

FORENSIC TAPHONOMY OF MASS GRAVES

FORENZIČKA TAFONOMIJA MASOVNIH GROBNICA

Igor Vaduvesković¹, Marija Đurić¹

¹ Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet, Institut za anatomiju „Niko Miljanić”, Beograd, Srbija

Correspondence: ivaduveskovic@gmail.com

Abstract

The archaeological context in mass graves, especially secondary ones (moved from the primary location), is much more complex due to the high fragmentation of the body. This complicates the process of exhumation, analysis and interpretation of the findings, and requires statistical data processing. The intensity of fragmentation of human remains differs between graves, depending on the formation processes of the grave and/or peri-mortem (at the time of death or near it) circumstances related to the individuals in it. This paper provides an overview of the methods of analyzing the taphonomic imprint of such processes on human remains, as well as the presentation of the process of degradation of the human body in the context of mass graves.

Keywords:

taphonomy,
decomposition of bodies,
post-mortem interval,
mass graves,
fragmentation

Sažetak

Ključne reči:

tafonomija,
raspadanje tela,
postmortem interval,
masovne grobnice,
fragmentacija

Kada se radi o masovnim grobnicama, pogotovo sekundarnim (premeštene sa primarne lokacije), arheološki kontekst je znatno složeniji zbog visoke fragmentiranosti tela, što otežava proces ekshumacije, analize i tumačenja nalaza, te zahteva i statističku obradu podataka. Stepenn fragmentacije ljudskih ostataka razlikuje se između grobnica u zavisnosti od formacionih procesa u samoj grobnici, ali i od tzv. peri mortem okolnosti (od okolnosti u vreme smrti ili neposredno pre ili posle nje), koje se odnose na svaku pojedinu žrtvu sahranjenu u grobnici. Ovim smo radom hteli da damo pregled metoda analize tafonomskih procesa i tzv. tafonomskog otiska koji s vremenom deluju na ljudske ostatke u grobnicama, kao i da prikažemo proces degradacije ljudskog tela i ostataka u masovnim grobnicama.

Uvod

Tafonomija se bavi proučavanjem prelaska različitih organskih ostataka iz biosfere u litosferu (od grčkog *táphos* - grob i *nomos* - zakon) (1). Prvobitno se primenivala u paleontologiji (paleotafonomija) gde se procesi, pod uticajem prirodnih faktora, odvijaju u geološkim intervalima. S druge strane, forenzička tafonomija, koju su 1997. definisali Haglund i Sorg, proučava promene koje nastaju i koje se razvijaju s vremenom na ljudskim posmrtnim ostacima, uključujući i utvrđivanje uzroka smrti, a sve u forenzičke svrhe (2). Između ostalog, forenzička tafonomija istražuje faktore koji utiču na razgradnju ili oštećenje posmrtnih ostataka tokom vremena, pa je bitna za forenzičku istragu. U sudskopravnom kontekstu, posmrtni ostaci su dokazni materijal, pa promene na njima znače i menjanje i/ili uništavanje dokaza. Dakle, forenzička tafonomija bavi se i identifikacijom prirodnih i ljudskih faktora koji su doveli do remećenja prvobitnog položaja skeletnih ostataka, utvrđivanjem originalnog položaja tela u grobu, razgraničavanjem post od *perimortem* promena i povreda, utvrđivanjem vremena proteklog od smrti osobe, vremena proteklog od ukopavanja, kao i lociranjem tajnih ukopa (3).

Ljudski (antropogeni) faktori podrazumevaju aktivnosti ljudi koje dovode do promene posmrtnih ostataka. Ovakve promene ostavljaju prepoznatljiv tafonomski trag u arheološkom zapisu i mogu da se prepoznaju kao rezultati ubistava, pogubljenja, ratovanja, prikrivanja zločina, rituala sahranjivanja, kanibalizma, raskomadavanja posmrtnih ostataka, itd. (4-6). Kako se i prirodni (geološki) i antropogeni faktori smatraju tafonomskim (7), dve glavne grane tafonomije su geo- i biotafonomija. Garget sugerise da su u tafonomiji najvažnija tri procesa: raspadanje tkiva, dezartikulacija i promena položaja ljudskih ostataka u prostoru (8).

Ovi procesi imaju svoj specifični tok u masovnim grobnicama. Ne postoji objedinjena definicija masovne grobnice, ali se uopšteno smatra da je to grobnica u kojoj je ukopan veći broj tela istovremeno. Postoji više podela masovnih grobnica, o kojima će biti reči kasnije, a najopštija je podela na one nastale usled prirodnih katastrofa (cunami, zemljotres) i nastale usled kriminalnih radnji (ubistva, ratni zločini).

Proces raspadanja tkiva kroz (tafonomsko) vreme

Na osnovu stepena razgradnje tkiva ili dekompozicije, forenzički se utvrđuje vreme proteklo od smrti. Ovaj vremenski period ne može se utvrditi jednostavno jer na proces dekompozicije utiču spoljašnji i unutrašnji faktori. Spoljašnji faktori obuhvataju stepen vlažnosti, temperaturu, kiselost zemljišta, dubinu ukopa, dejstvo biljaka, dejstvo insekata i/ili drugih životinja. Uticaj svih ovih faktora različit je u zavisnosti od lokacije na kojoj su sahranjena tela (npr. sastav zemljišta i klima razlikuju se geografski). Takođe, telo se na površini zemlje brže menja i raspada nego ono zakopano u zemlji (npr. zbog dejstva sunca, insekata i glodara). S druge strane, u vodi se postmortalni procesi odvijaju sporije nego na vazduhu (npr. zbog niže temperature okoline i smanjene koncentracije kiseonika oko tela). Postmortalni su procesi nešto sporiji kada je telo zakopano u zemlji: što je telo dublje zakopano, to se sporije postmortalno menja (9). Na brzinu nastanka i dinamiku razvoja postmortalnih promena utiču i prisustvo garderobe, sanduka i sl. (10). Takođe, na pojavu i brzinu nastanka i razvoja postmortalnih promena utiču i tzv. unutrašnji faktori: uzrok smrti, fizičke i druge odlike osobe (osteomuskularna razvijenost, stepen uhranjenosti, godine starosti osobe, eventualna postojeća telesna oboljenja i dr).

