

TONI LJUBIĆ*, IVANA KRUŽIĆ**, ŽELJANA BAŠIĆ***,
ŠIMUN ANĐELINOVIĆ****

Uloga i vrijednost frontalnih sinusa u forenzici

Sažetak

Individualizacija osoba i ljudskih ostataka jedan je od izazova s kojim se susreću forenzičari u svome radu u slučajevima poput masovnih katastrofa, požara i masovnih grobnica. Frontalni sinusi pojavljuju kod većine ljudi te su kod svake osobe individualnog oblika i dimenzija. Koriste se za individualizaciju osoba kada nisu prisutni crteži papilarnih linija te kada DNK analiza nije moguća. U praksi se frontalni sinusi rabe za individualizaciju osoba od 20-ih godina 20. stoljeća.

Određivanje spola prvi je korak u stvaranju biološkog profila ljudskih ostataka. U dosadašnjim istraživanjima spolnog dimorfizma frontalnih sinusa postotak pouzdanosti procjene spola iznosio je od 60 % do 85 %. Razlike u rezultatima autori objašnjavaju korištenjem različitih radioloških metoda kojima su napravljene snimke, veličinom uzorka te populacijskom specifičnošću.

Za potrebe individualizacije osoba razvijeni su brojni kodni sustavi za klasifikaciju oblika i dimenzija frontalnih sinusa koji su u stvarnim slučajevima omogućili pozitivnu individualizaciju posmrtnih ostataka. Kodni sustavi polaze od ideje da će kombinacija koda biti jedinstvena ili dovoljno rijetka unutar promatrane populacije. Unatoč nedostacima, kodni sustavi klasifikacije frontalnih sinusa predstavljaju dobru pomoćnu metodu prilikom individualizacije osoba.

Nijedno istraživanje proučavanjem populacijske specifičnosti te spolnoga dimorfizma frontalnih sinusa nije napravljeno na području Republike Hrvatske.

Ključne riječi: frontalni sinusi, individualizacija, identifikacija, spolni dimorfizam, forenzična antropologija, forenzične znanosti.

* mag. forens. Toni Ljubić, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti, Sveučilište u Splitu, Hrvatska.

** doc. dr. sc. Ivana Kružić, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti, Sveučilište u Splitu, Hrvatska.

*** doc. dr. sc. Željana Bašić, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti, Sveučilište u Splitu, Hrvatska.

**** prof. dr. sc. Šimun Anđelinović, Klinički zavod za patologiju, sudsku medicinu i citologiju, KBC Split, Medicinski fakultet Split, Sveučilište u Splitu, Hrvatska.

UVOD

Identitet osobe predstavlja ukupnost svih neponovljivih obilježja koja razlikuju jednu osobu od svih drugih. On predstavlja temeljno pitanje za forenzicere u velikom broju slučajeva, a u području koje obuhvaća ovaj rad kao primjeri mogu se navesti slučajevi masovnih katastrofa, požara i masovnih grobnica. Pri rješavanju tih izazova i pronalasku odgovora na pitanja o identitetu osobe – forenzicari koriste, proučavaju i uspoređuju identifikacijska obilježja koja se pojavljuju kod svih ljudi ili u dovoljno velikom postotku među ljudima te koja su pritom dovoljno varijabilna među osobama da bi ih se pomoću njih moglo razlikovati. Najčešće se identifikacijska obilježja proučavaju metodama daktiloskopije (crtež papilarnih linija na prstima), stomatologije (zubalo), antropologije, genetike (DNK) i radiologije (Fierro, 1993). U situacijama kada ne postoje komparativni uzorci crteža papilarnih linija i DNK-a ili zbog raspada mekog tkiva prstiju i kontaminacije DNK-a koriste se metode analize kostiju za utvrđivanje identiteta osobe. U takvim situacijama rabe se zaživotni radiološki nalazi osobe koji se uspoređuju s posmrtnim radiološkim snimkama osobe (Pfaeffli i sur., 2007). Identitet se osoba u praksi utvrđuje usporedbom zaživotnih i posmrtnih radioloških snimki zubi, grudnog koša, kralješaka, ramena, mastoidnog nastavka i drugih struktura (Quatrehomme i sur., 1996). Identifikacijsku snagu posjeduju i sve zaživotne traume, prijelomi te implantati u tijelu osoba (umjetni kuk, plombe i sl.). Frontalni sinusi također posjeduju identifikacijsku snagu, a zbog svog smještaja u čeonj kosti lubanje, koja je često među očuvanim dijelovima kostura, ostanu neoštećeni u velikom broju slučajeva nakon smrti osobe (Uthman i sur., 2010).

Identifikacijska snaga frontalnih sinusa poznata je od 20-ih godina 20. stoljeća (Schuller, 1921) kada je uočena njihova varijabilnost među osobama, čak i među jednojajčanim blizancima, što im daje identifikacijsku snagu sličnu crtežu papilarnih linija (Asherson, 1965, Harris i sur., 1987). Prvi put su ih na stvarnom slučaju identifikacije posmrtnih ostataka koristili Culbert i Law 1925. godine kada su identificirali tijelo svojeg pacijenta koje je pronađeno u rijeci (CULBERT i LAW, 1927). Od tada su u literaturi opisani i drugi slučajevi u kojima je individualizirana osoba pomoću oblika i dimenzija frontalnih sinusa (Yoshino i sur., 1987, Reichs i Dorion, 1992, Reichs, 1993, Quatrehomme i sur., 1996, Angyal i Derczy, 1998, Atkins i Potsaid, 1978, Cheevers i Ascencio, 1977, Haglund i Fligner, 1993, Harris i sur., 1987, Kirk i sur., 2002).

Prvi korak u određivanju biološkoga profila osoba jest procjena spola pa je to i slučaj kod individualizacije osoba pomoću frontalnih sinusa. Rezultati dosadašnjih istraživanja pokazuju da su dimenzije i oblici frontalnih sinusa različiti među populacijama, ali i među spolovima. Tako su kod muškaraca prisutne veće dimenzije frontalnih sinusa nego kod žena, ali i različite nemetričke karakteristike frontalnih sinusa (Christensen i Hatch, 2018).

Znanstvenici i stručnjaci se, prilikom individualizacije osobe s pomoću frontalnih sinusa, osim na činjenici da su oblici i dimenzije frontalnih sinusa različiti među osobama, vode i činjenicom da su oblik i dimenzije frontalnih sinusa uglavnom nepromjenjivi od 20. godine života do kasne dobi, izuzevši situacije u kojima su frontalni sinusi izloženi nekoj traumi ili bolesti (Uthman i sur., 2010). Autori navode da su prisutnost, oblici i dimenzije frontalnih sinusa populacijski specifični te da je uz pomoć frontalnih sinusa moguće utvrditi i srodstvo (Szilvássy, 1986, Zupanič-Slavec, 2004, Cameriere i sur., 2008).

