno dijagonalno brojeći papilarne linije u kvadratima određenim dijelovima mjernih područja.

2. Cilj rada

Cilj je ovoga diplomskoga rada ispitati spolni dimorfizam gustoće papilarnih linija prstiju te razviti statističke modele za procjenu spola u hrvatskoj populaciji s pomoću gustoće papilarnih linija.

Hipoteza u ovom istraživanju jest: Gustoća papilarnih linija otisaka prstiju pokazat će statistički značajan spolni dimorfizam u hrvatskoj populaciji na svim promatranim dijelovima.

3. Materijali i metode

3.1. Materijali

Istraživanje je provedeno u Laboratoriju za istraživanje mjesta događaja na Odjelu za forenzične znanosti Sveučilišta u Splitu, Republika Hrvatska u razdoblju od svibnja 2019. do rujna 2020. Provedbu istraživanja odobrilo je Etičko povjerenstvo Sveučilišnog odjela za forenzične znanosti 23. travnja 2019. godine (2181-227-05-12-19-0003; 024-04/19-03/00007).

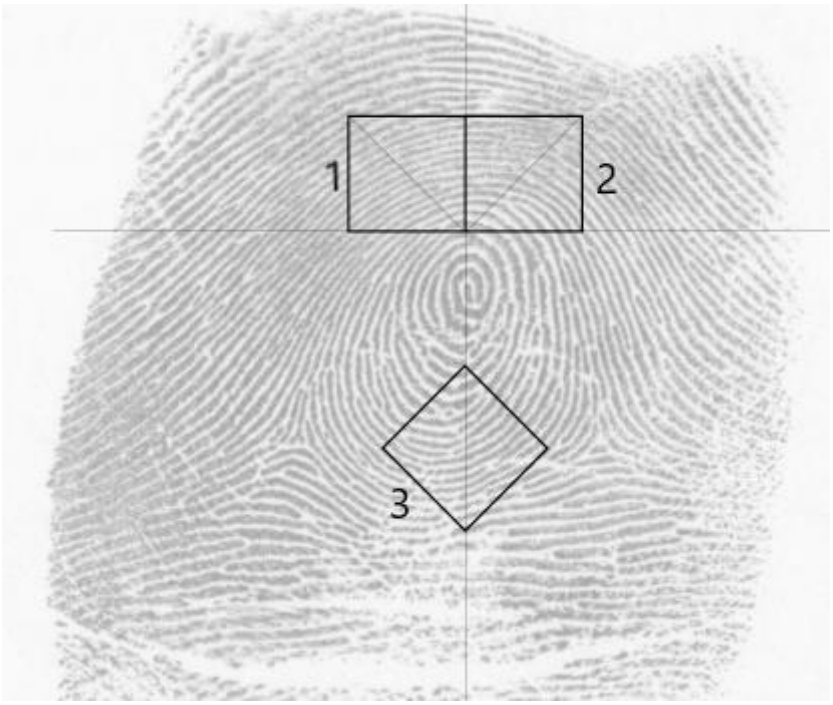
Podatci korišteni za ovo istraživanje dobili su se iz otisaka prstiju 80 ispitanika koji su sudjelovali u ovom istraživanju, od čega 40 žene i 40 muškarci. Svi su ispitanici stariji od 18 godina i svi su pripadnici hrvatske populacije. Ispitanici su prije postupka prikupljanja podataka informirani o istraživanju, potpisali su obrazac informiranog pristanka za sudjelovanje u istraživanju te su ispunili kratki upitnik s podatcima o dobi, spolu, dominantnoj ruci te prisutnosti dermatoloških ili ortopedskih zdravstvenih poteškoća koje su služile kao kriterij isključenja ispitanika iz rezultata istraživanja. Nitko od ispitanih nije prijavio prethodno navedene poteškoće.

3.2. Prikupljanje i analiza otisaka prstiju

Izuzimanju otisaka prstiju prethodilo je pranje i sušenje ruku. Otisci prstiju obje ruke izuzeti su metodom rolanja prstiju na bijeli A4 papir pomoću daktiloskopske tinte Dacty ink®, BVDA koja je na prste nanesena gumenim valjkom. Svaki izuzeti otisak prsta obilježen je oznakama D za desnu ruku, L za lijevu te brojevima prstiju od 1 za palac do 5 za mali prst, slijedeći redoslijed prstiju. Papiri s izuzetim otiscima označeni su rednim brojem ispitanika te zatim skenirani uređajem CANON C3320i pri rezoluciji od 600 dpi. Izuzeti otisci prstiju računalno su obrađeni te im je određena gustoća papilarnih linija korištenjem računalnog programa Adobe Photoshop (CC 2019, San Jose, SAD).

Gustoća papilarnih linija određena je u tri područja: radijalnom, ulnarnom i proksimalnom. Kako bi se uspješno odredila tri mjerna područja, svaki je otisak podijeljen na četiri dijela pomoću dvije okomite osi sa sjecištem koje se nalazi dvije linije iznad središta oblika otiska prsta, prema metodi Guttierez-Redomera i suradnika (26). Kreirana su tri kvadrata

unutar tri mjerna područja obuhvaćajući odgovarajuću površinu dimenzija 5 mm × 5 mm (Slika 8) unutar koje se gustoća papilarnih linija određivala dijagonalnim brojenjem papilarnih linija prema metodi po Acreeu (23).



Slika 8. Mjerna područja otiska prsta (desne ruke): 1 - radijalno područje; 2 – ulnarno područje; 3 – proksimalno područje

Određene gustoće papilarnih linija u nastavku označene su prvim slovom područja koje se mjerilo: R za radijalno, U za ulnarno i P za proksimalno područje te im je pridružena odgovarajuća oznaka prsta.

3.3. Statistička analiza

Podatci su statistički obrađeni programom IBM SPSS (verzija 22, SPSS Inc., Chicago, SAD), a razina statističke značajnosti bila je postavljena na $P \leq 0{,}05$.

Deskriptivni statistički pokazatelji (aritmetička sredina, standardna devijacija, medijan, maksimum i minimum) izračunati su zasebno za svaki spol po svim mjernim područjima. Podatci su analizirani za svaki prst zasebno te za srednju vrijednost gustoće papilarnih linija za svih deset prstiju prema području mjerenja i spolu.

Spolni dimorfizam, odnosno statistička značajnost razlika gustoće papilarnih linija kod muškaraca i žena ispitana je *t*-testom za nezavisne uzorke, dok su razlike između gustoće na prstima lijeve i desne ruke (bilateralna asimetrija) ispitane pomoću *t*-testa za zavisne uzorke.

Modeli za procjenu spola izračunati su na temelju gustoće vjerojatnosti i linearne diskriminantne analize za srednje vrijednosti gustoće papilarnih linija svih deset prstiju. Gustoća vjerojatnosti izračunata je na temelju učestalosti različitih gustoća kod muškaraca i žena. Omjer vjerojatnosti dobiven je na temelju izraza:

Omjer vjerojatnosti = vjerojatnost opažanja određene gustoće ako otisak potječe od muškarca / vjerojatnost opažanja određene gustoće ako otisak potječe od žene (19).

Uz pretpostavku da je početna vjerojatnost da otisak pripada muškarcu ili ženi jednaka, na temelju opažene gustoće papilarnih linija i Bayesovog teorema izračunata je posteriorna vjerojatnost da otisak određene gustoće pripada muškarcu ili ženi za svako mjerno područje (19, 27).