Iako se ubrzo posle smrti javljaju i razvijaju tzv. lešne osobine (mrtvačke mrlje, mrtvačka ukočenost, hlađenje leša, sušenje leša i dr), ubrzo, a ponekad i paralelno sa lešnim osobinama nastaju i tzv. lešne promene i to, pre svega, truljenje, tj. putrefakcija (11). Truljenje predstavlja razlaganje složenih organskih materija od kojih je sačinjeno telo na prostija organska jedinjenja i kasnije na neorganska, a sve pod dejstvom bakterija koje su se već nalazile u telu za života (pod dejstvom bakterija iz digestivnog, respiratornog i genitourinarnog trakta, kao i onih na koži). Tokom faze truljenja gube se u spoljnu sredinu i telesne tečnosti, a s vremenom dolazi do potpune skeletizacije posmrtnih ostataka (11).

Oko 48 do 72 časa nakon smrti lešne se osobine u idealnim mikroklimatskim uslovima uglavnom gube (12) (13), postepeno se uočavaju prvi znaci putrefakcije i to zelenkasto prebojavanje kože na trbuhu - pseudomelanoza (14,15). Sledi menjanje izgleda tela usled putrefakcije.

Ukoliko je sredina oko tela sa smanjenom koncentracijom kiseonika (telo je zakopano u vlažnom ili glinenom zemljištu ili u vodi), meka tkiva bogata mastima se saponifikuju (postmortalnom hidrolizom triglicerida oslobađaju se više masne kiseline, koje sa alkalnim i zemnoalkalnim metalima stvaraju soli - sapune). Opet, ako je telo u sredini sa smanjenom vlažnošću, tj. izloženo strujanju toplog suvog vazduha, telo se postmortalno suši - mumifikuje se. Da bi se najveći deo tela postmortalno promenio u smislu saponifikacije ili mumifikacije potrebno je nekoliko ili više meseci (14).

Zakopano telo, u odnosu na telo koje to nije, postmortalno putrefakcijom gubi meko tkivo osam puta sporije: tzv. potpuna skeletizacija zakopanog tela nastaje za oko osam godina posle smrti i ukopa, a nezakopana za oko godinu dana (3, 16). U idealnim mikroklimatskim uslovima (topla i vlažna sredina) telo može da se skeletizuje vrlo brzo (9, 17, 18). Potpunim postmortalnim gubljenjem mekih tkiva ostaju samo dezartikulisane kosti i sada ogoljeni skeletni ostaci bivaju izloženi spoljašnjim faktorima iz okruženja, koji dalje mogu da ih menjaju (19). Ligamenti, tetive i periostalni tagovi će u početku skeletizacije ostati spojeni sa kostima, ali se i ove veze s vremenom raspadaju (često uz pomoć aktivnosti flore i faune), zbog čega skelet počinje da se dezartikuliše.

Kosti su neorganski kristalni matriks, sastavljen od karbonizovanog hidroksil-apatita (HAP) sa dodatkom organskog kolagena (11). Pohranjene u zemlji, kosti s vremenom gube organski i karbonatni sadržaj, dok se uvećava tzv. indeks kristaličnosti (CI) (20), koji predstavlja kvantitativni indikator kristalizacije (21). Na promenu ovog odnosa i brzinu raspadanja kostiju najviše utiču kisela zemljišna sredina (niski pH) i tip zemljišta (22). Vrednost pH zemljišta utiče na brzinu raspadanja kostiju jer HAP postaje rastvorljiv u kiselom okruženju (23).

Makromorfološki, kosti u zemlji s vremenom postaju bleđe i poroznije usled isušivanja. Na površinama kostiju javlja se eksfolijacija (ljuštenje korteksa), a same kosti gube elastičnost i postaju krte (10).

U zavisnosti od sredine i osobina skeleta dekompozicija kostiju može da traje decenijama, ali i hiljadama godina. Kod kostiju u zemlji najpre degradira organski deo kosti, koji čini oko 25% koštane mase. Organski deo kosti, kolagen, hidrolizuje se u peptide i dalje u aminokiseline. Neorganski deo se sastoji većinom od kalcijum-fosfata (u kristalnom i amorfnom obliku) i složen je u kristalnu rešetku sastavljenu od HAP-a kombinovanog sa kalcijum-karbonatom i trikalcijum-fosfatom. Neorganski deo čini oko 70% mase kostiju. Preostalih 5% koštane mase čine voda i elementi u tragovima kao što su gvožđe, magnezijum, cink, stroncijum itd. koji se, pošto su u jonskom obliku, s vremenom gube iz koštanih ostataka (10). Ipak, deo elemenata u tragovima, vezan za minerale i kolagen, ostaje dugo u kostima, pa je moguće odrediti njihovu koncentraciju čak i u arheološkim uzorcima (24).

U slučaju dugog boravka u zemlji kosti gube i neorganski deo, ali i upijaju minerale iz okoline, zemlje ili sanduka (4), usled čega se često javljaju zone hipermineralizacije

koštanih lamela (10). U slučaju zuba, s vremenom može doći do zamene hidroksilnih jona iz hidroksi-apatita joni- ma fluora iz okolne zemlje (25, 26).

