

120

**Milutin Stojanović**

Fakultet za fizičko vaspitanje Beograd

**Silvija Solarić i Konstantin Momirović**

Institut za kineziologiju Fakulteta za fizičku kulturu  
Zagreb

**Rajko Vukosavljević**

Centar za klasifikaciju i selekciju ljudstva za potrebe JNA

**POUZDANOST ANTROPOMETRIJSKIH MJERENJA**

## THE RELIABILITY OF ANTHROPOMETRIC MEASUREMENT

On the sample of 737 males, 19—27 years old, the reliability of 23 anthropometric variables was estimated. Every variable was measured three times, and skinfold thicknesses and breast girth six times. The measurement was performed by five experimenters.

The reliability of measurement was estimated in several ways: as coefficient of representation, index of generalizability and as Spearman-Brown's reliability. Also the reliability of only the first measurement was estimated.

When three or six measurements were used, the reliability coefficients were relatively high, but they were not sufficiently great for leg and arm length, fist width, upper arm girth, elbow width and height.

When only one, i. e. the first measurement was used, the reliability coefficients were very poor, especially for skinfold thicknesses, elbow width, lower arm girth and foot width.

Therefore, it is recommended for scientific research to use six experimenters, every anthropometric variable being measured six times, reducing in this way the systematic error of measurement.

To determine the real value of measured dimension two procedures are recommended: to transform the results into the first principal component of standardised measurements, or to transform the results into the first vector of antiimage covariance matrix. The second method was used in this work.

## НАДЕЖНОСТЬ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

В выборке, состоящей из 737-и испытуемых мужского пола в возрасте 19 — 27 лет, проведено исследование надежности измерения 23 антропометрических переменных. Все переменные измерялись три раза, а складка кожи и средняя окружность грудной клетки шесть раз. Измерение проводилось пятью исследователями.

Оценка надежности измерения проведена несколькими способами: на основании коэффициентов представительности индекса, определяющего возможность генерализации и на основании S — B коэффициента надежности. В исследовании проведена также оценка надежности только одного, т. е. первого измерения.

В случае проведения трех или шести измерений надежность коэффициентов довольно высокая, за исключением измерения длины ноги и руки, ширины кисти руки, окружности бедра, диаметра локтя и величины роста.

Когда для определения надежности измерения использованы результаты только одного, т. е. первого измерения, коэффициенты надежности были очень низкими, особенно для складки кожи, диаметра локтя, окружности бедра и ширины ступни.

Из-за этого рекомендуется в научных исследованиях проводить измерение каждой переменной шестью исследователями. Таким способом возможно уменьшить систематическую ошибку измерения.

Для определения точной величины измеряемой димензии рекомендуются два приема. Первое: трансформация результатов в первый главный компонент стандартизованного измерения, или второе: трансформация результатов в первый вектор матрицы антиобраз коварианцы. Второй прием применен в настоящей работе.

## 0. UVOD

Problem točnosti antropometrijskih mjerenja, iako virtualno prisutan od samih početaka razvoja znanstvene antropologije, rijetko je kada bio sustavno istraživano. Velika većina nastojanja da se reduciraju pogreške mjerenja antropometrijskih dimenzija svodio se na standardizaciju i podrobnju deskripciju procedura mjerenja. Ova nastojanja, koja su definitivno rezultirala u konvencijama prihvaćenim u Internacionalnom biološkom programu, omogućila su, naravno, da se jednoznačno definira što se stvarno razumije pod nekom antropometrijskom dimenzijom i da se ukloni onaj izvor pogrešaka koji je posljedica nestandardiziranih uvjeta mjerenja.

Međutim pogreške mjerenja različitih antropometrijskih dimenzija mogu potjecati i iz izvora sasvim različitih od standardizacije mjernog postupka. Zakrajšek, Hošek, Momirović i Stojanović (1974) postavili su opći model komponenata varijance pogreške pri antropometrijskim mjerenjima. Na temelju tog modela, čak i kad se striktno standardizira procedura mjerenja, i uklone izvori pogrešaka koji su posljedica netočnosti mjernih instrumenata, u varijanci pogreške još uvijek nužno sudjeluju slijedeći generatori:

(1) nesukladnost rezultata zbog slučajnih ili sistematskih pogrešaka koje su posljedica neslaganja između različitih mjerilaca;

(2) slučajne ili sistematske pogreške koje su posljedica nesuglasnosti ili umjetne suglasnosti između mjerenja koja vrši jedan jedini mjerilac;

(3) slučajne ili sistematske pogreške koje su posljedica varijabiliteta nekih antropometrijskih dimenzija u funkciji doba dana ili uopće u funkciji vremena.

Nekoliko pokušaja da se procijene pogreške pri antropometrijskim mjerenjima (Munro, Joffe i Ward, 1966; Medved, Momirović i Pavišić, 1970) pokazalo je da se, pri nekim antropometrijskim mjerama naročito, čine izvanredne pogreške mjerenja, čak i onda kada se striktno standardiziraju procedure i kada su mjerioci podvrgnuti temeljitom uvježbavanju.

Svrha ovog istraživanja bila je da odredi stupanj pouzdanosti antropometrijskih mjerenja, tj. da utvrdi veličinu utjecaja drugog izvora definiranog u modelu Zakrajšeka, A. Hošek, Momirovića i Stojanovića. U tu je svrhu izrađen eksperimentalni nacrt koji je, na temelju rezultata nekih dosadašnjih istraživanja, ali i na temelju iskustava stečenih u toku analiza latentne strukture antropometrijskih dimenzija, odredio optimalni (ali ne nužno i idealni) broj mjerenja koji je potreban da bi se neke antropometrijske dimenzije mogle utvrditi sa dovoljnim stupanjem tačnosti.

Analiza rezultata bila je provedena tako da se utvrdi stupanj pouzdanosti, procijenjen pod vidom različitih modela ponašanja faktora poreške, pri mjerenju različitih antropometrijskih dimenzija, ako je operacija izračunavanja stvarne vrijednosti antropometrijske mjere učinjena tako da se minimizira varijanca pogreške. Pri tome je posebno analizirano po-

našanje mjera pouzdanosti pod modelima koji su dopuštali nenulte kovarijance pogrešaka mjerenja.

Posebno je analiziran i stupanj pouzdanosti jednog jedinog mjerenja pojedinih antropometrijskih dimenzija, kako bi se omogućio uvid u pogreške koje se mogu očekivati ako se antropometrijske dimenzije određuju na uobičajeni način.

## 1. OPIS POSTUPKA

Uzrok varijabli je obuhvatio 23 antropometrijske mjere, na temelju kojih je, između ostalog, moguća procjena četiri latentne antropometrijske dimenzije, utvrđene dosadašnjim istraživanjima — longitudinalne dimenzionalnosti skeleta, transverzalne dimenzionalnosti skeleta, volumena tijela i potkožnog masnog tkiva.

Za procjenu svake od navedenih antropometrijskih dimenzija primijenjeno je po šest antropometrijskih mjera, izuzev za potkožno masno tkivo, za koje je primijenjeno pet mjera.

1. težina tijela (TEZTIJ)
2. visina tijela (VISTIJ)
3. dužina noge (DUZNOG)
4. biakromialni raspon (BIARAS)
5. bikristalni raspon (BIKRAS)
6. kožni nabor nadlaktice (NABNAD)
7. kožni nabor leđa (NABLED)
8. kožni nabor pazuha (NABPAZ)
9. opseg nadlaktice — opružene (OPSNAD)
10. opseg podlaktice — max. (OPSPOD)
11. opseg natkoljenice — max. (OPSNAT)
12. opseg potkoljenice — max. (OPSPOT)
13. dužina šake (DUZSAK)
14. širina šake (SIRSAK)
15. kožni nabor trbuha (NABTRB)
16. kožni nabor potkoljenice (NABPOT)
17. srednji opseg grudnog koša (SREOPS)
18. dijametar ručnog zgloba (DIJRUZ)
19. dijametar lakta (DIJLAK)
20. dijametar koljena (DIJKOL)
21. dužina stopala (DUZSTO)
22. širina stopala (SIRSTO)
23. dužina ruke (DUZRUK)

Mjerenje je izvršeno u slijedećim uslovima: 1. mjerenje je vršeno u prijedodnevnom i poslijepodnevnim satima; 2. korišteni su instrumenti posebne izrade, baždareni najmanje svakog dana prije početka mjerenja; 3. ispitanici su pri mjerenju bili bosi i samo u kratkim gaćicama; 4. na ispitaniku, prije početka mjerenja, svaki mjerilac je obilježio relevantne antropometrijske točke i nivoe, značajne za ovaj program mjerenja; 5. mjerenje parnih segmenata tijela je vršeno na lijevoj strani.