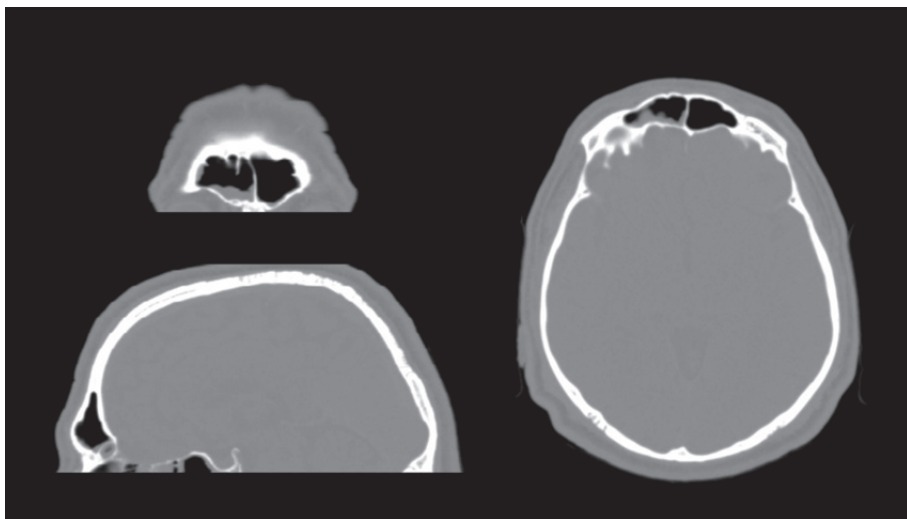
Cilj ovoga rada jest prikazati metodologije i rezultate dosadašnjih istraživanja iz područja spolnog dimorfizma i opisivanja oblika i dimenzija frontalnih sinusa. Usporedbom me-

metodologija i rezultata različitih istraživanja istaknut će se karakteristike frontalnih sinusa koje daju najbolje rezultate u forenzičnom kontekstu, ali će se i objasniti nedostaci dosadašnjih istraživanja kako bi se nova istraživanja frontalnih sinusa bolje usmjerila. Ciljevi postignuti ovim radom poslužit će kao temelj za istraživanja frontalnih sinusa na području Republike Hrvatske i na hrvatskoj populaciji, budući da takva istraživanja dosad nisu provedena.

1. ANALIZA FRONTALNIH SINUSA

1.1. Razvoj frontalnih sinusa

Frontalni su sinusi parne pneumatizirane šupljine koje se nalaze u čeonj kosti lubanje. Nepravilnog su oblika te su često asimetrične. Često ih razdvaja koštani septum, potpuni ili nepotpuni, koji je nastavak nosnog septuma, a svaki frontalni sinus u sebi može sadržavati intrasinusne septume i može biti oblikovan lukovima (Hauser i De Stefano, 1989). Uloga frontalnih sinusa nije sa sigurnošću utvrđena, ali autori smatraju da frontalni sinusi imaju više mogućih uloga, odnosno sudjeluju u više procesa u tijelu: vlaženje i zagrijavanje udahnutog zraka; pomoć pri regulaciji tlaka u nosnoj šupljini; povećavanje površine olfaktornih membrana; smanjivanje težine glave; povećanje rezonancije glasa; smanjivanje mehaničke sile usmjerene prema lubanji; utjecaj kod razvoja lica; izlučivanje imunoglobulina, interferona i lizotoma; evolucijski ostatak (Miller i Amedee 1998). Svoj razvoj započinju u 4. mjesecu intrauterinog razvoja, radiološki su vidljivi oko 2. godine života te su od 5. godine života vidljivi u čeonj kosti lubanje (Miller i Amedee, 1998). Svoj rast nastavljaju do približno 20. godine života nakon čega imaju nepromjenjive dimenzije i oblik do starije dobi (Yoshino i sur., 1987, Quatrehomme i sur., 1996). U jednome su istraživanju autori analizirajući 300 CT snimki (123 muškaraca i 177 žena), suprotno drugim autorima, utvrdili da razvoj frontalnih sinusa ne završava oko 20. godine života, već je moguć razvoj sve do 30-ih godina života, jer su na svome uzorku dobili najveće mjere frontalnih sinusa u dobnoj skupini od 31. do 40. godine života (Tatlisumak i sur., 2008). Dvije iznimke u ovim rezultatima bile su mjere širine lijevog sinusa kod muškaraca te visina lijevog sinusa kod žena. Također, u svome su istraživanju uočili najmanje mjere frontalnih sinusa u dobnim skupinama od 60 i više godina, što je suprotno od rezultata prethodnih istraživanja koja su tvrdila da se u starijoj dobi dimenzije frontalnih sinusa povećavaju zbog resorpcije čeonj kosti (Yoshino i sur., 1987, Quatrehomme i sur., 1996, Kirk i sur., 2002). Zbog uočenih razlika u dimenzijama frontalnih sinusa po dobnim skupinama između različitih istraživanja, Tatlisumak preporučuje da ne bi smjelo proći više od 10 godina između posljednje radiološke snimke frontalnih sinusa i trenutka u kojemu je potrebno individualizirati osobu s pomoću frontalnih sinusa (Tatlisumak i sur., 2011). U pravilu, tijekom života frontalni sinusi mogu promijeniti oblik i dimenzije samo u slučajevima bolesti ili traume (Uthman i sur., 2010), ali i u tim slučajevima je promjena sinusa takva da ima dodatnu identifikacijsku snagu (Kirk, Wood i sur. 2002).



Slika 1: Frontalni sinusi (koronalni, sagitalni i transverzalni presjek)

U istraživanjima je uočeno da se frontalni sinusi razvijaju sličnom brzinom kod obaju spolova do 5. godine života, nakon čega se kod ženskog spola razvijaju brže do dobi od 14 i 15 godina; kada se kod muškog spola njihov razvoj naglo ubrzava i završava u razdoblju od 18. do 20. godine života (Szilvassy, 1981, Hauser i De Stefano, 1989, Ruf i Pancherz, 1996, Zupanić-Slavec, 2004). Szilvássy je (Szilvássy, 1986) u svojim istraživanjima utvrdio da su oblik i dimenzije frontalnih sinusa dijelom genetski uvjetovani (Szilvássy, 1986), što je Zupanić-Slavec iskoristila kako bi individualizirala pripadnike dinastije grofova Celjskih. Točnost korištenja oblika frontalnih sinusa za određivanje srodnosti u ovome je slučaju potvrđena DNK analizom (Zupanić-Slavec, 2004).

Budući da je razvoj frontalnih sinusa uvjetovan dijelom klimatskim prilikama te dijelom uvjetovan genima, a samim time i populacijski specifičan, te da se svaki sinus razvija zasebno (Gagliardi i sur., 2004), moguć je obostrani ili jednostrani izostanak frontalnog sinusa (Danesh-Sani i sur., 2011). Istraživanja su na frontalnim sinusima u brojnim populacijama pokazala različite rezultate kada je u pitanju izostanak frontalnih sinusa. Tako je na turskoj populaciji jedno istraživanje utvrdilo obostrani izostanak frontalnih sinusa u 6,4 % slučajeva (Aydinlioglu i sur., 2003), dok je drugo istraživanje utvrdilo obostrani izostanak frontalnih sinusa kod 0,73 % turske populacije (Çakur i sur., 2011). Postotak obostranog izostanka frontalnih sinusa u njemačkoj populaciji iznosi 4 % (Patel i sur., 2000), u iranskoj populaciji iznosi 3 % kod muškaraca i 5 % kod žena (Danesh-Sani i sur., 2011), u austrijskoj populaciji iznosi 10 % kod muškaraca i 10 % kod žena (Szilvássy, 1980), u japanskoj populaciji iznosi 13 % kod muškaraca i 23 % kod žena (IKEDA, 1982), u populaciji aljaških Eskima iznosi 25 % kod muškaraca i 36 % kod žena (Koertvelyessy, 1972) te u populaciji kanadskih Eskima iznosi 43 % kod muškaraca i 40 % kod žena (Hanson i Owsley, 1980).