Kao i kod raspadanja mekih tkiva, i postmortalno menjanje kostiju uslovljeno je nizom spoljašnjih i unutrašnjih faktora. Unutrašnji faktori su sama veličina i oblik kostiju, ali i pol, starost i bolesti skeleta osobe. Manje kosti i one koje sadrže više trabekularnog koštanog tkiva uglavnom se brže menjaju postmortalno. Kosti lobanje su naročito osetljive na pritisak same zemlje u kojoj se nelaze. Skeleti starijih, dece i osoba sa osteoporozom ili drugim bolestima kostiju brže se razgrađuju (24). Spoljašnji faktori obuhvataju: lokalni diverzitet ekosistema, geografske i geološke karakteristike terena, ali je tu i ljudski, tj. antropogeni faktor.

Iz svega ovoga proizilazi da stepen dekompozicije tela u zadatom vmenu varira u odnosu na postojeće faktore sredine (uključujući i ljudsko delovanje), pa je za precizno utvrđivanje vremena proteklog od smrti neophodno poznavanje ovih tafonomskih faktora. Naravno, što više vremena protekne od smrti, to se preciznost procene dužine ovog vremena smanjuje.

Vreme smrti, vreme sahrane, tj. deponovanja tela i vreme istraživanja (ekshumacija i prateće analize) tri su sukcesivna događaja koja opisuju tafonomsko vreme. U okviru ovih događaja izdvojena su četiri tzv. temporalna konteksta (6). To su *antemortem* period (vreme neposredno pre smrti i/ili deponovanja tela), *perimortem* period (vremenski period oko trenutka smrti i/ili deponovanja tela), *postmortem* period (vremenski period od deponovanja tela do trenutka istraživanja) i period nakon iskopavanja (vremenski period od pronalaženja postmrtnih ostataka, pa sve do završetka analize).

Sa tačke gledišta forenzičke tafonomije, ljudski uticaj je najveći u *perimortem* i *postmortem* periodu (27), tako da je glavna svrha forenzičke i druge istrage zapravo stvaranje tzv. tafonomskog profila koji precizno opisuje perimortalne i postmortalne promene na telu.

Važno je napomenuti da tafonomsko vreme nije striktno određeno vreme (apsolutno hronološko vreme) jer ga je često nemoguće precizno odrediti. Tafonomsko vreme se češće izražava kao relativno vreme koje odražava arheološki koncept uzastopnih događaja definisan prethodnim i sledećim događajima (6). To, na primer, znači da opisujemo događaje kao nastale pre ili posle premeštanja grobnice, ne definišući precizno hronološko vreme.

Tafonomski faktori u kontekstu masovnih grobnica

Poznavanje arheološkog koncepta značajano je za određivanje tafonomskih okolnosti i može se reći da je forenzička arheologija primena arheološke teorije na forenzičke okolnosti (28).

Forenzičke okolnosti u arheologiji često se odnose na kontekst masovnih grobnica, koje predstavljaju varijaciju na standardnu praksu sahranjivanja. Masovne su

grobnice uobičajena pojava od praistorije do danas: najčešće ih srećemo u periodu pre upotrebe krematorijuma (Ludovik Bruneti je 1873. osmislio krematorijum) jer su umrli tokom pandemija ili poginuli tokom ratnih sukoba pre pojave krematorijuma uglavnom sahranjivani u masovnim grobnicama. Ne postoji precizna i jedinstvena, tj. objedinjena definicija masovnih grobnica (29,30). Ujedinjene nacije definisale su kriminalnu masovnu grobnicu kao grobno mesto u kojem se nalazi tri ili više žrtava pogubljenja (31). Neki autori definišu masovnu grobnicu na osnovu broja sahranjenih pojedinaca: Skinner (*Skinner*) navodi da masovna grobnica mora da sadrži ostatke najmanje šest osoba (29), a Mant ovaj termin definiše kao mesta gde se dva ili više tela fizički dodiruju (32). Sveobuhvatniju definiciju, koja uključuje antropološki kontekst, daje Šmit. Po njemu, masovna grobnica mora da sadrži ostatke najmanje dve žrtve koje dele neku zajedničku osobinu u vezi sa uzrokom smrti i načinom umiranja (27).

Pored toga što neke masovne grobnice jesu kriminalnog porekla, uzrok formiranja masovnih grobnica može biti i prirodan: vremenske katastrofe, zemljotresi, epidemije ili premeštanje nekropole, tj. groblja. Za poslednje je dobar primer pariskih groblja i katakombi iz kojih su krajem 18. veka posmrtni ostaci oko šest miliona ljudi premešteni u podzemne kosturnice.

Drugi način sistematizacije masovnih grobnica može biti prema njihovoj konstrukciji, tj. strukturi, što u velikoj meri oslikava i moguće varijacije tafonomskih promena u njima. Masovne grobnice mogu biti ukopane bez strukture (podzemne), ukopane sa strukturom (katakomba), na površini bez strukture, na površini sa strukturom (kosturnice), itd.

Ako se radi o prvom ukopu ljudskih posmrtnih ostataka, onda je masovna grobnica primarna. To su neporemećeni ukopi, gde se tela kolektivno po prvi put sahranjuju. Sekundarne masovne grobnice podrazumevaju otvaranje primarne, pa premeštanje i ponovno deponovanje ljudskih ostataka na drugu lokaciju ili lokacije.

Faktori koji utiču na razvoj tafonomskih procesa u masovnim grobnicama su mnogobrojni i raznovrsni, a uopšteno mogu da se podele na geološke i antropogene.

