

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Denis JEZERNIK

**ANALIZA SESTAVE TELESA VZORCA ODRASLE ŽENSKE
POPULACIJE
Z ANTROPOMETRIJO IN Z METODO MERJENJA
BIOELEKTRIČNE PREVODNOSTI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**BODY COMPOSITION ASSESSMENT OF YOUNG FEMALE ADULTS
USING ANTHROPOMETRY AND BIOELECTRICAL IMPEDANCE
ANALYSIS**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija Biologije. Opravljeno je bilo na Katedri za antropologijo Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Meritve so potekale v okviru NATO-vega projekta, Znanje za varnost in mir, pod vodstvom prof. dr. Igorja B. Mekjavića. Raziskavo smo izvedli v laboratoriju na Odseku za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko na Institutu Jožef Stefan in v antropometričnem laboratoriju v vojašnici Ankaran.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Tatjano Tomazo Ravnik.

Komisija za zagovor in oceno diplomske naloge:

Predsednik: prof. dr. Boris BULOG
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Marija ŠTEFANČIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: doc. dr. Tatjana TOMAZO RAVNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 20.6.2007

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Denis Jezernik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)

ŠD	Dn
DK	UDK 572.512-057.36(043.2)=863
KG	sestava telesa / telesna masa / odstotek maščevja / bioelektrična impedančna analiza / BIA / antropometrija / antropometrija nadlahti / vojaki / vojakinje / obsegi telesa / kožne gube
AV	JEZERNIK, Denis
SA	TOMAZO RAVNIK, Tatjana (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI	2007
IN	ANALIZA SESTAVE TELESA VZORCA ODRASLE ŽENSKÉ POPULACIJE Z ANTROPOMETRIJO IN Z METODO MERJENJA BIOELEKTRIČNE PREVODNOSTI
TD	DIPLOMSKO DELO (Univerzitetni študij)
OP	XIII, 77 str., 23 tab., 31 sl., 6 pril., 62 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	V diplomski nalogi obravnavamo dvokomponentno sestavo telesa ter sestavo telesa, določeno z metodo bioelektrične impedančne analize (BIA). Izmerili smo 34 pripadnic Slovenske vojske. Ugotovili smo visoke korelacije med parametri telesne sestave, določenimi z antropometrijo in z metodo bioelektrične impedančne analize, zato menimo, da sta obe metodi ustrezni za določitev sestave telesa. Odstotek maščevja merjenk je večji od pričakovanih vrednosti, ne glede na uporabljeno metodo. Mišična masa je presegala maso maščevja. Z antropometrijo nadlahti smo potrdili povečano količino maščevja pri naših merjenkah. Primerjava med rezultati naše skupine merjenk in skupinama slovenskih študentk (Zerbo-Šporin in Jakopič, obe 2002) ter skupino švicarskih merjenk (Kyle s sod., 2005) kaže, da obstajajo razlike v sestavi telesa med našimi merjenkami in ostalimi skupinami. S pomočjo antropometrijske metode po Zerbo-Šporin smo določili količino podkožnega maščevja in merjenke razdelili v tri fatorske skupine. Vrednosti indeksa pas – boki (IPB) kažejo, da imajo merjenke več maščevja v predelu bokov, vrednosti trupno okončinskega indeksa (TEI) pa, da imajo merjenke enakomerno porazdeljeno maščevje med trupom in okončinami. Predlagamo ponovne meritve sestave telesa na večjem vzorcu slovenskih vojakinj.

KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)

DN Dn

DC UDC 572.512-057.36(043.2)=863

CX body composition assessment / body mass / body fat percentage / bioelectrical impedance analysis / BIA / anthropometry / upper arm anthropometry / soldiers / female soldiers / circumferences / skinfolds

AU JEZERNIK, Denis

AA TOMAZO RAVNIK, Tatjana (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111

PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Biology

PY 2007

TI BODY COMPOSITION ASSESSMENT OF YOUNG FEMALE ADULTS
USING ANTHROPOMETRY AND BIOELECTRICAL IMPEDANCE
ANALYSIS

DT GRADUATION THESIS (University studies)

NO XIII, 77 p., 23 tab., 31 fig., 6 ann., 62 ref.

LA sl

AL sl/en

AB This graduation thesis deals with two-component body composition analysis using anthropometry and body composition assessed using bioelectrical impedance analysis (BIA). We measured a sample of 34 female adult soldiers of Slovenian army. Our results revealed strong correlation between anthropometrically determined body composition and body composition determined from bioelectrical impedance analysis. This indicates that both methods are appropriate for accurate assessment of body composition. The average percentage of total body fat determined was higher than expected, regardless of the method used. Measured muscle mass was higher than fat mass. Upper-arm anthropometry results confirmed higher amount of body fat than expected. By comparing our results with the results of similar groups – two different Slovenian female student samples (studies of Zerbo-Šporin and Jakopič, both 2002) and results of Swiss subjects sample (Kyle G. et al., 2005), we showed that assessed body composition differs from those studies. In our study we also estimated the quantity of subcutaneous fat by using a predictive equation, proposed by Zerbo-Šporin. This anthropometric method is based on 5 skinfolds and distributes subjects into three factor groups, according to amount of subcutaneous fat. Distribution of fat has been determined by waist-to-hip ratio (IPB) and by trunk-extremities index (TEI). IPB showed more fat was located on hips while TEI ratio revealed evenly distributed fat between trunk and extremities. Another study of Slovenian army female soldiers body composition on a larger sample is recommended.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO TABEL.....	VIII
KAZALO SLIK.....	IX
KAZALO PRILOG.....	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	XI
1. UVOD.....	1
1.1 CILJI IN NAMEN DIPLOMSKEGA DELA.....	2
2. PREGLED OBJAV.....	3
2.1 MODELI ZA DOLOČANJE SESTAVE TELESA.....	3
2.2 SPREMEMBE V SESTAVI TELESA MED ONTOGENEZO.....	5
2.3 METODE ZA DOLOČANJE SESTAVE TELESA.....	6
2.3.1 Denzitometrična metoda ali podvodno tehtanje.....	6
2.3.2 Določanje sestave telesa s pomočjo antropometrije.....	7
2.3.3 Pletizmografija – metoda izpodrivanja zraka.....	11
2.3.4 Dilucijske metode.....	12
2.3.5 Celotni telesni kalij.....	12
2.3.6 Nevtronska aktivacijska analiza.....	12
2.3.7 Dvoenergijska absorpciometrija z rentgenskimi žarki (DEXA).....	13
2.3.8 Magnetno resonančno slikanje (MRI) in metoda računalniške tomografije (CT).....	13
2.3.9 Metoda infrardeče spektroskopije (NIR).....	13
2.3.10 Ultrazvočna metoda.....	13
2.4 BIOELEKTRIČNA IMPEDANČNA ANALIZA (BIA).....	14
2.5 OBJAVE O SESTAVI TELESA V SLOVENIJI.....	20
3. MERJENKE IN METODE DELA.....	23
3.1 MERJENKE.....	23
3.2 METODE DELA.....	24
3.2.1 ANTROPOMETRIJSKE MERITVE.....	24
3.2.1.1 Uporabljeni antropometrijski merilni inštrumenti.....	24
3.2.1.2 Izmerjeni antropometrijski parametri, opis metod in načinov merjenja.....	25
3.2.2 BIOELEKTRIČNA IMPEDANČNA ANALIZA (BIA).....	27
3.2.2.1 Meritve bioelektrične impedance.....	30
3.2.3 IZRAČUNANI PARAMETRI.....	32
3.2.3.1 Antropometrični izračun gostote telesa, odstotka maščevja, mase maščevja in brezmaščobne mase.....	32
3.2.3.2 Antropometrični izračun ocene mišične mase iz popravljene mišične površine nadlahti (cAMA) po Heymsfieldu.....	32
3.2.3.3 Določanje količine podkožnega maščevja, predstavljene s faktorsko vrednostjo Z po Zerbo-Šporin.....	33
3.2.3.4 Antropometrija nadlahti.....	33
3.2.3.5 Indeks pas – boki (IPB).....	34

3.2.3.6	Trupno – okončinski indeks (TEI).....	34
3.2.3.7	Indeks telesne mase (ITM).....	35
3.2.4	STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV.....	35
4.	REZULTATI.....	37
4.1	OPISNA STATISTIKA IZMERJENIH IN IZRAČUNANIH PARAMETROV.....	37
4.2	SESTAVA TELESA, DOLOČENA Z ANTROPOMETRIJO IN Z METODO BIOELEKTRIČNE IMPEDANČNE ANALIZE (BIA).....	40
4.2.1	PRIMERJAVA MASE MAŠČEVJA IN BREZMAŠČOBNE MASE, DOLOČENIH Z ANTROPOMETRIJO IN Z METODO BIA.....	40
4.2.2	KORELACIJE MED ANTROPOMETRIJSKIMI PARAMETRI.....	41
4.2.3	KORELACIJE MED PARAMETRI TELESNE SESTAVE, DOLOČENIMI Z BIA METODO.....	42
4.2.4	PRIMERJAVA DEJANSKE KOLIČINE MIŠIČJA IN OCENJENE KOLIČINE MIŠIČJA, IZRAČUNANE IZ POPRAVLJENE MIŠIČNE POVRŠINE NADLAHTI (cAMA).....	43
4.2.5	ZANESLJIVOST OCENE SESTAVE TELESA – POVEZANOST ANTROPOMETRIJSKE METODE IN METODE BIA.....	44
4.2.6	PRIMERJAVA OBRAVNAVANE SKUPINE MERJENK Z OSTALIMI SKUPINAMI.....	45
4.2.6.1	Rezultati meritev sestave telesa z antropometrijo in z BIA metodo skupine slovenskih študentk – vzorec Zerbo-Šporin, 2002.....	45
4.2.6.2	Rezultati meritev sestave telesa z BIA metodo skupine slovenskih študentk – vzorec Jakopič, 2002.....	45
4.2.6.3	Rezultati BIA meritev skupine švicarskih merjenk.....	46
4.2.6.4	Razlike med obravnavano skupino vojakinj in skupino slovenskih študentk – vzorec Zerbo-Šporin, 2002.....	46
4.2.6.5	Razlike med obravnavano skupino vojakinj in skupino švicarskih merjenk.....	47
4.2.6.6	Indeks telesne mase (ITM).....	48
4.3	KOLIČINA PODKOŽNEGA MAŠČEVJA, PREDSTAVLJENA S FAKTORSKO VREDNOSTJO Z PO ZERBO – ŠPORIN.....	49
4.3.2	PRIMERJAVA OBRAVNAVANE SKUPINE MERJENK Z OSTALIMI SKUPINAMI.....	50
4.3.2.1	Rezultati Jakopič (2002).....	50
4.3.3	PRIMERJAVA FREKVENČNIH PORAZDELITEV V SKUPINE »Z« MED OBRAVNAVANO SKUPINO MERJENK Z OSTALIMA SKUPINAMA.....	51
4.4	ANTROPOMETRIJA NADLAHTI.....	52
4.4.1	PRIMERJAVA REZULTATOV OBRAVNAVANE SKUPINE MERJENK Z REFERENČNIMI VREDNOSTMI.....	52
4.5	INDEKS PAS – BOKI (IPB).....	55
4.5.2	PRIMERJAVA OBRAVNAVANE SKUPINE MERJENK Z OSTALIMA SKUPINAMA.....	56
4.5.2.1	Rezultati Zerbo-Šporin (2002) in Jakopič (2002).....	56

4.5.3	PRIMERJAVA FREKVENČNIH PORAZDELITEV V SKUPINE IPB MED OBRAVNAVANO SKUPINO MERJENK IN OSTALIMA SKUPINAMA.....	57
4.6	TRUPNO EKSTREMITETNI INDEKS (TEI).....	58
4.6.2	PRIMERJAVA OBRAVNAVANE SKUPINE MERJENK S SKUPINO ŠTUDENTK.....	59
4.6.2.1	Rezultati Zerbo-Šporin (2002).....	59
4.6.3	PRIMERJAVA FREKVENČNIH PORAZDELITEV V SKUPINE TEI MED OBRAVNAVANO SKUPINO MERJENK IN SKUPINO ŠTUDENTK.....	60
5.	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	61
5.1	RAZPRAVA.....	61
5.1.1	Starost, telesna višina in telesna masa.....	61
5.1.2	Sestava telesa, določena na osnovi antropometrijskih meritev.....	61
5.1.3	Korelacije med antropometrijskimi parametri.....	62
5.1.4	Sestava telesa, določena z bioelektrično impedančno analizo.....	62
5.1.5	Korelacije med parametri telesne sestave, določenimi z BIA metodo.....	63
5.1.6	Razlike v sestavi telesa, določene z BIA metodo in antropometrijo.....	64
5.1.7	Primerjava obravnavane skupine merjenk z ostalimi skupinami.....	65
5.1.8	Količina podkožnega maščevja, določena z antropometrijsko metodo po Zerbo – Šporin.....	66
5.1.9	Antropometrija nadlahti.....	66
5.1.10	Indeks pas – boki in trupno – okončinski indeks.....	66
5.2	SKLEPI.....	68
6.	POVZETEK.....	69
7.	VIRI.....	71
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO TABEL

Tabela 2.1:	Stopnja tveganja za zdravje glede na vrednost IPB.....	8
Tabela 3.1:	Starostna sestava vzorca.....	23
Tabela 4.1:	Opisna statistika starosti in izmerjenih antropometrijskih parametrov: telesne višine in mase, telesnih obsegov in debelin kožnih gub.....	38
Tabela 4.2:	Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov, dobljenih z BIA analizatorjem Akern STA/BIA.....	38
Tabela 4.3:	Opisna statistika izračunanih parametrov.....	39
Tabela 4.4:	Korelacije med antropometrijskimi parametri.....	42
Tabela 4.5:	Korelacije med parametri telesne sestave.....	42
Tabela 4.6:	Opisna statistika za parametre cAMA in oceno mase in odstotka mišičja iz cAMA.....	43
Tabela 4.7:	Parametri telesne sestave slovenskih študentk – vzorec Zerbo-Šporin, 2002.....	45
Tabela 4.8:	Parametri telesne sestave slovenskih študentk – vzorec Jakopič, 2002.....	45
Tabela 4.9:	Parametri BIA analize švicarskih merjenk (Kyle s sod., 2005).....	46
Tabela 4.10:	Razlike v značilnostih spremenljivk med slovenskimi študentkami (Zerbo-Šporin, 2002) in obravnavano skupino vojakinj (2007).....	46
Tabela 4.11:	Razlike v parametrih sestave telesa med švicarskimi merjenkami (Kyle s sod., 2005) in obravnavano skupino vojakinj (2007).....	47
Tabela 4.12:	Opisna statistika parametra ITM, primerjava rezultatov majhnih vzorcev slovenskih študentk – Jakopič (2002) in slovenskih vojakinj ter rezultatov velikega vzorca švicarskih merjenk.....	48
Tabela 4.13:	Povprečne vrednosti in standardne deviacije izmerjenih kožnih gub, ki so vključene v enačbo za izračun faktorske vrednosti Z.....	49
Tabela 4.14:	Frekvence merjenk v faktorskih skupinah Z.....	49
Tabela 4.15:	Opisna statistika vrednosti Z, rezultati Jakopič (2002) in rezultati obravnavanega vzorca.....	50
Tabela 4.16:	Rezultati meritev antropometrije nadlahti.....	52
Tabela 4.17:	Normativi antropometrije nadlahti, Frisancho (1990).....	52
Tabela 4.18:	Frekvence merjenk v skupinah IPB.....	55
Tabela 4.19:	Opisna statistika vrednosti parametra IPB – primerjava rezultatov vzorcev študentk Zerbo-Šporin in Jakopič ter vojakinj.....	56
Tabela 4.20:	Frekvence merjenk v skupinah TEI.....	58
Tabela 4.21:	Opisna statistika vrednosti indeksa TEI, primerjava rezultatov med vzorcem študentk – Zerbo-Šporin in vzorcem vojakinj.....	59

KAZALO SLIK

Slika 2.1:	Modeli telesne sestave.....	4
Slika 2.2:	Spremembe v sestavi telesa med fetalnim razvojem.....	5
Slika 2.3:	Merilni sistem pletizmografije – metode izpodrivanja zraka.....	11
Slika 2.4:	Shema valjastega prevodnika homogene zgradbe.....	14
Slika 2.5:	Shema električnega kroga, ki ponazarja električne lastnosti bioloških tkiv.....	15
Slika 2.6:	Diagram zveze med reaktanco in rezistenco kot funkciji frekvence.....	16
Slika 3.1:	Starostna sestava vzorca.....	23
Slika 3.2:	Antropometrijski merilni inštrumenti.....	25
Slika 3.3:	Analizator STA/BIA Akern Bioreserch.....	27
Slika 3.4:	BIAVECTOR nomogram.....	29
Slika 3.5:	BIAGRAM nomogram.....	30
Slika 3.6:	Kotomer.....	31
Slika 3.7:	Pravilni položaj merjenke.....	31
Slika 4.1:	Primerjava povprečnih ocen mase maščobnega tkiva – FM (kg), dobljenih z uporabo metode merjenja bioelektrične impedance (BIA) in z antropometrijo (jp80 Siri1, jp80 Siri2).....	40
Slika 4.2:	Primerjava povprečnih ocen mase brezmaščobne telesne komponente – FFM (kg), dobljenih z uporabo metode merjenja bioelektrične impedance (BIA) in z antropometrijo (jp80 Siri1, jp80 Siri2).....	41
Slika 4.3:	Primerjava povprečnih ocen odstotka maščevja (%FM) in odstotka mišičja (%MM).....	43
Slika 4.4:	Korelacijski prikaz povezanosti med FM BIA in FMjp80 Siri1.....	44
Slika 4.5:	Korelacijski prikaz povezanosti med FM BIA in FMjp80 Siri2.....	44
Slika 4.6:	Deleži merjenk v faktorskih skupinah Z.....	50
Slika 4.7:	Vretenast diagram prikazuje primerjavo vrednosti Z (po Zerbo-Šporin) med vzorcema študentk in vojakinj.....	50
Slika 4.8:	Primerjava frekvenčnih porazdelitev v skupine za parameter Z med tremi vzorci.....	51
Slika 4.9:	Vretenast diagram – primerjava površine nadlahti.....	53
Slika 4.10:	Vretenast diagram – primerjava mišične površine nadlahti.....	53
Slika 4.11:	Vretenast diagram – primerjava maščobne površine nadlahti.....	54
Slika 4.12:	Vretenast diagram – primerjava odstotka maščevja roke.....	54
Slika 4.13:	Deleži merjenk v skupinah IPB.....	55
Slika 4.14:	Vretenast diagram – primerjava vrednosti indeksa IPB med skupinama študentk in vojakinj.....	56
Slika 4.15:	Primerjava frekvenčnih porazdelitev v skupine za parameter IPB med tremi vzorci.....	57
Slika 4.16:	Deleži merjenk v skupinah TEI.....	58
Slika 4.17:	Vretenast diagram – primerjava vrednosti trupno ekstremitetnega indeksa (TEI) med skupinama študentk in vojakinj.....	59
Slika 4.18:	Primerjava frekvenčnih porazdelitev v skupine TEI med vzorcema študentk in vojakinj.....	60

KAZALO PRILOG

Priloga A: Antropometrični list

Priloga B: Vzorčni primer poročila o sestavi telesa, določeni z BIA analizatorjem Akern

Priloga C: Izmerjeni antropometrijski parametri za posameznice (1)

Priloga Č: Izmerjeni in izračunani parametri za posameznice, dobljeni z BIA metodo (2)

Priloga D: Izračunani parametri za posameznice (3)

Priloga E: Izračunani parametri za posameznice (4)