Danesh-Sani i suradnici, uz vlastite rezultate, navode i rezultate istraživanja glede učestalosti jednostranog izostanka frontalnih sinusa. U njihovu istraživanju izostanak lijevog frontalnog sinusa pojavio se kod 0,53 % žena i kod 1,94 % muškaraca, a izostanak desnog

frontalnog sinusa pojavio se kod 1,24 % žena i kod 1,94 % muškaraca (Danesh-Sani i sur., 2011). U istraživanju na uzorku od 1200 rendgenskih snimki turske populacije lijevi frontalni sinus nedostajao je kod 0,9 % žena i kod 1,1 % muškaraca, dok je desni frontalni sinus nedostajao kod 2 % žena i kod 0,9 % muškaraca (Aydinlioglu i sur., 2003). Na japanskoj populaciji uočen je izostanak lijevog frontalnog sinusa kod 4,8 % muškaraca i nijedan slučaj izostanka lijevog frontalnog sinusa kod žena, dok je izostanak desnog frontalnog sinusa uočen kod 7,1 % žena i kod 9,5 % muškaraca (Yoshino, Miyasaka i sur. 1987). Nowak i Mehls su uočili izostanak lijevog frontalnog sinusa na 3,2 % svog uzorka, dok su izostanak desnog frontalnog sinusa uočili na 4,2 % uzorka u svome istraživanju (Nowak i Mehls 1977). Spaeth i suradnici uočili su jednostrani izostanak frontalnog sinusa kod 9,4 % žena te kod 4,9 % muškaraca (Spaeth i sur., 1997).

Iz rezultata navedenih istraživanja uočljiva je razlika u postotku obostranog i jednostranog izostanka frontalnih sinusa među populacijama te među spolovima. To upućuje i na razlike između spolova u dimenzijama frontalnih sinusa. Korištenjem tih podataka i razvijanjem baze podataka s dimenzijama frontalnih sinusa za populacije, omogućava se i potencijalna identifikacija populacijske pripadnosti za ljudske ostatke, a kada nam nikakvi drugi nalazi ne upućuju na populacijsku pripadnost osobe.

1.2. Radiološke metode

Analiza frontalnih sinusa za potrebe identifikacije, morfometrijske i morfološke analize te utvrđivanja spolnog dimorfizma je od svojih početaka, kada su Culbert i Law s pomoću frontalnih sinusa identificirali tijelo osobe (CULBERT i LAW, 1927), pa do danas – provedena s pomoć različitih radioloških snimaka poput lateralnih i anterio-posteriornih rendgenskih snimki, računalne tomografije (eng. *computed tomography*, CT) te računalne tomografije s konusnom zrakom (eng. *cone-beam computed tomography*, CBCT).

Lateralne i anterio-posteriorne rendgenske snimke prva su metoda radiološkog snimanja frontalnih sinusa koja se i dalje koristi, ali je njena uporaba u opadanju zbog korištenja novijih tehnologija poput računalne tomografije ili računalne tomografije s konusnom zrakom. Individualizacija osoba se provodila s pomoću ove metode vizualnom usporedbom i preklapanjem zaživotnih i posmrtnih snimki osobe, što je u praksi rezultiralo sa 96 % i 100 % točnosti (Christensen, 2005a, Besana i Rogers, 2010), ali zbog određenih nedostataka ova radiološka metoda nije uvijek primjenjiva. U nedostatke ove metode pripadaju dvodimenzionalnost, superimpozicija svih struktura lubanje anteriorno i posteriorno od ravnine koja se proučava, uvećanje određenih dijelova tijela na snimci zbog različitih postavki uređaja za snimanje te udaljenosti od uređaja, ovisnost o iskustvu osobe koja proučava snimke te prevelika ovisnost o kutu snimanja, što u konačnici može uzrokovati morfološke i morfometrijske pogreške (Besana i Rogers, 2010, Tatlisumak i sur., 2011, Crosta, 2016).

Računalna je tomografija (CT) danas najraširenija radiološka metoda izrade snimki frontalnih sinusa. Računalna tomografija posjeduje visoku razlučivost te su snimke lakše prenosive od standardnih rendgenskim snimki, a osim navedenoga, dodatne prednosti naspram rendgenskim snimkama, jesu mogućnost trodimenzionalnog proučavanja snimljenog frontalnog sinusa, preciznijeg mjerenja dimenzija (uključujući i obujam) te mogućnost proučavanja individualnih slojeva. Snimka nastala računalnom tomografijom zahvaljujući računalnom softveru može po potrebi oponašati rendgensku snimku (Besana i Rogers, 2010, Tatlisumak

i sur., 2011, Choi i sur., 2017, Christensen i Hatch, 2018, Crosta, 2016). Nedostaci ove radiološke metode visoka je razina zračenja te relativno dugo vrijeme snimanja naspram drugim tehnologijama (Choi i sur., 2017).

Računalna tomografija s konusnom zrakom (CBCT) radiološka je metoda izvorno korištena u dentalnoj medicini, ali je zbog svojih prednosti našla primjenu i za druge svrhe. Prednost ove metode naspram obične računalne tomografije jest bolja razlučivost, manje zračenje te brže vrijeme snimanja. Zbog bolje razlučivosti i načina kako konusna zraka snima osobu moguće je u konačnici preciznije izmjeriti dimenzije frontalnih sinusa nego što je moguće kod obične računalne tomografije. Budući da je relativno novija tehnologija, još uvijek nije prihvaćena u praksi kao zamjena računalnoj tomografiji, iako zbog smanjenog zračenja i manjih dimenzija, uz prethodno navedene prednosti, predstavlja kvalitetnu zamjenu za CT (Crosta, 2016, Choi i sur., 2017).

Magnetska rezonancija (MR, MRI) ne koristi se često za potrebe analiza koštanog tkiva, jer se vizualizacija tkiva odvija praćenjem aktivnosti vodikovih atoma, koji se nalaze u vodi u tijelu koja nije sadržana u velikoj mjeri u koštanom tkivu (Christensen i Hatch, 2018).

1.3. Spolni dimorfizam frontalnih sinusa

Procjena spola prvi je korak u određivanju biološkoga profila pronađenih koštanih ostataka. Ispravna procjena spola utječe na odabir daljnjih metoda za određivanje biološkoga profila kao što su procjena doživljene dobi i visine osobe za života. Uz zdjelicu, koja može utvrditi spol osobe s točnošću do 96 %, lubanja također pokazuje karakteristike spolnog dimorfizma. Dok je spolni dimorfizam zdjelice uzrokovan funkcijskom razlikom između muškog i ženskog spola, spolni dimorfizam lubanje, a samim time i sinusa, uvjetovan je razlikom u veličini tijela između muškog i ženskog spola (Spradley i Stull, 2018).

Brojni su autori u svome radu proučavali razlike u oblicima i dimenzijama frontalnih sinusa između muškog i ženskog spola te su na osnovi statistički značajnih razlika pokušali utvrditi pouzdanost procjene spola.

Yoshino i suradnici nisu ni u jednoj promatranoj varijabli utvrdili statistički značajne razlike između spolova (Yoshino i sur., 1987), a do sličnoga zaključka došli su i Quatrehomme i suradnici, pritom navodeći da su varijacije u obliku i dimenzijama frontalnih sinusa prevelike a da bi se mogle utvrditi karakteristike specifične za određeni spol (Quatrehomme i sur., 1996). Međutim, Uthman i suradnici su u svome istraživanju na uzorku od 90 snimaka frontalnih sinusa iračke populacije uočili da sve promatrane mjere, izuzevši udaljenost između najviših točaka dvaju sinusa – pokazuju statistički značajne razlike – između spolova (Uthman i sur., 2010). Diskriminantnom analizom varijabli postigli su pouzdanost procjene spola od 76,9 %, a varijable koje su imale najveći statistički utjecaj na procjenu spola redom su bile visina lijevog sinusa, širina desnog sinusa te udaljenost između najviše točke desnog sinusa i njegove najdalje lateralne točke. Uvrštavanjem mjera lubanje pouzdanost procjene spola porasla je na 85,9 % te su u tom slučaju najveći statistički utjecaj imale maksimalna duljina lubanje, širina lijevog sinusa, udaljenost između najviše točke desnog sinusa i njegove lateralne točke te udaljenost između anatomskih točaka *prosthion* i *bregma*.