Za primjenu ovog programa mjerenja korišteni su slijedeći instrumenti:

— medicinska decimalna vaga, koja omogućuje točnost čitanja rezultata od 100 gr;

— antropometar po Martinu, koji omogućuje točnost čitanja rezultata od 1 mm;

— pelvimetar koji omogućuje točnost čitanja rezultata od 2 mm;

— klizni šestar koji omogućuje točnost čitanja rezultata od 1 mm;

— kaliper (šestar) za mjerenje kožnih nabora, podešen da pritisak vrhova krakova kalipera na kožu bude 10 gr/mm<sup>2</sup>, pri čemu je točnost čitanja rezultata 1 mm;

— mjerna traka (plastična) dužine 150 cm koja omogućuje točnost čitanja rezultata od 5 mm (rezultat je zaokruživan bližoj vrijednosti).

Antropometrijsko mjerenje vršeno je metodom koju preporučuje Internacionalni biološki program, pri čemu je, da bi rezultati iz ove studije mogli biti komparabilni sa rezultatima nekih ranijih faktorskih istraživanja autora, bilo odstupljeno u nivou mjerenja srednjeg opsega grudnog koša i kožnog nabora pazuha. Druga metoda primijenjena je i za mjerenje dužine šake, jer nije sadržana u popisu antropometrijskih mjera IBP.

Antropometrijske mjere su, prema tome, u ovom istraživanju mjerene na slijedeći način:

(1) **Težina tijela** mjerena je tako da ispitanik stane na vagu i mirno stoji u uspravnom stavu. Rezultat je očitao s točnošću od 100 gr.

(2) **Visina tijela** mjerena je antropometrom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu, s glavom u takvom položaju da je frankfurtska linija bila horizontalna, s ispravljenim leđima i sastavljenim petama. Mjerilac, stojeći sa lijeve strane ispitanika, postavljao mu je antropometar neposredno duž zadnje strane tijela i vertikalno, a zatim spuštao metalni prsten — klizač da horizontalna prečka dođe na glavu (tjeme) ispitanika. Rezultat je očitao s točnošću od 1 mm.

(3) **Dužina noge** mjerena je antropometrom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu sa sastavljenim petama, a vrh kraka (prečke) antropometra mu je postavljen na lijevu prednje-gornju bedrenu bodlju (spina iliaca anterior superior), te se pročita njena visina od poda. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(4) **Biakromialni raspon** mjereno je skraćenim antropometrom, tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu, a mjerilac, stojeći sa zadnje strane ispitanika, postavlja mu vrhove krakova antropometra na vanjski dio jednog i drugog akromiona, uz dovoljan pritisak da se potisne meko tkivo. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(5) **Bikristalni raspon** mjereno je pelvimetrom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu, a mjerilac, stojeći sa zadnje strane ispitanika, postavlja mu vrhove krakova pelvimetra na jedan i drugi greben zdjeličnih kostiju (crista iliaca) na točku gdje ih siječe produžena srednja pazušna linija, uz dovoljan pritisak da se potisne meko tkivo. Rezultat je čitan s točnošću od 2 mm.

(6) **Kožni nabor nadlaktice** mjereno je kaliperom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu s le-

žerno opuštenim rukama niz tijelo, a mjerilac palcem i kažiprstom uzdužno mu odigne nabor kože na zadnjoj strani lijeve nadlaktice (nad m. tricepsom) na mjestu koje odgovara sredini između akromiona i olekranona, obuhvati odignuti nabor kože vrhovima krakova kalipera (postavljenim niže od svojih vrhova prstiju) i kada postigne pritisak od 10 gr/mm<sup>2</sup> pročita rezultat. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(7) **Kožni nabor leđa** ispod donjeg ugla lopaticice (angulus inferior scapulae) mjereno je kaliperom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu s ležerno opuštenim rukama niz tijelo, a mjerilac palcem i kažiprstom ukoso mu odigne nabor kože neposredno ispod donjeg ugla lijeve lopaticice, obuhvati odignuti nabor kože vrhovima krakova kalipera (postavljenim niže od svojih vrhova prstiju) i kada postigne pritisak od 10 gr/mm<sup>2</sup> pročita rezultat. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(8) **Kožni nabor pazuha** mjereno je kaliperom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu s lijevom rukom savijenom u laktu i horizontalno podignutom, a mjerilac palcem i kažiprstom uzdužno mu odigne nabor kože na srednjoj pazušnoj liniji na mjestu koje odgovara visini mamile, obuhvati odignuti nabor kože vrhovima krakova kalipera (postavljenim niže od svojih vrhova prstiju) i kada postigne pritisak od 10 gr/mm<sup>2</sup> pročita rezultat. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(9) **Opseg nadlaktice** — opružene mjereno je mjernom trakom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu s ležerno opuštenim rukama niz tijelo, a mjerilac mu obavije mjernu traku oko lijeve nadlaktice upravno na njenu osovinu na nivou koji odgovara sredini između akromiona i olekranona. Rezultat je čitan s točnošću od 5 mm.

(10) **Opseg podlaktice (max.)** mjereno je mjernom trakom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu s ležerno opruženim rukama niz tijelo, a mjerilac mu obavije mjernu traku oko lijeve podlaktice upravno na njenu osovinu i u njenoj gornjoj trećini na mjestu najvećeg opsega. Rezultat je čitan s točnošću od 5 mm.

(11) **Opseg natkoljenice (max.)** mjereno je mjernom trakom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu sa malo rastavljenim nogama i oslonjen ravnomjerno na oba stopala, a mjerilac mu obavije mjernu traku oko lijeve natkoljenice upravno na njenu osovinu i neposredno ispod glutealnog nabora na mjestu najvećeg opsega. Rezultat je čitan s točnošću od 5 mm.

(12) **Opseg potkoljenice (max.)** mjereno je mjernom trakom tako da ispitanik sjedi na visokoj klupi i potkoljenica mu slobodno visi, a mjerilac mu obavije mjernu traku oko lijeve potkoljenice upravno na njenu osovinu i u njenoj gornjoj trećini na mjestu najvećeg opsega. Rezultat je čitan s točnošću od 5 mm.

(13) **Dužina šake** mjerena je kliznim šestarom ili skraćenim antropometrom tako da ispitanik drži lijevu šaku horizontalno opruženu (sa dla-

nom na dolje), a mjerilac mu postavi vrh jednog kraka kliznog šestara (antropometra) na sredinu zglobne linije ručnog zgloba i vrh drugog kraka na vrh srednjeg prsta. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(14) **Širina šake** mjerena je kliznim šestarom tako da ispitanik drži lijevu šaku i prste horizontalno opružene (sa dlanom na dolje) u produžetku osovine podlaktice i sastavljenim prstima, a mjerilac mu postavi vrh jednog kraka kliznog šestara na medijalnu stranu distalnog okrajka II metakarpalne kosti i vrh drugog kraka na lateralnu stranu distalnog okrajka V metakarpalne kosti. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(15) **Kožni nabor trbuha** mjereno je kaliperom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu, a mjerilac, palcem i kažiprstom, vodoravno mu odigne nabor kože na lijevoj strani trbuha u nivou pupka (umbilikusa) i 5 cm ulijevo od njega, obuhvati odignuti nabor kože vrhovima krakova kalipera (postavljenih medijalno od svojih vrhova prstiju) i, kada postigne pritisak od 10 gr/mm<sup>2</sup>, pročita rezultat. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(16) **Kožni nabor potkoljenice** mjereno je kaliperom tako da ispitanik sjedi, a mjerilac, palcem i kažiprstom, uzdužno mu odigne nabor kože na medijalnoj strani lijeve potkoljenice na nivou njenog najvećeg obima, obuhvati odignuti nabor kože vrhovima krakova kalipera (postavljenih ispod svojih vrhova prstiju) i, kada postigne pritisak od 10 gr/mm<sup>2</sup>, pročita rezultat. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(17) **Srednji opseg grudnog koša** mjereno je mjernom trakom, tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu s rukama opuštenim niz tijelo, a mjerilac mu obavi mjernu traku oko grudnog koša upravno na osovinu trupa i horizontalno u nivou mamila. Rezultat je čitan s točnošću od 5 mm.

