



Korelacija između dužine dugih kostiju podlaktice i potkolenice sa telesnom visinom u našoj populaciji

Correlation between the lengths of the long bones of the forearm and the fibula with body height in our population

Nadica Marinković^{*†}, Jasenka Vasić Vilić[‡]

^{*}Institut za sudsku medicinu i patologiju, [‡]Institut za radiologiju, Vojnomedicinska akademija, Beograd, Srbija; [†]Univerzitet odbrane, Medicinski fakultet Vojnomedicinske akademije, Beograd, Srbija

Apstrakt

Uvod/Cilj. Prilikom ekshumiranja skeletnih ostataka zadatak forenzičara je i da izračuna zaživotnu visinu osobe čiji su skeletni ostaci pronađeni. Antropološka istraživanja koja su dala formule za izračunavanje zaživotne visine su iz XIX ili prve polovine XX veka. Najčešće se koriste formule Trotter-Gleser do kojih se došlo istraživanjem skeletnih ostataka iz II svetskog rata. Navedena istraživanja obavljena su na skeletnim ostacima različite starosti i stepena očuvanosti. Naša iskustva pri ekshumacijama pokazala su da postojeće formule ne daju pouzdane vrednosti zaživotne visine. Cilj rada bio je da se ustanovi da li postoji korelacija dužine dugih kostiju potkolenice i podlaktice sa telesnom visinom u našoj populaciji i da se na osnovu dobijenih vrednosti ustanovi formula za izračunavanje zaživotne visine u okviru naše populacije. **Metode.** Merenjema dužine kostiju živih osoba, korišćenjem digitalnog rendgen aparata, precizno su utvrđene dužine lakatne kosti, žbice, liš-

njače i golenjače. Antropometrom je izmerena visina osoba kojima su merene dužine kostiju. **Rezultati.** Najveću korelaciju dužine kosti i telesne visine pokazuje golenjača kod muškog pola ($r = 0,859, p < 0,005$) i lakatna kost kod ženskog pola ($r = 0,679, p < 0,05$). Ustanovili smo regresione formule za izračunavanje zaživotne visine, koje se razlikuju od postojećih formula za izračunavanje visine. **Zaključak.** Dužine dugih kostiju podlaktice i potkolenice pokazuju različit stepen korelacije sa telesnom visinom u okviru naše populacije. Formule koje smo ustanovili daju manju razliku između izmerene visine i izračunate visine u odnosu na formule Trotter-Gleser, pa se nadamo da će njihova primena olakšati identifikacije skeletnih ostataka u okviru naše populacije.

Ključne reči:
medicina, sudska; antropologija; telesna visina; radijus; ulna; tibija; fibula.

Abstract

Background/Aim. The task of a forensic examiner during exhumation of skeletal remains is to calculate *ante-mortem* height of a person whose skeletal remains were found. Anthropological investigations which provided formulae for calculating *ante-mortem* body height date back from XIX or from the first half of XX centuries. The most commonly used formulae are those of Trotter-Gleser, which were used to investigate skeletal remains from the World War II. Those investigations were conducted on skeletal remains of various ages and degrees of decay. Our experience with exhumation have shown that the present formulae do not deliver reliable values of *ante-mortem* height. The aim of this study was to investigate if there is a correlation of the length of long bones of leg and forearm with body height within our population and to establish the formulae for calculating *ante-mortem* body height within our population based on the obtained values. **Methods.** The lengths of ulna, radius, fibula and tibia

were determined precisely by measuring bones on living individuals using a digital X-ray system. The height of individuals whose bones were measured was determined using an anthropometer. **Results.** The highest degree of correlation between bone length and body height was found for tibia in males ($r = 0.859, p < 0.005$) and ulna in females ($r = 0.679, p < 0.05$). We calculated the regression formulae for determination of *ante-mortem* body height that differ from the current body height formulae. **Conclusion.** In our population the length of long bones of the forearm and the leg are characterized by various degree of correlation with body height. The formulae that we set, make less distinction between the measured and the calculated body height as compared with the Trotter-Gleser formulae. We do hope that their implementation will facilitate identification of skeletal remains in our population.