Pregled varijabli sa statistički značajnim razlikama i postocima pouzdanosti procjene spola u različitim istraživanjima, prikazan je u tablici 1.

Tablica 1: Pregled varijabli sa statistički značajnim razlikama između spolova i postotka procjene spola u različitim istraživanjima

RAD	VARIJABLE SA STATISTIČKI ZNAČAJNIM RAZLIKAMA IZMEĐU SPOLOVA	PROCJENA SPOLA (%)
(Camargo, Daruge i sur. 2007)	površina lijevoga sinusa	79,7 %
(Kim i sur., 2013)	oblik desnoga sinusa u anteriornom pogledu; obris gornje granice sinusa; oblik desnog sinusa u lateralnom pogledu; oblik lijevoga sinusa u anteriornom pogledu; ukupni obujam sinusa; stupanj asimetrije	/
(Goyal, Acharya i sur. 2013)	/	60 % za mjere iz vlastitoga istraživanja; 61,5 % za mjere iz (Tatlisumak i sur., 2007); 72,1 % za mjere iz (Tang i sur., 2009)
(Ramaswamy i Khaitan, 2014)	indeks frontalnoga sinusa (omjer maksimalne visine sinusa i maksimalne duljine sinusa iz lateralnog pogleda)	67,59 %
(Hamed i sur., 2014)	širina frontalnih sinusa; visina frontalnih sinusa; duljina frontalnih sinusa	67 %
(Belaldavar i sur., 2014)	visina frontalnih sinusa; širina frontalnih sinusa; površina frontalnih sinusa	64,6 %
(Michel i sur., 2015)	ukupni obujam frontalnih sinusa	72,5 %
(Akhlaghi i sur., 2016)	visina lijevoga frontalnoga sinusa	61,3 %

(Motawei i sur., 2016)	ukupna širina frontalnih sinusa; širina zasebnih sinusa; visina zasebnih sinusa; duljina zasebnih sinusa	76,7 %
(Crosta, 2016)	nazofrontalni kut; anterioposteriorna duljina lijevoga sinusa; anterioposteriorna duljina desnoga sinusa	79,2 %
(Choi i sur., 2017)		75,4 %; s dodavanjem varijable obujma 80 %
(Luo i sur., 2018)	indeks frontalnoga sinusa; površina frontalnih sinusa	76,6 %

Iz navedenog pregleda dosadašnjih istraživanja iz područja spolnog dimorfizma frontalnih sinusa može se uočiti da najbolji rezultat točnog utvrđivanja spola ne prelazi 85 % (Uthman i sur., 2010), ali to je i dalje manje od 95 % pouzdanosti što se smatra dovoljnim za sigurno utvrđivanje spola u forenzičnom kontekstu (Krishan i sur., 2016). Valja naglasiti da su najbolji rezultati u spomenutim istraživanjima postignuti kada su uz uobičajene mjere frontalnih sinusa korištene i mjere lubanje (Uthman i sur., 2010, Crosta, 2016) te kada se koristio i obujam frontalnih sinusa uz neke nove varijable (Choi i sur., 2017).

Autori razlike u rezultatima među istraživanjima spolnog dimorfizma frontalnih sinusa povezuju s populacijskim specifičnostima, korištenim radiološkim metodama, metodologijama te uzorkovanju (Akhlaghi i sur., 2016).

Spolni dimorfizam frontalnih sinusa uvjetovan je razlikama u dimenzijama. Budući da su frontalni sinusi trodimenzionalne strukture nepravilnoga oblika, korištenje površine i posebice obujma kao varijabli pruža bolje rezultate od mjera koje opisuju samo jednu ravninu.

Nawrocki i suradnici navode da su određeni rezultati u antropološkim istraživanjima posljedica pretpostavki o nezavisnosti promatranih varijabli te stoga predlaže uporabu analize kovarijance (ANCOVA) s pomoću koje se može testirati diskriminacijska snaga svake varijable i može se provjeriti njen utjecaj na neku drugu varijablu a s boljim rezultatom nego što je to slučaj kod drugih statističkih testova. Nawrocki također naglašava da analiza kovarijance ne ovisi o normalnoj distribuciji uzorka (Nawrocki i sur., 2018).

1.4. Kodni sustavi i individualizacija frontalnih sinusa

Kao što je prethodno spomenuto o ovome radu, frontalni su sinusi strukture unutar čeonu kosti lubanje koje zbog svoje visoke varijabilnosti posjeduju identifikacijsku snagu sličnu crtežima papilarnih linija (Harris i sur., 1987). Da bi se oblici i dimenzije frontalnih sinusa kategorizirali, po principu sličnom crtežima papilarnih linija, neki su autori predložili različite kodne sustave, olakšavajući time proces individualizacije osobe, ali i opisujući populacijske specifičnosti uzorka obuhvaćenog istraživanjem (Szilvássy, 1986, Yoshino i sur.,

1987, Yoshino i sur., 1989, Reichs i Dorion, 1992, Reichs, 1993, Tatlisumak i sur., 2007, Uthman i sur., 2010, Kim i sur., 2013).

Zupanič-Slavec navodi kako je Szilvássy u svome radu (Szilvássy, 1986), proučavajući nasljedne karakteristike frontalnih sinusa definirao četiri oblika frontalnih sinusa: oblik graha, oblik lista, oblik lepeze i piramidalni oblik (Zupanič-Slavec, 2004).

Yoshino i suradnici su, koristeći rendgenske snimke, razvili kodni sustav za potrebe klasifikacije individualnih frontalnih sinusa te su ga primijenili na uzorku od 35 lubanja (21 muškog spola i 14 ženskog spola) (Yoshino i sur., 1987). Sustav je bilježio vrijednosti te ih klasificirao za sljedeće varijable: površina frontalnih sinusa (4 klase), stupanj asimetrije (5 klasa), superiornost strane (2 klase), oblik gornjih granica sinusa (6 klasa), prisutnost djelomičnih septuma (4 klase) te prisutnosti supraorbitalnih šupljina (4 klase). Nakon analize svakom bi se frontalnom sinusu dodijelio sedmeroznamenasti kôd kojim bi se taj frontalni sinus identificirao. Teoretski je ovaj sustav omogućavao preko 20.000 mogućih jedinstvenih kombinacija koda frontalnih sinusa. Tijekom samog istraživanja ovaj je kodni sustav testiran dodjeljivanjem koda zaživotnoj i posmrtnoj snimci osobe, čiji se identitet prethodno utvrdio sa sigurnošću, te je opisivanje rendgenskih snimki ovim kodnim sustavom rezultiralo s dva identična koda. Ovaj je sustav autor dodatno testirao u (Yoshino i sur., 1989), kada je 100 rendgenskih snimki analizirao svojim kodnim sustavom. Pritom je utvrđeno da 88 snimki imaju svoj jedinstveni kod, a preostalih 12 bilo je raspoređeno u 6 parova s identičnim kodom za što su uzrok bili maleni i jednostavno oblikovani sinusi te jednostrani izostanak sinusa.