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

POJMI, POVEZANI S TELESNO SESTAVO

BD (g/cm ³)	telesna gostota, angl. body density
FM (kg)	masa maščevja, masa telesnega maščevja, angl. fat mass
%FM (%)	odstotek telesnega maščevja
%BF (%)	odstotek telesnega maščevja, angl. body fat
FFM (kg)	brezmaščobna telesna masa, brezmaščobna telesna komponenta, angl. fat free mass
%FFM (%)	odstotek brezmaščobne telesne mase
MM (kg)	masa mišičja, angl. muscle mass
%MM (%)	odstotek mišičja
BIA	bioelektrična impedančna analiza, angl. bioelectrical impedance analysis
TBW (l)	celotna telesna voda, angl. total body water
%TBW (%)	odstotek celotne telesne vode
BCM (kg)	masa telesnih celic, angl. body cell mass
%BCM (%)	odstotek mase telesnih celic
Rz (Ω)	upornost, rezistenca, angl. resistance
Xc (Ω)	reaktanca, angl. reactance
Z (Ω)	impedanca, angl. impedance
PA (stopinj, °)	fazni kot, angl. phase angle
DEXA (DXA)	dvoenergetska absorpciometrija z x-žarki, angl. dual-energy x-ray absorptiometry
Z	faktorska vrednost Z po Zerbo – Šporin
F.V.	faktorska vrednost
A (cm ²)	površina nadlahti, angl. upper arm area
M (cm ²)	mišična površina nadlahti, angl. upper arm muscle area
F (cm ²)	maščobna površina nadlahti, angl. upper arm fat area
FI% (%)	odstotek maščevja roke, angl. arm fat index
cAMA (cm ²)	popravljen mišična površina nadlahti, angl. corrected arm muscle area
IPB	indeks pas – boki, razmerje med obsegom pasu in bokov, angl. waist – hip ratio: WHR
TEI	trupno – okončinski indeks, trupno – ekstremitetni indeks, razmerje med trupnimi in okončinskimi kožnimi gubami, angl. trunk – extremities index (ratio): TEI (TER)
ITM	indeks telesne mase, angl. body mass index – BMI

ANTROPOMETRIČNE MERE IN STAROST

STA (leta)	starost
TV (cm)	telesna višina
TM (kg)	telesna masa
ONadl (cm)	obseg nadlahti, obseg relaksirane nadlahti
OP (cm)	obseg pasu
OB (cm)	obseg bokov
KGTri (mm)	kožna guba na tricepsu
KGSubs (mm)	subskapularna kožna guba
KGSupil (mm)	suprailiakalna kožna guba
KGAb (mm)	abdominalna kožna guba, kožna guba na trebuhu (horizontalno)
KGS (mm)	stegenska kožna guba (sredinska)
KGG (mm)	golenska kožna guba (mediano)

MERE SESTAVE TELESA

FM BIA (kg)	masa maščevja, določena z metodo BIA
%FM BIA (%)	odstotek maščevja, določen z metodo BIA
FFM BIA (kg)	brezmaščobna telesna masa, določena z metodo BIA
%FFM BIA (%)	odstotek brezmaščobne mase, določen z metodo BIA
MM BIA (kg)	masa mišičja, določena z metodo BIA
%MM BIA (%)	odstotek mišičja, določen z metodo BIA
TBW BIA (l)	celotna telesna voda, določena z metodo BIA
%TBW BIA (%)	odstotek celotne telesne vode, določen z metodo BIA
BCM BIA (kg)	masa telesnih celic, določena z metodo BIA
%BCM BIA (%)	odstotek mase telesnih celic, določen z metodo BIA
BDjp80 (g/cm ³)	telesna gostota, izračunana po Jacksonu in Pollocku 1980
%BFjp80 Siri1 (%)	odstotek maščevja, izračunan po Jacksonu in Pollocku 1980, dobljen s pretvorbo po Sirijevi formuli 1 (enačba št. 2)
FMjp80 Siri1 (kg)	masa maščevja, izračunana po Jacksonu in Pollocku 1980, dobljena s pretvorbo po Sirijevi formuli 1 (enačba št. 2)
FFMjp80 Siri1 (kg)	brezmaščobna masa, izračunana po Jacksonu in Pollocku 1980, dobljena s pretvorbo po Sirijevi formuli 1 (enačba št. 2)
%FFMjp80 Siri1 (%)	odstotek brezmaščobne mase, izračunan po Jacksonu in Pollocku 1980, dobljen s pretvorbo po Sirijevi formuli 1 (enačba št. 2)
%BFjp80 Siri2 (%)	odstotek maščevja, izračunan po Jacksonu in Pollocku 1980, dobljen s pretvorbo po Sirijevi formuli 2 (modificirana Sirijeva enačba, posebej primerna za odrasle belke; enačba št. 4)

FMjp80 Siri2 (kg)	masa maščevja, izračunana po Jacksonu in Pollocku 1980, dobljena s pretvorbo po Sirijevi formuli 2 (enačba št. 4)
FFMjp80 Siri2 (kg)	brezmaščobna masa, izračunana po Jacksonu in Pollocku 1980, dobljena s pretvorbo po Sirijevi formuli 2 (enačba št. 4)
%FFMjp80 Siri2 (%)	odstotek brezmaščobne mase, izračunan po Jacksonu in Pollocku 1980, dobljen s pretvorbo po Sirijevi formuli 2 (enačba št. 4)
MM (kg)	masa mišičja, dobljena iz cAMA (antropometrija nadlahti)
%MM (%)	odstotek mišičja, dobljen iz cAMA (antropometrija nadlahti)

STATISTIČNI POJMI

N	numerus, število oseb v vzorcu
min	minimalna vrednost, minimum
max	maksimalna vrednost, maksimum
VR	variacijski razmik
Xs	povprečna vrednost, povprečje
SE _{Xs}	standardna napaka povprečja
SD	standardni odklon, standardna deviacija
SE _{SD}	standardna napaka standardne deviacije
KV%	koeficient variabilnosti
SE _{KV%}	standardna napaka koeficienta variabilnosti
t	t – vrednost za testiranje razlik med povprečjema vzorcev
r	Pearsonov korelacijski koeficient
p	stopnja tveganja pri testiranju hipotez
sig.	značilnost

1. UVOD

Sestavo človeškega telesa lahko obravnavamo z različnih vidikov. Organizem kot celoto sestavljajo številni nivoji biološke organizacije: molekularni nivo, celični, tkivni, nivo organov ter nivo organskih sistemov. Za vsak posamezni nivo biološke organizacije je znano, da ima zapleteno zgradbo in delovanje, ki sta med seboj neločljivo povezana. Z vsakim prehodom na višji nivo, organiziranost pridobi nove lastnosti, ki niso zgolj seštevek lastnosti nižjega nivoja.

Že z opazovanjem same zunanje oblike telesa, opazimo izjemno raznolikost med posamezniki, enako velja tudi za dele telesa.

Človeško telo ima več razsežnosti. Oblikovanost telesa je rezultat skeletne proporcionalnosti ter količine in razporeditve mehkih tkiv, predvsem mišičja in podkožnega maščobnega tkiva (Tomazo-Ravnik, 1994).

Študij sestave telesa je veja fizične antropologije. Že antični filozofi so razmišljali o sestavi telesa in o razlikah med posamezniki. V renesansi so anatomi secirali trupla z namenom, da bi spoznali zgradbo telesa. V tem obdobju humanizma pa se je začela razvijati tudi antropometrija. S pomočjo antropometrije kvantitativno izražamo razsežnosti človeškega telesa. Eden izmed pionirjev te metode je gotovo Quetelet (1796-1874), čigar indeks razmerja med telesno maso in višino je še danes v uporabi kot indeks telesne mase.

Češki fizični antropolog Matiegka (1861-1932) je na podlagi proučevanja trupel in živih ljudi s pomočjo antropometrije razdelil telesno maso na štiri komponente: kožo s podkožnim maščevjem, kostno tkivo, mišično tkivo in ostanek (organi in drobovje).

Žal je bilo njegovo delo dolga desetletja spregledano (Tomazo-Ravnik, 1994).

V zahodnem svetu je prevladoval t.i. dvokomponentni model po Behnkeju (objavljen 1942), po katerem je telesna masa razdeljena na dva dela: na t.i. maščobno maso, ki je sestavljena iz maščevja (rezervno in esencielno maščevje) in brezmaščobno maso, kamor spada preostanek. Sem so zajeta vsa preostala tkiva in tekočine – tudi telesna voda, ki pri odraslih doprinese kar k 60-70% telesne mase.

Da bi pridobili kar največ podatkov o sestavi telesa, so v letu 1979/80 v Bruslju Clarys, Martin in Drinkwater izvedli obsežne analize sestave telesa na seriji 25 trupel. Ti rezultati so spodbudili ostale raziskovalce, da so začeli razvijati svoje metode za določanje sestave telesa. Za natančnejšo določitev sestave telesa je bil nujen razvoj tehnologij, ki to omogočajo. Razvoju številnih metod v 20. stoletju, je sledilo veliko število objav o sestavi telesa.

Sestava telesa se ne spreminja zgolj s starostjo in zaradi drugih vplivov (prehranjevanja, fizične aktivnosti), parametri telesne sestave se spremenijo tudi zaradi številnih bolezenskih stanj. Določene telesne sestave namreč povečujejo pogostost nekaterih obolenj in tako znižujejo pričakovano življenjsko dobo (Zerbo-Šporin, 2002).

Izmed vseh parametrov telesne sestave je količina maščevja tista, katero najpogosteje povezujejo z visokim tveganjem za zdravje. V ospredju skrbi za zdravje so največkrat bolezni, povezane s povečano količino maščevja, kot so srčno-žilna obolenja, povišan krvni tlak, razvoj sladkorne bolezni tipa II, nekatere oblike raka itd. V razvitem svetu opazamo trend povečevanja telesne mase na račun povečevanja količine maščevja, na drugi strani pa je zaskrbljujoče tudi naraščanje primerov bolezni, ki so povezane z motnjami hranjenja, zlasti med mladimi ženskami. Poleg duševnih vzrokov so pri teh

boleznih očitne tudi spremembe v telesni sestavi. Tukaj igra pomembno vlogo znižana količina maščevja, še bolj pa spremembe v brezmaščobni telesni komponenti.

Določanje sestave telesa na podlagi dvokomponentnega modela ostaja zaradi pomena količine maščevja tako še po več kot petdesetih letih uporabe še vedno pomembno, zlasti v praksi za analizo zdravstvenega stanja.

Tudi športnikom določajo količino maščevja med pripravami in treningom. Dandanes, v informacijski družbi, je nujno zavedanje o pravilni prehrani in pomembnosti gibanja ter fizične aktivnosti. Pomembno je objektivno obveščanje javnosti o posledicah prekomernega vnosa hrane in o koristih, povezanih z zdravim načinom življenja.

Vsak posameznik se mora zavedati, da lahko sam s svojim načinom življenja prispeva k boljšemu zdravstvenemu stanju.

1.1 CILJI IN NAMEN DIPLOMSKEGA DELA

V diplomski nalogi smo obravnavali dvokomponentno telesno sestavo pripadnic Slovenske vojske, ki predstavljajo vzorec odrasle ženske populacije. Cilji naloge so bili določiti parametre telesne sestave merjenk s pomočjo antropometrije in z metodo bioelektrične impedančne analize. Rezultate, ki smo jih dobili z uporabo obeh metod, smo uporabili za ugotavljanje primerljivosti obeh uporabljenih metod.

Za ugotavljanje količine podkožnega maščevja smo uporabili še regresijsko enačbo po Zerbo-Šporin. Za opis merjenk smo uporabili še nekatere druge kriterije zamaščenosti telesa, ki temeljijo na telesnih obsegih in razmerju debelin kožnih gub, ter antropometrijo nadlahti. Kriterije zamaščenosti smo skušali povezati z rezultati, dobljenimi z analizo sestave telesa.

Namen dela

- Ugotoviti referenčne vrednosti in njihov razpon za posamezne pokazatelje sestave telesa, določene z antropometrijsko metodo in z metodo bioelektrične impedančne analize pri vzorcu odrasle ženske populacije.
- Primerjati izmerjene in izračunane vrednosti s primernimi odraslimi ženskimi skupinami.
- Ugotoviti korelacije med parametri sestave telesa, določenimi z antropometrijo in z metodo bioelektrične impedančne analize (BIA).

V skladu z nameni diplomskega dela so bile postavljene naslednje hipoteze:

Predvidevamo, da bo količina maščevja v okviru predvidenih vrednosti.

Predvidevamo višjo vrednost maščobne mase (FM) v nasprotju z mišično maso (MM).

Predvidevamo razlike v vrednostih maščobne mase (FM) in mišične mase (MM) po različnih metodah merjenja.

Predvidevamo razlike med skupinami primernih populacij in obravnavanim vzorcem vojakinj. Obravnavane merjenke bodo imele višje vrednosti maščobne mase (FM).

2. PREGLED OBJAV

2.1 MODELI ZA DOLOČANJE SESTAVE TELESA

Na samem začetku raziskav sestave telesa so uporabljali direktne metode – metodo biopsije tkiv in sekcije trupel. Analiza tkiv, dobljenih z biopsijo je prispevala velik delež k poznavanju strukture in funkcije delov človeškega telesa. Biopsija je odstranitev majhnega koščka tkiva iz telesa in je enostavna, vendar invazivna metoda. Natančne analize majhnega koščka tkiva so z današnjimi tehnologijami možne, največji problem predstavlja težavna ekstrapolacija podatkov s koščka tkiva na celoten organ in kasnejša interpretacija rezultatov.

Težavna je že ekstrapolacija na nivo organa, še bolj pa na nivo celotnega organizma. Prav ekstrapolacija je vir napak pri določanju sestave telesa, vendar je bila večina naših podatkov o sestavi telesa pridobljena na tak način. Ti podatki so združeni v koncept referenčnega človeka po Behnkeju (McArdle s sod., 1996).

Študije zarodkov in mlajših otrok so opravili v začetku 20. stoletja. Direktne kemijske analize odraslih so manj številčne. V letih 1950-70 so Widdowsen in sod. raziskovali otroke in odrasle, Forbes s sod. pa le trupla odraslih. Knight in sod. so določali celokupno vsebnost dušika v telesu na podlagi analize 2 trupel. Opravljene so bile tudi popolne disekcije odraslih trupel, vendar so zabeležili podatke le o variacijah mase organov, medtem ko kemijska analiza sestave telesa ni bila opravljena.

Martin, Drinkwater in Clarys so v letih 1979 in 1980 secirali 25 trupel Belgijcev ter jih antropometrično, radiografsko in denzitometrično analizirali. Take analize zahtevajo drago laboratorijsko opremo, so dolgotrajne in etično vprašljive (McArdle s sod., 1996; Zerbo-Šporin, 2002).

Vsi ti podatki so služili kot referenčna osnova za razvoj različnih modelov sestave telesa. Antropometrija je v dvestoletni zgodovini prispevala veliko podatkov o razsežnostih človeškega telesa, vključno z merami dolžin, širin in obsegov delov telesa, debelin kožnih gub na različnih mestih in razmerji med deli telesa.

Številni modeli temeljijo ali vsaj vključujejo antropometrijske mere in so primerni za določitev sestave telesa merjencev vseh starostnih skupin.

Dvokomponentni modeli

V osnovnem dvokomponentnem (2-C) modelu je telesna masa razdeljena na dva dela. En del predstavlja telesna maščoba (FM), vsa ostala tkiva so združena v brezmaščobno telesno komponento (maso) – FFM. Direktne meritve telesne maščobe so težavne in ostajajo izziv za večino tehnik za določanje sestave telesa. Če uspemo določiti FFM, lahko izračunamo FM posredno tako, da od telesne mase odštejemo FFM. 2-C model, ki je poznan že več kot 50 let, je pomemben tudi za vrednotenje novejših tehnik za določanje telesnega maščevja. Najstarejši in najpogostejše uporabljan 2-C model je osnovan na meritvah celotne telesne gostote. Istočasno sta se pojavili še dve molekularni metodi za 2-C model, in sicer ^{40}K štetje in dilucija s težko vodo.

Klasični dvokomponentni model je še dandanes v uporabi, predvsem zaradi dejstva, da je odvečna maščobna masa povezana s povečanim tveganjem za razvoj številnih bolezni.

Trikomponentni modeli

Da bi odpravili omejitve, povezane z 2-C modeli so izoblikovali trikomponentni (3-C) model. V 3-C modelu je FFM razdeljena na vodo in ostale topne snovi (večinoma proteini in minerali). Rezultati, dobljeni z uporabo tega modela so nekoliko boljši od rezultatov, dobljenih z osnovnim 2-C modelom. Pri osebah, ki imajo bolezensko zmanjšano količino telesnih proteinov ali zmanjšano kostno maso, so dobljene vrednosti za gostoto topljencev nepravilne in posledično tudi nepravilen končni izračun telesnega maščevja.

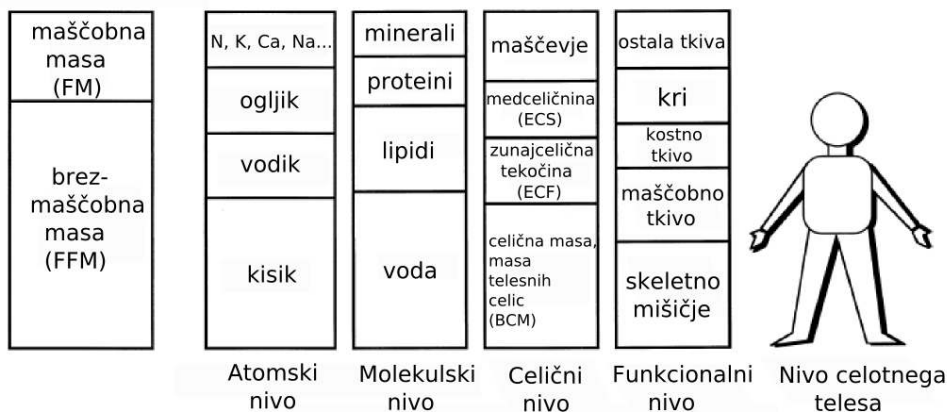
Štirikomponentni modeli

Pri razširitvi osnovnega 2-C modela na štirikomponentnega (4-C) je potrebno izvesti natančne meritve proteinov in mineralov poleg celokupne telesne vode (TBW), kar zahteva še uporabo dodatnih metod.

Večkomponentni modeli

Vsaka novo razvita metoda za določanje sestave telesa omogoča merjenje dodatne telesne komponente. Iz strokovne literature zadnjih 50 let je opazen razvoj modelov od začetnih 2-C do današnjih 4-C modelov sestave telesa. Wang in sod. (1992) so z združitvijo vseh rezultatov iz preteklih raziskav razvili obsežen 5-nivojski model sestave telesa (slika 2.1).

Osnovni model Dvokomponentni m. (2-C)



Večkomponentni modeli

Slika 2.1: Modeli telesne sestave (Ellis, 2000).

Ta model je postal standard za raziskave telesne sestave. Posamezni nivoji tega modela so: atomski, molekularski, celični, tkivni in nivo celotnega telesa.

Zanimivo je, da osnovni 2-C modeli pokrivajo oba skrajna nivoja. Za vsak nivo 5-nivojskega modela obstajajo enačbe, ki opišejo celotno telo.

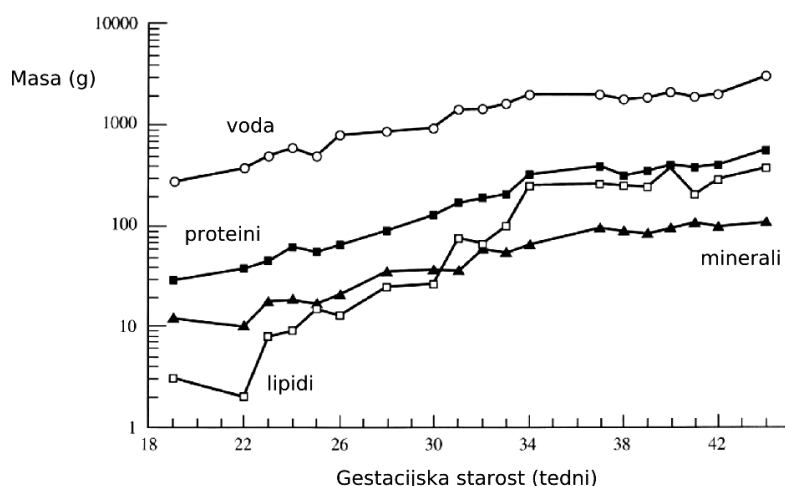
Na primer: telesna masa na atomskem nivoju je predstavljena z vsoto mas vseh atomov v telesu.