Key words:
forensic medicine; anthropology; body height; radius; ulna; tibia; fibula.

Uvod

Kod ekshumiranja skeletnih ostataka ljudi za izračunavanje zaživotne visine najčešće se koriste duge kosti ekstremiteta. Trotter i Gleser^{1,2}, čije su formule do sada najčešće korišćene, ne preporučuju korišćenje lišnjače za izračunavanje zaživotne visine, a formule u kojima se koristi dužina golenjače ne daju validne rezultate zbog različitog merenja maksimalne dužine kosti^{3,4}. Novija istraživanja na posmrtnim ostacima ljudi u Bosni i Hercegovini ukazuju na to da lišnjača ima najveću korelaciju sa visinom osobe⁵.

Cilj ovog rada bio je da se ustanovi da li postoji korelacija između dužine lakatne kosti, žbice, golenjače i lišnjače sa telesnom visinom kod našeg stanovništva, kao i da se na osnovu dobijenih vrednosti kreiraju formule za izračunavanje zaživotne visine u našoj populaciji.

Metode

Obrađeno je ukupno 150 osoba, 80 muškog i 70 ženskog pola, starosti od 21 do 60 godina. Istraživanjem su bile obuhvaćene osobe koje su dolazile na dijagnostički rendgeniski pregled podlaktice i potkolenice, osim onih koji imaju prelome kostiju. Kod 71 osobe muškog pola i 59 osoba ženskog pola merene su obe kosti podlaktice i potkolenice. Kod 9 osoba muškog pola i 11 osoba ženskog pola merene su ili kosti podlaktice ili kosti potkolenice. Na pojedinim rendgeniskim snimcima nije bilo moguće videti ceo okrajak određene

376 mm, a merena digitalnim rendgen aparatom 377,65 mm. Razlika dobijena merenjem digitalnim rendgen aparatom sa distance od 2 m i merenjem izolovanih kostiju bila je 1,65 cm i nije bila statistički značajna, $p > 0,05$. Na distanci od 1,1 m rendgenski se dobijaju veće vrednosti koje zahtevaju korekzione faktore.

Za statističku obradu korišćen je Microsoft Office Excel. Prikazane su srednje vrednosti, standardna devijacija i Pearsonov faktor korelacije, sa statističkom značajnošću $p < 0,05$, a linearnom regresijom kreirane su formule za izračunavanje zaživotne visine.

Rezultati

Merenjem dužine lakatne kosti osoba muškog pola utvrđena je minimalna vrednost od 237,9 mm i maksimalna od 306,7 mm. Vrednosti dužine lakatne kosti kod osoba ženskog pola bile su 229,9 – 277,6 mm.

Najmanja vrednost dužine žbice muškaraca iznosila je 225,4 mm, a najveća 287,8 mm. Kod žena minimalne i maksimalne vrednosti dužine žbice bile su 196,2 mm i 258,2 mm.

Golenjača muškaraca imala je najmanju izmerenu dužinu 378 mm, a najveću 464,8 mm, dok su kod žena te vrednosti bile 302,9 mm i 392,4 mm.

Dužina lišnjače muškaraca bila je u rasponu od 361,7 mm do 463,8 mm, a žena od 318,9 mm do 385,8 mm.

Ustanovljene su razlike dužina dugih kostiju podlaktice i potkolenice kod osoba muškog i ženskog pola (tabela 1).

Tabela 1
Srednje vrednosti dužine dugih kostiju podlaktice i potkolenice muškaraca i žena