Reichs i Dorion su, koristeći sličan princip kao Yoshino i suradnici, razvili vlastiti kodni sustav rabeći sljedeće varijable: bilateralna veličina (transvezalna udaljenost između krajnjih točaka sinusa), stupanj asimetrije, superiornost strane, prisutnost djelomičnog septuma, broj djelomičnih septuma, prisutnost cjelovitih šupljina, broj cjelovitih šupljina (Reichs i Dorion, 1992). Osim po promatranim varijablama i broju klasa za svaku varijablu, ovaj se sustav razlikovao od sustava predloženog kod Yoshina i suradnika i po tome što je zamišljen da, prema potrebi, opisuje više slojeva frontalnih sinusa, budući da frontalni sinusi jedne osobe ne izgledaju jednako i nemaju jednake dimenzije i oblike u različitim slojevima. Proučavajući sinus na dvije razine, teoretski je moguće doći do 240 milijardi mogućih jedinstvenih kombinacija, a koristeći tri razine, teoretski je moguće doći do 118 kvadrilijuna mogućih jedinstvenih kombinacija. Važno je napomenuti da Reichs i Dorion u ovome radu naglašavaju da postoji mogućnost da se promatrane varijable ne ponašaju neovisno jedna o drugoj, što u konačnici može smanjiti razlučivost sustava; a kao primjere slučajeva sa sličnim kodom spominju frontalne malih dimenzija te jednostavnog oblika, ili slučajeve u kojima na jednoj strani nije prisutan frontalni sinus, kao što je to bio slučaj i kod Yoshina i suradnika.

Tatlisumak i suradnici su na uzorku od 100 snimki računalne tomografije (38 muškog spola i 62 ženskog spola) testirali svoj kodni sustav te su također iznijeli i određene morfometrijske mjere za tursku populaciju obuhvaćenu istraživanjem (Tatlisumak i sur., 2007). Autori su razvili tzv. FSS sustav, prema osnovnim varijablama koje su promatrali na uzorku. Oznaka „F“ opisuje prisutnost frontalnog sinusa, prva oznaka „S“ opisuje septum te druga oznaka „S“ opisuje udubljenja i lukove u sinusima. Osim navedenih obilježja, autori su proučavali i kodnim sustavom opisivali sljedeće mjere: maksimalna širina svakog sinusa, maksimalna visina svakog sinusa, maksimalna duljina svakog sinusa, ukupna maksimalna širina frontalnih sinusa, udaljenost između najviših točaka dvaju sinusa te udaljenost između

najviše točke svakog sinusa i njegove najdalje lateralne točke. Kod za svaki zasebni oblik frontalnih sinusa raspoređen je u 5 zagrada, a svaka od navedenih mjera podijeljena je u 3 moguće klase.

Analizirajući samo rezultate za prve tri zagrada na populaciji u istraživanju, autori su došli do broja od 92,928 mogućih jedinstvenih kombinacija kodnog sustava, dok je dio sustava s mjerama imao mogućih 59,049 kombinacija. Bez obzira na navedene brojke, autori su upozorili na zavisnost određenih varijabli, jer su unutar populacije istraživanja utvrdili da se korištenjem prvih triju zagrada iz sustava može razlikovati 93 % pripadnika populacije, a korištenjem svih pet zagrada (dodavanjem mjera) preciznost sustava za individualizaciju osoba bila je 98 %. Iz navedenoga proizlazi da ipak određene promatrane varijable koreliraju te da se intervali prema kojima se klasificiraju mjere trebaju smanjiti, odnosno da se broj klasa treba povećati, čime bi se preciznost kodnog sustava povećala.

Po uzoru na to istraživanje drugi su autori u sklopu svoga istraživanja provedenog na uzorku od 90 osoba (45 muškog spola i 45 ženskog spola) izradili devetnaesteroznamenasti kodni sustav (Uthman i sur., 2010). Kodni je sustav opisivao sljedeće varijable: prisutnost frontalnog sinusa (lijevog i desnog), prisutnost intrasinusnog septuma (u desnom i lijevom sinusu), potpunost intrasinusnog septuma (u desnom i lijevom sinusu), prisutnost intersinusnog septuma, potpunost intersinusnog septuma, broj lukova u sinusu (za desni i lijevi sinus), širina sinusa za oba sinusa, visina sinusa za oba sinusa, prosječna duljina sinusa, ukupna širina frontalnih sinusa, udaljenost između najviših točaka sinusa, udaljenost od najviše točke sinusa do njegove najdalje lateralne točke (za oba sinusa). Svako vrijednosti varijable dodijeljen je klasni identifikator prema intervalu unutar kojega se vrijednost nalazi. Tako je svakom frontalnom sinusu dodijeljen barkod, što su autori ovoga istraživanja predložili kao brz i učinkovit sustav klasifikacije i pretrage snimki frontalnih sinusa. U situaciji obostranog izostanka sinusa izmjerene su udaljenosti između medijalnih granica orbitalnih otvora. Uz navedene mjere frontalnih sinusa, autori su mjerili i određene vrijednosti na lubanji: maksimalnu duljinu lubanje (od anatomske točke *glabella* do točke *ophistocranium*), visinu od anatomske točke *prosthion* do točke *bregma* te maksimalnu širinu lubanje (između dviju anatomskih točaka *euryon*). Kao i kod svih kodnih sustava, autori naglašavaju da je na ovaj način moguće vrlo lako opisati karakteristike frontalnih sinusa pojedinca te ih prema potrebi pronaći i usporediti. U svome istraživanju iznijeli su postotak unutarmjeriteljske i međumjeriteljske istovjetnosti ponovljenih mjerenja koji je u većini slučajeva bio 100 %, osim za varijable broja intrasinusnih septuma na desnoj strani (87.5%) kod ponovljenih mjerenja s istim mjeriteljem; te za varijable udaljenosti od najviše točke desnog sinusa do njegove najdalje lateralne točke, broja lukova za desni i lijevi sinus (obje varijable sa 97,5 %), broja intrasinusnih septuma na desnom sinusu (90 %) kod međumjeriteljskih ponavljanja mjerenja. Navedene razlike među mjerenjima mogu se objasniti nedovoljno jasnim kriterijima za određene varijable u slučaju unutarmjeriteljskih ponavljanja mjerenja te razlikama u iskustvu i vještini različitih mjeritelja kod međumjeriteljskih ponavljanja mjerenja.

Kim i suradnici razvili su kodni sustav za frontalne sinuse proučavajući morfološke trodimenzijske karakteristike te stupanj asimetrije i kut između sinusa iz superiornog prikaza (Kim i sur., 2013). Svaki par frontalnih sinusa prikazan je s pomoću osam ili deset znakova. Autori su iz trodimenzijskog prikaza sinusa morfološki proučavali oblik frontalnih sinusa u lateralnom (3 klase), anteriornom (8 klasa) i inferiornom prikazu s osnovice (4 klase) te

obris gornjih granica frontalnih sinusa (opisan brojem lukova u pojedinom sinusu). Stupanj asimetrije izračunat je uz pomoć obujma sinusa. Na uzorku od 119 trupala (60 muškog spola i 59 ženskog spola), autori su zabilježili prisutnost frontalnih sinusa kod 110 trupala te su primjenom svoga kodnog sustava zabilježili samo 2 trupa s istim kodom, što znači da je 98,2 % populacije imalo jedinstveni identifikacijski kod. Kod slučajeva kada se uoče isti kodovi usporedbom i superimpozicijom moguće je utvrditi identitet, što je dodatno olakšano u situacijama kada se koriste trodimenzijski prikazi frontalnih sinusa, kao što je bio slučaj u ovome istraživanju.