2.2 SPREMEMBE V SESTAVI TELESA MED ONTOGENEZO

Sestava človeškega telesa se spreminja med rastjo in razvojem ter s staranjem. Variabilnost telesne sestave je pogojena s spolom, starostjo in etnično pripadnostjo, ter tudi z načinom prehrane in telesno aktivnostjo (Van Loan, 1996). Po 2-C modelu je telo sestavljeno iz brezmaščobne telesne mase, katero anatomsko sestavljajo skeletno mišičje, okostje in notranji organi, in maščobno maso, katero razdelimo na podkožno in globinsko maščevje.

Pri fetusu je FFM sestavljena pretežno iz vode (82%) ter nizkega odstotka proteinov in mineralov. Podkožno maščevje se začne intenzivneje nalagati po 34. tednu nosečnosti in se povečuje do 9. meseca starosti.

Vsebnosti mineralov, proteinov, vode in maščobe se povečujejo od 18 tednov do starosti 42 tednov (slika 2.2) (Ellis, 2000).



Slika 2.2: Spremembe v sestavi telesa med fetalnim razvojem (Ellis, 2000).

V predpubertetnem obdobju imajo dečki v povprečju le nekoliko višji odstotek FFM kot deklice, količina podkožnega maščevja pa do 8. leta upada, nato pa ponovno narašča do zgodnje pubertetne dobe (Tomazo-Ravnik, 1999). Odrasli moški imajo višjo brezmaščobno maso kot ženske, imajo pa ženske višjo povprečno vsebnost maščevja – 23%, moški pa le 15% (Heyward in Stolarczyk, 1996). Deklice imajo že ob rojstvu večji delež maščobnih tkiv, kar se ohranja v vseh starostnih obdobjih (Zerbo-Šporin, 2002). Značilna je spolna razlika v nalaganju podkožnega maščevja, tako poznamo specifična mesta zamaščevanja pri moških in ženskah (Tomazo-Ravnik, 1999). Poznamo dva skrajna tipa in en vmesni tip porazdelitve maščevja: pri centralnem ali androidnem tipu, ki prevladuje med moškimi, se maščevje nalaga predvsem v predelu trebuha, pri perifernem ali ginoidnem tipu, ki prevladuje med ženskami, se maščevja nalaga pretežno na bokih in stegnih. Vmesni intermedijani tip porazdelitve maščevja pa predstavlja vmesno obliko porazdelitve maščevja (Zerbo-Šporin, 2002).

V primerjavi z gostoto maščevja se gostota brezmaščobne telesne komponente s staranjem le malo spreminja (Zerbo-Šporin, 2002).

2.3 METODE ZA DOLOČANJE SESTAVE TELESA

Za oceno sestave telesa obstaja veliko različnih metod. Pristop k določeni vrsti analize je med drugim odvisen tudi od tega, kateri komponentni model želimo uporabiti pri preučevanju sestave telesa.

2.3.1 Denzitometrična metoda ali podvodno tehtanje

Merjenje telesne gostote s podvodnim tehtanjem je pogosto imenovano kar »zlati standard« za merjenje telesne sestave. Pri metodi podvodnega tehtanja se osebo popolnoma potopi pod vodo. Za izračun gostote telesa potrebujemo volumen izpodrinjene vode ali podvodno maso merjenca ter telesno maso merjenca na suhem (Ellis, 2000). Razlika v masi je pri enem načinu izvedbe denzitometrične metode enaka telesni prostornini, pri drugem načinu pa je telesna prostornina kar enaka prostornini izpodrinjene vode (McArdle s sod., 1996). Za zmanjšanje napake meritve od telesnega volumna odštejemo preostali pljučni volumen in volumen plina v črevesju (100 mL). Pri izračunu upoštevamo tudi gostoto vode med merjenjem. Gostoto telesa (BD) nato izračunamo po sledeči formuli:

$$BD = TM / \{ [(TM - Ws) / Dw] - [Vr + 100] \} \quad \dots (1)$$

TM – masa telesa (kg)

Ws – neto podvodna masa (kg)

Dw – gostota vode med meritvijo (gcm^{-3})

Vr – preostali (rezidualni) pljučni volumen (L)
(Brodie in sod., 1998)

Gre za klasični 2-C model, kjer je telesna masa razdeljena na maščevje in brezmaščobno maso, tako da je:

$$\frac{I}{BD} = \frac{FM}{BD_{\text{maščevja}}} + \frac{FFM}{BD_{\text{brezmaščobne komponente}}}$$

Denzitometrične metode so v osnovi razvili kot metode za ugotavljanje količine telesnega maščevja, ki ga izrazimo kot odstotek telesne mase. Temeljijo na predpostavki, da sta gostoti maščobne komponente (približno $0,90 \text{ g/cm}^3$) in brezmaščobne komponente (pribl. $1,10 \text{ g/cm}^3$) približno konstantni. Telesno gostoto posameznika (BD) lahko z ustrezno predikcijsko enačbo pretvorimo v odstotek telesne maščobe (BF%). Znanih je več predikcijskih enačb, katerih razlika v izračunu odstotka telesnega maščevja je zanemarljiva (Roche s sod., 1996).

1. Enačba po Siriju (1961) – Siri1: enačba, ki se uporablja v večini raziskav:

$$\%BF = (4,95 / BD - 4,50) \cdot 100 \quad \dots (2)$$

2. Brožek in Keys sta leta 1963 razvila naslednjo enačbo:

$$\%BF = (4,57 / BD - 4,142) \cdot 100 \quad \dots (3)$$

3. Izpeljana pa je tudi modificirana Sirijeva enačba, še posebej primerna za določanje odstotka maščevja pri belkah – Siri2 (Heyward in Stolarczyk, 1996):

$$\%BF = (5,01 / BD - 4,57) \cdot 100 \quad \dots (4)$$

Iz odstotka telesnega maščevja nato izračunamo maso telesnega maščevja (FM) in brezmaščobno telesno maso (FFM):

$$FM (kg) = (\%BF / 100) \cdot TM \quad \dots (5)$$

$$FFM (kg) = TM (kg) - FM (kg) \quad \dots (6)$$

Vse tri enačbe so primerne za izračun ocene odstotka maščevja pri populacijah Kavkazijcev, v primeru, da raziskava obravnava telesno sestavo otrok ali starostnikov, ki imajo drugačno telesno gostoto ali populacijo drugih etničnih skupin, je potrebno uporabiti ustreznejše predikcijske enačbe (McArdle s sod., 1996; Heyward in Stolarczyk, 1996).

2.3.2 Določanje sestave telesa s pomočjo antropometrije

Antropometrija je metoda dela, ki kvantitativno izraža razsežnosti človeškega telesa. Antropometrične tehnike vključujejo merjenje dolžin, širin in obsegov telesnih delov ter merjenje debelin kožnih gub. Zaradi enostavnosti metod so primerne za delo na terenu, kot tudi v laboratoriju. Merilni inštrumenti so cenovno dostopni, metode standardizirane in omogočajo hitre meritve tudi večjih skupin merjencev (Heyward in Stolarczyk, 1996).

Razmerja med telesnimi merami

Razmerje med telesno višino in telesno maso pogosto uporabljamo v epidemioloških študijah za ugotavljanje primernosti telesne mase posameznika. Najbolj znan in najpogostejše uporabljan je Quetelejev indeks – oz. indeks telesne mase (ITM), angl. BMI – body mass index, katerega izračunamo kot kvocient mase merjenca v kilogramih in kvadratom telesne višine v metrih. Dobljeno vrednost primerjamo s standardi in tako določimo stopnjo tveganja za zdravje (McArdle s sod., 1996).

BMI je dober indeks za določanje telesne sestave, ker je odvisen od gostote telesa in odseva tako podkožno kot globinsko maščevje, šibkost BMI-ja pa je slaba ločljivost med debelostjo in telesno masivnostjo. Osebo, ki ima dobro razvito skeletno mišičje in kostno ogrodje ter ima nizek odstotek telesnega maščevja, lahko pomotoma uvrstimo v kategorijo prekomerno težkih ljudi.

Razmerje med obsegom pasu in bokov: indeks pas – boki (IPB, oz. angl. WHR) je primerno za ločevanje med centralno in periferno porazdelitvijo maščevja in je v epidemiologiji pogosto uporabljeno za določanje abdominalne debelosti in z njo povezanih obolenj (Heyward in Stolarczyk, 1996; Zerbo-Šporin, 2002). Vrednosti indeksa lahko primerjamo s standardi in tako določimo stopnjo tveganja za zdravje.

Indeks pas – boki se pogosto uporablja v preventivni medicini in je priporočen tudi s strani Svetovne zdravstvene organizacije (WHO).

Normna tabela prikazuje vrednosti indeksa IPB in z njimi povezano stopnjo tveganja za zdravje za ženske (Heyward in Stolarczyk, 1996):

Tabela 2.1: Stopnja tveganja za zdravje glede na vrednost IPB.

starost	nizko	srednje	visoko	zelo visoko
20 – 29	< 0,71	0,71 – 0,77	0,78 – 0,82	> 0,82
30 – 39	< 0,72	0,72 – 0,78	0,79 – 0,84	> 0,84

Preprost ločnik centralne in periferne porazdelitve podkožnega maščevja je tudi trupno – okončinski indeks (TEI), ki temelji na razmerju med debelino kožnih gub trupa in okončin (Zerbo-Šporin, 2002).

Antropometrično določanje telesne sestave iz gostote telesa

Natančni izračuni ocene gostote telesa so izpeljani iz vsote debelin kožnih gub na različnih delih telesa, saj večino variabilnosti telesne gostote pojasnujemo s spreminjanjem količine maščevja. V enačbo za oceno telesne gostote praviloma vstavimo le 3 do 4 kožne gube, ker bi večje število zaradi visoke korelacije med debelinami kožnih gub povzročilo nestabilnost regresijskega koeficienta. Če enačbi za izračun telesne gostote, ki temelji samo na kožnih gubah, dodamo še telesne obsege in širinske mere, oceno odstotka maščevja značilno ne izboljšamo (Roche s sod., 1996).

Pri debelih merjencih je natančnost meritev debeline kožnih gub manjša od natančnosti izmerjenih obsegov, velja pa, da so kožne gube manj občutljive na spremembe v hidrataciji tkiv kot obsegi (Roche s sod., 1996). S kaliprom za merjenje debeline kožnih gub izmerimo debelino dvojne gube kože in stisnjenega podkožnega maščevja. Problem predstavlja stisljivost kožne gube, ki je odvisna od hidratiranosti tkiva.

Najpomembnejši pogoji, ki morajo biti izpolnjeni za natančen izračun telesne gostote iz antropometričnih mer, so: normalna hidratacija mehkih tkiv, natančnost merilca in inštrumenta pri izvajanju meritev ter uporaba populacijsko specifičnih regresijskih enačb za izračun telesne gostote (Roche s sod., 1996).

Vrednosti napak pri meritvah debelin kožnih gub se gibljejo med 3 in 5%.

Izpeljanih je preko 100 regresijskih enačb za izračun gostote telesa, ki so vezane na določeno populacijo in odvisne od spola, starosti, stopnje prehranjenosti in fizične aktivnosti. Zavedati se moramo, da z antropometričnimi parametri tako regresijsko izračunamo telesno gostoto, ki je določena z natančnejšo laboratorijsko metodo, npr. s podvodnim tehtanjem.

Večina enačb predvideva gostoto telesa s korelacijskim koeficientom med 0,65 in 0,87 glede na dejansko gostoto, dobljeno z referenčno metodo (Zerbo-Šporin, 2002).

Izbor predikcijskih enačb za odrasle je obsežen. Heywardova in Stolarczykova svetujeta za določanje telesne sestave uporabo Jackson – Pollockove enačbe, ki temelji na treh kožnih gubah in starosti:

za moške

Jackson – Pollock (1980) ... (7)

$$BD = 1,09380 - 0,0008267 \cdot (SKG) + 0,0000016 \cdot (SKG^2) - 0,0002574 \cdot (STA)$$

BD – gostota telesa (g/cm^3)

SKG – vsota debelin prsne, abdominalne in stegenske kožne gube (mm)

STA – starost (leta)

za ženske

Jackson – Pollock (1980) ... (8)

$$BD = 1,0994921 - 0,00099291 \cdot (KGTri + KGSupil + KGS) + 0,0000023 \cdot (KGTri + KGSupil + KGS)^2 - 0,0001392 \cdot STA$$

BD – gostota telesa (g/cm^3)

STA – starost (leta)

KGTri – kožna guba na tricepsu (mm)

KGSupil – suprailiakalna kožna guba (mm)

KGS – stegenska kožna guba (mm)

(Heyward in Stolarczyk, 1996)

Za določanje telesne sestave športnikov in športnic sta ista avtorja izpeljala nekoliko drugačne enačbe, za zelo rejene posameznike pa so priporočene regresijske enačbe, ki namesto kožnih gub vključujejo telesno višino, maso in povprečni obseg abdomna (enačbe Weltmana s sod.). Za anoreksične ženske so primerne enačbe Jacksona in Pollocka.

Določanje brezmaščobne telesne mase s pomočjo antropometrije

Brezmaščobno maso posredno izračunamo s pomočjo antropometričnih enačb.

Brezmaščobna masa vključuje elemente okostja in mišičje. Enačbe za neposreden izračun FFM-ja so utemeljene na domnevi, da je lokalna antropometrija odsev mišično-kostne mase celega telesa (Lohman, 1996). Določitev kostne mase s pomočjo antropometrije je težavna zaradi slabe dostopnosti kosti (Tomazo-Ravnik, 1994).

Določanje količine mišičja

Izbor antropometričnih mer za določitev mišične mase je osnovan na domnevi, da lokalna antropometrija odseva regionalno mišično skupino, masa mišične skupine pa je direktno povezana s celotno mišično maso (Martin, 1984; cit. po Kerr, 1994).

Antropometrija nadlahti je del antropometrije, ki na osnovi preprostih mer pomaga določati stanje prehranjenosti. V izračunu je vključen obseg nadlahti in kožna guba tricepsa.

Antropometrijo nadlahti je prvi predstavil že Jelliffe leta 1979.

Heymsfield s sod. je pokazal, da je mišičje roke precenjeno za 15-25%, zato je razvil enačbe v odvisnosti od spola, ki zmanjšajo napako za mišičje roke na okrog 8%.

Mišično površino popravimo tako, da pri moških odštejemo 10 cm^2 in pri ženskah $6,5 \text{ cm}^2$.

Nadalje so predvidevali, da je možno oceniti celokupno mišično maso na osnovi antropometrije nadlahti in iz količine izločenega kreatinina iz urina (Heymsfield, cit. po Kerr, 1994):

$$MM \text{ (kg)} = TV^2 \cdot (0,0264 + 0,0029 \cdot cAMA) \quad \dots (9)$$

MM – mišična masa v kg

TV – telesna višina (cm)

cAMA (cm²) – popravljena mišična površina nadlahti, angl. **corrected arm muscle area** (Kerr, 1994)

Napaka ocene z uporabo te formule je bila med 5 in 9%. Spenst je leta 1986 preveril enačbe Heymsfielda na moškem trupu. Ocena celotnega mišičja s Heymsfieldovo enačbo je bila kar za 8,28 kg precenjena.

S pomočjo raziskave 6 moških trupel so razvili enačbo za oceno mase mišičja, katere odstopanje od dejanske mase mišičja je bilo 2,17 kg. Za to enačbo potrebujemo obseg podlahti in nekatere manj pogoste antropometrijske mere – višino v ležečem položaju (angl. stretch stature), popravljen obseg stegna in popravljen obseg goleni.

Primerjava antropometrije z drugimi metodami za določanje telesne sestave

Sestava telesa, določena z antropometrično metodo visoko korelira ($r=0,79-0,92$) z rezultati, pridobljenimi s podvodnim tehtanjem (Eaton s sod., 1993). Enako so potrdile tudi raziskave Heywarda s sod. (1992) in Horotobagyija s sod. (Zerbo-Šporin, 2002). Med novejšimi metodami za določanje sestave telesa kaže, da bi lahko metoda DEXA: angl. dual-energy X-ray absorptiometry (dvoenergijska absorpciometrija z rentgenskimi žarki) postala novi »zlati standard« oz. referenčna metoda poleg podvodnega tehtanja. Dokazana je visoka korelacija ($r=0,94$) med DEXA in antropometrično metodo (Svendsen, 1991; cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

Enačba po Jacksonu in Pollocku, ki je najpogostejše uporabljana za oceno telesne gostote iz antropometričnih mer zelo močno korelira z metodo podvodnega tehtanja ($r=0,915$).

V primeru spremljanja sprememb v telesni sestavi se je pokazalo, da je antropometrična metoda boljša od dilucijske metode (Zerbo-Šporin, 2002).

Primerjave antropometričnih metod z metodo BIA so predstavljene v poglavju 2.4.

Antropometrijska metoda določitve količine podkožnega maščevja po Zerbo-Šporin

Škerlj je že leta 1959 izdelal vektorski sistem za oceno količine in porazdelitve mehkih tkiv. Na plastičnem vektorju je skrajno močno razvitost mehkih tkiv opredelil kot hiperplastičnost, skrajno šibko pa kot hipoplastičnost. Uvedel je tudi normoplastični tip, ki ima primerno količino mehkih tkiv.

Zerbo-Šporin je leta 2002 izpeljala novo antropometrijsko metodo za določanje količine podkožnega maščevja, s katero je matematično razširila Škerljev plastični vektor in vektor porazdelitve podkožnega maščevja. Škerljeva metoda je tako nadgrajena z matematičnim izračunom, ki ji povečuje natančnost in dodaja objektivnost.

Količino podkožnega maščevja je izračunala iz debeline kožnih gub. V prvotno analizo so bile vključene vse izmerjene gube, kar ni izboljšalo opisa podkožnega maščevja, zato je kasneje v končno enačbo vključila le »tipične« kožne gube. Te so potrebne za opis količine in porazdelitve maščevja in so kožna guba na tricepsu in goleni ter subskapularna, suprailiakalna in abdominalna kožna guba.

Regresijska enačba omogoča izračun factorske vrednosti Z (po Zerbo-Šporin) za vsako merjenko:

$$Z = 0,89 \cdot KGSubs + 0,86 \cdot KGTri + 0,90 \cdot KGSupil + 0,86 \cdot KGAb + 0,76 \cdot KGG \quad \dots (10)$$

Z – factorska vrednost Z (po Zerbo-Šporin)

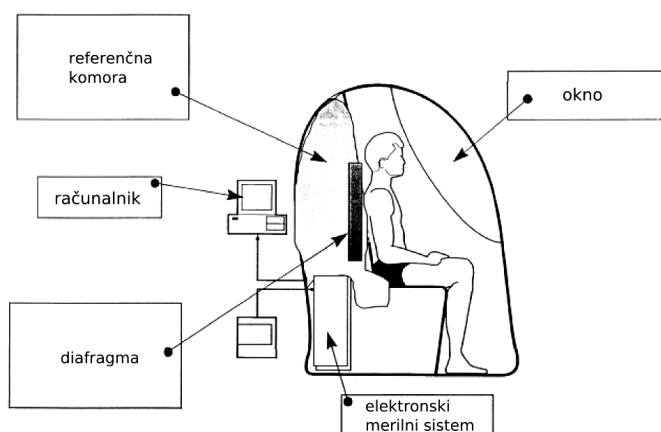
KGSubs – debelina subskapularne kožne gube (mm)
KGTri – debelina kožne gube na tricepsu (mm)
KGSupil – debelina suprailiakalne gube (mm)
KGAAb – debelina abdominalne kožne gube (mm)
KGG – debelina kožne gube na goleni (mm)
(Zerbo-Šporin, 2002)

Na osnovi faktorske vrednosti lahko merjenke glede na količino podkožnega maščevja uvrstimo v eno od skupin, definiranih na maščobnem faktorju. Skupine so omejene z vrednostima $X_s \pm 0,5 \cdot SD$. Druga faktorska skupina predstavlja merjenke s primerno, oz. ustrezno količino maščevja. Prva faktorska skupina predstavlja merjenke z malo ali premalo podkožnega maščevja in ustrezajo Škerljevem hipoplastičnemu tipu. Tretja skupina se ujema s Škerljevim hiperplastičnim tipom, kar pomeni večjo količino maščevja. V raziskavi Zerbo-Šporin se je 44,3% merjenk uvrstilo v 2. faktorsko skupino. V prvi faktorski skupini je bilo 32% deklet. Najmanj deklet pa je bilo v 3. faktorski skupini – 23,7%.