(18) **Dijametar ručnog zgloba** mjereno je kliznim šestarom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu s lijevom rukom savijenom u laktu, a mjerilac mu postavi vrhove krakova kliznog šestara na spoljne strane stiloidnih nastavaka radijusa i ulne (processus styloideus radii, ulnae) lijeve ruke, uz dovoljan pritisak da se potisne meko tkivo. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(19) **Dijametar lakta** mjereno je kliznim šestarom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu sa lijevom laktom savijenom pod pravim kutom, a mjerilac mu postavi vrhove krakova kliznog šestara na unutrašnji i vanjski epikondilus nadlaktice (epicondylus medialis et lateralis humeri) uz dovoljan pritisak da se potisne meko tkivo. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(20) **Dijametar koljena** mjereno je kliznim šestarom tako da ispitanik sjedi sa lijevom nogom savijenom u koljenu pod pravim kutom, a mjerilac mu postavi vrhove krakova kliznog šestara na unutrašnji i vanjski epikondilus butne kosti (epicondylus medialis et lateralis femoris) uz dovoljan pritisak da se potisne meko tkivo. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(21) **Dužina stopala** mjerena je skraćenim antropometrom tako da ispitanik sjedi s lijevom nogom savijenom u koljenu pod pravim kutom i stopalom oslonjenim na podlogu, a mjerilac mu postavi vrhove krakova antropometra na petu i vrh najdužeg prsta, bez pritiskivanja. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(22) **Širina stopala** mjerena je kliznim šestarom tako da ispitanik sjedi s lijevom nogom savijenom u koljenu pod pravim kutom i stopalom oslonjenim na podlogu, a mjerilac mu postavi vrhove krakova kliznog šestara na medijalnu stranu distalnog okrajka I metatarzalne kosti i lateralnu stranu distalnog okrajka V metatarzalne kosti. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

(23) **Dužina ruke** mjerena je skraćenim antropometrom tako da ispitanik stoji u uspravnom stavu s lijevom rukom opruženom i ukoso odvojenom u stranu od tijela, sa dlanom okrenutim na dolje, a mjerilac mu postavlja jedan krak antropometra na vanjski dio akromiona, a drugi na vrh najdužeg prsta te ruke. Rezultat je čitan s točnošću od 1 mm.

Organizacija mjerenja provedena je tako da je svakog dana izmjereno po 40 ispitanika, u sukcesivnim grupama od po pet ispitanika koje je mjerilo pet mjerilaca. Svaki mjerilac imao je svog upisivača rezultata koji je izvršio upisivanje pošto bi, radi kontrole, glasno ponovio izdiktirani rezultat mjerenja. Na svakom ispitaniku sve antropometrijske mjere izmjerene su po tri puta, izuzev svih kožnih nabora i srednjeg opsega grudnog koša koji su izmjereni po šest puta. Time je na svakom ispitaniku izvršeno ukupno 87 mjerenja.

Kada je grupa od pet ispitanika pristupila u dvoranu za mjerenje, raspoređena je tako da po jedan ispitanik dođe kod svakog od pet mjerilaca, te se mjerenje zapravo vršilo u isto vrijeme na pet mjesta.

Svaki mjerilac vršio je mjerenje samo određenog broja unaprijed utvrđenih antropometrijskih mjera (3—6) na pojedinom ispitaniku. Kada je ispitanik pristupio prvi puta jednom mjeriocu, ovaj mu je obilježio dermografskom olovkom relevantne točke i nivoe samo za antropometrijske mjere koje će sam izmjeriti, pa zatim obavio njihovo prvo mjerenje. Ispitanik je tada odlazio drugom mjeriocu koji je, također, prvo obilježio točke i nivoe antropometrijskih mjera koje će sam izmjeriti, pa zatim obavio njihovo prvo mjerenje. Tada je ispitanik odlazio trećem, pa četvrtom i petom mjeriocu, koji su istim postupkom obavljali prvo mjerenje njima određenih antropometrijskih mjera. Pošto je ispitanik prošao prvo mjerenje kod svih pet mjerilaca, čime je kompletno obavljeno prvo mjerenje svih utvrđenih antropometrijskih mjera, ponovno je dolazio kod prvog mjerioca koji je izvršio drugo mjerenje onih antropometrijskih mjera koje je obavio i u prvom mjerenju. Zatim, ispitanik je odlazio drugom, tre-

ćem, četvrtom i petom mjeriocu, koji su izvršili drugo mjerenje, svaki opet samo onih mjera koje je mjerio i prvi put; tako je završeno drugo kompletno mjerenje. Istim redoslijedom i postupkom obavljeno je i treće mjerenje, odnosno i četvrto, peto i šesto mjerenje za one antropometrijske mjere koje su se po ovom programu mjerile šest puta. Time je bilo završeno kompletno mjerenje prve grupe od pet ispitanika (u prosječnom trajanju od 30—40 minuta), te je istim postupkom nastavljeno mjerenje slijedećih grupa od po pet ispitanika.

Na taj način, svaki mjerilac je vršio mjerenje isključivo onih antropometrijskih mjera koje su određene za njegovo mjesto, tako da je na istom ispitaniku određene mjere uvijek mjerio isti mjerilac. Poslije svaka četiri dana izvršena je kružna izmjena mjesta mjerilaca, te bi svaki od njih tada vršio mjerenje drugih antropometrijskih mjera utvrđenih za to mjesto mjerenja. Ovakvim postupkom svaki mjerilac je prošao sva mjesta mjerenja, odnosno učestvovao u mjerenju svih antropometrijskih mjera predviđenih ovim programom.

## 2. ISPITANICI

Populacija iz koje je izvučen uzorak za ovo ispitivanje definirana je kao populacija osoba muškog spola, starih između 19—27 godina, državljana SFRJ, klinički zdravih i bez izrazitih tjelesnih nedostataka ili morfoloških aberacija.

Uzorak je izvučen kao grupni uzorak. Operacija formiranja grupa, koliko se moglo procijeniti, nije se temeljila ni na kakvim kriterijima koji su bili u korelaciji sa manifestnim antropometrijskim dimenzijama. Prema tome, uzorak ispitanika može se smatrati reprezentativnim za populaciju iz koje je izvučen pod vidom ciljeva ovog istraživanja.

Međutim, uzorak ipak nije bio savršeno nepristrasan u odnosu na populaciju iz koje je izvučen zbog toga, što je broj ispitanika starijih godišta bio, u uzorku, procentualno manji od broja ispitanika mlađih godišta, nego što je to bilo u populaciji iz koje je uzorak izvučen. Ova pristrasnost mogla je imati određeni utjecaj na centralne i disperzione parametre onih antropometrijskih dimenzija koje se znatnije mijenjaju nakon perioda kada je rast praktički završen, posebno na mjere masnog tkiva, cirkularne dimenzije i masu tijela. Naravno, razlike u centralnim parametrima su irelevantne za svrhe ovog istraživanja, ali eventualne razlike u dispersionim parametrima mogle su na neutvrđeni način utjecati na kovarijabilitet mjerenja pojedinih antropometrijskih dimenzija, pa otuda i na procjenu pouzdanosti mjerenja tih dimenzija. Zbog toga procjene standardnih pogrešaka mjerenja, koje direktno ovise i od varijabiliteta pojedinih antropometrijskih

dimenzija i od kovarijabiliteta mjerenja tih dimenzija, treba uzeti sa određenom rezervom<sup>1</sup>.

## 3. PRIMIJENJENI POSTUPCI ZA PROCJENU POUZDANOSTI

Rezultati mjerenja svake pojedine antropometrijske dimenzije podvrgnuti su slijedećim operacijama:

(1) Izračunate su aritmetičke sredine, varijance i standardne devijacije svakog pojedinog mjerenja;

(2) Izračunata je matrica interkorelacija između pojedinih mjerenja svake antropometrijske dimenzije;

(3) Prosječna korelacija svakog pojedinog mjerenja sa svim ostalim mjerenjima procijenjena je korjenom iz prosjeka zbroja kvadriranih korelacija tog mjerenja sa svim ostalim mjerenjima;

(4) Prosječna korelacija između svih mjerenja neke antropometrijske dimenzije procijenjena je korjenom iz prosjeka zbroja kvadriranih korelacija između svih mjerenja;

(5) Maksimalna varijanca pogreške standardiziranih mjerenja procijenjena je kao Guttmanov unikvitet svakog pojedinog mjerenja, tj. kao recipročna vrijednost dijagonalnog člana inverza matrice interkorelacija koji odgovara tom mjerenju;

(6) Matrica varijanci—kovarijanci pogrešaka mjerenja definirana je kao matrica varijanci-kovarijanci mjerenja transformiranih u antiimage oblik, i tako izračunata;

(7) Reprezentativnost svakog pojedinog mjerenja za skup svih mjerenja neke antropometrijske dimenzije izračunata je kao Kaiserova mjera adekvatnosti tog mjerenja, tj. kao funkcija omjera kovarijanci pogrešaka mjerenja i korelacija između mjerenja;

(8) Opća mjera reprezentativnosti učinjenih mjerenja za skup svih mjerenja neke antropometrijske dimenzije definirana je kao Kaiserova mjera adekvatnosti učinjenih mjerenja, tj. kao funkcija omjera svih kovarijanci pogrešaka mjerenja i svih interkorelacija između mjerenja. Ova mjera upotrebljena je kao koeficijent pouzdanosti, budući da je osjetljiva na stohastičke relacije između mjerenja, koje mogu umjetno povećati vrijednosti nekih procjena pouzdanosti klasičnog tipa;

(9) Određene su vlastite vrijednosti i vektori matrice kovarijanci mjerenja, reskaliranih na antiimage metriku. Rezultati dobijeni mjerenjem neke antropometrijske dimenzije definirani su kao projekcije vektora mjerenja na prvi vlastiti vektor, dobijen ovom operacijom. Na taj način