Geološki tafonomski faktori u masovnim grobnicama

Osnovne osobine zemljišta koje utiču na brzinu raspadanja leševa uključuju: fizičku teksturu zemljišta (peškovito, muljevito ili glinasto zemljište različito utiče na brzinu postmortalnih promena leševa i to usled ograničavanja kretanja gasova i vode do leša i iz njega), hemijska svojstva zemljišta (kiselost ili alkalnost zemljišta utiče na brzinu i način nastanka i razvoja postmortalnih promena) i njegovu biološku aktivnost (zemljište sa aktivnom faunom ima veći kapacitet da brže razgradi kadaverično tkivo) (33). Ključni faktori životne sredine koji utiču na postmortalno propadanje tela jesu temperatura i vlaga. Tzv. edafski faktori koji obuhvataju fizička, hemijska i biološka

svojstva zemljišta i stena, a koji utiču na brzinu i način razvoja postmortalnih promena sahranjenih tela uključuju pH zemljišta, njegov salinitet, redoks potencijal (sposobnost neke supstance u rastvoru da otpušta ili usvaja elektrone) i količinu hranljivih (organskih) materija u zemlji (34).

Takođe, sâm položaj tela u okviru masovne grobnice ili jednog depozita (depozitom se naziva izdvojena grupa tela u masovnoj grobnici) utiče na brzinu dekompozicije usled različite dinamike razmene materija između okruženja (zemlje) i ukopanih tela. Naime, tela u centru i ka donjem delu depozita propadaju sporije i imaju tendenciju da se parcijalno saponifikuju. Osim slabije razmene elementa sa okolnim zemljanom matriksom, tela u dubljem centralnom delu depozita izložena su višoj temperaturi, slivanju nastalih postmortalnih tečnosti i organskih materija iz gornjih delova depozita, kao i anaerobnim uslovima. U suštini, u dubljim centralnim delovima depozita stvara se posebna mikroklima u odnosu na ostatak depozita i ta je mikroklima specifičnija što je depozit veći. Samim tim, i saponifikacija sahranjenih ostataka je izraženija. Na veći intenzitet saponifikacije, u ovim slučajevima, utiču i povećana vlažnost i smanjena koncentracija kiseonika koje forsira manja propustljivost samog zemljišta. Zato ovakve tafonomske ishode i pojavu saponifikovanih ostataka u dubljem centralnom delu depozita ne treba pripisivati dužem vremenskom periodu proteklom od smrti sahranjenih osoba već, u slučaju masovnih grobnica, i različitim tafonomskim tempom u ovim delovima depozita.

Antropogeni tafonomski faktori u masovnim grobnicama

Složene tafonomske faktore koji menjaju sadržaj grobnice (skup svih kostiju u grobnici) prvi je proučavao čuveni arheolog i antropolog Luis Binford (35), a kasnije Liman (*Lyman*) (36). Oni su uočili da ljudi igraju veoma važnu ulogu u procesu mešanja i rasipanja kostiju u slučajevima prikrivanja kriminalnih radnji i to spaljivanjem, komadanjem ili premeštanjem posmrtnih ostataka.

Uticaj ljudskog faktora kao tafonomskog agensa najizraženiji je u forenzičkom kontekstu, tj. u kriminalnim masovnim grobnicama (2). Masovne grobnice uglavnom sadrže dezartikulisane i izmešane skeletni materijal, a kod sekundarnih masovnih grobnica ovo je i izraženije i nastaje usled samog procesa stvaranja sekundarne grobnice, tj. tokom premeštanja posmrtnih ostataka sa primarne lokacije na sekundarnu, npr. teškim mašinama. Nasuprot ovakve, *postmortem* dezartikulacije, tela mogu da budu raskomadana i *perimortem* (na primer usled dejstva artiljerije ili sličnog visokoeksplozivnog oružja na grupu ljudi).

Iako su u masovnim grobnicama sa izmešanim ljudskim ostacima antropološki tafonomski faktori uvek prisutni (37), sam karakter grobnice ne mora da bude kriminalan. Naime, neke pogrebne prakse mogu takođe dovesti do komadanja, dekarnacije (tela izložena klimatskim faktorima i lešinarima radi uklanjanja mekog tkiva, kao što je npr. praksa kod budista na Tibetu ili kod zaratustrijanaca

u Persiji), sekundarnih sahrana, delimičnih sahrana i spaljivanja.

Metodi istraživanja masovnih grobnica i analiza podataka

Primena arheološkog metoda u forenzici značajno unapređuje proces istrage. Arheološko iskopavanje (ponekad samo površinsko prikupljanje) prvi je korak u lancu prikupljanja dokaza zločina. Pokazalo se da primena odgovarajućeg arheološkog metoda daje najbolje rezultate u smislu kvantiteta, ali i kvaliteta prikupljenih dokaza (38). Stratigrafski metod, koji se standardno primenjuje u arheološkim iskopavanjima, primenjen u forenzičkom kontekstu, podrazumeva iskopavanje koje čuva strukturu i odlike nalazišta. Čuva se tako što se struktura nalazišta (zidovi, osnova...), koja određuje karakter(istike) nalazišta (recimo *ramp mass grave*), ne uništi fizički da bi se došlo do tela bočno (pijedestal metod). To podrazumeva da se istraže, sačuvaju i dokumentuju svi materijalni tragovi (npr. otisci guma kamiona i/ili zuba kašike bagera, kao i zidovi/dimenzije grobnice), a ne samo i isključivo ukopana tela.