Izpeljana regresijska enačba in razvrščanje deklet v faktorske skupine ima velik praktični pomen. Metoda je enostavna, saj je potrebno izmeriti le debeline petih kožnih gub. Avtorica predlaga uporabo v primerih bolezni, ki so povezane s previsoko ali prenizko količino maščevja.

2.3.3 Pletizmografija – metoda izpodrivanja zraka

V zadnjem času je metodo podvodnega tehtanja začela nadomeščat pletizmografija, kjer merjenec ni potopljen pod vodo, temveč sedi v komori, napolnjeni z zrakom. Merilni sistem sestavljata dve komori, povezani z diafragma; ena komora za merjenca in druga, ki služi kot referenčni volumen (slika 2.3). Merjenca se zapre v komoro, tlak zaradi njegove prisotnosti v komori naraste, zato diafragma med obema komorama zaniha. Po plinskem zakonu se določi prostornina merjenca, glede na izpodrinen zrak. Prednost te metode pred podvodnim tehtanjem je v tem, da je bolj udobna za merjenca. Popravki prostornin, povezani s preostalim pljučnim volumenom in volumenom plinov v črevesju so nujni, tako kot pri drugih direktnih tehnikah merjenja gostote ali prostornine telesa (Ellis, 2000).



Slika 2.3: Merilni sistem pletizmografije – metode izpodrivanja zraka (Ellis, 2000).

2.3.4 Dilucijske metode

Pri dilucijskih metodah se volumen telesne komponente določi iz razmerja med količino kemijskega označevalca ali sledilca, ki ga v telo vnesemo oralno ali intravenozno, in koncentracijo sledilca v tej komponenti, ki nas zanima. Ponavadi se vzame dva vzorca telesne tekočine (kri, slina, urin), enega pred dodatkom sledilca in drugega po določenem času, potrebnem za prehod sledilca v želeno komponento.

Voda je tista molekula, ki na molekulskem nivoju in ostalih višjih nivojih predstavlja največji delež telesne mase. Pri zdravih odraslih osebah celotna količina telesne vode (TBW) predstavlja okoli 73% FFM-ja, oziroma 60% telesne mase.

Najstarejše in še vedno najbolj neposredne *in vivo* metode za merjenje TBW, osnovane na dilucijskih metodah, uporabljajo izotope vodika ali kisika v vodni molekuli (tricij, devterij; ^3H , ^2H). Tako označena voda je uporabljena kot sledilec, ki se ga vnese v telo. Za analizo vzorca se uporabijo različne metode, npr. scintilacijsko štetje, masna spektrometrija, infrardeča absorpcija, plinska kromatografija itd.

Za opazovanje zunajcelične tekočine (vode; ECW) se uporabljajo nekoliko prirejene dilucijske tehnike, kjer je sledilec neradioaktiven brom, odvzeti vzorec pa krvna plazma. Za ugotavljanje količine znotrajcelične vode (ICW) se uporablja dilucijska metoda s sledilcem ^{42}K (Ellis, 2000).

2.3.5 Celotni telesni kalij

Metoda ugotavljanja ^{40}K je bila prva resnična *in vivo* kemijska raziskava človeškega telesa. Ta izotop predstavlja okoli 0,012% naravnega kalija in oddaja visokoenergijske γ -žarke, katere lahko izmerimo z zapletenim detekcijskim sistemom. Iz izmerjenih podatkov se določi celotno količino kalija v telesu (TBK). Moore in sod. so določili, da je TBK kazalec celične mase (BCM, oz. mase telesnih celic). Uporaben je tudi za določanje FFM-ja, kjer je TBK/FFM osnovano na klasičnem delu Forbesa in sod. na truplih, ugotovljeno je namreč bilo, da se kalij nikoli ne nahaja v rezervnih trigliceridih (Ellis, 2000; Lukaski, 1996).

2.3.6 Nevtronska aktivacijska analiza

Z razvojem metode nevtronske aktivacijske analize (NAA) je bila omogočena direktna analiza atomske sestave živega človeškega telesa. Predhodno so kemijske podatke o atomski sestavi dobili le s sekcijami trupel. Osebo se izpostavi nevtronskemu sevanju, ki povzroči dvig energijskega stanja določenih atomov. To dodatno energijo v kratkem času oddajo v obliki sevanja, ki ga izmerimo z zapletenim detekcijskim sistemom. Na ta način je možno spremljati večino elementov v človeškem telesu. Največkrat določajo vsebnost celotnega kalcija (TBCa) in dušika v telesu (TBN). Tako lahko po petstopenjskem večkomponentnem modelu določijo količino proteinov v telesu. Le osem raziskovalnih centrov ima popolno opremo za izvedbo teh tehnološko zahtevnih analiz.

Petnivojski modeli, osnovani na rezultatih metode nevtronske aktivacijske analize veljajo za referenčne norme za vrednotenje in kalibracijo ostalih novejših tehnik (DEXA, BIA, CT, MRI, dilucijske metode), ki dajo informacije predvsem o gostoti ali prostornini tkiv, ne pa o kemijski sestavi na atomskem nivoju kot NAA (Ellis, 2000).

2.3.7 Dvoenergijska absorpciometrija z rentgenskimi žarki (DEXA)

Princip DEXA metode je sledeč: osebo z ene strani obsevamo z X-žarki, na drugi strani pa merimo spremembo v intenziteti žarka, ki je prešel skozi merjenca. Pri prehodu je opazna atenuacija, ki je odvisna od začetne energije žarka in debeline, gostote in kemijske sestave tkiv merjenca. Atenuacija je skozi kostno tkivo, pusta tkiva in maščevje različna.

Za izračun količine globlje ležečega kostnega tkiva in bolj površinskih mehkih tkiv zato potrebujemo natančne atenuacijske koeficiente za obe komponenti in izmerjene intenzitete presevanih žarkov. Ta 2-C model je uporaben tudi, ko žarek prehaja del telesa brez kosti. V tem primeru sta primerna atenuacijska koeficienta za maščevje in pusta tkiva in na ta način določimo količino teh dveh komponent.

Največ so metodo uporabljali za določanje gostote kostnih tkiv in tako še danes predstavlja osnovni način določanja izgube kostne mase pri osteoporozi (Ellis, 2000).

2.3.8 Magnetno resonančno slikanje (MRI) in metoda računalniške tomografije (CT)

Merjenec leži v komori z močnim magnetnim poljem, zato jedra atomov spremenijo svojo prvotno lego glede na magnetno polje v inštrumentu. Protoni imajo največjo afiniteto za spremembo orientiranosti glede na magnetno polje. Detekcijski sistem zazna in izmeri izsevano energijo, ki jo sprostijo jedra ob ponovnem povratku v začetno orientacijo (Ellis, 2000). Ločevanje med posameznimi tkivi je možno zaradi različne vsebnosti vodikovih jeder in različnih časov, v katerih jedra oddajo prejeto energijo (Zerbo-Šporin, 2002). Metoda je tehnološko zahtevna, sam postopek slikanja tkiv celotnega telesa lahko traja tudi več kot 30 minut. Pomembno je mirovanje merjenca za zmanjševanje artefaktov na slikah pri snemanju. Metoda MRI omogoča razlikovanje podkožnega maščevja od visceralnega maščevja. Rezultate MRI so potrdili s študijami na truplih, razlike so bile okoli 0,08 kg za maso maščevja.

Metoda računalniške tomografije (CT) uporablja rentgenske žarke, usmerjene skozi telo. Serija detektorjev na drugi strani telesa zazna količino presevanih žarkov. Tako oddajnik žarkov kot detektorji rotirajo okoli telesa. Osnovna anatomsko slika je podobna kot pri MRI metodi, a vsebuje še dodatne informacije o tkivni gostoti. CT metoda omogoča regionalno določanje količine maščevja, mišic, kože, kosti in organov (Ellis, 2000).

2.3.9 Metoda infrardeče spektroskopije (NIR)

Metoda temelji na principu absorpcije in odboja svetlobe. Snop infrardečih žarkov se usmeri skozi nadlaht, kjer pride do različne absorpcije ali odboja glede na lastnosti tkiva. Odboj zazna optični detektor spektrofotometra. Ta nato primerja absorpcijo svetlobe dveh različnih valovnih dolžin in na podlagi drugih antropometričnih meritev ter s pomočjo primerne predikcijske enačbe določimo sestavo telesa (Heyward in Stolarczyk, 1996).

2.3.10 Ultrazvočna metoda

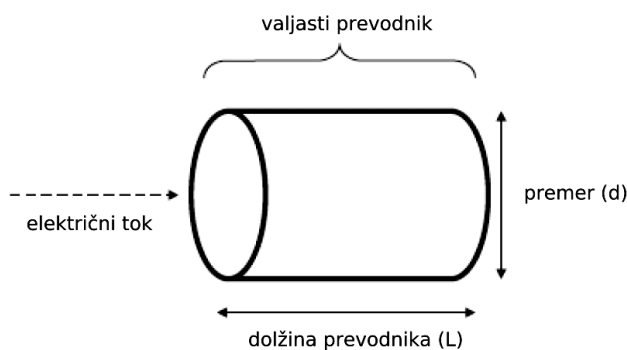
Osnova je prehod visokofrekvenčnih zvočnih valov skozi površino kože v globinska tkiva. Pri prehodu skozi različna tkiva prihaja do odbojev, kar zaznajo detektorji in pretvorijo v električne signale. Ti podatki služijo za določanje regionalne debeline podkožnega maščevja in mišičja, lahko pa tudi mineralne gostote okostja (Zerbo-Šporin, 2002).

2.4 BIOELEKTRIČNA IMPEDANČNA ANALIZA (BIA)

Sposobnost človeškega telesa oz. tkiv za prevajanje električnega toka so začeli opisovati že po letu 1871. Tkiva z visoko vsebnostjo vode in v njej raztopljenih elektrolitov so dobri prevodniki električnega toka, medtem ko imajo telesno maščevje in kosti slabe prevodniške lastnosti. Thomasett je že leta 1962 prvi uporabil dve podkožno vstavljeni elektrodi za merjenje električne impedance. Hoffer in sod. ter Nyboer pa so razvili BIA metodo s štirimi površinskimi elektrodami. V 80. letih so razvili številne komercialno dostopne inštrumente za analizo bioelektrične impedance in trenutno je to verjetno najpogostejše uporabljena metoda predvsem zaradi relativno majhnih stroškov, enostavnega upravljanja z inštrumentom in prenosljivosti. Prednost je tudi neinvazivnost metode (Baumgartner, 1996; Kyle s sod., 2004).

BIA metoda je osnovana na razliki v prevodnosti in dielektričnih lastnostih posameznih tkiv. Skozi telo merjenca spustimo šibek izmenični električni tok. BIA analizator nato izmeri upornost telesa izvornemu toku. Tkiva, ki vsebujejo veliko vode in elektrolitov (mišice, cerebrospinalna tekočina in kri) so dobro prevodna, medtem ko so maščoba, kosti in z zrakom napolnjeni organi slabo prevodni. Ker električni tok vedno teče v smeri najmanjšega upora, v človeškem telesu tako steče po krvi, zunajcelični tekočini in mišicah. Volumen teh sistemov lahko izračunamo z merjenjem tkivnih upornosti (Heyward in Stolarczyk, 1996; Kyle s sod., 2004; Praprotnik, 2006).

Osnovni princip bioelektrične impedance temelji na predpostavki, da je upornost homogenega prevodnega materiala stalnega premera sorazmerna z dolžino (L) in obratno sorazmerna s premerom (d) (slika 2.4).



Slika 2.4: Shema valjastega prevodnika homogene zgradbe.

Čeprav človeško telo ni valj in prevodnost ni konstantna, lahko postavimo empirično razmerje med impedančnim kvocientom (L^2/R_z) in prostornino vode, ki vsebuje elektrolite za prevajanje električnega toka skozi telo.

V praksi je lažje izmeriti telesno višino kot prevodno dolžino, ki sega od zapestja do gležnja. Tako je postavljeno empirično razmerje med brezmaščobno maso (pribl. 73% vode) in TV^2/R_z (Kyle s sod., 2004). Prostornino FFM in TBW izračunamo tako, da namesto dolžine prevodnika v enačbo vnesemo telesno višino in telesno upornost ter pri tem upoštevamo specifično upornost (ρ): (Zerbo-Šporin, 2002)

$$V (cm^3) = \frac{TV^2}{Rz} \cdot \rho \quad \dots (11)$$

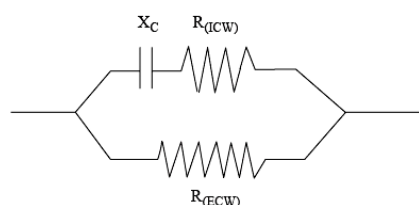
Zaradi naravne nehomogenosti človeškega telesa mora biti formula še dodatno popravljena z določenimi koeficienti za opis resnične geometrije telesa. Tak koeficient temelji na večih faktorjih, med drugim na anatomiji segmentov, ki jih preiskujemo, poleg tega pa tudi specifična upornost ni konstantna in se vzdolž telesa spreminja zaradi različne sestave in hidratacije tkiv ter koncentracije ionov.

Zato se pojavijo napake, kadar pride do sprememb v upornosti prevodnega materiala; v primeru človeškega telesa so to variacije v razmerju višina/prevodni dolžini in variacije v obliki telesa in telesnih segmentov. Telesni segmenti se obnašajo kot bi bili vezani v električnem krogotoku zaporedno, to pomeni, da krajši in debelejši prispevajo manj k celotni upornosti (Kyle s sod., 2004).

Drugo pomembno dejstvo je, da v telesu obstajata dve različni upornosti na električni tok. Kapacitiven upor (reaktanca, X_c) in rezistiven upor (rezistenca, R_z). Reaktanca izvira iz celičnih membran, rezistenca pa iz zunaj in znotrajceličnih tekočin. Rezistenca (R_z) je čisti upor prevodnika električnemu toku in je obratnosorazmerna prevodnosti. Med dvema točkama prevodnika je določena z Ohmovim zakonom, kot kvocient napetostne razlike in izvirnega toka med točkama. Vrednost rezistence je pri stalni frekvenci toka (50 kHz) veliko večja od reaktance, zato je rezistenca boljši cenitelj FFM-ja in TBW-ja kot reaktanca (Baumgartner, 1996).

Impedanca (Z) je pojem, ki se uporablja za opis kombinacije obeh upornosti. Definirana je kot koren vsote kvadratov rezistence in reaktance ($Z^2 = R_z^2 + X_c^2$).

Za predstavitev električnih lastnosti bioloških tkiv *in vivo* so uporabili ponazoritve s številnimi električnimi krogotoki. Najpogosteje uporabljen je električni krogotok, kjer je upornost zunajcelične tekočine (R_{zECW}) vzporedno vezana glede na reaktanco (X_c) in upornost znotrajcelične tekočine. X_c in R_{zICW} sta vezana zaporedno (slika 2.5) (Kyle s sod., 2004).



Slika 2.5: Shema električnega krogotoka, ki ponazarja električne lastnosti bioloških tkiv (Kyle, 2004).

Pri višjih frekvencah (1 kHz) tok ne prehaja celičnih membran, zato teče le po zunajcelični tekočini. Reaktanca je takrat enaka 0, impedanco, ki jo izmerimo, pa v tem primeru sestavlja le rezistenca.

Pri zelo visokih frekvencah (npr. 500-800 kHz) pa tok prebije tudi celične membrane in steče po znotrajcelični tekočini. Impedanco v tem primeru sestavljata tako rezistenca kot reaktanca.

Glede na šibko prevodnost maščevja je pri stalni frekvenci toka 50 kHz izmerjena rezistenca dober cenitelj količine TBW in/ali FFM, saj je reaktanca pri tej frekvenci relativno majhna.

Reaktivna komponenta (reaktanca) je povezana s tokom, ki steče skozi celice. Te delujejo kot kondenzator, ki premaknejo napetost in tok iz faze. Ta zamik geometrično opišemo kot arctangens kvocienta med reaktanco in rezistenco in ga imenujemo fazni kot (angl. phase angle, PA oz. ϕ):

$$PA \text{ (oz. } \phi) = \arctan (X_c / R_z) \quad \dots (12)$$

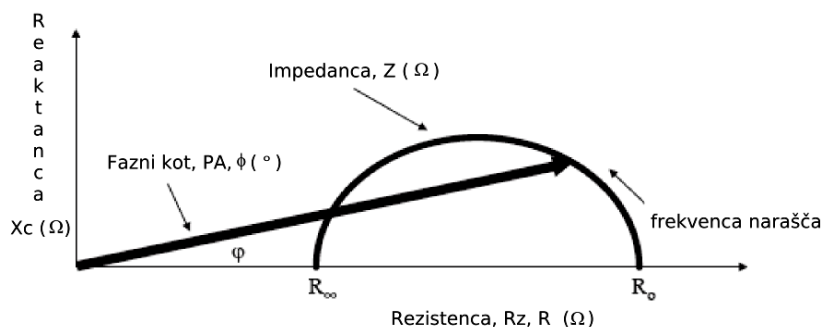
X_c – reaktanca

R_z – rezistenca

PA, ϕ – fazni kot

Če je fazni kot med tokom in napetostjo 0 stopinj, je prisotna samo rezistenca. Ker je reaktanca, ki je v tem primeru tudi enaka nič, predstavljena z membranami, je to primer biološkega sistema brez membran.

V primeru biološkega sistema z membranami brez tekočine, pa je fazni kot enak 90° , kar predstavlja absolutno kapacitivnost tkiva (Zerbo-Šporin, 2002) (slika 2.6).



Slika 2.6: Diagram zveze med reaktanco in rezistenco kot funkciji frekvence (Kyle s sod., 2004).

Povprečna vrednost faznega kota zdravega človeka je med 3. in 10. stopinjami. Nižja vrednost nakazuje na telesno neaktivnost, staranje ali bolezensko stanje, višja vrednost pa je povezana s povečano količino celične mase (športniki) (Liedtke, 1997).

BIA analizatorji pogosto podajo tudi druge informacije poleg ocene FFM, TBW in FM: oceno zunajcelične vode (ECW), znotrajcelične vode (ICW) (izračun iz TBW), razmerje Na/K, stopnjo bazalnega metabolizma (SBM) – angl. BMR (basal metabolic rate) – merjenja in celokupno celično maso, oz. maso telesnih celic (BCM). BCM je masa vseh metabolno aktivnih tkiv v telesu (anatomsko predvsem mišice, organi, tudi kostno tkivo). Zmanjšana vrednost mase telesnih celic je povezana s številnimi patološkimi stanji. Pomembna je pa tudi z vidika prehranjenosti – Talluri in sod. so ugotovili, da je razmerje med ekstracelularno maso (ECM) in BCM dober pokazatelj stanja prehranjenosti (Talluri s sod., 1998).

Ti parametri so vključeni v tri- ali celo štirikomponentni model sestave telesa, regresijske enačbe pa so bile izpeljane in preverjene še z dilucijskimi metodami (Akern, 2000).

Metode bioelektrične impedančne analize

Enofrekvenčna BIA metoda uporablja izmenični tok s stalno frekvenco 50 kHz. Ta frekvenca je t.i. povprečna značilna frekvenca mišičnega tkiva in zato najbolj primerna za

določanje brezmaščobne mase. Značilna frekvenca je tista frekvenca, pri kateri sledi upad kapacitivnih lastnosti membran in reaktance.

Ker se značilne frekvence med posamezniki lahko razlikujejo zaradi variiranj v razmerju med količino zunajcelične in znotrajcelične tekočine, lahko z uporabo stalne frekvence napačno določimo brezmaščobno telesno maso. Znano je, da obsega značilna frekvenca mišičnega tkiva pri posameznikih vrednosti od 30 do 100 kHz.