<sup>1</sup> Međutim, kako će se vidjeti iz podataka o pouzdanosti mjerenja, pristrasnost procjena pouzdanosti i standardnih pogrešaka mjerenja vjerojatno je sasvim zanemarljiva, jer ne postoji nikakva sistematska varijacija tih procjena povezana sa varijabilitetom pojedinih antropometrijskih mjera u funkciji dobi.

ona mjerenja, kod kojih je pogreška bila najmanja, u najvećoj su mjeri određivala konačni rezultat ispitanika<sup>2</sup>;

(10) Izračunate su korelacije između pojedinih mjerenja i stvarne vrijednosti antropometrijske dimenzije, dobijene prethodnim postupkom. Tako su dobijeni koeficijenti pouzdanosti svakog pojedinog mjerenja;

(11) Pouzdanost rezultata, dobijenog redukcijom mjerenja na prvu glavnu komponentu mjerenja reskaliranih na antiimage metriku, procijenjena je koeficijentom generalizabilnosti, analognom Cronbachovom  $\alpha$  koeficijentu;

(12) Izračunata je pouzdanost koja bi se dobila kad bi se sva mjerenja tretirala kao ekvivalentna, tj. kada bi se rezultat definirao kao prosjek svih učinjenih mjerenja. Ta je pouzdanost procijenjena generaliziranim Spearman-Brownovim postupkom;

(13) Izračunata je standardna pogreška mjerenja, izvedena uz pretpostavku da se rezultat ispitanika na pojedinoj antropometrijskoj dimenziji odredi kao prosjek rezultata dobijenih mjerenjima. Za određivanje te pogreške upotrebljen je koeficijent pouzdanosti dobijen generaliziranim Spearman-Brownovim postupkom;

(14) Izračunata je i standardna pogreška mjerenja, koja se može očekivati ako se neka antropometrijska dimenzija procijeni jednim mjerenjem. U tu je svrhu, kao koeficijent pouzdanosti, primijenjena korelacija između prvog i drugog mjerenja.

Svi rezultati, dobijeni ovim operacijama, nisu priopćeni u ovom radu. Odabrani su samo oni na temelju kojih se mogu dobiti najznačajnije, sa znanstvenog i praktičkog stanovišta, informacije o pouzdanosti antropometrijskih mjerenja. Ostali rezultati pohranjeni su na Institutu za kineziologiju Fakulteta za fizičku kulturu u Zagrebu i u Centru za klasifikaciju i selekciju ljudstva za potrebe JNA, i na zahtjev mogu biti stavljani na uvid.

#### 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Aritmetičke sredine ( $\bar{x}_i$ ) i standardne devijacije ( $\sigma_i$ ) za tri, odnosno šest mjerenja sistema od 23 antropometrijske varijable, prikazane su u tabeli 1.

Inspekcijom ove tabele može se zaključiti da su prosječne vrijednosti visine tijela i većine longitudinalnih dimenzija naših ispitanika nešto ma-

<sup>2</sup> Ovaj se postupak razlikuje od onog, što su ga predložili Zakrajšek, Hošek, Momirović i Stojanović (1974), tj. od transformacije rezultata u prvu glavnu komponentu standardiziranih mjerenja, po tome što, teorijski, postupak koji je primijenjen u ovom radu oštrije penalizira mjerenja, učinjena sa većom pogreškom. Praktički su, međutim, ta dva postupka gotovo ekvivalentna.

nje nego u odraslih mladih muškaraca (Momirović, 1969), dok su masa tijela, cirkularne dimenzije i mjere potkožnog masnog tkiva približno iste. Međutim, visina tijela, a naročito srednji opseg grudnog koša i masa tijela znatno su veći u naših ispitanika, nego u uzorku 18-godišnjih muškaraca (Vukosavljević, 1971).

Polazni uvid u razmatranje pouzdanosti mjerenja antropometrijskih varijabli može se dobiti na osnovu uspoređivanja aritmetičkih sredina, odnosno standardnih devijacija između pojedinih mjerenja.

Može se zapaziti da kod težine tijela u sva tri mjerenja nema razlike niti među aritmetičkim sredinama, niti među standardnim devijacijama. Ovakav nalaz se mogao i očekivati, s obzirom da su sva tri mjerenja izvršena u relativno kratkom vremenskom intervalu (30—40 minuta), a skala mjernog instrumenta bila je takva, da je teško moglo doći, osim u sasvim izuzetnim slučajevima, do odstupanja čak i za jednu jedinicu na toj skali.

Dok među mjerama koje definiraju longitudinalnu dimenzionalnost visina tijela ima u sva tri mjerenja iste aritmetičke sredine sa praktički minimalnom razlikom u standardnim devijacijama, a dužina ruke samo minimalne razlike u aritmetičkim sredinama, dotle dužina noge ima, iako također minimalne, ipak nešto veće razlike u aritmetičkim sredinama i u standardnim devijacijama. Nađene minimalne razlike u varijanci visine tijela mogle su biti posljedica greške u mjerenju prouzrokovane specifičnošću uspravnog stava ispitanika od mjerenja do mjerenja, koji, i pored brižljivih korekcija od strane mjerioca, može minimalno varirati i u granicama korektnog stava, naznačenog u tehnici mjerenja. Kod dužine noge ovakav nalaz govori u prilog relativnoj teškoći da se ona vrlo precizno izmjeri. Reperna točka ilio spinale često može biti teže određena u osoba sa naglašenom količinom mekog tkiva u njenoj regiji, iz čega proizlazi i veća mogućnost greške mjerenja. I kod biakromialnog raspona, uz iste aritmetičke sredine za tri ponovljena mjerenja, dobijene su razlike u standardnim devijacijama; iako praktički neznatne, mogle su rezultirati i iz greške mjerenja uslijed nejednako primijenjenog pritiska pri mjerenju, nužnog da se potisne meko tkivo i vrhovi krakova skraćenog antropometra što bliže postave koštanim repnim točkama — najlateralnijim točkama akromiona. Dužina stopala, a nešto više i dužina šake, također imaju minimalne razlike, kako među aritmetičkim sredinama, tako i među standardnim devijacijama. Greška u mjerenju dužine šake pretežno je uslovljena mogućnošću nejednakog opružanja prstiju (a ponekad i izvjesnom hiperekstenzijom) od mjerenja do mjerenja i težinom određivanja osovine ručnog zgloba.

Među mjerama koje definiraju transverzalnu dimenzionalnost tijela bikristalni raspon ima mi-

nimalne razlike kako u aritmetičkim sredinama, tako i u standardnim devijacijama, što može biti posljedica greške mjerenja uslovljene poteškoćom da se ujednačenim pritiskom potisne mekovo tkivo i vrhovi krakova pelvimetra postane na točke iliokristale. Razlike u aritmetičkim sredinama kod širine šake, iako na prvi pogled male, u biti su relativno veće uslijed malog varijabiliteta ove mjere. Priroda ove varijable uslovljava i veću mogućnost greške mjerenja, koja je posebno i posljedica različitih pozicija prstiju šake od mjerenja do mjerenja. Razlike u aritmetičkim sredinama pojedinih mjerenja dijametara zglobova (ručnog, lakta i koljena), iako numerički praktički minimalne, u biti su relativno veće, također uslijed malog varijabiliteta ovih mjera. Otuda i male greške mjerenja, pretežno uvjetovane nejednakim pritiskom krakova kliznih šestara na reperne točke mogu imati znatan odraz.

Srednji opseg grudnog koša i opseg natkoljenice imaju, također, male razlike u aritmetičkim sredinama i standardnim devijacijama od mjerenja do mjerenja, no te greške, u odnosu na ostale cirkularne dimenzije, relativno su međutim velike. Kod srednjeg opsega grudnog koša, zbog prirode same mjere, nastaju veće greške u mjerenju, zbog disajnih ekskurzija grudnog koša, i potrebe da se opseg izmjeri u pauzi između inspirijuma i ekspirijuma. Greške mjerenja opsega natkoljenice posljedica su prvenstveno toga što se, prema naznačenoj tehnici mjerenja, treba izmjeriti maksimalni opseg ispod glutealnog nabora, pa male razlike u nivou mjerenja mogu dati različite rezultate. Kod opsega nadlaktice i podlaktice, kao i potkoljenice, javljaju se minimalne razlike između aritmetičkih sredina i standardnih devijacija u pojedinim mjerenjima, pri čemu su greške mjerenja prvenstveno posljedica teškoće da se precizno odredi nivo njihova mjerenja, uslijed već spomenutog razloga.

Svi kožni nabori, koji definiraju količinu potkožnog masnog tkiva, imaju, iako numerički male, u usporedbi s ostalim antropometrijskim varijablama, relativno znatne razlike između aritmetičkih sredina i standardnih devijacija pojedinih mjerenja. Ove razlike za nijansu su manje kod nabora leđa. Priroda mjerenja kožnih nabora, posebno potreba da se rezultat pročita neposredno pošto je postignut pritisak vrhova krakova kalipera od 10/mm<sup>2</sup>, najčešći je izvor greški mjerenja iz kojih rezultiraju nađene razlike.