Brojni se autori slažu po pitanju varijabilnosti među osobama i identifikacijske snage frontalnih sinusa, ali tek su određeni slučajevi u sudskoj praksi Sjedinjenih Američkih Država potaknuli standardizirani pristup antropološkim metodama, a samim time i analizi frontalnih sinusa. Ovakav je pristup potaknuo slučaj *Daubert* iz američke sudske prakse (*Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticalcs*, 1993.) koji je potaknuo razvoj smjernica i preduvjeta koje određena metoda mora zadovoljiti da bi bila prihvatljiva za vještačenje (Christensen, 2004, Besana i Rogers, 2010). Prema tim smjernicama od metode se očekuje da je zasnovana na znanstvenim načelima te da se može testirati, da je recenzirana u znanstvenim krugovima te publicirana, da postoje standardi za provođenje metode te su poznati postoci stvarnih ili potencijalnih grešaka u rezultatima i da je prihvaćena u znanstvenim krugovima.

Navedene smjernice primjenjuju se u sudskoj praksi. Lesciotto (Lesciotto, 2015) navodi kao primjer slučaj *State of Tennessee v. David William Cosgrif, III*, 2010. u saveznoj državi Tennessee u kojemu su 2003. usporedbom zaživotnih i posmrtnih rendgenskih snimki frontalnih sinusa individualizirani kosturni ostatci 76-godišnje žene koja je nestala iz svoga doma 2001. godine te je iz posmrtnih rendgenskih snimki utvrđeno da je umrla nasilnom smrću. Protiv počinitelja podignuta je optužnica te je prije samoga suđenja, a i kasnije tijekom ulaganja žalbi, dovedena u pitanje znanstvena utemeljenost vještačenja identiteta s pomoću vizualne usporedbe radioloških snimki frontalnih sinusa. Međutim, vještak se osvrnuo na brojne radove koji su statistički potvrdili da se frontalni sinusi među pojedincima razlikuju te da se mogu koristiti za individualizaciju osoba. Sud je zaključio da je vještačenje znanstveno utemeljeno te da je u skladu s vrijedećim sudskim pravilnikom o dokazima, koji je sadržavao i smjernice utemeljene Daubertovim standardom, te je donio osuđujuću presudu.

Christensen kao nedostatak svih kodnih sustava navodi činjenicu da oni opisuju samo mogući teoretski broj jedinstvenih kombinacija, ali empirijski ne testiraju svoje sustave (Christensen, 2005b). Tako su Tang i suradnici testirali kodni sustav koji je razvio Yoshino sa suradnicima – što je rezultiralo pojavom 3 primjera frontalnih sinusa s istim kodom unutar uzorka od 165 osoba (Yoshino i sur., 1987, Tang i sur., 2009). Christensen je utvrdila da je sa 96 % pouzdanosti moguće točno individualizirati osobu korištenjem eliptične Fourierove analize frontalnih sinusa (eng. *elliptical Fourier analysis*, EFA) te naglašava da se ova tehnika, zbog svoje statističke zahtjevnosti i potrebe za kalibracijskim uzorkom snimki frontalnih sinusa, rabi isključivo u situacijama kad postoji mogućnost da će se slučaj iznositi i ocjenjivati na sudu (Christensen, 2005b).

Besana i Rogers su korištenjem 23 varijable na uzorku od 100 snimki frontalnih sinusa željeli utvrditi koje varijable koreliraju te koje kombinacije varijabli omogućavaju najveću preciznost identifikacije osobe (Besana i Rogers, 2010). Kombinacijom četiriju varijabli došli su do vjerojatnosti da 7 od 10,000 osoba posjeduje specifičnu kombinaciju vrijednosti

varijabli. Autori su to proglasili dobrim rezultatom zbog činjenice da se frontalni sinusi pronađene osobe uspoređuju s frontalnim sinusima svih nestalih osoba ili s manjim brojem frontalnih sinusa nestalih osoba, ako još neka obilježja upućuju na mogući identitet osobe, što je različito od situacije kada se identifikacijsko obilježje osobe uspoređuje s čitavom populacijom. Tome u prilog govore i druga istraživanja (Christensen i Hatch, 2018, Christensen, 2005a, Christensen, 2005b), naglašavajući da nije potrebno utvrditi jedinstvenost frontalnih sinusa ili dobiti potvrdu o identičnosti uspoređenih sinusa, već je dovoljno dobiti stupanj pouzdanosti koji potvrđuje da zaživotne i posmrtno snimke frontalnih sinusa potječu od iste osobe naspram pouzdanosti da potječu od dviju različitih osoba.

Trenutačno u praksi ne postoje standardizirani i općeprihvaćeni sustavi analize i opisanja frontalnih sinusa te se individualizacija osoba utvrđuje usporedbom i superimpozicijom dvodimenzijskih ili trodimenzijskih snimki frontalnih sinusa, što i dalje pruža zavidne rezultate od gotovo 100 % točnih individualizacija, ali i smanjuje objektivnost metode (Besana i Rogers, 2010).

2. ZAKLJUČAK

Frontalni su sinusi anatomska struktura koja se pojavljuje kod većine ljudi te su kod svake osobe individualnog oblika i dimenzija. Upravo se zbog toga analiza frontalnih sinusa u praksi od 20-ih godina 20. stoljeća koristi kao metoda individualizacije osoba. Predstavljaju izvrsno sredstvo individualizacije osobe u slučajevima kada zbog raspada tijela nije prisutno meko tkivo prstiju s crtežima papilarnih linija ili kada ne postoje drugi medicinski podaci o osobi, poput zubnih kartona. Analiza frontalnih sinusa jeftinija je i brža komparativna metoda od DNK analize, što može biti od velike važnosti u pojedinim slučajevima poput masovnih katastrofa s većim brojem žrtava. Međutim, kao i kod svih drugih metoda individualizacije osoba, nužna pretpostavka za provođenje usporedbe postojanje je zaživotnih podataka, odnosno snimki frontalnih sinusa. Iako je u većem dijelu literature utvrđeno da se oblik i dimenzije frontalnih sinusa ne mijenjaju od otprilike 20. godine života do kasne životne dobi, osim u slučaju trauma i bolesti, neki autori savjetuju da se usporedba provodi samo u slučajevima kada je prošlo manje od 10 godina od posljednje snimke frontalnih sinusa. Brojni su autori za potrebe identifikacije razvili identifikacijske kodne sustave s pomoću kojih je moguće do određene razine opisati oblik i dimenzije frontalnih sinusa, međutim veliki broj mogućih jedinstvenih kombinacije kodnih sustava nerijetko je u empirijskom testiranju rezultirao višestrukim ponavljanjem jednake kombinacije za frontalne sinuse različitih osoba. Unatoč tome, korištenje kodnog sustava može pomoći sužavanjem mogućih kandidata prilikom procesa individualizacije osobe. U praksi su kodni sustavi omogućili sužavanje populacije mogućih osoba čiji se identitet pokušava utvrditi s pomoću frontalnih sinusa, a konačna odluka o identitetu osobe donesena je vizualnom usporedbom zaživotnih i posmrtnih radioloških snimaka. Tom prilikom korištene su i dvodimenzijske i trodimenzijske radiološke snimke, u ovisnosti o opremi dostupnoj autorima istraživanja.