Nadaljnja izboljšava BIA metod je bil razvoj multifrekvenčne bioelektrične impedančne analize. Pri tej metodi inštrument spreminja frekvenco vstopnega toka in tako za vsakega posameznika določamo njegovo značilno frekvenco.

Bioelektrična impedančna spektroskopija je še bolj dodelana bioelektrična impedančna analiza, kjer je telo razdeljeno na serije valjev. Vsak valj predstavlja različen segment telesa. Meritve rezistence in reaktance se izvedejo s širokim rangom frekvenc izvirnega toka. Inštrumenti, ki temeljijo na BIS metodi uporabljajo zapletene matematične modele in enačbe za izračun komponent sestave telesa (Ellis, 2000; Kyle G. s sod., 2004).

Bioelektrična impedančna vektorska analiza (BIVA) je metoda, ki so jo razvili Piccoli in sod. (1994). Prednost te metode je v tem, da omogoča oceno merjenja iz direktne meritve impedančnega vektorja in ne temelji na enačbah in modelih. Nanjo vpliva samo napaka meritve impedance in biološka variabilnost oseb. Impedančni vektor je odvisen od stopnje hidratiranosti in količine mehkih tkiv merjenja (BCM).

Pri BIVI sta rezistenca in reaktanca standardizirani za telesno višino in prikazani kot vektorja na ravnini R_z - X_c . Impedančni vektor za posameznika se nato vstavi v diagram z referenčnimi elipsami 50%, 75% in 95% tolerance, ki so izračunane na podlagi referenčnih meritev. Oblika elips pri BIVI se spreminja s starostjo merjencev in telesno obliko, odvisna je tudi od spola. Klinične študije debelih ljudi in ledvičnih bolnikov so pokazale, da vektorji, ki padejo izven območja 75% tolerančne elipse nakazujejo nenormalno tkivno impedanco (slika 3.4).

Daljša os tolerančnih elips v diagramu prikazuje stanje hidratiranosti, skrajno zgornje območje pomeni dehidracijo, spodnje pa nakazuje edem. Krajša os elipse pa nakazuje več (leva stran) ali manj celične mase (desna stran) – in je ocena stanja prehranjenosti (Kyle G. s sod., 2004; Piccoli, A. s sod., 1994; Buffa s sod., 2004).

Metode analize bioelektrične impedance so zaradi svoje enostavnosti in neinvazivnosti pogosto uporabljene v različnih študijah za ocenjevanje stopnje debelosti in za ocenjevanje stanj prehranjenosti, saj so primerne za uporabo na vseh osebah, ne glede na spol, starost in etnično pripadnost (Baumgartner, 1996). Vendar pa je zelo pomembna izbira pravilne predikcijske enačbe. Obstaja veliko predikcijskih enačb za enofrekvenčno BIA metodo, kar kaže, da so mnoge od teh enačb specifične za določeno populacijo, še posebej tiste, ki vključujejo antropometrične cenilce (Ellis, 2000).

Neprimerna izbira enačbe privede do napačnih izračunov telesne sestave in je vzrok za največje napake pri uporabi metode BIA. Enačba mora biti natančno izbrana, glede na spol, starost, raso, nivo telesne aktivnosti ter povprečne stopnje debelosti merjencev (Heyward in Stolarczyk, 1996).

Komercialni BIA analizatorji pogosto nimajo navedene predikcijske enačbe za izračun FFM-ja ali TBW, zato niti ni mogoče zagotovo trditi, da je enačba za naš vzorec primerna.

Spodaj je navedenih še nekaj primerov regresijskih enačb, ki se pogosto uporabljajo za računanje brezmaščobne mase pri odraslih belcih:

Segal in sod. (1985) ... (13)

$$FFM (kg) = 0,363 \cdot (TV^2/R) + 0,214 \cdot (TV) + 0,133 \cdot (TM) - 5,619 \cdot (spol)$$

spol – za moške vrednost 1, za ženske vrednost 0

TV – telesna višina

TM – telesna masa

R – upornost

Xc – reaktanca

Lukaski in sod. (1986), primerna za ženske ... (14)

$$FFM (kg) = 0,756 \cdot (TV^2/R) + 0,11 \cdot (TM) + 0,107 \cdot (Xc) + 5,463$$

Z nekaterimi enačbami pa namesto brezmaščobne mase računamo količino telesne vode (TBW).

Omejitve pri določanju sestave telesa z metodo BIA:

1. BIA metoda je dokaj neobčutljiva za ugotavljanje zelo majhnih sprememb v sestavi telesa. Hitre spremembe v količini telesnih tekočin pri novorojenčkih lahko povzročijo napačno oceno sestave telesa.
2. Nekateri avtorji dvomijo v zanesljivost in natančnost meritev električne impedance pri majhnih otrocih. Razdalja med elektrodama je tu lahko premajhna, kar povzroči polarizacijo elektrod in s tem napačno meritev impedance.
3. Pri ljudeh z motenim vodnim metabolizmom ali nenormalno porazdelitvijo elektrolitov v telesu, določitev sestave telesa z BIA metodo ni primerna.
4. Natančna meritev bioelektrične impedance je pri ekstremno debelih posameznikih omejena. Velika količina podkožnega maščevja deluje kot izolator in predstavlja prevelik upor izvirnemu toku (Baumgartner, 1996; Praprotnik, 2006).

Natančnost meritev bioelektrične impedančne analize

Na natančnost meritev z BIA metodo vplivajo merilni inštrument, lastnosti merjenja, dejavniki okolja in ustrezne predikcijske enačbe. S stalno uporabo enega inštrumenta se izognemo napakam, ki jih pogojuje analizator.

BIA meritve morajo biti standardizirane, če želimo dobiti ponovljive rezultate. Povprečni koeficienti variabilnosti pri zaporednih meritvah rezistence istega merjenja so 1-2%.

Napake pri ocenah se gibljejo okoli 3-8% za TBW in 3,5-6% za FFM.

Houtkooper s sod. je ugotovil, da je napaka BIA meritev pod 3 kg za moške in 2,3 kg za ženske še dober rezultat (Kyle s sod., 2004).

Lastnosti merjenja niso zanemarljive, saj je vpliv stopnje hidracije tkiv velik.

Spremembe le-te povzročijo do 3,9% razlike v izmerjeni impedanci. Na vrednosti TBW in FFM vplivajo pitje tekočin, hranjenje, telesna aktivnost in dehidriranost (Zerbo-Šporin, 2002).

Znano je, da količina vode v telesu pri ženskah variira tudi zaradi menstruacije in nosečnosti, zato se v tem obdobju BIA meritev ne izvaja.

Problem predstavlja tudi povišana telesna temperatura, saj prihaja do koncentriranja elektrolitov v telesnih tekočinah in posledično se napačno vrednoti FFM.

Večja količina podkožnega maščevja pri bolezenski debelosti privede do napačne meritve telesne impedance.

Sestava FFM in količina ter razporeditev vode se s starostjo spreminjata, zato je za določanje sestave telesa z merjenjem impedance pri otrocih in starejših potrebno izbrati primerne predikcijske enačbe.

Najpomembnejši okoljski dejavnik, ki vpliva na rezultate meritev z BIA metodo je temperatura prostora. Ta vpliv izničimo, če opravljamo meritve v prostoru z optimalno temperaturo 22°C.

Kot že prej opisano, morajo biti predikcijske enačbe natančno izbrane glede na spol, starost, raso, nivo telesne aktivnosti in stopnje prehranjenosti. Le na ta način se izognemo napačnim izračunom telesne sestave z metodo BIA (Heyward in Stolarczyk, 1996; Zerbo-Šporin, 2002).

Primerjava metode BIA z drugimi metodami za določanje sestave telesa

Obstaja veliko raziskav, ki so ugotovljale povezanost rezultatov sestave telesa, določenih z antropometričnimi metodami in metodo BIA. Korelacija med rezultati, dobljenimi z antropometrijo in z metodo BIA je visoka (Zerbo-Šporin, 2002).

Razmerje med FFM in TBW, določeno z BIA metodo, je pri zdravih odraslih osebah med 0,69 in 0,77. To razmerje so preverili tako, da so s podvodnim tehtanjem določili vrednost FFM, z dilucijsko metodo pa vrednost TBW. Dobljeno razmerje FFM/TBW je znašalo 0,86, kar kaže dobro primerljivost BIA metode z metodo podvodnega tehtanja in dilucijsko metodo (Baumgartner, 1996). Segal s sodelavci je pokazal visoko povezanost med FFM, določenim z impedanco in denzitometrično metodo (Zerbo-Šporin, 2002).

Claude Pichard in sod. (2000) so opravili meritve na 80 moških in 69 ženskah za ugotovitev povezave med FFM, določenim z BIA metodo in z metodo DEXA. Izračunani korelacijski koeficienti so bili zelo visoki: $r=0,97$ za moške in $r=0,96$ za ženske. Napaka pri oceni je bila 2 kg pri moških in 1,6 kg pri ženskah.

Povezanost BIA in DEXA metode so ugotavljali tudi Kyle s sod. v dveh zaporednih raziskavah. Leta 2001 so ugotovili visoko povezanost FFM-jev, določenih z obema metodama ($r=0,98$). Leta 2005 so ločeno raziskovali skupino moških in skupino žensk. Korelacija je tokrat znašala 0,92 pri moških in 0,91 pri ženskah.

Janssen in sod. (2000) so potrdili korelacije med BIA metodo in magnetno-rezonančnim slikanjem za določanje količine skeletnega mišičja z meritvami 388 oseb. Isti avtorji so pokazali povezanost metode BIA tudi z računalniško tomografijo in DEXA metodo pri določanju skeletnega mišičja.

2.5 OBJAVE O SESTAVI TELESA V SLOVENIJI

Božo Škerlj je bil začetnik raziskav sestave telesa in konstitucije v Sloveniji. Njegovo največje delo o telesni sestavi je bil poskus določanja telesne sestave s pomočjo vektorjev. Menil je namreč, da sta telesna konstitucija in kompozicija dinamična parametra, ki ju ne moremo opisati s statičnimi morfološkimi tipi. Osnovel je t.i. *vector continuum*, ki dopušča vse tipološke prehode med dvema tipičnima predstavnikoma na obeh vektorskih skrajnostih. Človeški organizem je predstavil kot niz vektorjev in polvektorjev, ki opisujejo različne telesne profile; vidik spolne morfologije, vidik telesne zgradbe, vidik razvitosti mehkih tkiv, vidik razporeditve mehkih tkiv. Vsakemu merjencu je določil lego na posameznem vektorju in polvektorju, nato pa z vektorsko kombinacijo prikazal morfološko sliko merjenca.

Poleg tega obsežnega dela je Škerlj podal tudi enačbe za izračun delnih telesnih volumnov, kot so volumen okostja, skeletnega mišičja, notranjih organov in podkožnega maščevja.

Iz teh trdnih temeljev, ki jih je postavil Škerlj so se gradile vse nadaljnje raziskave sestave telesa na Slovenskem (Škerlj, 1959; Zerbo-Šporin, 2002).

Njegovo delo je nadaljeval Pogačnik, med drugim je primerjal volumen okostja in volumen podkožne tolsče pri obeh spolih. Opredelil je tudi deleže posameznih tkiv ter ugotovil, da imajo ženske nižji delež okostja, delež maščevja pa je primerno višji (24% pri ženskah, pri moških pa 15% delež maščevja). Preučeval je tudi študentsko populacijo. Pri študentkah je ugotovil več hiperplastičnih tipov in prevlado inferiornega tipa z vidika porazdelitve podkožnega maščevja (Pogačnik in Škerlj, 1961; Pogačnik, 1961, 1966).

Brodarjeva je preučevala trende spreminjanja nekaterih antropometričnih mer v času štiriletnega študija. Izvedli so obsežne longitudinalne meritve študentske populacije med leti 1954 in 1965. Določila je tudi razvitost in porazdelitev podkožnega maščevja.

Ugotovila je, da imajo moški bolj enakomerno razporejeno podkožno maščevje. Najtanjša plast podkožnega maščevja pri ženskah je pod lopatico. Na podlagi faktorske analize je izločila tri faktorje: faktor razvitosti okostja, mišično-volumski faktor in maščobni faktor. Maščobni faktor po Brodarjevi določajo kožne gube ter obsegi trupa in okončin (Brodar, 1960, 1981; Tomazo-Ravnik, 1994; Zerbo-Šporin, 2002).

M. Štefančič je analizirala kožne gube po rojstnih letnikih študentov in študentk in med drugim ugotovila tudi spolne razlike ter updanje debeline kožnih gub. Ugotovila je zmanjševanje podkožnega maščevja pri študentski seriji, rojeni v obdobju 1931-1946 (Štefančič, 1969).

Ozimič-Gerbec in Ragaci-Pilato sta izračunali odstotek maščobnega tkiva pri ljubljanskih srednješolcih, starih 15-18 let (Ozimič-Gerbec in Ragaci-Pilato, 1970).

Zalar je leta 1973 glede na generacijske razlike ugotovila tendenco tanjšanja kožnih gub pri mlajših serijah merjenk ter ob začetku in ob zaključku študija (cit. po Tomazo-Ravnik, 1994).

V letih 1981-1986 je potekala raziskava, v kateri se je nadaljevalo preučevanje sprememb fizične slike in dinamike rastnih procesov. Naloga je obsegala meritve otrok in mladine, starih od 6. do 18. leta. Štefančič je analizirala spremembe v debelini in razporeditvi podkožnega maščevja v obravnavanem obdobju, starostne in spolne razlike. Ugotovila je tudi višje vrednosti vseh kožnih gub pri dekletih (Štefančič, 1988).

Z analizami telesne sestave slovenskih študentov sta nadaljevali Štefančič in Tomazo-Ravnik. Primerjali sta tudi športno aktivne študente in tiste, ki se s športom ne ukvarjajo (Štefančič in Tomazo-Ravnik, 1992).

Tomazo-Ravnik je v svoji doktorski disertaciji analizirala sestavo telesa in človekov somatotip (po metodi Heath-Carter) pri mladini in študentih v starosti od 14 do 20 let. Izmerila je med drugim tudi 316 študentk. Sestavo telesa je podala z indeksom telesne mase, analizo razporeditve podkožnega maščevja ter dvokomponentno in petdelno antropometrično delitvijo telesne mase po metodi D. Kerrove. Vrednosti indeksa telesne mase za mladinke se gibljejo med 21,02 in 22,87, za študentke je povprečna vrednost 21,84. Vse dobljene vrednosti so bile v kategoriji normalnih mas. Pri ugotavljanju razporeditve podkožnega maščevja se je pokazalo, da je pri ženskah izrazitejša ekstremitetna zamaščenost. Opravila je tudi dvokomponentno analizo sestave človeškega telesa in pri študentkah uporabila regresijsko enačbo po Jacksonu in Pollocku. Dobljena povprečna gostota telesa pri študentkah je bila $1,052 \text{ g/cm}^3$. Količina maščevja je bila znatno višja pri ženskah, količina puste telesne mase (LBM – lean body mass; približno ustreza brezmaščobni masi) pa pri moških. Povprečna vrednost odstotka maščevja pri študentkah je bila 20,34% (Tomazo-Ravnik, 1994).

Štefančič in Tomazo-Ravnik sta spremljali spreminjanje telesne višine in mase, obsega nadlahti, debeline kožnih gub in indeksa telesne mase med leti 1990 in 1995. Opravljali sta longitudinalne meritve na 73 otrocih, starih 10-14 let. Analizirali sta dvokomponentno sestavo telesa s pomočjo Slaughterjeve regresijske enačbe, opravljena je bila tudi antropometrija nadlahti po Frisancho-ju. Ugotovili sta, da se dekleta intenzivneje razvijajo med 10. in 12. letom, dečki pa med 12. in 14. letom. Brezmaščobna masa je pri vseh starostih višja pri dečkih. V obdobju pubertete se količina maščevja in brezmaščobna masa deklic značilno ne spreminjata, pri dečkih sta zasledili rast brezmaščobne mase. Avtorici menita, da je večanje obsega nadlahti pri dečkih posledica intenzivne rasti mišičja na nadlahti, medtem ko se deklicam mišična in maščobna masa na nadlahti med tem obdobjem povečujeta enakomerno (Štefančič in Tomazo-Ravnik, 1998).

Zerbo, Fležar in Štefančič so opravili 22 antropometričnih in 2 spirometrični meritvi na 86 zdravih ljubljanskih študentkah povprečne starosti 20,2 leti. Izračunali so indeks telesne mase in opisali somatotip po metodi Heath-Carter (Zerbo s sod., 1998).

Pokorn je preučeval stanje debelosti v Sloveniji. Med študentkami povprečne starosti 21 let je ugotovil le 5,6% takih s povečano telesno maso, njihov indeks telesne mase je znašal nad 25. Podkrajškova je izmerila 326 študentk medicine in ugotovila, da je 5,4% deklet s povečano telesno maso ($\text{ITM} > 25$) (cit. po Pokorn, 1999).

V svoji doktorski disertaciji je Zerbo-Šporin obravnavala dvokomponentno sestavo telesa 169 študentk povprečne starosti 22 let. Študentke je razdelila v dve skupini: v rekreativke in športnice, ki so se s športom aktivno ukvarjale vsaj 11 ur na teden. Z različnimi regresijskimi enačbami, ki temeljijo na antropometričnih merah, in z BIA metodo je telesno maso študentk razdelila na maščobno in brezmaščobno. Ugotavljala je, katera od izbranih 12 najpogosteje uporabljenih regresijskih enačb določa sestavo telesa, ki je najbolj podobna sestavi telesa, izpeljani iz rezultatov bioelektrične impedančne analize. Razvila je tudi antropometrijsko metodo za določanje količine podkožnega maščevja in

s tem nadgradila Škerljevo metodo za določanje količine in razporeditve mehkih tkiv. Izmerila je 37 antropometričnih mer, za oceno porazdelitve maščevja pa je uporabila še indeks pas – boki in trupno – okončinski indeks.

Sestavi telesa, določeni z antropometrično metodo in z BIA metodo sta močno korelirali. Avtorica predlaga uporabo regresijskih enačb, ki določijo sestavo telesa, ki je najbližja rezultatom BIA metode. To so regresijske enačbe Wilmorja in Behnkeja 1 (1970) in dve enačbi avtorjev Jacksona in Pollocka (1975, 1980). Zaključila je, da telesna aktivnost športnic vpliva predvsem na količino telesnega maščevja in manj na njegovo porazdelitev. Ugotovila je, da imajo študentke večino podkožnega maščevja na spodnji polovici telesa, predvsem na bokih in stegnih, kar je značilno za to starostno skupino (Zerbo-Šporin, 2002; Zerbo-Šporin in Štefančič, 2004).

Jakopič je v svojem diplomskem delu spremljala 40 deklet skozi 2 menstrualna cikla in ugotavljala spreminjanje količine vode in maščevja z metodo bioelektrične impedančne analize. Ugotovila je, da se telesna masa in masa telesne vode skozi cikel spreminjata, medtem ko pri količini maščevja ne opazimo statistično značilnih razlik (Jakopič, 2002; Tomazo-Ravnik in Jakopič, 2006).

V svojem diplomskem delu je Sirc primerjal metodi za ocenjevanje deleža maščobnega tkiva pri človeku, in sicer merjenje debelin kožnih gub in merjenje bioelektrične impedance. V raziskavi je sodelovalo 68 pripadnikov Slovenske vojske, od tega 11 žensk s povprečno starostjo 25,5 let. Za antropometrični izračun gostote telesa je uporabil regresijsko enačbo po Jacksonu in Pollocku. Povprečni indeks telesne mase žensk je znašal 22,1; delež maščobnega tkiva pa je bil 25,7%. Metodi ocenjevanja deleža maščobnega tkiva sta med seboj pozitivno korelirali ($r=0,86$) (Sirc, 2006).