Vrsta kosti	Dužina kosti (mm)	
	muškarci $\bar{x} \pm SD$	žene $\bar{x} \pm SD$
Lakatna	277,60 ± 15,73	251,19 ± 13,69
Žbica	257,40 ± 16,58	232,09 ± 13,10
Golenjača	415,13 ± 21,77	372,88 ± 14,54
Lišnjača	405,69 ± 24,22	364,91 ± 12,77

kosti, pa je tada merena samo jedna kost podlaktice ili potkolenice. Korišćenjem digitalnog rendgen aparata Shimadzu, sa distance od 2 m merena je maksimalna dužina žbice kao rastojanje od najviše tačke glave žbice do vrha stiloidnog procesusa; maksimalna dužina lakatne kosti kao rastojanje od najviše tačke olekranona do najniže tačke stiloidnog procesusa; maksimalna dužina golenjače od vrha interkondilarnе eminencije do donjeg kraja maleolusa i maksimalna dužina lišnjače od vrha glave do donjeg okrajka maleolusa⁶. Svakoju od osoba obuhvaćenih istraživanjem antropometrom je izmerena visina tela, uz primenu standardizovanih pravila antropometrijskih merenja^{7,8}.

Dužina 50 golenjača, lišnjača, žbica i lakatnih kostiju kontrolne grupe, iz kolekcije Instituta za anatomiju Medicinskog fakulteta u Beogradu, izmerena je digitalnim rendgen aparatom, Ustanovljene vrednosti su upoređene sa vrednostima koje su dobijene merenjem antropometrom. Srednja vrednost dužine dugih kostiju merena antropometrom bila je

Razlika srednje vrednosti dužina kostiju muškog i ženskog pola iznosila je za lakatnu kost 26,41 mm, žbicu 25,31 mm, golenjaču 42,25 mm, a lišnjaču 40,78 mm.

U našem istraživanju srednja visina muškaraca iznosila je 177,42 cm, a žena 162,53 cm. Koeficijent koji pokazuje odnos dužine kostiju potkolenice i telesne visine pokazala je manju polnu različitost, pa je za golenjaču razlika odnosa kod muškog i ženskog pola 0,6, a za lišnjaču 0,5. Kada su u pitanju kosti podlaktice taj koeficijent je kod ženskog pola i za lakatnu kost i za žbicu bio veći za 1,1.

Faktor korelacije dužine kosti i telesne visine bio je najveći za golenjaču muškog pola, a najmanji za lišnjaču ženskog pola. Sve vrednosti faktora korelacije dužine kosti sa telesnom visinom manje su kod osoba ženskog pola (tabela 2).

Regresione formule za izračunavanje zaživotne visine muškaraca i žena naše populacije ustanovljene u ovom istraživanju, prikazane su u tabeli 3.

Tabela 2

Odnos telesne visine i dužine kosti u zavisnosti od polne pripadnosti

Vrsta kosti	Muški pol		Ženski pol	
	\bar{x} (min-max)	r (p)	\bar{x} (min-max)	r (p)
Lakatna	6,34 (6,04 – 7,02)	0,822 (< 0, 005)	6,45 (5,84 – 6,91)	0,679 (< 0,05)
Žbica	6,84 (6,36 – 7,24)	0,819 (< 0,05)	6,95 (6,41 – 7,84)	0,630 (< 0,005)
Golenjača	4,28 (4,13 – 4,60)	0,859 (< 0,005)	4,34 (4,08 – 5,15)	0,485 (< 0,05)
Lišnjača	4,39 (4,16 – 4,75)	0,759 (< 0,005)	4,44 (4,14 – 4,89)	0,33 (< 0,005)

r – faktor korelacije; p < 0,05 – statistički značajno

Tabela 3

Regresione formule za izračunavanje zaživotne visine muškaraca i žena naše populacije dobijene u ovom istraživanju

Vrsta kosti	Muški pol	Ženski pol
Žbica	$y = 90,179 + 3,36 x \pm 3,95$	$y = 85,772 + 3,30 x \pm 5,43$
Lakatna	$y = 78,013 + 3,55 x \pm 3,93$	$y = 77,145 + 0,34 x \pm 5,13$
Lišnjača	$y = 84,538 + 2,31 x \pm 4,85$	$y = 99,974 + 1,72 x \pm 5,48$
Golenjača	$y = 57,376 + 2,91 x \pm 3,81$	$y = 88,854 + 1,97 x \pm 5,24$

x – dužina kosti; y – izračunata telesna visina

U tabeli 4 prikazane su izračunate vrednosti visina prema formuli Trotter-Gleser, formuli do koje se došlo u našem istraživanju i stvarne izmerene visine.