Za svako od promatranih područja izračunate su i linearne diskriminantne formule za procjenu spola. Točnost procjene spola ispitana je postupkom ukrižanoga vrjednovanja izostavljanjem jednoga člana (eng. leave-one-out cross-validation), odnosno postupkom u kojem se iz referentne skupine izbacuje jedan član uz procjenu spola s pomoću vrijednosti mjera ostalih članova u uzorku. Nakon što je postupak ponovljen za sve članove skupine, izračuna se omjer ukupnoga broja članova u uzorku i broja članova kojima je spol točno procijenjen (28).

4. Rezultati

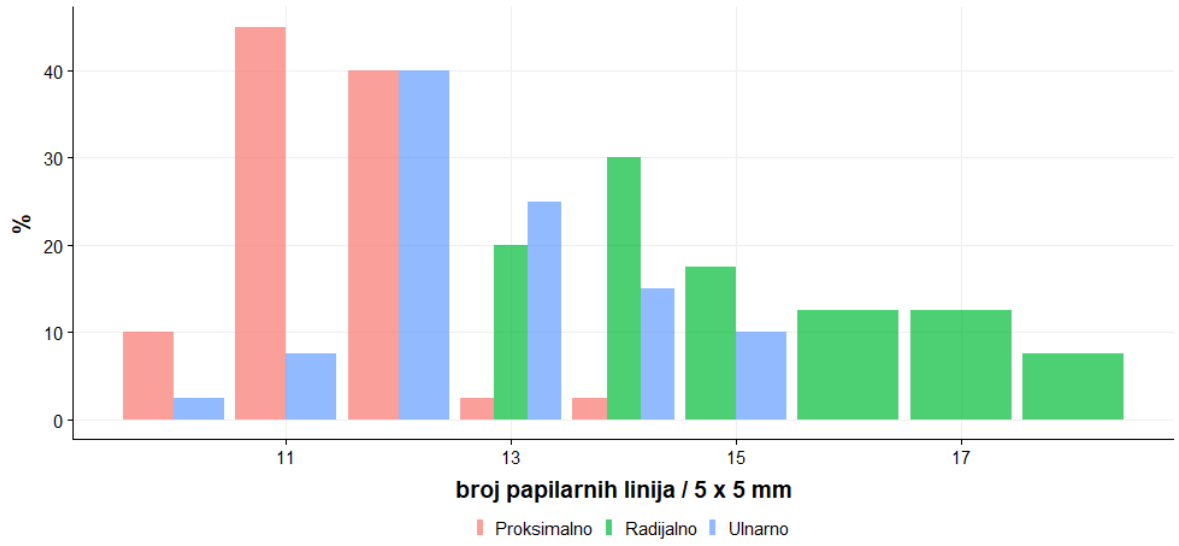
4.1. Struktura ispitanika

Uzorak se sastoji od 40 muških i 40 ženskih ispitanika, ukupno 80. Dob muških ispitanika je u rasponu od 20 do 45 godina s medijanom 28,00 i međukvartilnim rasponom 8,00. Ženski ispitanici imaju raspon godina od 20 do 34 s medijanom 24,00 i međukvartilnim rasponom 3,50.

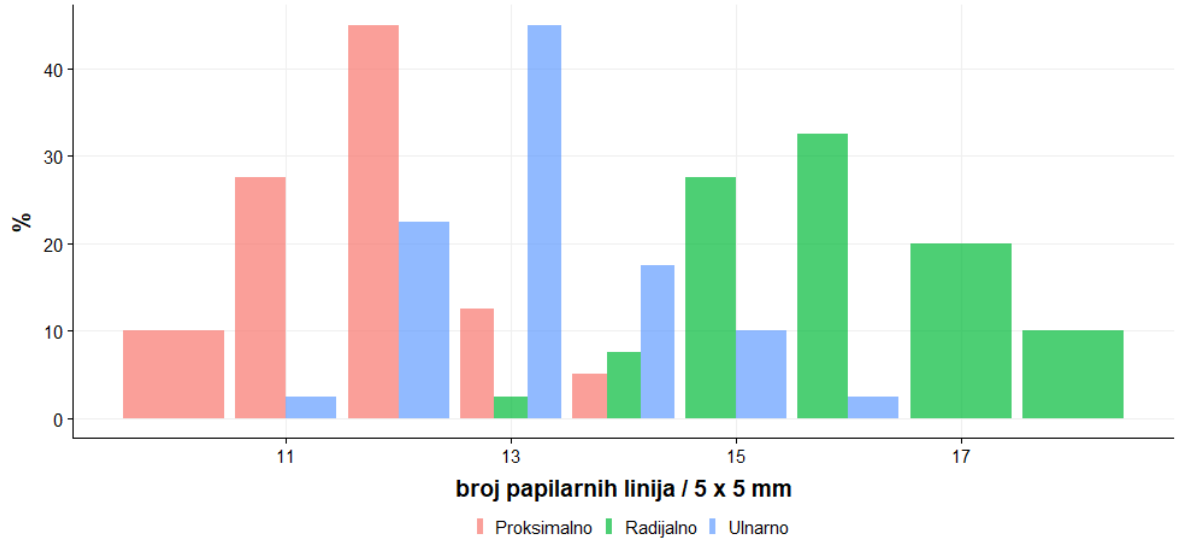
4.2. Razdioba učestalosti gustoća papilarnih linija

U grafikonima 1. i 2. prikazana je raspodjela učestalosti gustoća papilarnih linija prema mjernim područjima i spolu izračunata na temelju srednjih vrijednosti svih prstiju. Na ukupnom uzorku gustoća papilarnih linija najveća je u radijalnom području, nešto manja u ulnarnom, a najmanja u proksimalnom.

Rezultati pokazuju da je kod žena učestalija veća gustoća (15-17) u radijalnom području nego kod muškaraca, u ulnarnom području je najučestalija gustoća 12 za muškarce i 13 za žene, dok su u proksimalnom području zabilježene manje gustoće papilarnih linija, uglavnom 11 – 12 za oba spola.



Grafikon 1. Raspodjela gustoća papilarnih linija u tri mjerna područja kod muškaraca (n = 40)



Grafikon 2. Raspodjela gustoća papilarnih linija u tri mjerna područja kod žena (n = 40)

4.3. Deskriptivna analiza i spolni dimorfizam

Deskriptivni statistički pokazatelji za gustoću papilarnih linija u svim analiziranim područjima prema prosječnim vrijednostima svih deset prstiju prikazani su u Tablici 1. Može se primijetiti da je gustoća najveća u radijalnom području, zatim u ulnarnom te potom u proksimalnom, a kod žena je gustoća veća u svim područjima. Spolni dimorfizam primijećen je u svim područjima, no samo u radijalnom području ima statistički značajnih razlika između muškaraca i žena (P = 0,001).

Tablica 1. Deskriptivna statistika i vrijednosti t-testa za gustoću papilarnih linija u svim područjima

	Muškarci (n = 40)					Žene (n = 40)					t-test	
	Min	Max	Sredina	Medijan	SD	Min	Max	Sredina	Medijan	SD	t	P*
Radijalno	12,70	18,70	15,07	14,70	1,57	13,50	18,40	16,12	16,15	1,17	-3,408	**0,001**
Ulnarno	9,90	15,50	12,89	12,85	1,16	11,70	15,80	13,34	13,20	0,99	-1,890	0,062
Proksimalno	9,70	13,50	11,54	11,50	0,77	10,00	14,30	11,92	11,90	0,93	-1,949	0,055

SD – standardna devijacija

* Statistički značajno $P \leq 0,05$ (podebljano)

Deskriptivni statistički pokazatelji gustoće papilarnih linija za svaki prst pojedinačno, prema spolu i području mjerenja prikazani su u Tablicama 2, 3 i 4.