Alternativa stratigrafskom metodu je tzv. metod pijedestala, gde je fokus iskopavanja na ukopanoj gomili tela (depozitu) i podrazumeva uništavanje grobnih karakteristika u cilju pregleda/pristupa kompletnom depozitu tela i to odjednom. Neki autori tvrde da u posebnim okolnostima složenost masovne grobnice *apriori* zahteva žrtvovanje zidova grobnice da bi se tela ekshumirala (39).

Međutim, maksimalno prikupljanje dokaza od najvećeg je značaja u istrazi i to je ono u čemu je stratigrafski metod značajno bolji od pijedestal metoda (38). Poređenje ove dve metodologije iskopavanja kod dve slično nastale masovne grobnice iz iste geografske oblasti pokazuje da se metodom pijedestala dobijaju nesrazmerno veće količine nepovezanih kostiju u odnosu na stratigrafski metod (38). Stratigrafska metoda vernije odražava prvobitno, originalno stanje arheološkog zapisa nastalog formiranjem grobnice. Ova metoda omogućava utvrđivanje porekla nepovezanih fragmentiranih nalaza, tj. kojoj osobi pripadaju rasuti skeletni elementi i artefakti (38). Takođe, kod stratigrafskog iskopavanja je zastupljenost ekshumiranih sitnih kostiju veća. Rasuti, fragmentirani i nepovezani skeletni elementi, koji su česta pojava u masovnim grobnicama, znatno otežavaju tok iskopavanja, kvantifikaciju i analizu ljudskih ostataka.

Kvantifikacija izmešanog osteološkog materijala

Najčešće primenjivani metod za kvantifikaciju bilo kog tipa izmešanog osteološkog materijala jeste procena minimalnog broja pojedinaca (engl. *minimum number of individuals* - MNI) u sadržaju masovne grobnice. Principe ove tehnike je definisao Vajt (*White*) (40). Za izračunavanje MNI koriste se najmnogobrojniji istovetni segmenti kostiju ili cele kosti nađeni u masovnoj grobnici (npr. samo distalni delovi desne butne kosti ili samo leve golenjače). Suština metode jeste da se utvrdi da analizirani fragmenti

potiču od različitih pojedinaca. Osnovni princip MNI procene jeste izbegavanje brojanja iste osobe dva puta (41). Minimalni broj pojedinaca se računa tako što se kosti prvo anatomski lateralizuju (grupušu po strani tela - leva ili desna), a zatim se uzima najveći broj istih celih kostiju ili njihovih delova, kao procena najmanjeg broja ukopanih pojedinaca. Ova tehnika je precizna ako su sva tela sahranjena u celini, sa svim skeletnim elementima, ali daje slabiju procenu ako su skeletni elementi zastupljeni samo delimično. Metod minimalnog broja pojedinaca je posebno problematičan u ukopima gde su skeleti izrazito fragmentirani. Studija je pokazala da je greška u proceni MNI u sekundarnim masovnim grobnicama koje sadrže veoma fragmentiran skeletni materijal toliko velika da ne pruža zapravo nikakvu indicaciju o broju ukopanih individua (42).

Donekle se MNI tehnika može unaprediti statistički, kada se za analizu koriste kosti koje su morfološki i metrički uparene, tj. kada je antropološkim pregledom i analizom utvrđeno da levi i desni elementi skeleta pripadaju istoj osobi. Ovo uparivanje (engl. *pair matching*) koristi se kod Linkolnovog indeksa (LI) i kod procene najverovatnijeg broja pojedinaca (engl. *most likely number of individuals* - MLNI). Linkolnov indeks je osmišljen da predstavlja originalni, primarni broj individua i računa se po formuli $LI = L \cdot R / P$, gde su L - broj skeletnih elemenata leve strane tela, R - broj skeletnih elemenata desne strane tela, a P - broj uparenih elemenata (sa leve i desne strane) od iste osobe. Kako bi se procenila i moguća pristrasnost u uzorkovanju, Seber je 1973. modifikovao ovu formulu, koju Adams i Konigsberg 2004. godine predstavljaju kao procenjeni najverovatniji broj pojedinaca i nazivaju je MLNI (43, 44). Računa se po formuli:

$$MLNI = [(L+1)(R+1)/(P+1)) - 1]$$

Metod MLNI je pogodniji za korišćenje u fragmentisanim skeletnim serijama zato što procene postaju preciznije kada je prisutno barem 50% skeletnih fragmenata, dok su procene MNI tada i dalje niske (45).

Najpreciznija tehnika za utvrđivanje ukupnog broja individua u grobnici je DNK identifikacija. To je egzaktna metoda i, za razliku od MNI/MLNI, predstavlja stvarno stanje te zato u forenzičkim slučajevima sa izmešanim i fragmentiranim ostacima ona ima posebnu važnost i sve češću primenu (46-48). Primena humane molekularne genetike je uticala na mnoga polja pored forenzike, uključujući medicinsku nauku (49, 50), evoluciju biologiju (51), ali i arheologiju i antropologiju (52, 53). Cilj DNK analize jeste identifikacija nepoznatih individua i utvrđivanje ukupnog broja individua u masovnoj grobnici. Najčešće se izvodi kao autozomna metoda, kao tipizacija humanog leukocitnog antigena (HLA) (54, 55) ili kao ponavljanje lokusa (engl. *repeat loci*) (56), ali i kao neautozomne metode, mitohondrijsko sekvenciranje genoma (57) i Y-hromozomska analiza (58). Trenutna prepreka za standardno korišćenje DNK identifikacije u masovnim grobnicama jeste visoki novčani trošak za analizu po uzorku i rizik od kontaminacije uzorka kod neadekvatnog iskopavanja.