Najmanja razlika između visine izračunate prema Trotter-Gleser formuli i izmerene visine dobija se kada se koristi dužina žbice kod osoba muškog pola (0,22 mm), a najveća kada se koristi dužina lakatne kosti ženskog pola (9,66 mm).

golenjače, a najmanje u dužini žbice. Golenjača muškaraca je za 51,4 mm, a žbica za 16,4 mm kraća od dužine do koje smo mi došli u ovom istraživanju. Kod žena žbica je kraća za 10,55 mm, a golenjača za 35,47 mm. U odnosu na Manouvrierova istraživanja koje navodi Balthazard¹⁰ u knjizi *Medicine legale*, najveće razlike u odnosu na naša istraživanja su u dužini golenjače oba pola, a najmanje u dužini žbice. Istra-

Tabela 4

Izračunate vrednosti visina prema formuli Trotter-Gleser, prema formuli u ovom istraživanju i stvarne izmerene visine

Kost	Pol	Trotter-Gleser (cm)	Formula u našem istraživanju (cm)	Izmerena visina (cm)
Lakatna	M	179,92 ± 4,72	176,65 ± 3,93	176,51 ± 6,78
Lakatna	Ž	152,96 ± 4,30	162,55 ± 5,13	162,62 ± 6,8
Žbica	M	176,97 ± 4,66	176,66 ± 3,95	176,75 ± 6,8
Žbica	Ž	164,94 ± 4,24	162,36 ± 5,43	162,47 ± 6,84
Golenjača	M	182,39 ± 4,00	178,18 ± 3,81	178,23 ± 7,37
Golenjača	Ž	169,66 ± 3,66	162,31 ± 5,24	162,41 ± 5,91
Lišnjača	M	180,97 ± 3,86	178,25 ± 4,85	178,2 ± 7,41
Lišnjača	Ž	166,52 ± 3,57	163,46 ± 5,48	162,62 ± 6,8

Diskusija

Na osnovu našeg istraživanja može se zaključiti da su dužina lakatne kosti, žbice, golenjače i lišnjače različite u odnosu na do sada objavljivane vrednosti iz drugih populacija. U knjizi Simonina⁹ navode se Rollet-ova istraživanja gde je srednja vrednost golenjače muškaraca 363,73 mm, lišnjače 359,93 mm, žbice 241 mm, a lakatne kosti 256,53 mm. Kod žena je srednja vrednost dužine golenjače 337,41 mm, lišnjače 333,35 mm, žbice 222,35 mm, a lakatne kosti 234,23 mm. Kod oba pola razlike između navedenih vrednosti i vrednosti dobijenih u našem istraživanju najveće su u dužini

živanjem savremene populacije Bosne i Hercegovine na skeletnim ostacima nađeno je da je dužina golenjače 308–460 mm, a lišnjače 310–455 mm, bez posebnog odvajanja polova⁵. Ove vrednosti su bliže vrednostima dužina kostiju ustanovljenim u ovom istraživanju.

Trotter i Gleser u svojim radovima^{1, 2} ne preporučuju upotrebu lišnjače u antropološkim istraživanjima, zbog toga što je to tanka kost i lako se ošteti, iako rezultati njihovog istraživanja pokazuju da je najmanja standardna greška kod izračunavanja visine kada se u formuli koristi lišnjača.

U našem istraživanju najmanja standardna devijacija nađena je kod merenja lišnjače žena, međutim, lišnjača žena

pokazuje najmanju korelaciju sa telesnom visinom, dok je kod muškaraca ta korelacija znatno veća. Sarajlić⁵ navodi da je na osnovu njihovih rezultata, mada nisu posebno analizirali polove, lišnjača pokazala najveću korelaciju sa visinom i preporučuje da se ona koristi kad god je očuvana, u procenivanju zaživotne visine.