Praprotnik je v diplomski nalogi analizirala sestavo telesa vzorca odrasle moške populacije z metodo bioelektrične impedančne analize in antropometrijo. Izmerila je 50 moških pripadnikov Slovenske vojske. Ugotovila je, da sestavi telesa, določeni z antropometrijsko metodo in z metodo BIA statistično značilno visoko korelirata. Ugotovila je, da uporabljena antropometrijska metoda lahko nadomesti metodo BIA. Za antropometrično določanje telesne sestave vojakov sta najprimernejši regresijski enačbi po Jacksonu in Pollocku (1978) in enačba po Behnkeju (1969). Masa telesnega maščevja vojakov je bila večja od pričakovane vrednosti, ne glede na uporabljen metodo. Ugotovila je, da antropometrija nadlahti, indeks telesne mase in indeks mase telesnih celic dobro določajo stanje prehranjenosti posameznika (Praprotnik, 2006).

Taborin je v svoji diplomski nalogi predstavil analizo stanja nekaterih antropometrijskih in biokemijskih parametrov na naključnem vzorcu 144 zdravih poklicnih pripadnikov Slovenske vojske. Za primerjavo je opravil meritve na naključnem vzorcu 50 zdravih civilistov in 29 zdravih civilistk, ki so bili zaposleni v Slovenski vojski. Izmerjeni in izračunani parametri so vključevali poleg antropometrijskih parametrov: telesne višine, mase in indeksa telesne mase še z bioelektrično impedanco določen odstotek maščevja, ter biokemijske parametre: ravni trigliceridov, holesterola in glukoze v krvi. Ugotovil je različne korelacije med preučevanimi parametri, poklicni vojaki so imeli v primerjavi s civilisti v povprečju značilno nižji odstotek maščevja, a višji ITM. Avtor med drugim ugotavlja, da indeks telesne mase ni dobro merilo za oceno telesne zamaščenosti pri vojaki (Taborin, 2007).

3. MERJENKE IN METODE DELA

3.1 MERJENKE

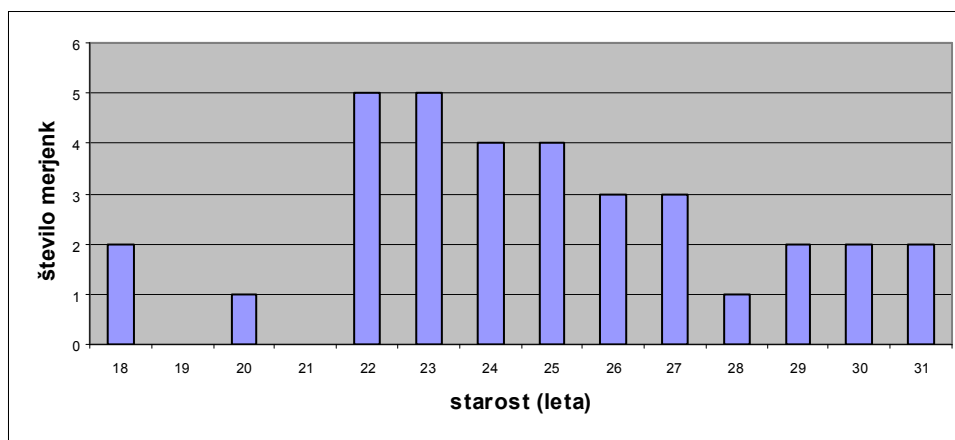
Izmerili smo 34 žensk, pripadnic Slovenske vojske (SV). V času meritev (od marca do septembra 2005) so opravljale službene vojaške dolžnosti v različnih vojašnicah po Sloveniji. Vse merjenke so bile seznanjene, kako bodo potekale meritve, podpisale so tudi izjavo, da se strinjajo s pogoji poteka meritev.

Povprečna starost merjenk je bila 24,8 let s standardno deviacijo 3,3.

Merjenke lahko na osnovi starosti uvrstimo v zgodnje odraslo obdobje.

Tabela 3.1: Starostna sestava vzorca.

Starost	Št. merjenk	% merjenk
18	2	5,9
19	0	0
20	1	2,9
21	0	0
22	5	14,7
23	5	14,7
24	4	11,8
25	4	11,8
26	3	8,8
27	3	8,8
28	1	2,9
29	2	5,9
30	2	5,9
31	2	5,9
$\bar{X} = 24,82$	$\Sigma = 34$	$\Sigma = 100,0$



Slika 3.1: Starostna sestava vzorca.

3.2 METODE DELA

Izmerili smo ženske, ki so se za sodelovanje v raziskavi prostovoljno odločile in to tudi pisno potrdile. Pred meritvami smo pridobili tudi soglasje Komisije Republike Slovenije za medicinsko etiko.

Meritve so potekale v okviru NATO-vega projekta, Znanje za varnost in mir, pod vodstvom prof. dr. Igorja B. Mekjavića.

Meritve smo izvajali od marca do septembra 2005 v prostorih Odseka za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko na Institutu Jožef Stefan in v vojašnici Slovenski pomorščaki v Ankaranu. Antropometrični laboratorij je bil dobro osvetljen in primerno ogret. Merjenke so bile slečene do spodnjega perila in bose.

Meritve smo izvajali v dopoldanskem času, vedno z istimi inštrumenti, z začetkom po 9. uri zjutraj.

Merjenke smo predhodno opozorili, naj bodo pozorne na količino zaužite tekočine na dan poteka meritev, izogibale naj bi se uživanju alkohola, kajenju in pretiranemu pitju kave in čaja. Merjenke smo prosili, naj neposredno pred meritvami izpraznijo mehur.

Izmerjene podatke smo sproti vnašali v antropometrični list, vsaka merjenka je bila vpisana anonimno, s svojo zaporedno kodno številko. Rezultati meritev bioelektrične impedance pa so se vnašali neposredno v računalniški program BodyGram 1.3 .

Natisnili smo 34 poročil o telesni sestavi, ki so z ostalimi podatki shranjena na Katedri za antropologijo Oddelka za biologijo.

Izpolnili smo 34 antropometričnih listov.

3.2.1 ANTROPOMETRIJSKE MERITVE

3.2.1.1 Uporabljeni antropometrijski merilni inštrumenti

Telesno maso in višino smo izmerili s tehtnico z vgrajenim avtomatiziranim antropometrom (VITA DS-102, Libela Elsi, Ljubljana; slika 3.2 levo) do 0,1 kg in 0,1 cm natančno. Telesne obsege smo izmerili z merilnim trakom (SECA 200, Nemčija; slika 3.2 desno spodaj) in jih odčitali na 0,1 cm natančno. Za merjenje debeline kožnih gub smo uporabili Harpenderjev kaliper (John Bull, Velika Britanija; slika 3.2 desno zgoraj).

Kontaktna površina merjenja je znašala 90 mm in pritisk med vilicama $9,15 \text{ g/mm}^2$, natančnost meritve s šestilom je 10 mm. Za vse merjenke smo uporabili isti inštrumentarij.



Slika 3.2: Antropometrijski merilni inštrumenti: levo – osebna tehtnica z vgrajenim avtomatskim antropometrom VITA DS-102, desno zgoraj – kaliper Harpenden (John Bull), desno spodaj – merilni trak SECA 200.

3.2.1.2 Izmerjeni antropometrijski parametri, opis metod in načinov merjenja

Telesna višina in telesna masa:

Telesno višino smo izmerili z avtomatiziranim antropometrom, ki je sestavni del tehtnice VITA DS-102.

Merjenka je bodisi bosa, bodisi z obutimi nogavicami stopila na tehtnico oz. antropometer. Glava je bila v frankfurtskem položaju. Roki je imela sproščeni ob telesu, dlani obrnjene k stegnom. Težo je enakomerno porazdelila na obe nogi.

Prečka se je avtomatsko pripeljala do točke vertex, ki je najvišje mesto v sagitalni ravnini, ko je glava v frankfurtski horizontali.

Podatke o telesni višini in telesni masi smo odčitali z digitalnega zaslona avtomatiziranega antropometra (in tehtnice). Te vrednosti smo vpisali v antropometrični list.

Telesni obsegi:

Mišičje merjenega predela telesa, kjer smo merili telesne obsege, je bilo vedno sproščeno. Obseg smo izmerili z merilnim trakom.

Obseg nadlahti (ONadl)

Merjenka je stala, roki je imela spuščeni ob telesu, dlani obrnjeni k stegnom. Obseg desne nadlahti smo izmerili v vodoravni smeri, na označeni polovici razdalje med lateralnim delom akromiona – *processus acromialis* in spodnjim robom olekranona – *olecranon*. Sredino nadlahti smo določili ob pravokotno upognjeni roki v komolcu in dlani, obrnjeni navzgor (Lohman, 1988).

Obseg pasu (OP)

Merjenka je stala, spuščeni roki je imela nekoliko odmaknjeni od telesa, stopali sta bili skupaj. Merilni trak smo ovili vodoravno okoli pasu merjenke. Vrednost obsega smo odčitali na koncu normalnega izdiha.

Obseg bokov (OB)

Merjenka je stala, stopali je imela skupaj. Ob telesu spuščeni roki je pomaknila nekoliko nazaj in tako omogočila dostop do mesta meritve. Merilni trak smo ovili vodoravno okoli bokov v višini največje izbočenosti velike zadnjične mišice (Zerbo-Šporin, 2002).

Debeline kožnih gub:

Mere kožnih gub smo izbrali na podlagi zahtev za računanje količine maščevja po različnih enačbah ter tudi na podlagi regresijske enačbe po Zerbo-Šporin. Kožne gube smo privzdignili v smeri spodaj potekajočih mišic. Mišičje merjenega predela telesa je bilo sproščeno. Merili smo kožne gube po trikrat na desni strani telesa in zapisali podatke v antropometrični list.

Kožna guba na tricepsu (KGTri)

Merjenka je stala, roki je imela spuščeni ob telesu. Kožno gubo smo privzdignili na zadnji strani desne nadlahti v srednji vzdolžni smeri. Izmerili smo jo na mestu, ki označuje polovico razdalje med lateralnim delom akromiona (*processus acromialis*) in spodnjim robom olekranona (*olecranon*). Sredino nadlahti smo določili ob pravokotno upognjeni roki v komolcu in dlani obrnjeni navzgor (Zerbo-Šporin, 2002).

Kožna guba pod lopatico – subskapularna kožna guba (KGSubs)

Merjenka je stala, roki je imela spuščeni ob telesu. Subskapularno kožno gubo smo privzdignili tik pod spodnjim vogalom desne lopatice (*angulus inferior scapulae*) v smeri poteka široke hrbtna mišice (Zerbo-Šporin, 2002).

Kožna guba nad črevnico – suprailiakalna kožna guba (KGSupil)

Merjenka je stala, stopali sta bili skupaj. Ob telesu spuščeno roko je pomaknila nekoliko nazaj in tako omogočila dostop do merjenega mesta. Suprailiakalno kožno gubo smo privzdignili na desni strani telesa, tik nad grebenom črevnice – *crista iliaca*. Guba je potekala diagonalno v smeri proti pubisu pod kotom 45 stopinj glede na vodoravno ravnino (Zerbo-Šporin, 2002).

Kožna guba na trebuhu – abdominalna kožna guba (KGA_b) [horizontalno]

Merjenka je stala, stopali sta bili skupaj, roki prosto spuščeni ob telesu. Debelino trebušne kožne gube smo izmerili na desni strani telesa in v horizontalni smeri, tri centimetre lateralno od sredine popka in centimeter pod njo (Zerbo-Šporin, 2002).

Stegenska kožna guba (KGS) [sredinska]

Merjenka je stala z nekoliko razmaknjenima stopaloma, telesno maso je prenesla na levo nogo. Merjena desna noga je bila tako sproščena, s stopalom na tleh, koleno je bilo rahlo pokrčeno. Stegensko kožno gubo smo privzdignili na sprednji strani stegna, v srednji vzdolžni smeri. Izmerili smo jo na polovici razdalje med sredino ingvinalne gube in proksimalnim robom pogačice (Zerbo-Šporin, 2002).

Golenska kožna guba (KGG) [mediano]

Merjenka je stala, desno nogo je položila na dvignjeno podlago, tako da je bila noga v kolčnem in kolenskem sklepu pravokotna. Kožno gubo smo izmerili na sredini goleni (Zerbo-Šporin, 2002).

3.2.2 BIOELEKTRIČNA IMPEDANČNA ANALIZA (BIA)

Telesno upornost ali rezistenco smo izmerili s tetrapolarnim bioelektričnim analizatorjem telesne sestave STA/BIA Soft Tissue Analyzer proizvajalca Akern Bioresearch (Italija).



Slika 3.3: Analizator STA/BIA Akern Bioresearch (Akern, 2000).

Lastnosti BIA analizatorja STA/BIA:

frekvenca električnega toka	50 kHz
jakost električnega toka	800 μ A, napaka 2%
razpon meritve rezistence	0 – 1000 Ω , napaka 1%
razpon meritve reaktance	0 – 200 Ω , napaka 2%
točke merjenja	zapestje, gleženj
izpis parametrov	rezistenca (Ω) reaktanca (Ω) fazni kot ($^{\circ}$) brezmaščobna telesna masa volumen telesne vode maščobna masa mišična masa masa telesnih celic ostali parametri (poleg TBW še ECW, ICW (ECW– ekstracelularna voda, ICW–intracelularna voda); SBM (stopnja bazalnega metabolizma), razmerje Na/K, BCMI–indeks mase telesnih celic; BMI (ITM), ...)

STA/BIA sistem za merjenje telesne upornosti sestavljajo analizator STA/BIA (Soft Tissue Analyzer) s tetrapolarnim kabljskim setom ter s štirimi prijemalkami, katere namestimo na štiri samolepilne elektrode, pritrjene na kožo. K opremi sodi še namenski računalniški program BodyGram 1.3, ki smo ga namestili na osebni računalnik. Inštrument STA/BIA komunicira z računalnikom preko serijske povezave (Akern, 2000).

Merjenje bioelektrične impedance s STA/BIA analizatorjem temelji na klasični tetrapolarni tehniki s konstantnim izmeničnim (sinusoidnim) tokom ter stalni frekvenci 50 kHz.

Samolepilne elektrode nalepimo na zapestje in gleženj, izmenični tok s stalno frekvenco preide v telo preko dveh distalno nameščenih elektrod, medtem ko vrednost rezistence in reaktance merita dve proksimalno nameščeni elektrodi. STA/BIA analizator izmeri celotno upornost telesa (Akern, 2000; Praprotnik, 2006).

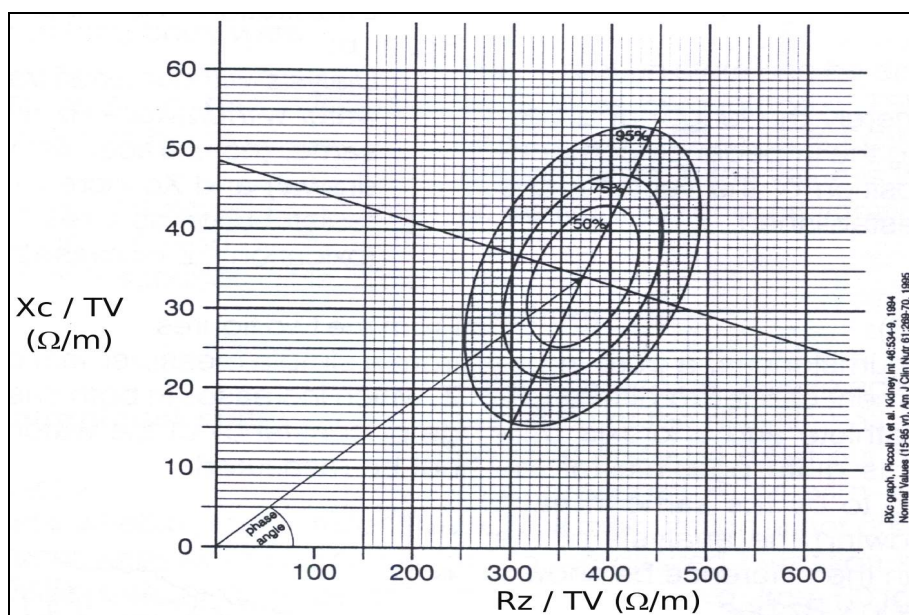
Pogoji, katere smo upoštevali za pravilno merjenje telesne upornosti:

- merjenke niso smele izvajati intenzivne fizične aktivnosti 12 ur pred meritvijo
 - 48 ur pred meritvijo merjenke niso zaužile alkohola ali diuretikov
 - merjenke so pred meritvijo izpraznile mehur
 - merjenke vsaj dve uri pred meritvijo niso uživale hrane
 - merjenke niso nosile kovinskega nakita
 - merjenke niso bile v menstrualnem ciklu
 - nobena od merjenk ni imela povišane telesne temperature ali srčni vzpodbujevalnik
 - v bližini meritev ni bilo močnega izvora napetosti, ki bi motil meritve.
- (Akern, 2000; Heyward in Stolarczyk, 1996; Baumgartner, 1996)

Prednosti STA/BIA sistema je več; BIA metoda je relativno poceni in enostavna za uporabo. Inštrument je prenosljiv, če uporabljamo prenosni računalnik, je omogočeno celo delo v manjših prostorih (računalnik potrebuje serijski vmesnik COM).

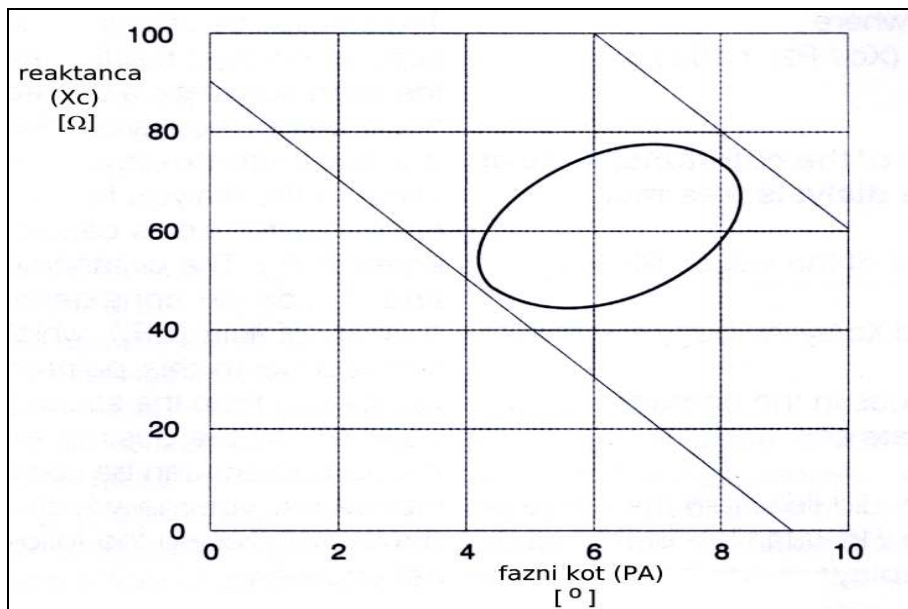
Za merjenje je metoda udobna, saj je neinvazivna, merjenec med meritvijo leži in je lahko celo delno oblečen. Rezultate meritev dobimo v zelo kratkem času, ponovljivost meritev pri uporabi BIA analizatorjev pa je visoka (McArdle s sod., 1996; Baumgartner, 1996; Akern, 2000).

Na osnovi izmerjenih parametrov (rezistence in reaktance), telesne mase in telesne višine analizator STA/BIA izračuna odstotek maščevja glede na izbrano regresijsko enačbo. V program BodyGram 1.3 moramo najprej poleg telesne mase in višine vpisati še spol in starost merjenca, saj šele nato BIA analizator izbere primerno regresijsko enačbo. Vse regresijske enačbe, ki jih uporablja BIA analizator STA/BIA (Akern) so nam neznane. Računalniški program poda rezultate v obliki poročila o telesni sestavi (priloga A), ki vsebuje zgoraj naveden izpis podatkov in dva grafa, izdelana po BIVA metodi. V poročilu so prikazana tudi odstopanja izračunanih meritev merjenca od pričakovanih vrednosti glede na spol in starost. Poročilo lahko tudi natisnemo. Nomogram BIAVECTOR[®] grafično prikazuje fiziološko stanje merjenke, ki je osnovano na podlagi razmerja med standardizirano rezistenco (R_z/TV) in reaktanco (X_c/TV). Nomogram je razdeljen na tri območja (elipsa zaupanja (50%), tolerance (75%) in abnormalnosti (95%)) (Akern, 2000). Območje, ki še predstavlja normalno stanje hidriranosti je znotraj elipse tolerance (75%). Stanje dehidracije predstavlja točka, ki se konča izven eliptičnega območja in nad nagnjeno horizontalno črto, točka pod to črto pa nakazuje edem. Levi zamik od nagnjene vertikale predstavlja dobro, desni zamik pa slabo stanje prehranjenosti (Akern, 2000).