U radijalnom području gustoća papilarnih linija u prosjeku je veća kod žena na svim prstima (Tablica 2). Spolni je dimorfizam na većini prstiju podjednako izražen te je u svim slučajevima razlika između muškaraca i žena statistički značajna ($P < 0, 05$).

Tablica 2. Deskriptivna statistika i vrijednosti *t*-testa za gustoću papilarnih linija u radijalnom području

	Muškarci ($n = 40$)					Žene ($n = 40$)					*t*-test	
	Min	Max	Sredina	Medijan	SD	Min	Max	Sredina	Medijan	SD	*t*	*P**
LR1	11	19	14,98	15	1,76	14	19	16,18	16	1,39	-3,379	**0,001**
LR2	12	19	15,63	15,5	1,89	14	19	16,60	16	1,28	-2,703	**0,009**
LR3	13	18	15,18	14,5	1,62	13	19	16,33	16	1,27	-3,541	**0,001**
LR4	12	18	14,73	14	1,36	13	19	15,60	15	1,34	-2,905	**0,005**
LR5	12	18	14,10	13	1,57	13	19	15,20	15	1,22	-3,501	**0,001**
DR1	12	19	15,13	15	1,80	13	20	16,45	16	1,66	-3,419	**0,001**
DR2	12	19	15,98	16	1,78	14	20	16,88	17	1,49	-2,457	**0,016**
DR3	12	19	15,65	15	1,81	13	19	16,68	17	1,51	-2,755	**0,007**
DR4	12	19	14,93	14,5	1,73	13	20	16,00	16	1,47	-2,997	**0,004**
DR5	11	19	14,40	14	1,77	13	19	15,33	15	1,35	-2,634	**0,010**

SD – standardna devijacija

*Statistički značajno $P \leq 0,05$ (podebljano)

U ulnarnom području gustoća papilarnih linija veća je kod žena na svim prstima (Tablica 3). Međutim, statistički značajna razlika ($P < 0.05$) između gustoće kod muškaraca i žena zapažena je za samo četiri prsta (palac lijeve i desne ruke, kažiprst desne ruke i mali prst desne ruke).

Tablica 3. Deskriptivna statistika i vrijednosti *t*-testa za gustoću papilarnih linija u ulnarnom području

	Muškarci (n = 40)					Žene (n = 40)					*t*-test	
	Min	Max	Sredina	Medijan	SD	Min	Max	Sredina	Medijan	SD	*t*	*P**
LU1	10	16	12,58	12	1,24	12	16	13,40	13	1,03	-3,236	**0,002**
LU2	11	16	13,33	13	1,27	12	16	13,70	14	0,94	-1,503	0,137
LU3	10	16	12,98	13	1,37	11	17	13,50	13	1,15	-1,855	0,067
LU4	9	17	12,85	13	1,42	11	17	12,90	13	1,39	-0,159	0,874
LU5	9	16	12,13	12	1,52	11	16	12,58	12	1,50	-1,332	0,187
DU1	10	16	12,93	13	1,40	12	16	13,63	14	1,00	-2,565	**0,012**
DU2	11	17	13,50	13	1,41	11	16	14,10	14	1,10	-2,115	**0,038**
DU3	10	16	13,30	13	1,22	12	16	13,70	13	1,24	-1,449	0,151
DU4	10	17	12,95	13	1,54	10	17	13,18	13	1,39	-0,686	0,495
DU5	9	15	12,35	12	1,25	11	16	12,75	12	1,19	-3,236	**0,002**

SD – standardna devijacija

* Statistički značajno $P \leq 0,05$ (podebljano)

U proksimalnom području srednje vrijednosti gustoće papilarnih linija veće su kod devet od deset prstiju kod žena, dok je gustoća papilarnih linija veća kod muškaraca na četvrtom prstu (Tablica 4). Kod šest prstiju ta je razlika statistički značajna ($P < 0.05$), no većinom granično.

Tablica 4. Deskriptivna statistika i vrijednosti za *t*-testa gustoću papilarnih linija u proksimalnom području

	Muškarci (n = 40)					Žene (n = 40)					*t*-test	
	Min	Max	Sredina	Medijan	SD	Min	Max	Sredina	Medijan	SD	*t*	*P**
LP1	9	15	11,45	11	0,99	10	16	11,95	12	1,22	-2,018	**0,047**
LP2	10	14	12,00	12	0,85	10	14	12,28	12	0,93	-1,380	0,172
LP3	9	14	11,60	12	1,26	10	14	12,20	12	0,85	-2,498	**0,015**
LP4	9	13	11,43	12	0,84	9	14	11,30	11	1,07	0,581	0,563
LP5	9	13	10,98	11	0,83	9	14	11,08	11	1,16	-0,442	0,660
DP1	10	14	11,75	12	0,90	10	16	12,28	12	1,34	-2,058	**0,043**
DP2	10	14	12,05	12	1,06	10	15	12,63	13	1,15	-2,327	**0,023**
DP3	9	14	11,85	12	1,03	10	14	12,18	12	0,98	-1,445	0,152
DP4	9	13	11,35	11	0,86	10	15	11,83	12	1,17	-2,061	**0,043**
DP5	10	13	10,98	11	0,70	9	15	11,45	11	1,11	-2,294	**0,025**

SD – standardna devijacija

*Statistički značajno $P \leq 0,05$ (podebljano)

4.4. Bilateralna asimetrija

U Tablici 5 prikazane razlike u gustoći papilarnih linija na lijevoj i desnoj ruci za sve prste i sva područja mjerenja. Kod 14 od 15 varijabli gustoća je bila veća na desnoj ruci te su prosječne razlike između lijeve i desne strane varirale od 0,11 do 0,41, što je manje od jedne cijele papilarne linije. Unatoč tome, statistički značajna razlika između lijeve i desne strane uočena je te u radijalnom području za svih pet prstiju, u ulnarnom području za četiri prsta (izuzev prstenjaka, LU4 - DU4), a u proksimalnom području također za četiri prsta (izuzev kažiprsta, LP3 - DP3). Varijable LR1 – DR1 i LU5 – DU5, iako unutar, blizu su rubu statističke značajnosti.

Tablica 5. Bilateralna asimetrija mjera otisaka prstiju lijeve i desne ruke

	Bilateralna razlika		*t*-test	
Varijable	Sredina	SD	*t*	*P**
LR1 - DR1	-0,21	0,92	-2,058	**0,043**
LR2 - DR1	0,33	1,06	2,730	**0,008**
LR3 - DR3	-0,41	0,88	-4,185	**0,000**
LR4 - DR4	-0,30	0,82	-3,282	**0,002**
LR5 - DR5	-0,21	0,84	-2,270	**0,026**
LU1 - DU1	-0,29	0,84	-3,044	**0,003**
LU2 - DU2	-0,29	0,80	-3,220	**0,002**
LU3 - DU3	-0,26	0,81	-2,908	**0,005**
LU4 - DU4	-0,19	0,92	-1,832	0,071
LU5 - DU5	-0,20	0,88	-2,039	**0,045**
LP1 - DP1	-0,31	0,82	-3,406	**0,001**
LP2 - DP2	-0,20	0,77	-2,324	**0,023**
LP3 - DP3	-0,11	0,84	-1,195	0,236
LP4 - DP4	-0,23	0,78	-2,583	**0,012**
LP5 - DP5	-0,19	0,73	-2,295	**0,024**

SD – standardna devijacija

*Statistički značajno $P \leq 0,05$ (podebljano)

4.5. Procjena spola s pomoću gustoće papilarnih linija

4.5.1. Procjena spola na temelju gustoće vjerojatnosti

Procjena mogućnosti određivanja spola s obzirom na gustoću papilarnih linija prikazana je u Tablicama 6 - 8. Iz učestalosti gustoća papilarnih linija izračunata je gustoća vjerojatnosti u svrhu određivanja omjera i posteriornih vjerojatnosti uz pretpostavku da je prethodna vjerojatnost da otisci pripadaju muškarcu i ženi jednaka. Ako je za određeni broj papilarnih linija posteriorna vjerojatnost da otisak pripada muškarcu veća od 50 %, tad je vjerojatnije da otisak potječe od muške osobe. U suprotnom, otisak vjerojatnije potječe od žene.