Problem tumačenja uzroka fragmentacije skeleta

Velika fragmentiranost iskopane grupe skeleta može biti rezultat ljudske aktivnosti: manipulacija postmrtnim ostacima *postmortem* (59) (npr. premeštanje grobnica teškim mašinama) ili *perimortem* (npr. usled dejstva eksplozivnih sredstava u ratu). Aktivnost životinja takođe može da utiče na povećanu fragmentiranost (60), kao i način na koji su tela deponovana (37). Različite okolnosti detrakcije postmrtnih ostataka dovode do različitog stepena fragmentacije, tako da je kvantifikacija fragmentiranosti značajna za donošenje zaključaka o tafonomskim procesima koji su doveli do trenutnog stanja arheološkog i antropološkog zapisa.

Prvi pokušaji merenja fragmentiranosti bili su u sklopu zooarheoloških istraživanja. Kako bi se okarakterisao stepen fragmentacije, arheolog Marin (*Marean*) je inovirao indeks celovitosti (engl. *completeness index* - CI) koji se računa na osnovu broja karpalnih i tarzalnih kostiju (61). Sabiraju se brojevi svih prisutnih kompaktnih kostiju za svaki primerak (jedinka određene vrste) u razmatranju, a onda se ovaj broj deli brojem primeraka: niži CI ukazuje na veću fragmentaciju, nastalu posle depozicije (zatrpanja) kostiju (61). Računanje ovog indeksa omogućava da razlikujemo promene na kostima nastale dijagenetski od promena nastalih pod uticajem bio-/stratigrafskih faktora. Marinov indeks celovitosti je zapravo unapređenje prethodne Klajnovе i Kruz-Uribeove mere stepena fragmentacije na osnovu odnosa broja identifikovanih primeraka (engl. *number of identified specimens* - NISP) i minimalnog broja jedinki (individua) (MNI) ili odnosa NISP i minimalnog broja skeletnih elemenata potrebnih za uzorak (MNE). Liman opisuje odnos NISP:MNI kao meru „intenziteta fragmentacije” (62). Nedostatak ovog metoda je činjenica da su MNI i MNE izvedene vrednosti i nikada ne predstavljaju stvarno stanje uzorka (42, 63).

Precizna kvantifikacija fragmentacije postmortalnih ostataka u masovnoj grobnici moguća je i preko tzv. indeksa fragmentacije (engl. *fragmentation index* - FI) (64). Odnosi se na fragmentirane, izmešane i dezartikulisane ljudske ostatke koji uglavnom odgovaraju kontekstu sekundarnih masovnih grobnica. Indeks kvantifikuje stepen fragmentacije ljudskih ostataka pronađenih u masovnim grobnicama putem formule:

$$Frag.Index(FI) = B/(BP+GBP+B) \quad (64)$$

gde B (engl. *body*) označava broj većinski (75%+) kompletnih tela, BP (engl. *body part*) broj delova tela (nepropalim mekim tkivom fizički spojene kosti, ali odvojene od tela) i GBP (engl. *general body part*) broj pojedinačnih, fizički potpuno odvojenih kosti od tela. Indeks fragmentacije je izražen vrednostima od 0 do 1, gde niže vrednosti ukazuju na veću fragmentaciju. Ovaj indeks je osmišljen radi utvrđivanja eventualnih *perimortem* okolnosti, a u vezi sa postmrtnim ostacima iz sekundarnih masovnih grobnica. Baziran je na promenljivoj nivou fragmentacije tela među sekundarnim masovnim grobnicama sa sličnim formativnim procesom. Premisa je da grobnice koje imaju istu starost i kontekst formiranja imaju i isti stepen fragmentacije

ljudskih ostataka pod uslovom da su *perimortem* okolnosti iste. Iz ovoga sledi da razlike u nivou fragmentacije tela između masovnih grobnica sličnog porekla i tafonomskih procesa mogu da ukažu na različite *perimortem* okolnosti. Ovaj indeks može i da ukazuje na primarno ili sekundarno poreklo masovnih grobnica.

Zaključak

Forenzička arheologija podrazumeva primenu naučnih metoda iskopavanja, opservacije i analiziranja radi otkrivanja, dokumentovanja i tumačenja materijalnih dokaza. Kroz stalnu kritičku reevaluaciju metode se menjaju i prilagođavaju datim uslovima i situacijama, a za neke usko specifične kontekste, kao što su hibridne grobnice u kojima su zakopana tela iz različitih događaja, stvaraju se i nove metode. Primenom forenzičko-arheološkog metoda i rutinskim prikupljanjem informacija u vezi sa kontekstom skeletnih nalaza, razvila se nova oblast forenzičke antropologije - forenzička tafonomija. Pitanja koja postavljaju forenzički stručnjaci, ali i sudski organi, u vezi sa iskopanim ostacima u masovnim grobnicama jesu: zašto neke kosti nedostaju, zašto su oštećene, fragmentirane ili modifikovane na drugi način, zatim, da li su ljudi uticali na bilo koju od ovih promena kostiju u vreme smrti ili kasnije, koliko dugo su telesni ostaci bili na mestu gde su pronađeni i da li postoje dokazi koji bi sugerisali uzrok i način smrti. Zbog toga je analiza tafonomskih procesa važna jer se do pouzdanog odgovora na ova i mnoga druga pitanja ne može doći samo na osnovu detaljne analize ekshumiranih kostiju već i na osnovu analize konteksta nalaza i prirode okruženja iz kojeg su ljudski ostaci ekshumirani.