U cjelini gledano, iako je tehnika mjerenja jasno definirana, greške u mjerenju su često uvjetovane prirodom same antropometrijske varijable. Tako, i pored brižljive korekcije stava ispitnika i položaja mjerenih segmenata od strane mjerioca moguća su još uvijek manja odstupanja, koja, iako u okvirima granica korektnog stava i položaja koje nalaže propisana tehnika mjerenja, uvjetuju izvjesne greške. U nekim slučajevima, kao kod srednjeg opsega grudnog koša i kožnih

nabora, priroda same mjere, radi točnosti, zahtijeva da se na postavljenom instrumentu rezultat pročita u određenom trenutku, odnosno u relativno vrlo kratkom vremenskom intervalu. I malo odstupanje, koje je pri tome moguće, dovodi do određene greške mjerenja. Osim toga, i karakteristike antropometrijskih instrumenata, a posebno nedovoljno male skalne jedinice, mogu biti izvor grešaka u mjerenju.

Rezultati analize pouzdanosti mjerenja, obavljenih tri, odnosno šest puta, prikazani su u tabeli 2.

Broj izvršenih mjerenja svake varijable nalazi se u koloni n. Prosječne korelacije, prikazane u koloni  $\bar{r}$ , kao aproksimativni pokazatelji točnosti mjerenja uopće, relativno su visoki. Međutim, uzimajući u obzir prirodu antropometrijskih varijabli — kao fizikalnih veličina — neke od ovih  $\bar{r}$  vrijednosti ne mogu se smatrati zadovoljavajućima. Niže vrijednosti se zapažaju posebno kod širine šake i kožnog nabora potkoljenice (.93), a zatim kod dijametara ručnog zgloba i dijametara lakta (.95). Nasuprot tome, nađene su i neuobičajeno visoke vrijednosti prosječnih korelacija, posebno kod težine tijela, visine tijela, dužine noge i dužine ruke (.99\*). Kod spomenutih varijabli koje predstavljaju praktički nepromjenjive fizikalne veličine, nađene visoke vrijednosti  $\bar{r}$  svjedoče o izvanredno maloj pogrešci mjerenja u odnosu na pravu mjeru tih varijabli.

Kod varijabli sa naznačenim nižim vrijednostima prosječnih korelacija greške mjerenja su povećane i prirodom samih varijabli, odnosno mogućim malim odstupanjima kako u položaju mjerenih segmenata, tako i u veličini pritiska instrumenata na repernu točku, a kod kožnih nabora i srednjeg opsega grudnog koša povećanje greške mjerenja proizvodi i propust da se rezultat pročita u pravom intervalu od trenutka postavljanja instrumenta.

Mjera adekvatnosti uzorka mjerenja svake varijable, odnosno opća mjera ili koeficijent reprezentativnosti učinjenih mjerenja za skup svih mjerenja svaki antropometrijske varijable, prikazana je u koloni MSA.

Veličina ovog koeficijenta uvjetovana je, prije svega, brojem mjerenja, a zatim, stohastičkim relacijama uzastopnih mjerenja i kovarijancama pogrešaka mjerenja.

U sistemu tretiranih antropometrijskih varijabli onaj blok varijabli koje su mjerene šest puta imaju izrazito veće koeficijente reprezentativnosti u odnosu na blok varijabli mjerenih tri puta. Među varijablama izmjerenim šest puta, kožni nabor leđa ima koeficijent reprezentativnosti od .96, a sve ostale varijable .95. Ove relativno visoke vrijednosti koeficijenta MSA, upravo kod varijabli koje su poznate po većim greškama mjerenja, nesumnjivo su posljedica većeg broja ponovljenih mjerenja. Kod svih varijabli mjerenih tri puta koeficijent reprezentativnosti je relativ-



no niži. Najniži je kod dužine noge (.77) i širine šake (.78), a najviši (.80) za varijable biakrominalni raspon, opseg nadlaktice, dijametar koljena, dužina stopala i širina stopala.

Nađene niže vrijednosti koeficijenata MSA, u bloku tri puta mjerenih varijabli, vjerojatno su posljedica grešaka nastalih blizinom uzastopnih mjerenja.

Pouzdanost rezultata mjerenja procijenjena je i indeksom generalizacije analognom Cronbachovom  $\alpha$ -koeficijentu, koji je prikazan u koloni  $\alpha$

Veličina  $\alpha$ -indeksa uvjetovana je veličinom unikviteta i brojem mjerenja. Istovremeno, indeks generalizacije  $\alpha$  je u vezi sa koeficijentom reprezentativnosti (MSA), pri čemu je  $\alpha$  veći ukoliko je veći i koeficijent MSA što prvenstveno prističe iz njihove zavisnosti od broja mjerenja i veličine kovarijanci između pogrešaka mjerenja.

I u veličini dobivenih  $\alpha$ -indeksa postoje razlike između antropometrijskih varijabli mjerenih tri, odnosno šest puta. Može se vidjeti da se, kod varijabli mjerenih tri puta, indeks generalizacije  $\alpha$  kreće od najniže .966 (za dužinu noge) i .981 (za širinu šake) do .999 (za biakromialni i bikristalni raspon, te dužinu stopala). Kod većine varijabli ovaj je indeks blizak najvišim dobijenim vrijednostima.

Utvrđene nešto snižene vrijednost  $\alpha$ -indeksa posljedica su niskih koeficijenata reprezentativnosti, koji su dobiveni za spomenute varijable, kao i toga što  $\alpha$ -indeks oštro penalizira greške mjerenja.

Kod antropometrijskih varijabli koje su mjerene šest puta dobijene su vrlo visoke vrijednosti koeficijenata generalizacije. Najnižu vrijednost  $\alpha$ -indeksa imaju srednji opseg grudnog koša (.990) i nabor potkoljenice (.993), dok ostale varijable imaju izvanredno visoke vrijednosti (.997 i .996).

Pouzdanost mjerenja procijenjena je Spearman-Browneovim postupkom tako da su rezultati ispitanika definirani kao prosjek svih učinjenih mjerenja svake pojedine varijable.

Inspekcijom dobivenih rezultata (kolona SB) i ovdje se uočavaju određene razlike u njihovim vrijednostima.

Kod varijabli mjerenih tri puta relativno nizak SB-koeficijent imaju širina šake (.976) dijametar ručnog zgloba i dijametar lakta (.983), a visok SB-koeficijent težina tijela, visina tijela, dužina noge i dužina ruke (.99\*). Dobijene niže vrijednosti nesumnjivo su posljedica razlike od mjerenja do mjerenja kod ovih varijabli i nižih prosječnih korelacija koje su iz toga proistekle.

Među varijablama mjerenim šest puta najniži SB-koeficijent ima kožni nabor potkoljenice (.988), a najviši srednji opseg grudnog koša (.998). U cjelini gledano, ove varijable, izuzev kožnog nabora potkoljenice, ipak imaju relativno visoke SB-koeficijente. Kako visina ovog koeficijenta zavisi, iz-

među ostalog, i od broja mjerenja, taj je broj prvenstveno utjecao na visinu koeficijenata, jer su upravo navedene varijable, po svojoj prirodi poznate kao varijable kod kojih se u mjerenju više griješi, mjerene veći broj puta.

Visoke vrijednosti SB koeficijenata mogu, međutim, biti umjetno povećane zbog prisutnosti utjecaja sistemskih grešaka, koje indirektno, preko prosječnih korelacija, određuju vrijednost tih koeficijenata.

Standardna pogreška mjerenja, dobivena pomoću generaliziranog Spearman-Browneovog koeficijenta pouzdanosti, prikazana je u koloni  $SE_{\alpha}$ , a vrijednosti su iznijete u fizikalnim mjernim jedinicama.

Pravi uvid u vrijednosti standardnih grešaka mjerenja može se dobiti njihovim uspoređivanjem sa standardnim devijacijama za svaku varijablu. Tako, težina tijela, mjerena tri puta, ima standardnu devijaciju 7.82 kg, a standardnu grešku mjerenja .217 kg, iz čega proizlazi da se i uz tri mjerenja ove varijable učini pogreška od oko 250 gr.

Među mjerama longitudinalne dimenzionalnosti tijela, mjerenim tri puta, kod visine tijela (sa standardnom devijacijom od 6.53 cm) greška mjerenja iznosi preko 2 mm, kod dužine noge sa standardnom devijacijom od 4.85 cm, greška mjerenja je preko 1,5 mm, a kod dužine ruke sa standardnom devijacijom od 3.66 cm ona iznosi preko 1 mm. Međutim, kod manjih segmenata longitudinalne dimenzionalnosti tijela, također mjerenih tri puta, greška mjerenja je relativno znatno veća. Kod biakromialnog raspona sa standardnom devijacijom od 1.82 cm, greška mjerenja je 1 mm, kod dužine šake sa standardnom devijacijom od .90 cm greška mjerenja je .28 mm, a kod dužine stopala sa standardnom devijacijom od 1..27 cm standardna greška mjerenja iznosi .7 mm.