U radijalnom području (Tablica 6) ako je gustoća papilarnih linija 13 ili 14 vjerojatnost da otisak potječe od muškarca je 89 %, odnosno 80 %. Ako je gustoća papilarnih linija 15 ili

veća, može se procijeniti da otisak potječe od žene, ali uz nižu razinu vjerojatnosti (57 % - 72 %).

Tablica 6. Podatci o gustoći vjerojatnosti i omjerima vjerojatnosti za radijalno područje

	Gustoća vjerojatnosti			Posteriorna vjerojatnost	
Gustoća linija	Muškarci	Žene	Omjer vjerojatnosti	Muškarci	Žene
13	0,20	0,03	8,00	**0,89**	0,11
14	0,30	0,08	4,00	**0,80**	0,20
15	0,18	0,28	0,64	0,39	0,61
16	0,13	0,33	0,38	0,28	0,72
17	0,13	0,20	0,63	0,38	0,62
18	0,08	0,10	0,75	0,43	0,57

U ulnarnom području (Tablica 7) gotovo se sa sigurnošću može zaključiti da otisak pripada muškarcu ako je gustoća papilarnih linija 10 ili manja, odnosno da pripada ženi ako je 16 ili veća (vjerojatnost 100 %). Ako je gustoća papilarnih linija 11 ili 12 otisak vjerojatno pripada muškarcu (vjerojatnost 75 % i 64 %). U ostalim slučajevima vjerojatnije je da otisak potječe od žene, ali s obzirom na podjednaku vjerojatnost za gustoću papilarnih linija 15 te male razlike u vjerojatnosti za muškarce i žene, ta je vjerojatnost niska.

Tablica 7. Podatci o gustoći vjerojatnosti i omjerima vjerojatnosti za ulnarno područje

	Gustoća vjerojatnosti			Posteriorna vjerojatnost	
Gustoća linija	Muškarci	Žene	Omjer vjerojatnosti	Muškarci	Žene
10	0,03	0,00	-	**1,00**	0,00
11	0,08	0,03	3,00	**0,75**	0,25
12	0,40	0,23	1,78	**0,64**	0,36
13	0,25	0,45	0,56	0,36	0,64
14	0,15	0,18	0,86	0,46	0,54
15	0,10	0,10	1,00	0,50	0,50
16	0,00	0,03	-	0,00	1,00

U proksimalnom području (Tablica 8) zbog malih razlika u vjerojatnosti nije moguća procjena spola ako je gustoća papilarnih linija 12 ili manja. U slučaju da je gustoća papilarnih linija 13 ili veća, veća je vjerojatnost da otisak potječe od žene.

Tablica 8. Podatci o gustoći vjerojatnosti i omjerima vjerojatnosti za proksimalno područje

	Gustoća vjerojatnosti			Posteriorna vjerojatnost	
Gustoća linija	Muškarci	Žene	Omjer vjerojatnosti	Muškarci	Žene
10	0,10	0,10	-	0,50	0,50
11	0,45	0,28	1,64	**0,62**	0,38
12	0,40	0,45	0,89	0,47	0,53
13	0,03	0,13	0,20	0,17	0,83
14	0,03	0,05	0,50	0,33	0,67

4.5.2. Procjena spola diskriminantnom analizom

Linearnom diskriminantnom analizom izračunate su formule za procjenu spola za tri mjerna područja otiska prsta. Funkcije u navedenim mjernim područjima može se prikazati sljedećim izrazima:

Radijalne mjere:

$$F_r = 0{,}722 \times \textit{radijalno područje} - 11{,}264;$$

Ulnarne mjere:

$$F_u = 0{,}929 \times \textit{ulnarno područje} - 12{,}181;$$

Proksimalne mjere:

$$F_p = 1{,}170 \times \textit{proksimalno područje} - 13{,}724.$$

U izraz treba uvrstiti broj papilarnih linija u određenom mjernom području (*radijalno, ulnarno ili proksimalno*), odnosno gustoću, kako bi se dobila vrijednost funkcije. Granična

vrijednost funkcije iznosi $F = 0$. Prema tome, ako je dobivena vrijednost $F > 0$, radi se o otisku prsta koji pripada muškarcu, a ako je vrijednost $F < 0$, otisak pripada ženi.

Točnost procjene spola ispitana je postupkom ukrižanoga vrjednovanja izostavljanjem jednoga člana (eng. leave-one-out cross-validation) (28), a rezultati su prikazani u Tablicama 9 - 11.

Diskriminantnim funkcijama za gustoću u radijalnom području moguće je bilo točno procijeniti spol u 58 / 80 slučajeva, odnosno 65 % (Tablica 9). Točnost procjene spola za muškarce i žene bila je jednaka.

Tablica 9. Točnost procjene spola s pomoću radijalnih mjera

Spol stvarni		Spol procijenjen modelom		Ukupno
		Muškarci	Žene	
n	Muškarci	26	14	40
	Žene	14	26	40
%	Muškarci	65,0	35,0	100,0
	Žene	35,0	65,0	100,0

Ukupna točnost procjene spola diskriminantnim funkcijama za ulnarne mjere iznosila je 44 / 80, odnosno 55,0 % (Tablica 10). Točnost procjene spola kod muškaraca je bila veća, 60 % nasuprot 50 %.

Tablica 10. Točnost procjene spola s pomoću ulnarnih mjera

Spol stvarni		Spol procijenjen modelom		Ukupno
		Muškarci	Žene	
n	Muškarci	24	16	40
	Žene	20	20	40
%	Muškarci	60,0	40,0	100,0
	Žene	50,0	50,0	100,0

Kod proksimalnih mjera (Tablica 11) spol se točno mogao procijeniti na 45 / 80 otisaka (56,3 %). Razina točnosti nije se puno razlikovala kod muškaraca i žena.

Tablica 11. Točnost procjene spola s pomoću proksimalnih mjera

Spol stvarni		Spol procijenjen modelom		Ukupno
		Muškarci	Žene	
n	Muškarci	22	18	40
	Žene	17	23	40
%	Muškarci	55,0	45,0	100,0
	Žene	42,5	57,5	100,0

5. Rasprava

Utvrđivanje individualnosti jedan je od glavnih zadataka forenzike. Otiscima prstiju opsežno se koristi u pružanju dokaza u vezi s identitetom. Dermatoglifija se, također, već dugo rabi za karakterizaciju različitih populacija u polju forenzičnih istraga. Otisci prstiju, pored analize DNK-a, predstavljaju osnovu identifikacije osoba u forenzičnim ispitivanjima (29). Ključan su aspekt identifikacije u građanskim, forenzičnim i sudskomedicinskim slučajevima budući da su jedni od najčešćih tragova na mjestu događaja. Prikupljaju se raznim metodama, najčešće kao otisnuti crteži ili kao digitalne slike te se mogu lako klasificirati i uspoređivati (10, 30). Mogućnost pouzdanog razabiranja spola pomoću otisaka prstiju mogla bi značajno olakšati istrage, samim time vodeći k ubrzanoj identifikaciji i eliminaciji osoba (31).