Utvrđivanje spola iz oblika i dimenzija frontalnih sinusa pitanje je koje su obradili mnogi autori s različitim rezultatima. U nekim istraživanjima pouzdanost procjene spola je u blizu 50 %, što znači da ne predstavlja gotovo nikakav napredak naspram nasumičnoj procjeni spola, dok je kod drugih istraživanja pouzdanost procjene spola osobe dovedena

do zavidne razine, iako i dalje nedovoljno da se nedvojbeno, govoreći u forenzičnom kontekstu, utvrdi spol osobe. Velike razlike u rezultatima svih istraživanja spolnog dimorfizma frontalnih sinusa uvjetovane su prije svega načinom snimanja. Budući da su frontalni sinusi anatomska struktura nepravilnoga oblika koja se rasprostire u sve tri prostorne dimenzije, ne čudi činjenica da su najbolji rezultati po pitanju spolnog dimorfizma dobiveni u istraživanjima koja su trodimenzijski pristupila morfološkim i morfometrijskim karakteristikama. Oblik i dimenzije sinusa su i populacijski specifične, jer su uvjetovane genetskim i klimatskim karakteristikama.

Korištenje frontalnih sinusa za potrebe individualizacija osoba, a samim time i utvrđivanje spola trebalo bi zadovoljiti određene znanstvene i pravne standarde a da bi se time ustalilo u praksi kao valjana metoda. Unatoč tome, većina usporedbi snimki frontalnih sinusa i dalje se provodi vizualnom procjenom, što smanjuje objektivnost postupka. Razvojem tehnologije omogućit će se automatsko prepoznavanje, označavanje i mjerenje frontalnih sinusa, što će povećati objektivnost i smanjiti ovisnost usporedbe o iskustvu stručnjaka. Također će biti potrebno validirati rezultate individualizacije osoba s pomoću frontalnih sinusa usporedbom s rezultatima pouzadnijih metoda individualizacije, poput DNK analize, kako bi individualizacija osoba pomoću frontalnih sinusa zadovoljila sve kriterije koje postavlja suvremena znanost, pogotovo u području forenzičnih znanosti i prava.

Razvojem populacijskih baza podataka koje će obuhvaćati brojne dijelove tijela, pa samim time i frontalne sinuse, moći će se još detaljnije uočiti sličnosti i razlike između populacija te preciznije utvrditi uzroci različitog razvoja frontalnih sinusa.

Prema saznanjima autora ovoga rada, na području Republike Hrvatske nisu do sada provedena istraživanja iz područja morfoloških i morfometrijskih karakteristika te spolnog dimorfizma frontalnih sinusa.

LITERATURA

1. Akhlaghi, M., Bakhtavar, K., Moarefdoost, J., Kamali, A. & Rafeifar, S. 2016. Frontal sinus parameters in computed tomography and sex determination. *Legal Medicine*, 19, 22-27.
2. Angyal, M. & Derczy, K. 1998. Personal identification on the basis of antemortem and postmortem radiographs. *Journal of Forensic Science*, 43, 1089-1093.
3. Asherson, N. 1965. *Identification by frontal sinus prints: a forensic medical pilot survey*, Lewis.
4. Atkins, L. & Potsaid, M. S. 1978. Roentgenographic identification of human remains. *Jama*, 240, 2307-2308.
5. Aydinlioglu, A., Kavaklii, A. & Erdem, S. 2003. Absence of frontal sinus in Turkish individuals. *Yonsei medical journal*, 44, 215-218.
6. Belaldavar, C., Kotrashetti, V. S., Hallikerimath, S. R. & Kale, A. D. 2014. Assessment of frontal sinus dimensions to determine sexual dimorphism among Indian adults. *Journal of forensic dental sciences*, 6, 25.

7. Besana, J. L. & Rogers, T. L. 2010. Personal identification using the frontal sinus. *Journal of forensic sciences*, 55, 584-589.
8. Çakur, B., Sumbullu, M. A. & Durna, N. B. 2011. Aplasia and agenesis of the frontal sinus in Turkish individuals: a retrospective study using dental volumetric tomography. *International journal of medical sciences*, 8, 278.
9. Cameriere, R., Ferrante, L., Molleson, T. & Brown, B. 2008. Frontal sinus accuracy in identification as measured by false positives in kin groups. *Journal of forensic sciences*, 53, 1280-1282.
10. Cheevers, L. & Ascencio, R. 1977. Identification by skull superimposition. *Int J Forensic Dent*, 13, 14-16.
11. Choi, I. G., Duailibi-Neto, E. F., Beaini, T. L., Silva, R. L. & Chilvarquer, I. 2017. The Frontal Sinus Cavity Exhibits Sexual Dimorphism in 3D Cone-beam CT Images and can be Used for Sex Determination. *Journal of forensic sciences*.
12. Christensen, A. M. 2004. The impact of Daubert: Implications for testimony and research in forensic anthropology (and the use of frontal sinuses in personal identification). *Journal of forensic sciences*, 49, 427-430.
13. Christensen, A. M. 2005a. Assessing the variation in individual frontal sinus outlines. *American journal of physical anthropology*, 127, 291-295.
14. Christensen, A. M. 2005b. Testing the reliability of frontal sinuses in positive identification. *Journal of Forensic Science*, 50, JFS2004145-5.
15. Christensen, A. M. & Hatch, G. M. 2018. Advances in the use of frontal sinuses for human identification. *New Perspectives in Forensic Human Skeletal Identification*. Elsevier.
16. Crosta, E. 2016. Sexual Determination from Frontal Sinus Analysis in a Subadult Population Using Archival Radiographic Records.
17. Culbert, W. L. & Law, F. M. 1927. Identification by comparison of roentgenograms: of nasal accessory sinuses and mastoid processes. *Journal of the American Medical Association*, 88, 1634-1636.
18. Danesh-Sani, S. A., Bavandi, R. & Esmaili, M. 2011. Frontal sinus agenesis using computed tomography. *Journal of Craniofacial Surgery*, 22, e48-e51.
19. Fierro, M. F. 1993. Identification of human remains. *Spitz and Fishers «Medicolegal investigation of death»*. Illinois, 14-70.
20. Gagliardi, A., Winning, T., Kaidonis, J., Hughes, T. & Townsend, G. 2004. Association of frontal sinus development with somatic and skeletal maturation in Aboriginal Australians: a longitudinal study. *HOMO-Journal of Comparative Human Biology*, 55, 39-52.
21. Haglund, W. D. & Fligner, C. L. 1993. Confirmation of human identification using computerized tomography (CT). *Journal of Forensic Science*, 38, 708-712.
22. Hamed, S. S., El-Badrawy, A. M. & Fattah, S. A. 2014. Gender identification from frontal sinus using multi-detector computed tomography. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 2, 117-120.