Prema tome, uzimajući u obzir veličinu standardnih devijacija ovih mjera, standardne greške mjerenja su kod njih relativno visoke.

Među dijametrima, koji su mjereni tri puta, bikristalni raspon (sa standardnom devijacijom od 1.63 cm) ima grešku mjerenja .89 mm, odnosno bližu 1 mm, a širina šake (sa standardnom devijacijom od .044 cm) ima izrazito visoku standardnu grešku mjerenja od 2.19 mm, dok dijametar ručnog zgloba (sa  $\sigma = 0.36$  cm) ima grešku mjerenja od 0.47 mm, odnosno skoro pola milimetra. Dijametar lakta (sa standardnom devijacijom od 0.34 sm) ima grešku mjerenja od 0.44 mm, a dijametar koljena (sa standardnom devijacijom od 0.75 cm) standardnu grešku mjerenja od 0.41 mm. Na osnovu prikazanih rezultata proizlazi da su standardne greške mjerenja relativno više kod onih varijabli koje imaju niske vrijednosti standardnih devijacija odnosno varijanci.

U tabeli 3 prikazane su procjene pouzdanosti mjerenja antropometrijskih varijabli učinjene na osnovu jednog, odnosno prvog mjerenja.

Korelacije između prvog mjerenja svake antropometrijske varijable i njene prave mjere prikazane su u koloni  $H_{IT}$ , kao indeks pouzdanosti prvog mjerenja.

U koloni  $H^2_{IT}$  navedene su kvadratne vrijednosti indeksa pouzdanosti, dakle koeficijenti pouzdanosti za jedno, tj. prvo mjerenje.

Inspekcijom vrijednosti ovog koeficijenta kod onih varijabli koje su mjerene tri puta može se zapaziti izrazito niska vrijednost  $H^2_{IT}$  koeficijenta kod širine šake (.884), dijametra lakta (.903) i opsega podlaktice (.941). Najviše vrijednosti nalaze se kod težine tijela, visine tijela, dužine noge i dužine ruke (.999\*).

Međutim, kod varijabli mjerenih šest puta najnižu vrijednost ima kožni nabor potkoljenice (.903), a najvišu kožni nabor trbuha i srednji opseg grudnog koša (.980).

Kod širine šake i dijametra lakta, mjerenih tri puta, koeficijent pouzdanosti  $H^2_{IT}$  je također vrlo nizak pa je očito da je, za pouzdanu procjenu tih antropometrijskih dimenzija, sasvim nedovoljno jedno jedino mjerenje.

Korelacije između prvog i drugog mjerenja svake varijable, kao mjera pouzdanosti, prikazane su u koloni test-retest (TR). Najniže korelacijske vrijednosti u test-retestu dobijene su kod širine šake i nabora potkoljenice (.930), a zatim, kod dijametra ručnog zgloba i dijametra lakta (.948) i nabora nadlaktice i nabora leđa (.970), dok

su najviše vrijednosti dobijene kod težine tijela (.99\*), visine tijela i dužine ruke (.998), kao i dužine noge (.996).

I kod ove mjere pouzdanosti karakteristično je da najnižu pouzdanost jednog mjerenja imaju širina šake i nabor potkoljenice, a zatim dijametar ručnog zgloba i dijametar lakta, što ukazuje na već spomenutu potrebu o promjeni dogovora o standardnim procedurama mjerenja antropometrijskih varijabli.

Određivanje pouzdanosti mjerenja učinjenog jednim ponovljenim mjerenjem (metodom test-retest) može biti pristrasna mjera pouzdanosti najviše zbog toga, što sistematska greška umjetno povećava veličinu pouzdanosti. Tako se dešava da korelacije dobivene metodom TR pokazuju više vrijednosti od vrijednosti pravih korelacija.

Standardne greške mjerenja, procijenjene na osnovu jednog, odnosno prvog mjerenja svake antropometrijske varijable, date su u fizikalnim mjernim jedinicama tih varijabli i prikazane u koloni  $SE_M$  tabele 3.

Realan uvid u veličinu standardne greške mjerenja jedne varijable može se dobiti prvenstveno njenim uspoređivanjem sa standardnom devijacijom (tabela 1) iste varijable, pri čemu je standardna greška mjerenja relativno veća u koliko je standardna devijacija te varijable manja. Tako je standardna greška mjerenja izrazito visoka kod širine šake gdje je skoro približna veličini stan-

Tabela 1

Red. br.	Antropometrijske mjere	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_3$	$\bar{x}_4$	$\bar{x}_5$	$\bar{x}_6$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	$\sigma_4$	$\sigma_5$	$\sigma_6$
1	TEZTIJ (kg)	69.21	69.21	69.21				7.82	7.82	7.82			
2	VISTIJ (cm)	172.1	172.1	172.1				6.53	6.52	6.53			
3	DUZNOG (cm)	97.70	97.71	97.72				4.87	4.84	4.85			
4	BIARAS (cm)	38.89	38.89	38.89				1.83	1.81	1.82			
5	BIKRAS (cm)	27.63	27.64	27.65				1.64	1.63	1.62			
6	NABNAD (mm)	7.30	7.39	7.34	7.37	7.40	7.38	3.34	3.29	3.31	3.29	3.28	3.26
7	NABLED (mm)	9.46	9.50	9.50	9.47	9.46	9.47	3.23	3.18	3.21	3.20	3.18	3.20
8	NABPAZ (mm)	8.37	8.37	8.42	8.47	8.45	8.46	3.60	3.58	3.54	3.53	3.52	3.51
9	OPSNAD (cm)	27.25	27.24	27.23				2.04	2.04	2.02			
10	OPSPOD (cm)	26.06	26.06	26.05				1.50	1.51	1.49			
11	OPSNAT (cm)	53.71	53.75	53.78				3.36	3.42	3.34			
12	OPSPOT (cm)	36.09	36.08	36.09				2.14	2.15	2.13			
13	DUZSAK (cm)	18.34	18.32	18.31				.90	.89	.90			
14	SIRSAK (cm)	8.58	8.54	8.56				.45	.44	.44			
15	NABTRB (mm)	10.73	10.66	10.73	10.68	10.66	10.66	4.88	4.92	4.88	4.87	4.85	4.84
16	NABPOT (mm)	6.71	6.68	6.72	6.71	6.67	6.71	2.16	2.14	2.11	2.08	2.07	2.06
17	SREOPS (cm)	92.61	92.64	92.63	92.64	92.62	92.65	5.08	5.09	5.02	5.04	5.04	5.04
18	DIJRUZ (cm)	5.58	5.57	5.58				.37	.36	.36			
19	DIJLAK (cm)	6.96	6.97	6.97				.34	.33	.34			
20	DIJKOL (cm)	9.30	9.31	9.32				.75	.75	.75			
21	DUZSTO (cm)	26.52	26.54	26.53				1.28	1.27	1.27			
22	SIRSTO (cm)	10.26	10.27	10.27				.62	.62	.61			
23	DUZRUK (cm)	74.34	74.34	74.35				3.66	3.66	3.66			

dardne devijacije. Iz toga proizlazi da samo jedno mjerenje ove varijable daje takvu grešku mjerenja, koja čini dobiveni rezultat teško upotrebljivim. Isto tako, ona je relativno visoka i kod opsega mjerenih na rukama i nogama, kao i kod biakromialnog raspona, bikristalnog raspona, dužine i širine stopala, dužine šake i dijametra zglobova.

Uspoređivanjem standardne greške dobivene kod jednog mjerenja (tabela 3) i standardne greške dobivene kod tri, odnosno šest mjerenja (tabela 2) može se zapaziti da su one, izuzev kod težine tijela, relativno znatno veće kod svih varijabli kada je primijenjeno samo jedno mjerenje. Ta razlika između ovako dobivenih standardnih grešaka mjerenja kod srednjeg opsega grudnog koša iznosi skoro 3 mm, a kod opsega potkoljenice, opsega natkoljenice i širine šake preko 1,5 mm. Otuda je, radi smanjenja  $SE_M$ , posebno kod ovih varijabli, nužno povećanje broja mjerenja.