U ovom su radu pokazane statistički značajne razlike između otisaka prstiju muškaraca i žena u radijalnom, ali ne i u ulnarnom i proksimalnom području te su razvijeni modeli za procjenu spola u hrvatskoj populaciji s pomoću osobina spolnog dimorfizma otisaka prstiju. Istraživanje je napravljeno na 80 osoba (800 prstiju) te je određeno 1200 gustoća papilarnih linija na različitim prstima i regijama. Gustoća papilarnih linija otisaka prstiju, odnosno statistički modeli za procjenu spola u hrvatskoj populaciji mogli bi imati potencijal za uporabu u forenzične svrhe, no potrebna su daljnja istraživanja i analize u svrhu povećanja točnosti procjene spola.

5.1. Učestalosti gustoća papilarnih linija prema područjima i spolni dimorfizam

Razdioba učestalosti gustoća papilarnih linija prema mjernim područjima (na temelju srednjih vrijednosti svih prstiju) pokazuje da je u ukupnom uzorku gustoća papilarnih linija najveća u radijalnom području, a najmanja u proksimalnom te prema spolu da je kod žena učestalija veća gustoća u svim mjernim područjima. Istraživanje u španjolskoj populaciji također je pokazalo da je kod oba spola najveća gustoća papilarnih linija u radijalnom području, potom u ulnarnom, a najmanja u proksimalnom te da je kod žena u svim područjima veća gustoća u odnosu na muškarce (18). U sudanskoj populaciji rezultati su nešto drugačiji kad se radi o deskriptivnoj analizi gustoća papilarnih linija. Kod njih je najveća aritmetička sredina gustoće papilarnih linija u ulnarnom, a najmanja u proksimalnom području (10).

Uzevši u obzir prethodno navedene rezultate, može se zaključiti da uopćeno u hrvatskoj populaciji žene imaju veću gustoću papilarnih linija u svim područjima otiska prsta gdje je izražen spolni dimorfizam, a to je sukladno rezultatima istraživanja provedenima na većini populacija, kao naprimjer među pripadnicima Mataco – Mataguayo (32) i argentinske (19) populacije. U afričkim populacijama dobiveni su malo drugačiji rezultati – unutar Hausa etničke skupine u Nigeriji (29), u Tanzaniji i Keniji (33) otisci prstiju muškaraca imaju veće gustoće papilarnih linija u proksimalnom području. Navedeni rezultati potvrđuju da su osobine spolnog dimorfizma specifične za svaku populaciju te da bi svakako trebalo analizirati sva mjerna područja otiska prsta (29). Istraživanje povezanosti raspodjele gustoća papilarnih linija prstiju i cefalokaudalnog razvoja pretpostavlja da razlike u gustoći papilarnih linija predstavljaju cefalokaudalni gradijent rasta fetusa (os pojačanja intenziteta rasta od glave do stopala), budući da je svaki prst na neurološkoj razini povezan s dijelom kralježnice (C6 – C8) (34).

Istraživanja navode nekoliko čimbenika zbog kojih dolazi do pojave spolnog dimorfizma kod crteža papilarnih linija. Često se spominje činjenica da su papilarne linije grublje kod muškaraca nego kod žena za oko 10 % (35). Osim navedenoga, veličina tijela i proporcije kod muškaraca su veće, što znači da je isti broj papilarnih linija raspoređen na većoj površini što izravno uzrokuje manju gustoću papilarnih linija u odnosu na žene. Nadalje, genska istraživanja pokazuju da su geni koji kodiraju papilarne linije smješteni na X kromosomu pa samim time žene imaju veći broj papilarnih linija. Postoji još jedan čimbenik koji je važan kod razumijevanja spolnog dimorfizma papilarnih linija, a to je intenzitet uporabe i, posljedično, razvoj muskulature ruku. Naime, ako je pretpostavka da se muškarci intenzivnije koriste rukama, pojačan razvoj muskulature dovodi do širenja kože i smanjivanja gustoće papilarnih linija (20).

U svrhu utvrđivanja osobina spolnog dimorfizma, analizirana je gustoća papilarnih linija u radijalnom, ulnarnom i proksimalnom području otiska prsta obaju spolova prema prosječnim vrijednostima svih deset prstiju. Najveća aritmetička sredina gustoća uočena je na kažiprstu kod oba spola u svim mjernim područjima, a najmanja na malom prstu, također kod oba spola u svim mjernim područjima. Što se tiče mjernih područja, deskriptivna analiza pokazala je da je najveća srednja gustoća u radijalnom, zatim ulnarnom te najmanja u proksimalnom području.

U radijalnom području spolni je dimorfizam statistički značajan za sve prste i podjednako izražen, u ulnarnom području za četiri prsta (jedan na lijevoj ruci - palac, a tri na desnoj ruci – palac, kažiprst i mali prst), a u proksimalnom području za šest prstiju (dva na lijevoj ruci – palac

i srednji prst i četiri na desnoj – palac, kažiprst, prstenjak i mali prst). Iz navedenih podataka može se zaključiti da je spolni dimorfizam u maloj mjeri izraženiji kod otisaka prstiju desne ruke, nego lijeve te, iako primijećen u mjerama iz svih područja, samo u radijalnom području ima statistički značajnih razlika između žena i muškaraca, te da je to obilježje pripadnika hrvatske populacije. Proksimalno područje otiska prsta pokazalo se kao najvarijabilnije s obzirom na gustoću papilarnih linija te je u svakom slučaju potrebno detaljnije istraživanje tog dijela otiska prsta, a naročito jer postoje populacije u kojima spolni dimorfizam u tom mjernom području nije uopće izražen, odnosno nije statistički značajan – pripadnici španjolske populacije europskog podrijetla (18). Rezultati analiza upućuju na to da proksimalno područje nije pogodno za procjenu spola u hrvatskoj populaciji te dodatno potvrđuju tvrdnju da je potrebno opsežnije istraživanje kad se radi o proksimalnom području otiska prsta.

5.2. Bilateralna asimetrija

Kako bi procjena spola bila što uspješnija, analizirana je bilateralna asimetrija mjera otisaka prstiju. Statistički značajna razlika između otisaka prstiju lijeve i desne ruke uočena je u radijalnom području za svih pet prstiju, a u ulnarnom i proksimalnom području za četiri prsta, a sve u korist desne ruke. U ulnarnom mjernom području, mjere na prstenjaku nisu pokazale statistički značajnu bilateralnu asimetriju, a u proksimalnom mjernom području to je bio slučaj s kažiprstom.

Rezultati analiziranja bilateralne asimetrije sukladni su istraživanju na sudanskoj populaciji u radijalnom području, a u ulnarnom se razlikuju za jedan prst, odnosno u sudanskoj je populaciji u ulnarnom području uočena statistički značajna razlika između lijeve i desne ruke za svih pet prstiju. U proksimalnom području najveća je razlika između hrvatske i sudanske populacije u kojoj nema statistički značajne razlike za mjere triju prstiju (10). Znatna razlika uočena je u odnosu na istraživanje koje je provedeno među sjevernoindijskim zatvorenicima uključujući i kontrolnu skupinu (studenti Sveučilišta u Pandžabu bez kriminalne povijesti). Zatvorenici i članovi kontrolne skupine nisu pokazali statistički značajne međusobne razlike u gustoći papilarnih linija, ali ispitivanjem bilateralne asimetrije uočeno je da je kod zatvorenika statistički značajna za tri prsta, a kod kontrolne skupine samo za jedan. Bez obzira na podjelu na zatvorenike i kontrolnu skupinu (što će svakako biti tema daljnjih istraživanja), bitno je istaknuti da u sjevernoindijskoj populaciji velikim dijelom nisu prisutne razlike između lijeve i desne ruke (36). Najveća razlika u rezultatima pokazala se u odnosu na istraživanje u turskoj

populaciji. Naime, u turskoj populaciji nije uočena statistička značajna razlika u mjerama otisaka prstiju lijeve i desne ruke za nijedno mjerno područje kod muškaraca, a kod žena u radijalnom području. Razlike su se uočile kod žena jedino za palac, kažiprst i prstenjak u ulnarnom području te za srednji prst u proksimalnom području (37).