23. Hanson, C. L. & Owsley, D. W. 1980. Frontal sinus size in Eskimo populations. *American journal of physical anthropology*, 53, 251-255.
24. Harris, A., Wood, R., Nortje, C. & Thomas, C. 1987. The frontal sinus: Forensic fingerprint?-A pilot study.
25. Hauser, G. & De Stefano, G. F. 1989. Epigenetic variants of the human skull.
26. Ikeda, J. 1982. Interpopulation variations of the frontal sinus measurements. *Journal of the Anthropological Society of Nippon*, 90, 91-104.
27. Kim, D. I., Lee, U. Y., Park, S. O., Kwak, D. S. & Han, S. H. 2013. Identification using frontal sinus by three-dimensional reconstruction from computed tomography. *Journal of forensic sciences*, 58, 5-12.
28. Kirk, N. J., Wood, R. E. & Goldstein, M. 2002. Skeletal identification using the frontal sinus region: a retrospective study of 39 cases. *Journal of Forensic Science*, 47, 318-323.
29. Koertvelyessy, T. 1972. Relationships between the frontal sinus and climatic conditions: a skeletal approach to cold adaptation. *American journal of physical anthropology*, 37, 161-172.
30. Krishan, K., Chatterjee, P. M., Kanchan, T., Kaur, S., Baryah, N. & Singh, R. 2016. A review of sex estimation techniques during examination of skeletal remains in forensic anthropology casework. *Forensic science international*, 261, 165.e1-165.e8.
31. Lesciotto, K. M. J. J. O. F. S. 2015. The impact of Daubert on the admissibility of forensic anthropology expert testimony. 60, 549-555.
32. Luo, H., Wang, J., Zhang, S. & Mi, C. 2018. The application of frontal sinus index and frontal sinus area in sex estimation based on lateral cephalograms among Han nationality adults in Xinjiang. *Journal of Forensic and Legal Medicine*.
33. Michel, J., Paganelli, A., Varoquaux, A., Piercecchi-Marti, M. D., Adalian, P., Leonetti, G. & Dessi, P. 2015. Determination of sex: interest of frontal sinus 3D reconstructions. *Journal of forensic sciences*, 60, 269-273.
34. Miller, A. & Amedee, R. 1998. Sinus anatomy and function. *Head and Neck Surgery-Otolaryngology*.
35. Motawei, S. M., Wahba, B. A., Aboelmaaty, W. M. & Tolba, E. M. 2016. Assessment of frontal sinus dimensions using CBCT to determine sexual dimorphism amongst Egyptian population. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 6, 8-13.
36. Nawrocki, S. P., Latham, K. E. & Bartelink, E. J. 2018. Human Skeletal Variation and Forensic Anthropology. *New Perspectives in Forensic Human Skeletal Identification*. Elsevier.
37. Patel, R. S., Yousem, D. M., Maldjian, J. A. & Zager, E. L. 2000. Incidence and clinical significance of frontal sinus or orbital entry during pterional (frontotemporal) craniotomy. *American journal of neuroradiology*, 21, 1327-1330.

38. Pfaeffli, M., Vock, P., Dirrhofer, R., Braun, M., Bolliger, S. A. & Thali, M. J. 2007. Post-mortem radiological CT identification based on classical ante-mortem X-ray examinations. *Forensic science international*, 171, 111-117.
39. Quatrehomme, G., Fronty, P., Sapanet, M., Grévin, G., Baillet, P. & Ollier, A. 1996. Identification by frontal sinus pattern in forensic anthropology. *Forensic science international*, 83, 147-153.
40. Ramaswamy, P. & Khaitan, T. 2014. Frontal sinus index—A new tool for sex determination. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 2, 77-79.
41. Reichs, K. & Dorion, R. 1992. The use of computed tomography (CT) scans in the comparison of frontal sinus configurations. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 25, 1-16.
42. Reichs, K. J. 1993. Quantified comparison of frontal sinus patterns by means of computed tomography. *Forensic science international*, 61, 141-168.
43. Ruf, S. & Pancherz, H. 1996. Development of the frontal sinus in relation to somatic and skeletal maturity. A cephalometric roentgenographic study at puberty. *The European Journal of Orthodontics*, 18, 491-497.
44. Schuller, A. 1921. Das rontgenogram der stirnhohle: ein hilfsmittel fur die identitatsbestimmung von schadeln. *Monatenschrift fur Ohrenheilkunde*, 55, 1617-1620.
45. Spaeth, J., Krügelstein, U. & Schlöndorff, G. 1997. The paranasal sinuses in CT-imaging: development from birth to age 25. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 39, 25-40.
46. Spradley, M. K. & Stull, K. E. 2018. Advancements in Sex and Ancestry Estimation. *New Perspectives in Forensic Human Skeletal Identification*. Elsevier.
47. Szilvassy, J. 1981. Development of the frontal sinuses. *Anthropologischer Anzeiger; Bericht über die biologisch-anthropologische Literatur*, 39, 138-149.
48. Szilvássy, J. 1980. Zur Variation, Entwicklung und Vererbung der Stirnhöhlen. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie A für Mineralogie und Petrographie, Geologie und Paläontologie, Anthropologie und Prähistorie*, 97-125.
49. Szilvássy, J. 1986. Eine neue Methode zur intraserialen Analyse von Gräberfeldern. *Innovative trends in der prähistorischen anthropologie. Berlin: Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. p.* 51-21.
50. Tang, J.-P., Hu, D.-Y., Jiang, F.-H. & Yu, X.-J. 2009. Assessing forensic applications of the frontal sinus in a Chinese Han population. *Forensic science international*, 183, 104. e1-104. e3.
51. Tatlisumak, E., Asirdizer, M. & Yavuz, M. S. 2011. Usability of CT images of frontal sinus in forensic personal identification. *Theory and Applications of CT Imaging and Analysis*. InTech.
52. Tatlisumak, E., Ovali, G. Y., Asirdizer, M., Aslan, A., Ozyurt, B., Bayindir, P. & Tarhan, S. 2008. CT study on morphometry of frontal sinus. *Clinical Anatomy*, 21, 287-293.

53. Tatlisumak, E., Ovali, G. Y., Aslan, A., Asirdizer, M., Zeyfeoglu, Y. & Tarhan, S. 2007. Identification of unknown bodies by using CT images of frontal sinus. *Forensic science international*, 166, 42-48.
54. Uthman, A. T., Al-Rawi, N. H., Al-Naaimi, A. S., Tawfeeq, A. S. & Suhail, E. H. 2010. Evaluation of frontal sinus and skull measurements using spiral CT scanning: an aid in unknown person identification. *Forensic science international*, 197, 124. e1-124. e7.
55. Yoshino, M., Miyasaka, S., Sato, H. & Seta, S. 1987. Classification system of frontal sinus patterns by radiography. Its application to identification of unknown skeletal remains. *Forensic Science International*, 34, 289-299.
56. Yoshino, M., Miyasaka, S., Sato, H., Tsuzuki, Y. & Seta, S. 1989. Classification system of frontal sinus patterns. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 22, 135-146.
57. Zupanič-Slavec, Z. 2004. *New method of identifying family related skulls: Forensic medicine, anthropology, epigenetics*, Springer.

Summary

Toni Ljubić, Ivana Kružić, Željana Bašić, Šimun Anđelinović

The Utilization of Frontal Sinuses in Forensics

Individualization of persons and human remains is one of the most common challenges forensic experts encounter during their work with cases such as mass disasters, fires and mass graves. Frontal sinuses are an anatomical structure with unique shape and dimensions that appears in almost the whole human population. They are used for personal identification when the fingerprints are not present and when the DNA analysis is impossible or financially unsuitable and time-consuming. Frontal sinuses have been in use as a mean of individualization since 1920's.

Sex determination is a first step in a process of biological profiling of human remains. Studies of sexual dimorphism of frontal sinuses resulted with the percentage of reliability of sex estimation ranging from 60% to 85%. The authors explain the differences in the results by using different radiological methods for recording, sample size and population specificity.

For the purposes of individualization, a number of coding systems have been developed for the classification of the shape and dimensions of the frontal sinuses, which have provided a positive individualization of mortal remains in real cases. Coding systems are based on the idea that the code combination will be unique or rare enough within the observed population. Despite the disadvantages, coding systems for frontal sinus classification are a good auxiliary method when individualizing individuals.

No research on the population's specificity and the sexual dimorphism of the frontal sinuses was done on the territory of the Republic of Croatia.

Keywords: frontal sinuses, individualization, identification, sexual dimorphism, forensic anthropology, forensic science.