Lišnjača je kost koja zbog svoje anatomske građe daje najmanju mogućnost za greške i nedoumice prilikom merenja. S druge strane, dužina golenjače, pokazuje različite vrednosti^{3,4} zbog postojanja maleolusa i interkondilarnе eminencije koje neki autori uvrste u merenje, a neki ne. Zbog postojanja olekranona, lakatna kost, takođe, daje različite rezultate prilikom merenja i pored jasno ustanovljenih antropometrijskih pravila⁸.

Koeficijent koji označava međusobni odnos dužine lišnjače i golenjače je u našem istraživanju za oba pola 1,02, odnosno ne pokazuje polnu specifičnost, a odnos dužine lakatne kosti i žbice je za muški pol 1,07, a za ženski pol 1,08.

Uслед postojanja razlika u dužini dugih kostiju i visini, formula za izračunavanje zaživotne visine do koje su Rollet i Manouvrier došli na osnovu mera tih kostiju^{9,10}, primenjena na savremenu populaciju, neće dati precizan rezultat.

Rollet je naveo formule koje su do pojave formula Trotter-Gleser^{1,2} najčešće korišćene, a u kojima je koeficijent kojim se množi dužina golenjače kod muškaraca 4,53, a kod žena 4,61⁹. Dužina lišnjače na osnovu Rolletovih merenja množi se kod muškog pola sa 4,58, a kod ženskog sa 4,66⁹. Razlikuju se i koeficijenti za izračunavanje visine na osnovu ostalih dugih kostiju. Rollet je dao koeficijente za žbicu muškaraca 6,86, a žena 7,14, a za lakatnu kost muškaraca 6,41, a žena 6,66⁹. Manouvrier je dao različite koeficijente za osobe visine preko 183 cm i za niske osobe¹⁰. Prema njemu, za visoke osobe koeficijenti kojima se množe dužine dugih kostiju muškaraca iznose od 3,53 do 6,70. Koeficijenti za žene visokog rasta su od 3,68 do 7,00. Za niske osobe muškog pola, ti koeficijenti iznose od 3,66 do 6,86, a ženskog pola od 3,71 do 7,16¹⁰. Duyar i sar¹¹⁻¹³ su, takođe, izvodili različite formule za izračunavanje visine osoba niskog, srednjeg i visokog rasta. Postavlja se pitanje kako kod pronalaženja skeletnih ostataka znamo da li je osoba bila niska, srednje visine ili visoka, a ako uzimamo sve mogućnosti u obzir, izračunata visina ima veliki raspon i veliku grešku.

Vrednosti ovih koeficijenata u našem istraživanju niže su zbog većih izmerenih dužina kostiju naših ispitanika, a vrednosti su približnije koeficijentima kod izračunavanja za visoke osobe. To ukazuje na mogućnost da je prosečna visina

u našoj savremenoj populaciji veća od visine stanovništva Francuske XIX veka, od kada datiraju navedena istraživanja. Srednja vrednost visine muškaraca koju navodi Rollet je 166 cm, a žena 156 cm⁹. Kod Manouvriera je srednja vrednost visine žena 154,97 cm, a muškaraca 167,9 cm¹⁰. U našem istraživanju, srednja visina muškaraca je 177,42 cm, a žena 162,53 cm.

Najveću korelaciju sa telesnom visinom u našem istraživanju pokazuje golenjača kod osoba muškog pola, ($r = 0,859$) i lakatna kost kod osoba ženskog pola, ($r = 0,679$). Različita korelacija kod oba pola za istu kost ukazuje na postojanje razlika u proporciji tela ženskog i muškog pola. Kod osoba ženskog pola faktor korelacije sa telesnom visinom za sve kosti manji je nego kod muškaraca.