Tabela 2

Red. br.	Antropometrijske mjere	n	$\bar{R}$	MSA	$\alpha$	SB	$SE_M$
1	TEZTIJ	3	.99*	.79	.995	.99*	.247
2	VISTIJ	3	.99*	.79	.988	.99*	.206
3	DUZNOG	3	.99*	.77	.966	.99*	.154
4	BIARAS	3	.99	.80	.996	.991	.100
5	BIKRAS	3	.99	.79	.994	.997	.089
6	NABNAD	6	.97	.95	.997	.995	.233
7	NABLED	6	.97	.96	.997	.995	.226
8	NABPAZ	6	.97	.95	.996	.995	.251
9	OPSNAD	3	.98	.80	.996	.993	.170
10	OPSPOD	3	.97	.79	.993	.990	.150
11	OPSNAT	3	.98	.79	.988	.993	.282
12	OPSPOT	3	.97	.79	.993	.990	.214
13	DUZSAK	3	.98	.79	.995	.990	.028
14	SIRSAK	3	.93	.78	.981	.976	.219
15	NABTRB	6	.98	.95	.997	.997	.267
16	NABPOT	6	.93	.95	.993	.988	.094
17	SREOPS	6	.99	.95	.990	.998	.226
18	DIJRUZ	3	.95	.79	.990	.983	.047
19	DIJLAK	3	.95	.79	.989	.983	.044
20	DIJKOL	3	.99	.80	.996	.997	.041
21	DUZSTO	3	.99	.80	.997	.997	.070
22	SIRSTO	3	.97	.80	.995	.990	.062
23	DUZRUK	3	.99*	.79	.987	.99*	.116

## 5. PRIJEDLOG ZA MODIFIKACIJU POSTUPKA PRI ANTROPOMETRIJSKIM MJERENJIMA

Iz dobivenih rezultata čini se očiglednom nužnost da se uvedu neke promjene u standardnu proceduru uzimanja antropometrijskih mjera.

Prije svega, sasvim je sigurno da se niti jedna antropometrijska dimenzija ne može sa dovolj-

nim stupnjem reprezentativnosti procijeniti malim brojem mjerenja, a pogotovo ne jednim jedinim mjerenjem.

Procjena neke antropometrijske dimenzije jednim jedinim mjerenjem ne samo da je nereprezentativna operacija, već može unijeti značajnu količinu slučajne i sistematske pogreške, kao što se vidi iz analiza sistematskih pogrešaka učinjenih

Tabela 3

Red. br.	Antropometrijske mjere	$H_{iT}$	$H_{iT}^2$	TR	$SE_M$
1	TEZTIJ	.99*	.9998	.99*	.247
2	VISTIJ	.99*	.9998	.998	.292
3	DUZNOG	.99*	.9998	.996	.308
4	BIARAS	.99	.980	.993	.153
5	BIKRAS	.99	.980	.991	.156
6	NABNAD	.98	.960	.970	.578
7	NABLED	.98	.960	.970	.559
8	NABPAZ	.98	.960	.973	.592
9	OPSNAD	.99	.980	.984	.258
10	OPSPOD	.97	.941	.972	.251
11	OPSNAT	.99*	.9998	.983	.451
12	OPSPOT	.98	.960	.971	.364
13	DUZSAK	.98	.960	.979	.130
14	SIRSAK	.94	.884	.930	.376
15	NABTRB	.99	.980	.985	.598
16	NABPOT	.95	.903	.930	.572
17	SREOPS	.99	.980	.990	.508
18	DIJRUZ	.96	.992	.948	.084
19	DIJLAK	.95	.903	.948	.078
20	DIJKOL	.99	.980	.988	.082
21	DUZSTO	.99	.980	.993	.107
22	SIRSTO	.98	.960	.973	.102
23	DUZRUK	.99*	.9998	.998	.164

pri mjerenju gotovo svih antropometrijskih dimenzija.

Iako su koeficijenti, odnosno indeksi pouzdanosti za mnoge antropometrijske dimenzije izmjerene po ovdje predloženoj proceduri znatni, oni su ipak za neke antropometrijske dimenzije nedovoljni ako je potrebno da se te dimenzije odrede vrlo točno. To osobito vrijedi za dužinu noge, dužinu ruke, širinu šake, opseg natkoljenice, dijametar lakta i visinu tijela.

Na ove antropometrijske dimenzije, osim slučajne pogreške, relativno veliki utjecaj imaju i sistematske greške mjerenja koje mogu dovesti do toga da se, uz prividno visoku pouzdanost, ove mjere procjenjuju ne samo na netočan, već i pogrešan način. Ako se uzme u obzir pouzdanost mjerenja pojedinih antropometrijskih dimenzija učinjenih samo jednim jedinim mjerenjem, sasvim je očito da je takav postupak nedopustiv za mjerenje nabora nadlaktice, nabora leđa i nabora pazuha, a naročito nabora potkoljenice. Isto tako,

taj je postupak sasvim nedopustiv za određivanje dijametra lakta, kao i opsega podlaktice i širine stopala. Zbog toga je, za ona istraživanja u kojima je nužno antropometrijske dimenzije odrediti vrlo točno, proceduru mjerenja predloženu u ovom istraživanju potrebno čak i nešto promijeniti.

Da bi se osigurala potrebna reprezentativnost ni jedna antropometrijska varijabla ne bi se smjela mjeriti manje od šest puta. Time bi se, za one antropometrijske mjere kod kojih je pogreška mjerenja relativno visoka, kao što su skeletalne mjere koje imaju malu varijancu, i pouzdanost mjerenja znatno popravila. Ako je potrebno da ta pouzdanost bude i veća nego što je ona koja je dobivena u ovom istraživanju, za neke antropometrijske dimenzije broj mjerenja morao bi biti i veći od šest puta.

Prema tome, za znanstvena istraživanja bi vjerojatno trebalo uvesti proceduru po kojoj se sve mjere uzimaju šest puta, sudjelovanjem šest različitih mjerilaca koji nisu informirani o rezultatu mjerenja što ga je postigao prethodni mjerilac. Na taj bi se način izbjegla sistemska pogreška mjerenja koja u mnogim antropometrijskim istraživanjima ima znatno negativnije učinke od slučajnih pogrešaka.

Standardne bi pogreške mjerenja, izražene u fizikalnim veličinama, za neke antropometrijske mjere unatoč ovoj proceduri ostale relativno velike. One bi se, naravno, mogle smanjiti daljnjim povećanjem broja mjerenja; međutim, čini se da bi suviše veliki broj mjerenja mogao proizvesti pogreške drugog tipa koje je u ovaj čas teško predvidjeti. Među njima su i one greške koje su posljedica stava ispitanika prema mjerenju, umora mjerioca, i pogreške koje su neizbježne zbog toga što kod vrlo velikog broja mjerenja postoji vjerojatnost promjena točnosti samih mjernih instrumenata, ako se oni ne podvrgavaju redovitoj i čestoj kontroli. Prema tome, predloženi standard od šest mjerenja po antropometrijskoj dimenziji nije idealan već samo kompromisno optimalan sistem za dobivanje točnih antropometrijskih podataka<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Rezultati ovog eksperimenta očito se mogu generalizirati samo na pravu pouzdanost nepromijenjenih antropometrijskih veličina, odnosno onih koje su izmjerene u određenim, relativno kratkim vremenskim intervalima.

Eksperiment nije bio zamišljen ni proveden tako da omogućiti procjenu stupnja generalizacije na antropometrijske mjere koje mogu varirati u funkciji doba dana, aktivnosti samoga ispitanika ili u funkciji mogućih promjena u dužim vremenskim intervalima. Za takvu generalizaciju potrebno je uvesti u eksperiment izvore varijabiliteta koji proističu uslijed promjene antropometrijskih mjera prouzrokovanih djelovanjem ovih činilaca.

Takva istraživanja su bez sumnje potrebna i vjerojatno će biti provedena u daljnjem toku ovog istraživačkog programa.

Po sebi se razumije da za mnoga područja primijenjene antropometrije nije potrebna osobita točnost mjerenja, tj. dovoljna je ona točnost koja se dobiva korektnom primjenom tehnike mjerenja koju preporučuje Internacionalni biološki program. Kako, međutim, ovaj program, osim tehnike mjerenja, ne preporučuje i procedure mjerenja, pa ni eventualni nužni broj mjerenja određene varijable, neophodno je da time bude dopunjen. Pri tome, polazeći od greški koje se čine pri mjerenju, u osnovni standard u proceduri mjerenja koji podrazumijeva jedno mjerenje svake pojedine varijable treba unijeti obavezu, kao što je to uobičajeno za kožne nabore, da se i transverzalne dimenzije skeleta mjere tri puta.

Poseban problem je tehnika izračunavanja stvarnog rezultata dobivenog mjerenja. Iako vrijednost pojedinih mjerenja ne varira znatno kada ih učini jedan jedini mjerilac, ta vrijednost može znatno varirati, ako, da bi se izbjegle sistemske pogreške mjerenja, mjerenja vrši više mjerilaca.

Izgleda da bi za određivanje stvarne vrijednosti izmjerene dimenzije mogle biti primijenjene dvije različite procedure.

Procedura koju su predložili Zakrajšek, Hošek, Momirović i Stojanović (1974) jednostavnija je, ali ne penalizira dovoljno moguće ekstremne pogreške koje pri pojedinim mjerenjima učine pojedini mjerioci.

Procedura koja je predložena u ovom radu penalizira te pogreške i čini se, da je, barem teorijski, nešto efikasnija.