Uzrok navedenim bilateralnim razlikama nije u potpunosti jasan, no istraživanja su pokazala da je asimetrija između otisaka prstiju lijeve i desne ruke povezana s neurološkim razvojem, odnosno da je asimetrija odraz ponajprije gestacijskog okruženja, a manje učinaka gena (38).

5.3. Procjena spola na temelju gustoće vjerojatnosti

Analizirajući učestalosti gustoća papilarnih linija dobile su se gustoće vjerojatnosti u radijalnom, ulnarnom i proksimalnom području. U radijalnom području kod žena najveća vjerojatnost je da će gustoća biti 16, a zatim 15, dok je kod muškaraca najveća vjerojatnost za gustoće 13 i 14, a za gustoću 18 vjerojatnost je jednaka. Najveća vjerojatnost da otisak pripada muškarcu ispada kod gustoće 13 (89 %) te za gustoću 14 (80 %). Najveća vjerojatnost da otisak prsta pripada ženi ispada za gustoću 16 te iznosi 72 %. U ulnarnom području gustoće 10 i 11 daju vjerojatnosti 100 % i 75 % da je vlasnik otiska muškarac. Gustoća papilarnih linija u iznosu od 16 u ulnarnom području daje 100% vjerojatnost da otisak pripada ženi. U ostalim slučajevima vjerojatnije je da otisak potječe od žene, ali s obzirom na male razlike u vjerojatnosti za muškarce i žene ta je vjerojatnost niska. Rezultati s najmanjim potencijalom za procjenu spola dobiveni su u proksimalnom području zbog velikog udjela preklapanja posteriornih vjerojatnosti da otisak pripada muškarcu, odnosno ženi. Naime, procjena spola nije moguća ako je gustoća papilarnih linija 12 ili manja, a ako je 13 ili veća, vjerojatnije je da otisak pripada ženi.

U istraživanju u filipinskoj populaciji, rezultati procjene spola na temelju gustoće papilarnih linija pokazali su slične vjerojatnosti kao u hrvatskoj populaciji u radijalnom i ulnarnom području, ali i u proksimalnom gdje su dobili da vrijednosti u tom području ne mogu dati vjerojatnost za pouzdanu procjenu spola (39). U sudanskoj su populaciji dobiveni podatci da otisak pripada muškarcu u radijalnom području s posteriornom vjerojatnošću 94 % ako je gustoća 11, u ulnarnom području 75 % s gustoćom 12 te su zaključili da se vjerojatnost da se radi o muškarcu povećava ako je gustoća u proksimalnom dijelu jednaka ili manja od 9 (10).

Istraživanje u jednoj od europskih populacija, točnije u populaciji Španjolaca europskog podrijetla, rezultiralo je u radijalnom području posteriornim vjerojatnostima 87 %, 86 % i 100 % za gustoće 15, 14 i 13 da otisak pripada muškarcu te 88 % i 100 % za gustoće 19 i 20 da otisak pripada ženi. U ulnarnom području dobiveni su slični rezultati procjene spola kao i u radijalnom (18).

5.4. Procjena spola diskriminantnom analizom

Linearnom diskriminantnom analizom razvijene su univarijantne funkcije za sva tri mjerna područja otiska prsta u svrhu procjene spola s pomoću gustoće papilarnih linija. Točnost procjene spola ispitana je postupkom ukrižanoga vrjednovanja izostavljanjem jednoga člana te je dobiveno da je točnost procjene spola s pomoću radijalnih mjera 65 %, s pomoću ulnarnih mjera 55 %, a s pomoću proksimalnih 56,3 %. Navedeni podatci pokazuju da se spol u hrvatskoj populaciji ne može precizno procijeniti linearnom diskriminantnom analizom kod koje je niska točnost procjene u ulnarnom i proksimalnom području posljedica slabo izraženog spolnog dimorfizma. S obzirom na to da je niski spolni dimorfizam u tim područjima svojstven hrvatskoj populaciji, preporučuje se procjenjivanje spola s pomoću prethodno razvijenih posteriornih vrijednosti u slučajevima gdje nema preklapanja i gdje je vjerojatnost jednaka ili veća od 80 %. Najmanja točnost procjene s pomoću ulnarnih mjera, a najveća s pomoću radijalnih nije iznenađenje jer je i prethodno istraživanje među pripadnicima sjevernoindijske populacije pokazalo da se s pomoću radijalnih mjera može procijeniti spol s najvećom, a s pomoću ulnarnih mjera s najmanjom točnošću (11, 20).

Procjena spola ovom metodom dala je bolje rezultate kod drugih populacija, naprimjer u pandžabskoj populaciji (11) gdje je diskriminantnom analizom dobivena ukupna točnost 96,8 % što je znatno veća točnost nego što je dobivena u hrvatskoj populaciji. Međutim, u navedenom istraživanju analiziran je samo jedan prst (kažiprst) te je istraživanje provedeno unutar homogene skupine jedne populacije s istog geografskog područja, dok je u ovom radu analizirano svih deset prstiju uz moguću prisutnost unutarpopulacijskih razlika.

5.5. Ograničenja i mogućnosti procjene spola s pomoću gustoće papilarnih linija

Ovakva istraživanja mogu biti od velike koristi u polju forenzičnih istraga jer otvaraju nove mogućnosti u razrješavanju kaznenih djela upravo činjenicom da se s pomoću gustoće papilarnih linija tragova otisaka prstiju pronađenih na mjestu događaja, bili oni vidljivi ili latentni, može s određenom točnošću razotkriti spol počinitelja i na tako znatno smanjiti potrebno vrijeme i napor za rješavanje forenzičnih slučajeva.

Najznačajnija ograničenja ovakvih istraživanja očituju se po načinu izuzimanja otisaka te manjku standardizacije za određivanje mjernih područja otisaka prstiju, naročito zbog varijacija na oblike otisaka prstiju, različite početke i središta oblika otisaka (10, 11). Također, važnu ulogu igraju veličina i struktura uzorka koji će se analizirati. Određene varijable, kao što su dob, težina i visina, svakako bi se trebale uzeti u obzir i uklopiti u modele za procjenu spola. Starenjem se mijenjaju karakteristike i izgled ruku i prstiju te može doći i do blagog smanjenja gustoće papilarnih linija (29). Povećanje težine nakon što osoba dosegne odraslu dob, kao i smanjenje, utječu na crtež papilarnih linija. Štoviše, potrebno je i pažljivo klasificirati osobe koje odstupaju od prosječne građe tijela, kao što su muškarac sitnije građe i žena krupnije građe (31).

Premda je ovo istraživanje napravljeno na uzorku sastavljenom od ispitanika iz raznih dijelova Republike Hrvatske, svakako bi trebalo uzeti u obzir i unutarpopulacijsku varijabilnost kao i eventualne regionalne razlike pa se mogu predložiti buduća istraživanja u tom smjeru.