Slika 3.4: BIAVECTOR nomogram (Akern, 2000).

Drugi nomogram – BIAGRAM prikazuje stanje prehranjenosti merjenca, ki je odvisno od izmerjenega faznega kota (PA , °) in reaktance (X_c , Ω):



Slika 3.5: BIAGRAM nomogram (Akern, 2000).

Če se točka meritev merjenca nahaja znotraj elipse, je stanje prehranjenosti dobro in je merjenec normalno hidratiran (Akern, 2000).

3.2.2.1 Meritve bioelektrične impedance

Meritve bioelektrične impedance smo izvedli po naslednjem postopku:

- merjenke smo prosili, da pred meritvami izpraznijo mehur
- merjenka se je slekla do spodnjega perila. Izmerili smo telesno maso in višino (glej Antropometrijske meritve) in podatke vnesli v računalniški program BodyGram 1.3.
- merjenka se je ulegla na sintetično blazino na tleh, kjer je morala mirno ležati vsaj pet minut, da so se telesne tekočine enakomerno razporedile po telesu
- merjenko smo postavili v zahtevani položaj: zgornji okončini sta 30° odmaknjeni od telesa, kot med spodnjima okončinama je 45°. Kote smo izmerili s kotomerom (slika 3.6).
- elektrode smo namestili na desno roko in desno nogo po sledečem postopku:
- pred namestitvijo samolepilnih elektrod smo te predele kože očistili s 70% alkoholom
- prvi par elektrod smo namestili na zgornjo okončino. Proksimalno elektrodo (senzor) smo namestili na dorzalno stran površine zapestja, tako da je zgornji rob elektrode sekal

glavo ulne. Distalno elektrodo (vir) smo pritrdili na glavico tretje metakarpalne (*ossa metacarpi*) kosti dlani. Razmik med proksimalno in distalno elektrodo je bil približno 5 cm.

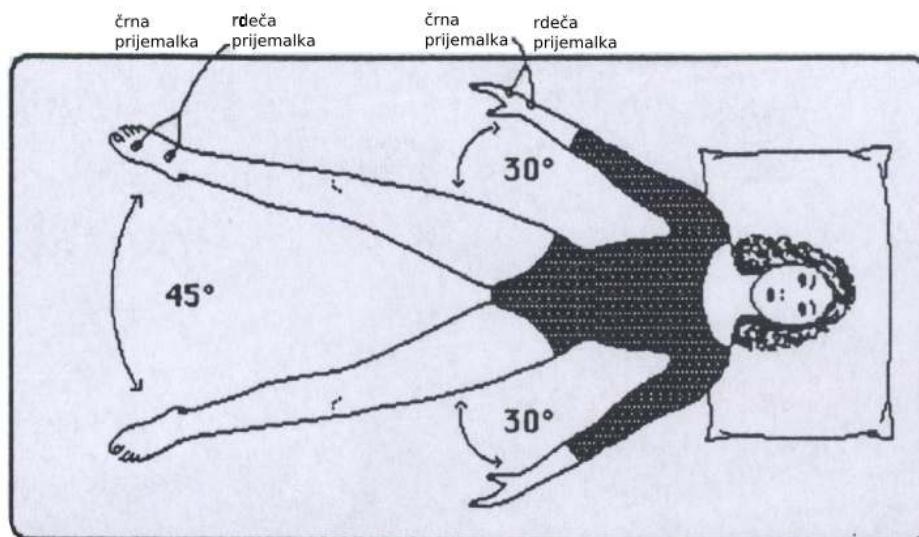
– drugi par elektrod smo namestili na spodnjo okončino. Proksimalno elektrodo smo prilepili na dorzalno površino gležnja, tako da je zgornji rob elektrode sekal lateralni in mediani gleženj. Distalno elektrodo smo pritrdili na glavico tretje metatarzalne (*ossa metatarsali*) kosti stopala (slika 3.7). Razmik med proksimalno in distalno elektrodo je moral biti 5 cm.

– nato smo pritrdili žice na elektrode. Rdeči prijemalki smo pritrdili na zapestje in gleženj, črni prijemalki na hrbtno stran dlani in nart.

– v računalniški program smo vpisali ime, priimek, spol, datum rojstva, telesno maso in telesno višino, nato smo opravili meritev (Akern, 2000).



Slika 3.6: Kotomer.



Slika 3.7: Pravilni položaj merjenke (Akern, 2000).

Ob vsaki meritvi je aparat izpisal vse parametre, ki so se samodejno vnesli v računalniški program. Rezultate v obliki poročila smo shranili za nadaljnjo obdelavo.

3.2.3 IZRAČUNANI PARAMETRI

3.2.3.1 Antropometrični izračun gostote telesa, odstotka maščevja, mase maščevja in brezmaščobne mase

Za antropometrični izračun gostote telesa smo uporabili najpogosteje uporabljano regresijsko enačbo po Jacksonu in Pollocku (1980) za ženske:

BDjp80 – Jackson in Pollock (1980): ... (15)

$$BD = 1,0994921 - 0,00099291 \cdot (KGTri + KGSupil + KGS) + 0,0000023 \cdot (KGTri + KGSupil + KGS)^2 - 0,0001392 \cdot STA$$

STA – starost (leta)

KGTri – kožna guba na tricepsu (mm)

KGSupil – suprailiakalna kožna guba (mm)

KGS – stegenska kožna guba (mm)

(Heyward in Stolarczyk, 1996)

Iz telesne gostote smo nato izračunali odstotek telesnega maščevja (BF%) po »klasični« Sirijeji enačbi – Siri1 (enačba št. 2), nato pa po nadaljnjih pretvorbah izračunali maso maščevja in maso brezmaščobne telesne komponente. Za primerjavo smo iz antropometrično določene gostote telesa po Jacksonu in Pollocku (BDjp80) izračunali odstotek maščevja še po modificirani Sirijeji enačbi – Siri2 (enačba št. 4), ki naj bi po navedbah Heywardove in Stolarczykove bolje ocenila odstotek maščevja pri belih ženskah. Tudi iz tako določenega odstotka maščevja smo izračunali še maščobno in brezmaščobno maso, po matematičnih pretvorbah št. 5 in 6.

3.2.3.2 Antropometrični izračun ocene mišične mase iz popravljene mišične površine nadlahti (cAMA) po Heymsfieldu

Popravljen mišična površina nadlahti (cAMA) je antropometrijska mera, ki se izračuna iz mer antropometrije nadlahti. Metode dela, antropometrijske mere antropometrije nadlahti in formule za njihov izračun so opisane v podpoglavju 3.2.3.4 – Antropometrija nadlahti.

Za antropometrični izračun mišične mase smo uporabili formulo za oceno mase mišičja iz popravljene mišične površine nadlahti (cAMA) po Heymsfieldu:

$$cAMA = \frac{[ONadl - (KGTri \cdot \pi)]^2}{(4 \pi)} - 6,5 \quad \dots (16)$$

$$MM (kg) = TV^2 \cdot (0,0264 + 0,0029 \cdot cAMA) \quad \dots (17)$$

cAMA (cm²) – popravljena mišična površina nadlahti, angl. corrected arm muscle area

ONadl (cm) – obseg nadlahti v cm

$\pi = 3,14159$

KGTri (cm) – kožna guba na tricepsu v **cm**
MM – mišična masa (kg)
TV – telesna višina (cm)
(Kerr, 1994)

3.2.3.3 Določanje količine podkožnega maščevja, predstavljene s faktorsko vrednostjo Z po Zerbo-Šporin

Za določitev količine podkožnega maščevja je Zerbo-Šporin leta 2002 izpeljala regresijsko enačbo, primerno za določanje količine podkožnega maščevja slovenskih študentk. S to regresijo smo izračunali faktorske vrednosti Z, na podlagi sledeče enačbe:

$$Z = 0,89 \cdot KGSubs + 0,86 \cdot KGTri + 0,90 \cdot KGSupil + 0,86 \cdot KGAb + 0,76 \cdot KGG \quad \dots (18)$$

Z – faktorska vrednost Z (po Zerbo-Šporin)
KGSubs – debelina subskapularne kožne gube (mm)
KGTri – debelina kožne gube na tricepsu (mm)
KGSupil – debelina suprailiakalne gube (mm)
KGAb – debelina abdominalne kožne gube (mm)
KGG – debelina kožne gube naoleni (mm)
(Zerbo-Šporin, 2002)

3.2.3.4 Antropometrija nadlahti

Za izračun antropometrijskih mer: površina nadlahti, mišična površina nadlahti, maščobna površina nadlahti in odstotek maščevja roke, ki jih označujemo tudi pod skupnim imenom antropometrija nadlahti, potrebujemo izmerjene antropometrijske mere:

- debelino kožne gube na tricepsu (KGTri)
- obseg nadlahti (ONadl)

Formule za izračun so naslednje: ... (19)

$$A = (ONadl)^2 / (4 \pi)$$

$$M = \frac{[ONadl - (KGTri \cdot \pi)]^2}{(4 \pi)}$$

$$F = A - M$$

$$FI\% = (F / A) \cdot 100$$

ONadl – obseg nadlahti (cm), v literaturi pogosto označen tudi kot C
KGTri – kožna guba na tricepsu (**cm**), v literaturi tudi kot T (pri: antropometriji nadlahti)
A – površina nadlahti, angl. upper arm area (cm²)

M – mišična površina nadlahti, angl. upper arm **m**uscle area (cm²)

F – maščobna površina nadlahti, angl. upper arm **f**at area (cm²)

FI% – odstotek maščevja roke, angl. arm **f**at **i**ndex (%)

$\pi = 3,14159$

(Frisancho, 1990)

Izračunali smo še popravljeno mišično površino nadlahti (cAMA), s pomočjo katere smo ocenili maso mišičja po Heymsfieldu (glej podpoglavje: 3.2.3.2).

Vrednosti za M smo popravili za kostno površino, tako da smo od vrednosti M odšteli 6,5 cm².

3.2.3.5 Indeks pas – boki (IPB)

Iz antropometrijskih mer smo izračunali indeks pas – boki (IPB), razmerje med obsegom pasu in bokov, ki je pokazatelj porazdelitve maščevja med zgornjo in spodnjo polovico telesa. Ocenjuje tudi količino abdominalnega maščevja.

Vrednost razmerja 1 pomeni enako količino maščevja na pasu in bokih, vrednosti pod 1 kažejo relativno večjo količino maščevja na bokih. Če je vrednost indeksa nad 1, pomeni da imajo merjenke razmeroma več maščevja v predelu pasu.

$$IPB = OP / OB \quad \dots (20)$$

OP – obseg pasu (cm)

OB – obseg bokov (cm)

(Zerbo-Šporin, 2002)

3.2.3.6 Trupno – okončinski indeks (TEI)

Trupno – ekstremitetni indeks (TEI) je razmerje med debelino trupnih (subskapularna in suprailiakalna kožna guba) in okončinskih kožnih gub (kožna guba na tricepsu in goleni). Z njim razlikujemo centralno in periferno porazdelitev podkožnega maščevja.

Vrednost razmerja 1 pomeni enako količino maščevja na trupu in okončinah, vrednost pod 1 relativno večjo količino maščevja na okončinah, indeks nad 1 pa razmeroma več maščevja na trupu.

$$TEI = \frac{KGSubs + KGSupil}{KGTri + KGG} \quad \dots (21)$$

KGSubs – debelina subskapularne kožne gube (mm)

KGSupil – debelina suprailiakalne kožne gube (mm)

KGTri – debelina kožne gube na tricepsu (mm)

KGG – debelina golenske kožne gube (mm)

(Malina, 1996; cit. po Zerbo-Šporin, 2002)

3.2.3.7 Indeks telesne mase (ITM)

Indeks telesne mase je podan kot razmerje med telesno maso in kvadratom telesne višine. Poznan je tudi pod imenom Quetelejev indeks, oz. BMI – angl. body mass index.

$$ITM = \frac{TM}{TV^2} \quad \dots (22)$$

ITM – indeks telesne mase (kg/m²)

TM – telesna masa (kg)

TV – telesna višina (m)

3.2.4 STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV

Podatke smo analizirali s standardnimi statističnimi metodami. Pri tem smo uporabili program Microsoft Excel z analizama Studentovega t-testa in korelacije. S statistično obdelanimi numeričnimi podatki smo predstavili razlike med izračuni, dobljenimi antropometrično in z BIA metodo. Podatke obravnavane skupine smo primerjali tudi z rezultati meritev drugih ustreznih skupin merjenk.

Parametri opisne statistike

Za vse izmerjene in izračunane mere smo izračunali naslednje statistične parametre: numerus (N), minimum (min) in maksimum (max).

Izmed statističnih mer ocene variacije in mer srednje vrednosti smo izračunali: variacijske razmike (VR) – za hitro ocenitev mere variacije, povprečja (Xs) in standardne odklone (standardne deviacije – SD) ter koeficiente variabilnosti (KV%). Standardna deviacija je opisni parameter variacije in predstavlja kvadratni koren variance. Varianca pa je osnovna mera variacije in predstavlja povprečje kvadratov odklonov posameznih vrednosti od aritmetične sredine. Koeficient variabilnosti (KV%) prikazuje mero variacije v odnosu na ustrezno srednjo vrednost, zato ga uporabljamo takrat, kadar želimo primerjati znake z različnimi srednjimi vrednostmi.

Izračunali smo še tem meram ustrezne standardne napake: standardne napake aritmetične sredine (SE_{Xs}), standardne napake standardne deviacije (SE_{SD}), ki je mera variiranja standardne deviacije vzorca okrog standardne deviacije populacije, in standardne napake koeficienta variabilnosti (SE_{KV%}). Standardna napaka koeficienta variabilnosti je mera odstopanja koeficienta variabilnosti vzorca od koeficienta variabilnosti populacije.

Studentov t-test

Studentov t-test je metoda za ugotavljanje statistične pomembnosti vzorčnih razlik. S testiranjem razlike med aritmetičnimi sredinami dveh neodvisnih vzorcev ugotavljamo, ali je razlika le posledica slučaja, ali pa je statistično pomembna, oziroma signifikantna.

V primeru, da s t-testom ugotovimo statistično značilne razlike, lahko z določeno verjetnostjo (stopnjo tveganja) trdimo, da se testirani znak v obeh vzorcih razlikuje. Za različno velike vzorce uporabimo različne izračune. Vzorec, ki šteje do 30 enot, obravnavamo kot majhen, če pa je v vzorcu nad 30 enot, za testiranje razlik uporabimo izračun za velike vzorce.

Testiranje razlike med aritmetičnima sredinama dveh velikih neodvisnih vzorcev:

Če sta oba vzorca, katerih povprečje primerjamo, dovolj velika, če ima torej vsak več kot 30 enot, lahko vzamemo njuni standardni deviaciji kot dovolj zanesljivo oceno standardne deviacije populacije. Preizkus domnev o razliki med njunima povprečjema temelji na standardizirani normalni porazdelitvi.

Kadar primerjamo dva majhna vzorca, nam standardna deviacija vzorcev postane nezanesljiva ocena za standardno deviacijo populacije, in to tem bolj – čim manjša sta vzorca. Preizkus domneve o razliki med njunima povprečjema zato ne more temeljiti na normalni porazdelitvi, ampak na porazdelitvi t. V tem primeru t-test sloni še na dodatni predpostavki. Računati je namreč treba skupno standardno deviacijo za oba vzorca, to pa smemo storiti samo, če se varianci obeh vzorcev med seboj statistično ne razlikujeta.

Najprej smo izračunali povprečno razliko med aritmetičnima sredinama obeh vzorcev, nato smo predpostavko o enakih variancah preverili s testom F. Izračunali smo razmerje med večjo in manjšo varianco. Glede na stopinje prostosti in stopnje tveganja iz tabele smo odčitali kritično vrednost F. Če je bila izračunana vrednost F manjša ali enaka kritični, smo lahko izračunali skupno standardno deviacijo za oba vzorca. Nato smo izračunali še t-vrednosti. Iz tabele smo odčitali kritično vrednost t pri določenih stopinjah prostosti ($n + m - 2$) in tako določili, ali lahko ničelno hipotezo zavrnilo (Adamič, 1989).

Intervali mej zaupanja (kritična vrednost t) pri stopinjah prostosti 40:

$t < 2,02$; razlika ni statistično značilna (- , oz. NS)

$t > 2,02$; razlika je statistično značilna (*), s 5% stopnjo tveganja ($p=0,05$)

$t > 2,70$; razlika je statistično značilna (**), z 1% stopnjo tveganja ($p=0,01$)

$t > 3,55$; razlika je statistično značilna (***), z 0,1% stopnjo tveganja ($p=0,001$)

Koeficient korelacije po Pearsonu

Za analizo povezanosti med dvema spremenljivkama uporabljamo metode korelacije. Korelacija se razlikuje glede na smer povezanosti in zato govorimo o pozitivni in o negativni korelaciji. Pozitivna je, kadar vrednost ene spremenljivke narašča z vrednostjo druge, negativna pa, kadar vrednost ene spremenljivke pada, če druga narašča. Korelacijo lahko ocenimo s koeficientom korelacije po Pearsonu, ki ima lahko vse vrednosti med -1 in +1. Vrednost -1 kaže, da gre za maksimalno negativno korelacijo, +1 pa pozitivno maksimalno korelacijo. Če je Pearsonov koeficient korelacije enak 0, ni med spremenljivkama nobene povezanosti. Značilnost korelacije ocenjujemo s testom t pri $m = n - 2$ stopinjah prostosti in tako potrdimo, ali je povezanost značilna ali ne (Adamič, 1989).

4. REZULTATI

4.1 OPISNA STATISTIKA IZMERJENIH IN IZRAČUNANIH PARAMETROV

V tabeli 4.1 so prikazane najmanjše in največje vrednosti izmerjenih antropometrijskih parametrov in starosti (STA); variacijski razmiki (VR), povprečne vrednosti (X_s), standardni odkloni (SD), koeficienti variabilnosti (KV%) in standardne napake povprečij (SE_{X_s}), odklonov (SE_{SD}) in koeficientov variabilnosti ($SE_{KV\%}$) za te parametre.

Tabela 4.2 predstavlja parametre, ki jih izmeri BIA analizator Akern STA/BIA: rezistenco, reaktanco in fazni kot ter izračunane parametre, ki se izpišejo na prikazovalniku BIA analizatorja oz. se shranijo v pomnilnik. Za te parametre so v tabeli navedene vrednosti opisne statistike: najmanjše in največje vrednosti, variacijski razmiki, povprečne vrednosti, standardni odkloni, koeficienti variabilnosti ter standardne napake povprečij, odklonov in koeficientov variabilnosti.

V tabeli 4.3 pa so predstavljeni vsi izračunani parametri in že zgoraj omenjene vrednosti opisne statistike zanje.

Telesna gostota (BD) je predstavljena na štiri (4) decimalna mesta natančno, saj že majhne razlike močno vplivajo na izračunane vrednosti odstotka maščevja in nadaljnje izračune. Minimumi, maksimumi in variacijski razmiki za starost (STA), upornost (R_z) in reaktanco (X_c) so cela števila; za fazni kot (PA) pa so predstavljeni na eno decimalno mesto natančno.

N označuje numerus in je za vse parametre enak 34, saj naš vzorec zajema 34 merjenk.

Tabela 4.1: Opisna statistika starosti in izmerjenih antropometrijskih parametrov: telesne višine in mase, telesnih obsegov in debelin kožnih gub.