Međutim, u praksi će se sa obje procedure dobiti gotovo jednaki rezultati; a kako je pri obradi podataka na elektronskom računalu sasvim svejedno koja se metoda izračunavanja rezultata primjenjuje, izbor ma koje od ovih metoda može biti stvar osobne odluke istraživača, iako su autori ovog rada skloniji da preporuču proceduru koja je ovdje primijenjena<sup>4</sup>.

## 6. ZAKLJUČAK

Na uzorku, reprezentativnom za ovu vrstu istraživanja, koji je obuhvatio 737 ispitanika muškog spola od 19 do 27 godina, procijenjena je po-

<sup>4</sup> U stvari, za mnoge antropometrijske mjere neće biti velike razlike između obje metode koje se osnivaju na ponderiranju rezultata dobijenih većim brojem mjerenja i rezultata koji se dobijaju jednostavnom sumacijom rezultata i uzimanjem njihovog prosjeka. Iako ova posljednja metoda ne daje optimalnu vrijednost izmjerene dimenzije, pri onim praktičnim primjenama antropometrijskih mjerenja u kojima nije potrebna posebna točnost i metoda jednostavnog prosjeka može biti primijenjena pod uslovom da mjerenja izvode vrlo dobro uvježbani mjerioci na potpuno standardiziran način i sa vrlo točnim antropometrijskim instrumentarijem.

uzdanost mjerenja 23 primijenjene antropometrijske varijable. Sve varijable mjerene su tri puta, izuzev kožnih nabora i srednjeg opsega grudnog koša, koji su mjereni šest puta, pri čemu je sva mjerenja izvršilo pet mjerilaca. Na temelju tako dobivenih podataka procijenjena je pouzdanost mjerenja, te se može zaključiti slijedeće:

(1) Kod svih varijabli, izuzev težine tijela, nađene su izvjesne manje razlike između aritmetičkih sredina i standardnih devijacija između pojedinih mjerenja. Ove razlike, iako relativno male, u biti su nešto veće kod širine šake i dijametara zglobova, zbog malog varijabiliteta ovih mjera. Nešto su veće razlike i kod kožnih nabora i srednjeg opsega grudnog koša;

(2) Prosječne korelacije ( $R$ ), iako su za većinu varijabli visoke, za širinu šake i kožnog nabora potkoljenice, kao i dijametara ručnog zgloba i lakta su nedopustivo niske;

(3) Koeficijent reprezentativnosti mjerenja (MSA) najniži je kod dužine noge i širine šake. Međutim, kožni nabori i srednji opseg grudnog koša, koji su mjereni šest puta, imaju relativno visok koeficijent reprezentativnosti, iako su te varijable poznate po većim greškama mjerenja;

(4) Indeks generalizacije, analogan Cronbachovom  $\alpha$ -koeficijentu, iako općenito vrlo visok, dosta je nizak kod dužine noge i širine šake, a među varijablama mjerenim šest puta, kod srednjeg opsega grudnog koša i nabora potkoljenice;

(5) SB-koeficijent pouzdanosti mjerenja je nizak kod širine šake, dijametara ručnog zgloba i lakta, a među varijablama mjerenim šest puta kod nabora potkoljenice. Na veličinu ovog koeficijenta mogu, u smjeru njegova umjetnog povećanja, djelovati sistematske pogreške mjerenja;

(6) Standardna pogreška mjerenja ( $SE_m$ ), dobivena pomoću generaliziranog Spearman-Brownovog koeficijenta pouzdanosti, izražena je kod svih varijabli; međutim, uspoređena sa standardnom devijacijom iste varijable, relativno je visoka kod manjih segmenata longitudinalne dimenzionalnosti tijela i dijametara zglobova, a naročito je visoka kod širine šake;

(7) Procjena pouzdanosti mjerenja na osnovu jednog, odnosno prvog, mjerenja ukazuje na relativno visoke greške mjerenja učinjenih na ovaj način. Kvadrirane vrijednosti indeksa pouzdanosti ( $H^2_r$ ) izrazito su niske kod širine šake, dijametara lakta i opsega podlaktice, kao i kod kožnog nabora potkoljenice. Najniže korelacijske vrijednosti (test-retest) nalaze se kod širine šake i nabora potkoljenice, a zatim kod dijametara ručnog zgloba i lakta. Standardna greška mjerenja izrazito je visoka kod širine šake, a relativno visoka kod opsega mjerenih na rukama i nogama, kao i kod svih varijabli sa malim varijancama. Pritom, standardne greške mjerenja, dobijene kod jednog mjerenja i upoređene sa greškama ako su izvr-

šena tri, odnosno šest mjerenja, relativno su znatno veće.

Na osnovu procjene pouzdanosti mjerenja očigledno je da se ni jedna antropometrijska mjera ne može sa dovoljnim stupnjem reprezentativnosti procijeniti s malim brojem mjerenja, a pogotovo ne samo jednim jedinim mjerenjem, jer se time unosi značajna količina slučajne i sistematske pogreške. I kod procedure u kojoj su primijenjena tri mjerenja, iako su koeficijenti, odnosno indeksi pouzdanosti za mnoge antropometrijske varijable relativno znatni, za neke od njih su nedovoljni, posebno za dužinu noge, dužinu ruke, širinu šake, opseg natkoljenice, dijametar lakta i visinu tijela. Međutim, pouzdanost mjerenja, kada se procjena vrši na osnovu samo jednog mjerenja, u toj je mjeri niska da je taj postupak nedopustiv za određivanje kožnih nabora, posebno nabora potkoljenice, kao i dijametara lakta, opsega podlaktice i širine stopala. Otuda je, da bi se postigla potrebna reprezentativnost, neophodan veći broj mjerenja svake varijable. Za znanstvena istraživanja je potrebno uvesti proceduru po kojoj se sve antropometrijske varijable uzimaju šest puta od strane šest mjerilaca, čime se značajno ograničava sistematska pogreška mjerenja. Za područja primijenjene antropometrije u kojima je dovoljna ona točnost koja se dobiva već korektnom primjenom izabranog standardnog metoda mjerenja, jedno mjerenje može biti dovoljno, uz obavezu da se, kao što je to uobičajeno za kožne nabore, i transversalne dimenzije skeleta mjere tri puta.

Za određivanje stvarne vrijednosti izmjerene dimenzije, kod više ponovljenih mjerenja, mogu se primijeniti dvije različite procedure. Prvi postupak podrazumijeva transformaciju rezultata u prvu glavnu komponentu standardiziranih mjerenja, a drugi, primijenjen u ovom radu, zasniva se na određivanju prve vlastite vrijednosti i vektora matrice kovarijanci mjerenja, reskaliranih na antiimage metriku. Rezultati, dobijeni mjerenjem neke antropometrijske dimenzije definirani su kao projekcije vektora mjerenja na prvi vlastiti vektor. Iako se u praksi dobivaju gotovo jednaki rezultati, druga procedura oštrije penalizira greške mjerenja.

U cjelini uzeto, da bi se antropometrijske mjere procijenile sa dovoljnim stupnjem reprezentativnosti, obaveznim u znanstvenim istraživanjima, neophodno je da svaka varijabla bude mjerena šest puta od strane šest mjerilaca. Za područje primijenjene antropometrije može biti dovoljno i jedno korektno sprovedeno mjerenje, uz obavezu da se i transversalne dimenzije skeleta mjere tri puta, kako je to uobičajeno i za kožne nabore. Kako Internacionalni biološki program sadrži samo preporuku neposredne metode mjerenja antropometrijskih varijabli, a ne i proceduru mjerenja ni eventualni nužni broj mjerenja svake varijable, bilo bi korisno da ovim bude dopunjen.

## 7. LITERATURA

1. Medved, R., K. Momirović i V. Pavišić: Objektivnost, pouzdanost i diskriminativnost nekih antropometrijskih varijabli. (neobjavljen rad, 1970).
2. Momirović, K. (i suradnici): Faktorska analiza antropometrijskih varijabli. Institut za kineziologiju, Zagreb, 1969.
3. Munro, A., A. Joffe and J. S. Ward: An analysis of the errors in certain anthropometric measurements. *Int. Z. Physioc.*, Vol. 23, 93—106.
4. Tittel, K., und H. Wutscherk: *Sportanthropometrie*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1972.
5. Vandervael, F. *Biometrie Humaine*. Desoer-Masson, Liege — Paris, 1964.
6. Vukosavljević, R.: Fizička kultura i njen značaj za opštenarodnu obranu. Prvi jugoslavenski simpozijum o fizičkoj kulturi odraslih, Zbornik radova, Šibenik, 1971.
7. Weiner, J. S., J. A. Lourie: *Human biology, guide to field methods*. Blackwell scientific publications, Oxford and Edinburgh, 1969.
8. Zakrajšek, E., A. Hošek, K. Momirović i M. Stojanović: O nekim izvorima pogrešaka pri antropometrijskim mjerenjima. Referat na 13. kongresu antropologa Jugoslavije, Smederevo, 1974.