Literatura

1. Efremov IA. Taphonomy: a new branch of paleontology. *Pan-American Geol.* 1940; 74:81-93.
2. Haglund WD, Sorg MH, editors. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Faith of Human Remains*. CRC Press, Boca Raton; 1997.
3. Tibbett M, Carter DO. Research in forensic taphonomy: A soil-based perspective. In: *Criminal and Environmental Soil Forensics*. Dordrecht: Springer Netherlands; 2009. p.317-31.
4. Boddington A, Garland AN, Janaway RC, editors. *Death, decay, and reconstruction: approaches to archaeology and forensic science*. Manchester University Press; 1987.
5. Mordant D, Duday H, Masset C. Des inhumations en pleine terre? L'exemple de la Petite-Seine. In: *Anthropologie physique et archéologie: méthodes d'étude des sépultures*. CNRS, Paris; 1987.
6. Haglund WD, Sorg MH. Advancing Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives. In: Haglund WD, Sorg MH, editors. *Advances in Forensic Taphonomy*. Washington, DC: CRC Press; 2002.
7. Bonnicksen R, Sorg MH, editors. *Bone Modification*. Center for the Study of the First Americans, Orono; 1989.
8. Gargett RH. Middle Paleolithic burial is not a dead issue: The view from Qafzeh, Saint-Cesaire, Kebara, Amud, and Dederiyeh. *J Hum Evol.* 1999; 37(1):27-90.
9. Mann RW, Bass WM, Meadows L. Time Since Death and Decomposition of the Human Body: Variables and Observations in Case and Experimental Field Studies. *J Forensic Sci.* 1990; 35(1):103-11.
10. Djuric M. Forenzička Antropologija. In: Dunjić D, editor.