6. Zaključci

1. I kod žena i kod muškaraca rezultati su pokazali da je gustoća papilarnih linija najveća u radijalnom mjernom području, a najmanja u proksimalnom. Otisci prstiju koji pripadaju ženama imaju veće vrijednosti gustoće papilarnih linija u svim analiziranim područjima svih prstiju od otisaka koji pripadaju muškarcima.

2. Ovim je istraživanjem potvrđena prisutnost spolnoga dimorfizma među mjerama gustoće papilarnih linija otisaka prstiju lijeve i desne ruke. Spolni je dimorfizam u maloj mjeri izraženiji kod otisaka prstiju desne ruke, nego lijeve te, iako primijećen u mjerama iz svih područja, samo u radijalnom području ima statistički značajnih razlika između žena i muškaraca.

3. Statistički značajna razlika između otisaka prstiju lijeve i desne ruke uočena je u radijalnom području za svih pet prstiju, a u ulnarnom i proksimalnom području za četiri prsta, a sve u korist desne ruke.

4. Točnost procjene spola na temelju gustoće vjerojatnosti pokazuje da ako je u radijalnom području gustoća papilarnih linija 13 ili 14, vjerojatnost da otisak potječe od muškarca iznosi 89 %, odnosno 80 %. Ako je gustoća papilarnih linija 15 ili veća, može se procijeniti da otisak potječe od žene, ali uz nižu razinu vjerojatnosti (57 % - 72 %). U ulnarnom području gotovo se sa sigurnošću može zaključiti da otisak pripada muškarcu ako je gustoća papilarnih linija 10 ili manja, odnosno da pripada ženi ako je 16 ili veća (vjerojatnost 100 %).

5. Točnost procjene spola diskriminantnom analizom dobivena u ovom istraživanju nešto je niža od očekivane, ali i dalje je viša od 50 % koliko je vjerojatno da se spol uspješno pogodi bez analize otiska prsta. Naime, istraživanje je pokazalo da je točnost procjene spola s pomoću radijalnih mjera 65 %, s pomoću ulnarnih mjera 55 % te s pomoću proksimalnih 56,3 %.

6. Istraživanje je pokazalo da je procjena spola u hrvatskoj populaciji diskriminantnom analizom nepovoljna te da je bolje istraživanja usmjeriti prema analizi procjene spola na temelju gustoće vjerojatnosti.

7. Gustoća papilarnih linija otisaka prstiju kao pokazatelj spola u hrvatskoj populaciji zahtijeva daljnja istraživanja i analize u svrhu povećanja točnosti procjene spola. Određene varijable, kao što su dob, težina, visina, unutarpopulacijske varijacije i regionalne razlike trebalo bi uklopiti u modele za procjenu spola s pomoću gustoće papilarnih linija.

7. Literatura

1. Modly D, Mršić G. Uvod u kriminalistiku. Biblioteka Forenzika, knjiga 2. Zagreb, 2004.
2. Modly D, Mršić G. Suvremene kriminalističke teorije. Biblioteka Forenzika, knjiga 5, sveučilišni udžbenik, Zagreb, 2014.
3. Modly D, Pavišić B, Veić P. Kriminalistika 1. Zagreb: Golden marketing-Tehnička knjiga; 2006.
4. Bender R, Margaritoni M. Antropometrijske karakteristike šake–pregledni članak. Sestrinski glasnik. 2015;20(1):53-9
5. Goddard KW. Crime scene investigation: Reston Publishing Company; 1977.
6. Mutalik VS, Menon A, Jayalakshmi N, Kamath A, Raghu A. Utility of cheiloscopy, rugoscopy, and dactyloscopy for human identification in a defined cohort. Journal of forensic dental sciences. 2013;5(1):2
7. Kolar-Gregorić T. Kriminalistička identifikacija osoba: Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Policijska akademija; 2002.
8. Kašić B. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža; 2020.
9. Pasinović K. Ivan Vučetić-izumitelj daktiloskopije. Prilozi povijesti otoka Hvara. 1978;(1)146-62
10. Ahmed AA, Osman S. Topological variability and sex differences in fingerprint ridge density in a sample of the Sudanese population. Journal of Forensic Legal Medicine. 2016;42:25-32
11. Dhall JK, Kapoor AK. Fingerprint ridge density as a potential forensic anthropological tool for sex identification. Journal of forensic sciences. 2016;61(2):429-9
12. Bajek S, Bobinac D, Jerković R, Malnar D, Marić I. Sustavna anatomija čovjeka. Zagreb, 2007.
13. Parncutt R. Prenatal development: Oxford University Press; 2006.
14. Hamilton WJ, Boyd JD, Mossman HW. Human embryology (prenatal development of form and function). Human embryology. 1945.
15. Pukšič K, Žagar M. Security of biometric security systems based on fingerprint authentication. Polytechnic design. 2016;4(3):358-69
16. Lee HC, Palmbach T, Miller MT. Henry Lee's crime scene handbook: Academic Press; 2001.

17. Karmakar B, Yakovenko K, Kobyliansky E. Quantitative digital and palmar dermatoglyphics: Sexual dimorphism in the Chuvashian population of Russia. Homo. 2008;(59(4)317-28

18. Gutiérrez-Redomero E, Alonso C, Romero E, Galera V. Variability of fingerprint ridge density in a sample of Spanish Caucasians and its application to sex determination. Forensic Science International. 2008;180(1):17-22

19. Rivaldería N, Sánchez-Andrés Á, Alonso-Rodríguez C, Dipierri JE, Gutiérrez-Redomero E. Fingerprint ridge density in the Argentinean population and its application to sex inference: a comparative study. Homo. 2016;67(1):65-84

20. Krishan K, Kanchan T, Ngangom C. A study of sex differences in fingerprint ridge density in a North Indian young adult population. Journal of forensic legal medicine. 2013;20(4):217-22

21. Gungadin S. Sex determination from fingerprint ridge density. Internet Journal of Medical Update. 2007;2(2)

22. Nayak VC, Rastogi P, Kanchan T, Yoganarasimha K, Kumar GP, Menezes RG. Sex differences from fingerprint ridge density in Chinese and Malaysian population. Forensic science international. 2010;197(1-3):67-9

23. Acree MA. Is there a gender difference in fingerprint ridge density? Forensic science international. 1999;102(1):35-44

24. Arrieta MI, Martinez B, Simon A, Salazar L, Criado B, Lostao C. Quantitative and qualitative finger dermatoglyphics in the Basque Valley of Urola, Spain. Anthropologischer Anzeige. 1990;65-84

25. Soanboon P, Nanakorn S, Kutanan W. Determination of sex difference from fingerprint ridge density in northeastern Thai teenagers. Egyptian Journal of Forensic Sciences. 2016;6(2):185-93

26. Gutiérrez-Redomero E, Quirós JA, Rivaldería N, Alonso MC. Topological Variability of Fingerprint Ridge Density in a Sub-Saharan Population Sample for Application in Personal Identification. Journal of forensic sciences. 2013;58(3):592-600

27. Grieve MC, Dunlop J. A practical aspect of the Bayesian interpretation of fibre evidence. Journal of the Forensic Science Society. 1992;32(2):169-75