Formule za izračunavanje zaživotne visine na osnovu dužine dugih kostiju koje su dali Rollet, Manouvrier i dr. nisu izračunate na osnovu regresionih formula, pa samim tim daju manje tačne rezultate^{9,10}. Sarajlić⁵ i Nath i Badkur^{14,15} navode prednosti linearne regresije u dobijanju formula. Trotter-Gleser^{1,2} došli su do formula linearnom regresijom, ali zbog prethodno navedenih razlika u merenju, starosti skeletnih ostataka i evidentnog antropometrijskog rasta stanovništva, njihove formule ne daju dovoljno precizne rezultate. Kod izračunavanja zaživotne visine na osnovu dužine dugih kostiju korišćenjem formule Trotter-Gleser^{1,2} najveće razlike dobijaju se kada se koristi lakatna kost žena 9,66 mm, a najmanja kada se koristi dužina žbice muškaraca 0,22 mm. Srednja vrednost razlike između izračunate i izmerene telesne visine iznosi $4,125 \pm 2,97$ mm. U istraživanju, linearnom regresijom dobili smo formule za izračunavanje visine muškog i ženskog pola (Tabela 3). Izračunavanjem telesne visine na osnovu tih formula dobili smo vrednosti koje se razlikuju od izmerenih visina za $0,181 \pm 0,267$ mm. Najveća razlika dobija se kada se za izračunavanje koristi dužina lišnjače, za žene 0,84 mm, a najmanja kada se koristi dužina golenjače i lišnjače za muškarce 0,05 mm.

Zaključak

Najveću korelaciju sa telesnom visinom u našoj populaciji pokazuje golenjača kod muškaraca i žbica kod žena. Korelacija između dužine dugih kostiju i telesne visine manja je kod žena nego kod muškaraca. Formule koje smo postavili daju manju razliku između izmerene visine i izračunate visine u odnosu na formule Trotter-Gleser, pa se nadamo da će njihova primena olakšati identifikaciju skeletnih ostataka u okviru naše populacije.

L I T E R A T U R A

1. Trotter M, Gleser GC. Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *Am J Phys Anthropol* 1952; 10(4): 463–514.
2. Trotter M, Gleser GC. A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death. *Am J Phys Anthropol* 1958; 16(1): 79–123.
3. Jantz RL, Hunt DR, Meadows L. Maximum length of the tibia: how did Trotter measure it? *Am J Phys Anthropol* 1994; 93(4): 525–8.
4. Pelin IC, Duyar I. Estimating stature from tibia length: a comparison of methods. *J Forensic Sci* 2003; 48(4): 708–12.
5. Sarajlić N. Estimating living body height from long bones of the lower extremities of skeletal remains [thesis]. Sarajevo: Faculty of Medicine, University of Sarajevo; 2002. (Serbian)
6. Muñoz JI, Liñares-Iglesias M, Suárez-Peñaranda JM, Mayo M, Miñués X, Rodríguez-Calvo MS, et al. Stature estimation from radiographically determined long bone length in a Spanish population sample. *J Forensic Sci* 2001; 46(2): 363–6.

7. *Raxter MH, Auerbach BM, Ruff CB.* Revision of the Fully technique for estimating statures. *Am J Phys Anthropol* 2006; 130(3): 374–84.
8. *Martin AD, Carter JEL, Hendy KC, Malina RM.* Segment lengths. In: *Lohman TG, Roche AF, Martorell R*, editors. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign: Human Kinetics; 1988. p. 9–26.
9. *Simonin C.* *Medicine legale judiciaire*. Paris: Librairie Maloine; 1947. (French)
10. *Balthazard V.* *Medicine legale*. Paris: J-B. Baillière et fils; 1921. (French)
11. *Duyar I, Pelin C, Zagyapan R.* A new method of stature estimation for forensic anthropological application. *Anthropol Sci* 2006; 114: 23–7.
12. *Pelin C, Duyar I.* Estimating stature from tibia lengths: a comparison of methods. *J Forensic Sci* 2003; 48(4): 708–12.
13. *Duyar I, Pelin C.* Body height estimation based on tibia length in different stature groups. *Am J Phys Anthropol* 2003; 122(1): 23–7.
14. *Nath S, Badkur P.* Reconstruction of stature from long bone lengths. *Anthropol Trends Applicat* 2002; 1: 109–14.
15. *Badkur P, Nath S.* Use of regression analysis in reconstruction of maximum bone length and living stature from fragmentary measures of the ulna. *Forensic Sci Int* 1990; 45(1–2): 15–25.

Primljen 29. IV 2010.

Revidiran 2. IX 2010.

Prihvaćen 6. IX 2010.