- Ekspertizna Medicina. Beograd: Evropski centar za mir i razvoj (ECPD). 2008; p.349-400.
11. Rattenbury AE. Forensic taphonomy. In: Forensic Ecogenomics: The Application of Microbial Ecology Analyses in Forensic Contexts. Elsevier; 2018. p.37-59.
12. Dunjić D. Ekspertiza Smrti i Agonije. In: Dunjić D, editor. Ekspertizna medicina. Beograd: Evropski centar za mir i razvoj (ECPD). 2008.
13. Varetto L, Curto O. Long persistence of rigor mortis at constant low temperature. Forensic Sci Int. 2005; 147(1):31-4.
14. Saukko P, Knight B. Knight's forensic pathology. 4th ed. Boca Raton: CRC Press; 2016.
15. DiMaio V, Dana S. Time of Death-Decomposition. IN: Handbook of Forensic Pathology. Second Ed. London: CRC Press. 2006; p.23-8.
16. Rodríguez W. Decomposition of Buried and Submerged Bodies. In: Forensic taphonomy: the postmortem fate of human remains. London: CRC Press. 1997; p.459-67.
17. Vass A, Barshick S, Sega G, Caton J, Skeen J, Love J, et al. Decomposition Chemistry of Human Remains: A New Methodology for Determining the Postmortem Interval. J Forensic Sci. 2002; 47(3):542-53.
18. Christensen AM, Passalacqua NV, Bartelink EJ. Forensic Anthropology Current Methods and Practice. J Forensic Leg Med. 2014; 119-47.
19. Dupras TL, Schultz JJ, Wheeler SM, Williams LJ. Forensic Recovery of Human Remains: Archaeological Approaches, Second Edition. London: CRC Press. 2011; p.364.
20. Howes JM, Stuart BH, Thomas PS, Raja S, O'Brien C. An Investigation of Model Forensic Bone in Soil Environments Studied Using Infrared Spectroscopy. J Forensic Sci. 2012; 57(5):1161-7.
21. Sa Y, Guo Y, Feng X, Wang M, Li P, Gao Y, et al. Are different crystallinity-index-calculating methods of hydroxyapatite efficient and consistent? New J Chem. 2017; 41(13):5723-31.
22. Kyle B. Extrinsic Factors That Effect the Preservation of Bone. Nebraska Anthropol. 2004; 19:38-45.
23. Boaks A, Siwek D, Mortazavi F. The temporal degradation of bone collagen: A histochemical approach. Forensic Sci Int. 2014; 240:104-10.
24. Djuric-Srejic M. Uvod u fizicku antropologiju drevnih populacija. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva; 1995.
25. Tihaček-Šojić L, Đurić-Srejić M. Analysis of the Optical Properties of Medieval Enamel. Dent Anthropol J. 2018; 13(1):14-20.
26. Tihaček-Šojić L, Milićević V, Đurić-Srejić M. Crystallographic and Colorimetric Analysis of Dental Enamel. Dent Anthropol J. 2018; 11(2):5-11.
27. Schmitt S. Mass Graves and the Collection of Forensic Evidence. In: Sorg MH, Haglund WD, editors. Advances in Forensic Taphonomy. Washington, DC: CRC Press; 2001.
28. Hunter JR. A pilgrim in Forensic Archaeology. Haglund WD, Sorg MH, editors. Advances in Forensic Taphonomy. Washington, DC: CRC Press; 2002.
29. Skinner M. Planning the archaeological recovery of evidence from recent mass graves. Forensic Sci Int. 1987;34(4):267-87.
30. Ubelaker DH. Review of: The Scientific Investigation of Mass Graves: Towards Protocols and Standard Operating Procedures. J Forensic Sci. 2008; 53(4):1014.
31. Élisabeth Anstett J-MD. Human remains and identification: Mass violence, genocide and the "forensic turn." Oxford University Press; 2015. p.169-71.
32. Mant AK. Knowledge acquired from post-war exhumations. In: Boddington A, Garland AN, Janawaz RC, editors. Death, Decay and Reconstruction: Approaches to Archeology and Forensic Science. London: Manchester University Press; 1987.
33. Fiedler S, Graw M. Decomposition of buried corpses, with special reference to the formation of adipocere. Naturwissenschaften. 2003; 90(7):291-300.
34. Surabian D. Preservation of buried human remains in soil. U.S. Department of Agriculture: Natural Resources Conservation Service. Connecticut; 2012. p.1-54.
35. Binford L. Ancient Men and Modern Myths. New York: Academic Press; 1981.
36. Lyman RL. Vertebrate Taphonomy. Cambridge: Cambridge University Press; 1994.
37. Ubelaker DH. Approaches to the Study of Commingling in Human Skeletal Biology. Haglund WD, Sorg MH, editors. Advances in Forensic Taphonomy. Washington, DC: CRC Press; 2002.
38. Tuller H, Djurić M. Keeping the pieces together: Comparison of mass grave excavation methodology. Forensic Sci Int. 2006; 156(2-3):192-200.
39. Haglund WD, Connor M, Scott DD. The archaeology of contemporary mass graves. Hist Archaeol. 2001; 35(1):57-69.
40. White TE. A method of calculating the dietary percentage of various food animals utilized by aboriginal peoples. American antiquity. 1953; 18(4):396-8.
41. Königsberg LW, Adams BJ. Estimating the Number of Individuals Represented by Commingled Human Remains: A Critical Evaluation of Methods. Commingled Hum Remains Methods Recover Anal Identif. 2014; 193-220.
42. Vaduvesković I, Djurić M. Mass grave complexity effects on the minimum number of individuals estimation. Forensic Sci Med Pathol. 2020; 16(1):57-64.
43. Seber GAF. The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters. New York: Hafner Press; 1973.
44. Adams BJ, Königsberg LW. Estimation of the most likely number of individuals from commingled human skeletal remains. Am J Phys Anthropol. 2004 Oct;125(2):138-51.
45. Robson DS, Regier HA. Sample Size in Petersen Mark-Recapture Experiments. Trans Am Fish Soc. 1964; 93(3):215-26.
46. Just RS, Leney MD, Barritt SM, Los CW, Smith BC, Holland TD, et al. The Use of Mitochondrial DNA Single Nucleotide Polymorphisms to Assist in the Resolution of Three Challenging Forensic Cases. J Forensic Sci. 2009; 54(4):887-91.
47. Mundorff AZ, Shaler R, Bieschke E, Mar-Cash E. Marrying anthropology and DNA: Essential for solving complex commingling problems in cases of extreme fragmentation. In: Commingled Human Remains. Academic Press; 2014. p. 257-73.
48. Verdugo C, Kassadjikova K, Washburn E, Harkins KM, Fehren-Schmitz L. Ancient DNA Clarifies Osteological Analyses of Commingled Remains from Midnight Terror Cave, Belize. Int J Osteoarchaeol. 2017; 27(3):495-9.
49. White TJ. The future of PCR technology: diversification of technologies and applications. Trends Biotechnol. 1996; 14(12):478-83.
50. Bucket P. Toward a new natural medicine. Naturwissenschaften. 1998; 85(4):155-63.
51. Krings M, Stone A, Schmitz RW, Krainitzki H, Stoneking M, Pääbo S. Neanderthal DNA sequences and the origin of modern humans. Cell. 1997; 90(1):19-30.
52. Brown TA, Brown KA. Ancient DNA: Using molecular biology to explore the past. BioEssays. 1994; 16(10):719-26.
53. Hagelberg E, Clegg JB. Isolation and characterization of DNA from archaeological bone. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. 1991; 244(1309):45-50.
54. Lee HC. Identification and grouping of bloodstains. In: Saferstein R, editor. Forensic science handbook. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ; 1982. p.267-337.
55. Lee HC, Ladd C, Bourke MT, Pagliaro E, Tirnady F. DNA typing in forensic science: I. Theory and background. Am J Forensic Med Pathol. 1994; 15(4):269-82.
56. Parsons TJ, Muniec DS, Sullivan K, Woodyatt N, Alliston-Greiner R, Wilson MR, et al. A high observed substitution rate in the human mitochondrial DNA control region. Nat Genet. 1997; 15(4):363-8.
57. Harvey M, King MC. The use of DNA in the identification of postmortem remains. In: Advances in Forensic Taphonomy. CRC Press; 2001; p.473-86.
58. Underhill PA, Shen P, Lin AA, Jin L, Passarino G, Yang WH, et al. Y chromosome sequence variation and the history of human populations. Nat Genet. 2000; 26(3):358-61.

59. Gerdau-Radonic K, Herrera A. Pourquoi fouiller des dépôts funéraires pillés? Deux exemples et quelques réponses de Keushu (Ancash, Pérou). Bull Mem Soc Anthropol Paris. 2010; 22(3-4):145-56.
60. Roksandic M. Position of Skeletal Remains as a Key to Understanding Mortuary Behavior. In: Advances in forensic taphonomy. CRC press. 2001; p.99-117.
61. Marean CW. Measuring the post-depositional destruction of bone in archaeological assemblages. J Archaeol Sci. 1991; 18(6):677-94.
62. Lyman RL. Relative abundances of skeletal specimens and taphonomic analysis of vertebrate remains. Palaios. 1994; 9(3):288-98.
63. Lyman RL. Quantitative Units and Terminology in Zooarchaeology. Am Antiq. 1994; 59(1):36-71.
64. Vaduveskovic I, Starovic A, Byard RW, Djuric M. Could a "body fragmentation index" be useful in reconstructing events prior to burial: Case studies of selected primary and secondary mass graves from eastern Bosnia. Leg Med. 2020; 47:101766.