28. Jerković I. Analiza spolnoga dimorfizma antičke i kasnoantičke populacije Salone: University of Zadar; 2019.

29. Adamu L, Ojo S, Danborno B, Adebisi S, Taura M. Sex prediction using ridge density and thickness among the Hausa ethnic group of Kano state, Nigeria. Australian Journal of Forensic Sciences. 2018;50(5):455-71
30. Wahdan AA, Khalifa H. The Study of Fingerprint Ridge Density in a Sample of Egyptian Population and its Application for Sex Identification. Mansoura Journal of Forensic Medicine Clinical Toxicology. 2017;25(1):1-13
31. Mundorff AZ, Bartelink EJ, Murad TA. Sexual dimorphism in finger ridge breadth measurements: a tool for sex estimation from fingerprints. Journal of forensic sciences. 2014;59(4):891-7
32. Gutiérrez-Redomero E, Alonso M, Dipierri J. Sex differences in fingerprint ridge density in the Mataco-Mataguayo population. Homo. 2011;62(6):487-99
33. Igbigbi P, Msamati B. Palmar and digital dermatoglyphic traits of Kenyan and Tanzanian subjects. West African journal of medicine. 2005;24(1):26-30
34. Kahn HS, Ravindranath R, Valdez R, Narayan V. Fingerprint ridge-count difference between adjacent fingertips (dR45) predicts upper-body tissue distribution: evidence for early gestational programming. American journal of epidemiology. 2001;153(4):338-44
35. Kralik M, Novotny V. Epidermal ridge breadth: an indicator of age and sex in paleodermatoglyphics. Variability evolution. 2003;11(2003):5-30
36. Kaur M, Sharma K. Dermal digital ridge density of a penal population: Analysis of association and individualization. Journal of forensic legal medicine. 2016;44:143-9
37. Oktem H, Kurkcuoglu A, Pelin IC, Yazici AC, Aktaş G, Altunay F. Sex differences in fingerprint ridge density in a Turkish young adult population: A sample of Baskent University. Journal of forensic legal medicine. 2015;32:34-8
38. Martin N, Jinks J, Berry H, Loesch D. A genetical analysis of diversity and asymmetry in finger ridge counts. Heredity. 1982;48(3):393-405
39. Taduran RJO, Tadeo AKV, Escalona NAC, Townsend GC. Sex determination from fingerprint ridge density and white line counts in Filipinos. Homo. 2016;67(2):163-71

8. Sažetci

Procjena spola u hrvatskoj populaciji s pomoću gustoće papilarnih linija prstiju

Cilj: Ispitati spolni dimorfizam i razviti statističke modele za procjenu spola u hrvatskoj populaciji s pomoću gustoće papilarnih linija prstiju.

Metode: U istraživanju je sudjelovalo 40 muškaraca i 40 žena, pripadnika hrvatske populacije kojima su s pomoću daktiloskopske tinte izuzeti otisci svih prstiju lijeve i desne ruke te su prikupljeni podatci o spolu. Na svakom otisku prsta desne i lijeve ruke izmjerene su tri mjere gustoće papilarnih linija s pomoću računalnog alata. Analizirani su spolni dimorfizam i bilateralna asimetrija te su izračunati modeli za procjenu spola na temelju gustoće vjerojatnosti i diskriminantnom analizom.

Rezultati: Analiza gustoće otisaka prstiju u ovom istraživanju pokazala je da je, u oba spola, najveća gustoća papilarnih linija vidljiva u radijalnom području, zatim u ulnarnom, dok je u proksimalnom najmanja. Uopćeno u hrvatskoj populaciji žene imaju veću gustoću papilarnih linija u svim područjima otiska prsta gdje je izražen spolni dimorfizam. Iako je spolni dimorfizam primijećen u mjerama iz svih područja, samo u radijalnom području ima statistički značajnih razlika između žena i muškaraca. Procjenom spola na temelju gustoće vjerojatnosti, bila je pouzdana samo za gustoće kod kojih nema preklapanja (> 80 %). Procjenom spola diskriminantnom analizom dobivena je niska točnost procjene spola, najveća u radijalnom području (65 %).

Zaključak: Ovim je istraživanjem potvrđena prisutnost spolnoga dimorfizma među mjerama gustoće papilarnih linija otisaka prstiju lijeve i desne ruke. Istraživanje je pokazalo da je procjena spola u hrvatskoj populaciji diskriminantnom analizom nepovoljna te da je bolje istraživanja usmjeriti prema analizi procjene spola na temelju gustoće vjerojatnosti. Gustoća papilarnih linija otisaka prstiju kao pokazatelj spola u hrvatskoj populaciji zahtijeva dodatna istraživanja koja bi obuhvatila i neke druge varijable, kao što su dob, težina, visina, unutarpopulacijske varijacije i regionalne razlike.

Ključne riječi: istraživanje mjesta događaja, daktiloskopija, otisci papilarnih linija, spolni dimorfizam, procjena spola

Estimation of sex in Croatian population from fingerprint ridge density

Aim: To examine sexual dimorphism and develop statistical models for estimation of sex in the Croatian population using fingerprint ridge density.

Methods: The study involved 40 men and 40 women from Croatian population, for whom we collected all prints of their left and right hands and data on sex. Using a computer tool, we determined ridge density for three areas on each finger. We analysed the sexual dimorphism and bilateral asymmetry of densities and created the models for sex estimation using probability density and discriminant analysis.

Results: Analysis of fingerprint measurements in this study showed that, in both sexes, the highest fingerprint ridge density was present in the radial region, then in the ulnar, while in the proximal it was the lowest. In general, in the Croatian population, women had a higher fingerprint ridge density in all areas of the fingerprints where sexual dimorphism was expressed. Even though sexual dimorphism has been observed in measures from all areas, only in the radial area there were statistically significant differences between women and men. By estimating sex based on probability density, a reliable sex estimation was possible only for specific densities which there was no pronounced overlap (> 80%). Estimation of sex by discriminant analysis yielded low accuracy of sex estimating which was highest in the radial area (65%).

Conclusion: This study confirmed the presence of sexual dimorphism among the measures of the fingerprint ridge density of the fingerprints of the left and right hands. The research showed that the estimation of sex in the Croatian population is unfavorable by discriminant analysis and that it is better to focus research on the estimation of sex analysis based on the density of probability. The fingerprint ridge density as an indicator of sex in the Croatian population requires additional research that would include some other variables, such as age, weight, height, intrapopulation variations, and regional differences.

Key words: Crime scene investigation, dactyloscopy, fingerprint ridges, sexual dimorphism, estimation of sex

9. Životopis

Osobni podatci

Ime i prezime	Marijan Božinović Karauz
Nadnevak i mjesto rođenja	2. 9. 1994., Split
Adresa	Josipa Jovića 44, 21 264 Proložac
E-mail adresa	marijan.bozinovic.karauz@gmail.com

Obrazovanje

2017. –	Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti, modul: Forenzična kemija i molekularna biologija
2013. – 2017.	Sveučilište u Splitu, Kemijsko – tehnološki fakultet, smjer: Kemija Zvanje: sveučilišni prvostupnik kemije
2009. – 2013.	Gimnazija dr. Mate Ujevića u Imotskom smjer: Prirodoslovno – matematička gimnazija

Konferencije i seminari

Studeni 2019.	Sigurnost povijesnih gradova
Lipanj 2019.	11th ISABS Conference on Forensic and Anthropologic Genetics and Mayo Clinic Lectures
Travanj 2019.	Festival znanosti
Rujan 2018.	Noć istraživača
Svibanj 2018.	Dani otvorenih vrata Forenzike Izlaganje na temu „Analiza i usporedba spornog i nespornog uzorka DNK”
Travanj 2018.	Festival znanosti
Ožujak 2018.	Sigurnost povijesnih gradova

10. Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Marijan Božinović Karauz**, izjavljujem da je moj **diplomski rad** pod naslovom **Procjena spola u hrvatskoj populaciji s pomoću gustoće papilarnih linija prstiju** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan bez citiranja i ne krši ičija autorska prava.

Izjavljujem da nijedan dio ovoga rada nije iskorišten u ijednom drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Split, rujan 2020.

Potpis studenta/studentice: _____