Parameter	N	min	max	VR	Xs	SE _{Xs}	SD	SE _{SD}	KV%	SE _{KV%}
STA (leta)	34	18	31	13	24,82	0,57	3,34	0,41	13,47	2,31
TV (cm)	34	154,90	180,20	25,30	168,35	1,03	6,03	0,73	3,58	0,61
TM (kg)	34	47,50	89,90	42,40	62,47	1,39	8,10	0,98	12,96	2,22
ONadl (cm)	34	23,50	37,00	13,50	27,92	0,46	2,68	0,33	9,61	1,65
OP (cm)	34	62,00	99,20	37,20	73,55	1,16	6,78	0,82	9,21	1,58
OB (cm)	34	76,00	103,00	27,00	93,51	1,24	7,24	0,88	7,75	1,33
KGTri (mm)	34	8,80	32,40	23,60	17,67	0,92	5,36	0,65	30,33	5,20
KGSubs (mm)	34	6,60	31,20	24,60	13,59	0,91	5,33	0,65	39,22	6,73
KGSupil (mm)	34	6,40	33,20	26,80	19,45	1,20	6,99	0,85	35,96	6,17
KGAbs (mm)	34	7,80	33,00	25,20	16,39	1,03	6,00	0,73	36,59	6,28
KGS (mm)	34	10,80	45,00	34,20	28,09	1,47	8,59	1,04	30,56	5,24
KGG (mm)	34	6,80	27,20	20,40	15,35	0,99	5,79	0,70	37,72	6,47

Tabela 4.2: Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov, dobljenih z BIA analizatorjem Akern STA/BIA.

Parameter	N	min	max	VR	Xs	SE _{Xs}	SD	SE _{SD}	KV%	SE _{KV%}
Rz (Ω)	34	492	898	406	592,82	13,18	76,85	9,32	12,96	2,22
Xc (Ω)	34	51	90	39	65,88	1,49	8,71	1,06	13,22	2,27
PA (stopinj, °)	34	5,3	7,2	1,9	6,35	0,08	0,47	0,06	7,37	1,26
FM BIA (kg)	34	8,90	45,30	36,40	18,15	1,11	6,48	0,79	35,69	6,12
%FM BIA	34	17,00	50,40	33,40	28,50	1,04	6,09	0,74	21,36	3,66
FFM BIA (kg)	34	37,60	51,10	13,50	44,24	0,60	3,47	0,42	7,85	1,35
%FFM BIA	34	49,60	83,00	33,40	71,50	1,04	6,09	0,74	8,51	1,46
MM BIA (kg)	34	22,10	30,40	8,30	25,91	0,36	2,12	0,26	8,19	1,40
%MM BIA	34	30,00	47,10	17,10	41,87	0,57	3,30	0,40	7,88	1,35
TBW BIA (l)	34	27,60	38,80	11,20	33,43	0,50	2,90	0,35	8,67	1,49
%TBW BIA	34	40,10	61,50	21,40	53,93	0,69	4,01	0,49	7,43	1,28
BCM BIA (kg)	34	17,90	24,60	6,70	20,91	0,29	1,71	0,21	8,16	1,40
%BCM BIA	34	44,00	49,40	5,40	47,29	0,21	1,20	0,15	2,54	0,44

Tabela 4.3: Opisna statistika izračunanih parametrov.

Parameter	N	min	max	VR	Xs	SE _{Xs}	SD	SE _{SD}	KV%	SE _{KV%}
BDjp80 (g/cm ³)	34	1,0168	1,0713	0,0545	1,0419	0,0022	0,0130	0,0016	1,2472	0,2139
%BFjp80 Siri1	34	12,06	36,84	24,78	25,18	1,01	5,91	0,72	23,46	4,02
FMjp80 Siri1 (kg)	34	5,73	33,12	27,39	16,01	0,92	5,36	0,65	33,46	5,74
FFMjp80 Siri1 (kg)	34	37,16	56,78	19,62	46,46	0,79	4,62	0,56	9,94	1,71
%FFMjp80 Siri1	34	63,16	87,94	24,78	74,82	1,01	5,91	0,72	7,90	1,35
%BFjp80 Siri2	34	10,66	35,74	25,08	23,94	1,03	5,98	0,73	24,97	4,28
FMjp80 Siri2 (kg)	34	5,06	32,13	27,07	15,24	0,91	5,32	0,64	34,89	5,98
FFMjp80 Siri2 (kg)	34	37,78	57,77	19,98	47,24	0,81	4,70	0,57	9,95	1,71
%FFMjp80 Siri2	34	64,26	89,34	25,08	76,06	1,03	5,98	0,73	7,86	1,35
Z (F.V. Zerbo-Šporin)	34	32,62	124,70	92,08	70,56	3,74	21,78	2,64	30,87	5,29
A (cm ²)	34	43,95	108,94	64,99	62,58	2,15	12,55	1,52	20,05	3,44
M (cm ²)	34	23,29	50,75	27,46	33,50	0,99	5,75	0,70	17,15	2,94
F (cm ²)	34	16,80	58,20	41,39	29,08	1,46	8,49	1,03	29,19	5,01
FI%	34	34,33	54,70	20,37	45,91	1,06	6,17	0,75	13,43	2,30
cAMA (cm ²)	34	16,76	27,88	11,12	20,57	0,39	2,26	0,27	10,99	1,89
MM (kg)	34	19,25	28,88	9,63	24,40	0,41	2,37	0,29	9,72	1,67
%MM	34	31,89	42,98	11,09	39,25	0,41	2,39	0,29	6,09	1,04
IPB	34	0,71	1,00	0,29	0,79	0,01	0,06	0,01	7,98	1,37
TEI	34	0,66	1,55	0,89	1,02	0,04	0,23	0,03	22,18	3,80
ITM (kg/m ²)	34	18,32	33,63	15,31	22,04	0,46	2,65	0,32	12,04	2,06

Ženske v obravnavanem vzorcu so v povprečju stare 24,8 let, s standardno deviacijo 3,3 let.

Eden izmed najbolj variabilnih parametrov je gotovo telesna masa s standardnim odklonom 8,1 kg. Zelo variabilne mere so še: obsega pasu in bokov, debelini stegenske in suprailiakalne kožne gube. Relativno stabilne mere so obseg nadlahti, debelini kožnih gub tricepsa in kožne gube pod lopatico.

Kožna guba stegna ima najvišjo standardno deviacijo od parametrov iz tabele 4.1.

Izmed parametrov, ki jih izmeri BIA analizator ima največjo standardno deviacijo upornost, in sicer 76,85.

Najbolj variabilne so vse vrednosti, ki so povezane s količino telesnega maščevja.

To so telesna masa in odstotek telesnega maščevja, vseh šest izmerjenih kožnih gub, od katerih je najbolj variabilna stegenska kožna guba in faktorska vrednost Z, izračunana iz regresijske enačbe po Zerbo-Šporin. Zelo variabilna je tudi površina nadlahti (A).

Med manj variabilne parametre sodijo vrednosti tako z metodo BIA ocenjene, kot antropometrično ocenjene brezmaščobne mase, z BIA metodo določene mišične mase in mase telesne vode.

V obravnavanem vzorcu so najmanj variabilne mere telesna višina, obseg nadlahti, izmed parametrov BIA analize pa fazni kot ter masa in odstotek telesnih celic.

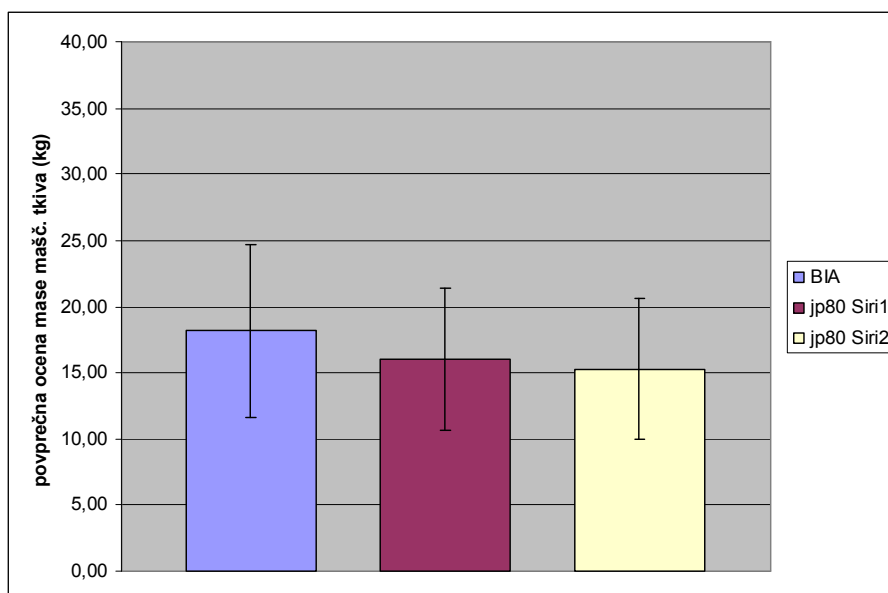
Povprečni IPB za ženske v vzorcu je relativno visok, saj znaša kar 0,79. Kljub visoki vrednosti indeksa IPB imajo merjenke še vedno več maščevja v predelu bokov kot na trebuhu.

Trupno ekstremitetni indeks z vrednostjo 1,02 pa pomeni sorazmerno večjo razvitost podkožnega maščevja na trupu kot na okončinah.

4.2 SESTAVA TELES, DOLOČENA Z ANTROPOMETRIJO IN Z METODO BIOELEKTRIČNE IMPEDANČNE ANALIZE (BIA)

4.2.1 PRIMERJAVA MASE MAŠČEVJA IN BREZMAŠČOBNE MASE, DOLOČENIH Z ANTROPOMETRIJO IN Z METODO BIA

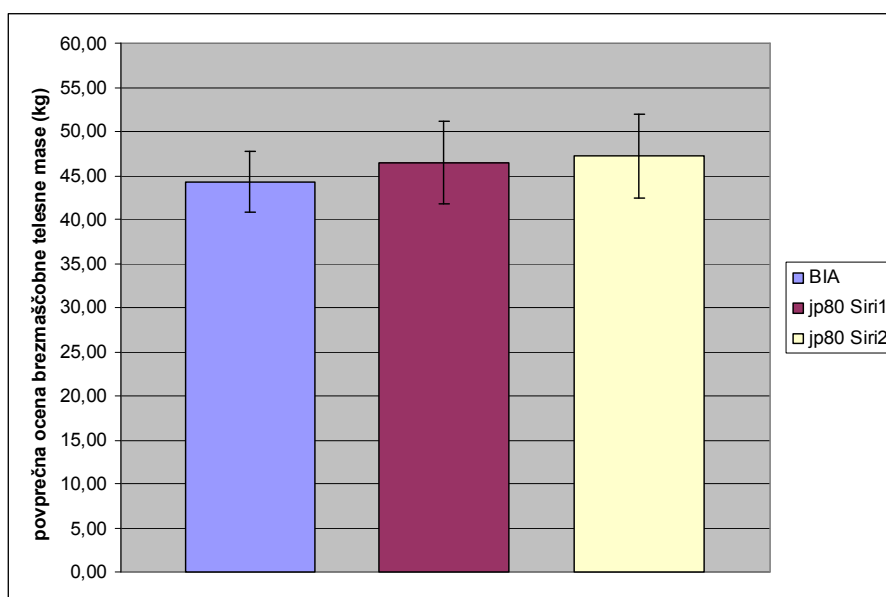
Slika 4.1 prikazuje povprečne ocene mase maščevja, dobljene z uporabo metode BIA in z antropometrijo. Za oceno gostote telesa smo uporabili regresijsko enačbo po Jacksonu in Pollocku (1980) – jp80, za izračun mase in deleža maščevja smo uporabili dve različni pretvorbi: po »klasični« Sirijeji enačbi – Siri1 (enačba št. 2) in po modificirani Sirijeji enačbi, posebej primerni za ženske populacije odraslih Kavkazijcev – enačbi Siri2 (enačba št. 4).



Slika 4.1: Primerjava povprečnih ocen mase maščobnega tkiva – FM (kg), dobljenih z uporabo metode merjenja bioelektrične impedance (BIA) in z antropometrijo (jp80 Siri1, jp80 Siri2).

Povprečna vrednost ocene mase maščobnega tkiva – FM (kg) z uporabo metode BIA je bila $18,15 \pm 6,48$ kg, povprečni vrednosti, dobljeni z antropometrijo, a po dveh različnih pretvorbah pa $16,01 \pm 5,36$ kg (jp80 Siri1) in $15,24 \pm 5,32$ kg (jp80 Siri2). Izračun Pearsonovega korelacijskega koeficienta med BIA in jp80 Siri1 ($r=0,88$; $p<0,001$), med BIA in jp80 Siri2 ($r=0,87$; $p<0,001$), ter med jp80 Siri1 in jp80 Siri2 ($r=1,00$; $p<0,001$) je pokazal, da so uporabljene metode medsebojno pozitivno povezane. Korelacijskim koeficientom smo izračunali tudi vrednosti t , ki so bile višje od kritične vrednosti t , zato smo z manj kot 0,1% tveganjem zavrnilni ničelno domnevo in sprejeli osnovno domnevo, da so dobljeni rezultati med seboj značilno povezani.

S pomočjo Studentovega t -testa smo ugotavljali statistično značilno razliko med dobljenimi povprečnimi ocenami mase maščevja po različnih metodah določanja vsebnosti maščevja. Pokazalo se je, da ni statistično značilnih razlik med povprečno vrednostjo količine maščevja, dobljeno z BIA metodo v primerjavi z antropometrično določenima masama.



Slika 4.2: Primerjava povprečnih ocen mase brezmaščobne telesne komponente – FFM (kg), dobljenih z uporabo metode merjenja bioelektrične impedance (BIA) in z antropometrijo (jp80 Siri1, jp80 Siri2).

Slika 4.2 prikazuje povprečne ocene brezmaščobne mase, dobljene z uporabo metode BIA in z antropometrijo.

Povprečna vrednost ocene brezmaščobne mase – FFM (kg) z uporabo metode BIA je bila $44,24 \pm 3,47$ kg, povprečni vrednosti, dobljeni z antropometrijo, a po dveh različnih pretvorbah pa $46,46 \pm 4,62$ kg (FFMjp80 Siri1) in $47,24 \pm 4,70$ kg (FFMjp80 Siri2). Izračun Pearsonovega korelacijskega koeficienta med BIA in jp80 Siri1 ($r=0,76$; $p<0,001$), med BIA in jp80 Siri2 ($r=0,76$; $p<0,001$), ter med jp80 Siri1 in jp80 Siri2 ($r=1,00$; $p<0,001$) je pokazal, da so uporabljene metode ponovno medsebojno pozitivno povezane. S pomočjo izračunanih vrednosti t smo potrdili, da so dobljeni rezultati med seboj značilno povezani.

Studentov t-test je pokazal statistično značilno razliko med dobljenimi povprečnimi ocenami brezmaščobne mase med BIA in jp80 Siri1, med BIA in jp80 Siri2.

4.2.2 KORELACIJE MED ANTROPOMETRIJSKIMI PARAMETRI

Tabela 4.4 prikazuje korelacijsko matriko med antropometrijskimi parametri. Najvišjo korelacijo med antropometrijskimi merami smo izračunali med telesno maso in obsegom pasu ($r=0,83$), med kožno gubo tricepsa in obsegom nadlahti ($r=0,84$), med obsegom nadlahti in obsegom pasu ($r=0,81$), med kožno gubo tricepsa in subskapularno kožno gubo ($r=0,82$) ter med kožno gubo stegna in kožno gubo na goleni ($r=0,81$).

Telesna višina ne korelira statistično značilno z izmerjenimi antropometrijskimi parametri, izjema je statistično značilna pozitivna korelacija med telesno višino in telesno maso.

Značilne so pozitivne korelacije med ostalimi antropometrijskimi parametri.

Negativne korelacije telesne višine z drugimi parametri niso statistično značilne.

Tabela 4.4: Korelacije med antropometrijskimi parametri.

	TV	TM	ONadl	OP	OB	KGTri	KGSubs	KGSupil	KGAb	KGS	KGG
TV		0,44	-0,14 /	0,08 /	0,08 /	-0,19 /	-0,26 /	-0,02 /	0,02 /	-0,18 /	-0,08 /
TM	0,44		0,69	0,83	0,42	0,61	0,57	0,55	0,64	0,49	0,45
ONadl	-0,14 /	0,69		0,81	0,50	0,84	0,77	0,48	0,62	0,71	0,56
OP	0,08 /	0,83	0,81		0,58	0,75	0,71	0,61	0,68	0,68	0,56
OB	0,08 /	0,42	0,50	0,58		0,44	0,30 /	0,33 /	0,26 /	0,51	0,32 /
KGTri	-0,19 /	0,61	0,84	0,75	0,44		0,82	0,70	0,67	0,78	0,74
KGSubs	-0,26 /	0,57	0,77	0,71	0,30 /	0,82		0,69	0,71	0,66	0,56
KGSupil	-0,02 /	0,55	0,48	0,61	0,33 /	0,70	0,69		0,71	0,65	0,60
KGAb	0,02 /	0,64	0,62	0,68	0,26 /	0,67	0,71	0,71		0,61	0,62
KGS	-0,18 /	0,49	0,71	0,68	0,51	0,78	0,66	0,65	0,61		0,81
KGG	-0,08 /	0,45	0,56	0,56	0,32 /	0,74	0,56	0,60	0,62	0,81	

Negativni predznak (-) predstavlja negativno korelacijo, znak (/) pa korelacijo, ki ni statistično značilna pri $p < 0,05$.

4.2.3 KORELACIJE MED PARAMETRI TELESNE SESTAVE, DOLOČENIMI Z BIA METODO

Iz tabele 4.5 je razvidno, da večina izmerjenih parametrov telesne sestave med seboj statistično značilno pozitivno ali negativno korelira.

Tabela 4.5: Korelacije med parametri telesne sestave.

	Rz	Xc	PA	FFM	TBW	FM	MM	BCM	ITM
Rz		0,83	-0,19 /	-0,47	-0,51	0,03 /	-0,41	-0,38	-0,33 /
Xc	0,83		0,39	-0,56	-0,57	0,05 /	-0,38	-0,32 /	-0,22 /
PA	-0,19 /	0,39		-0,19 /	-0,14 /	0,07 /	0,03 /	0,08 /	0,18 /
FFM	-0,47	-0,56	-0,19 /		0,98	0,25 /	0,97	0,95	0,26 /
TBW	-0,51	-0,57	-0,14 /	0,98		0,41	0,96	0,94	0,43
FM	0,03 /	0,05 /	0,07 /	0,25 /	0,41		0,35	0,33 /	0,91
MM	-0,41	0,38	0,03 /	0,97	0,96	0,35		0,999	0,32 /
BCM	-0,38	-0,32 /	0,08 /	0,95	0,94	0,33 /	0,999		0,30 /
ITM	-0,33 /	-0,22 /	0,18 /	0,26 /	0,43	0,91	0,32 /	0,30 /	

Negativni predznak (-) predstavlja negativno korelacijo, znak (/) pa korelacijo, ki ni statistično značilna pri $p < 0,05$.

Najvišjo pozitivno statistično značilno korelacijo smo opazili med maso telesnih celic in mišično maso ($r=0,999$), med količino telesne vode in brezmaščobno maso ($r=0,98$), med mišično maso in brezmaščobno maso ($r=0,97$), med mišično maso in količino telesne vode ($r=0,96$), med maso telesnih celic in brezmaščobno maso ($r=0,95$), med maso telesnih celic in količino telesne vode ($r=0,94$) ter med ITM in maščobno maso ($r=0,91$).

4.2.4 PRIMERJAVA DEJANSKE KOLIČINE MIŠIČJA IN OCENJENE KOLIČINE MIŠIČJA, IZRAČUNANE IZ POPRAVLJENE MIŠIČNE POVRŠINE NADLAHTI (cAMA)

V tabeli 4.6 je predstavljen parameter cAMA – popravljena mišična površina nadlahti, ki je eden od parametrov antropometrije nadlahti. To smo uporabili kot izhodišče za oceno mase in odstotka skeletnega mišičja z vidika sestave celotnega telesa.

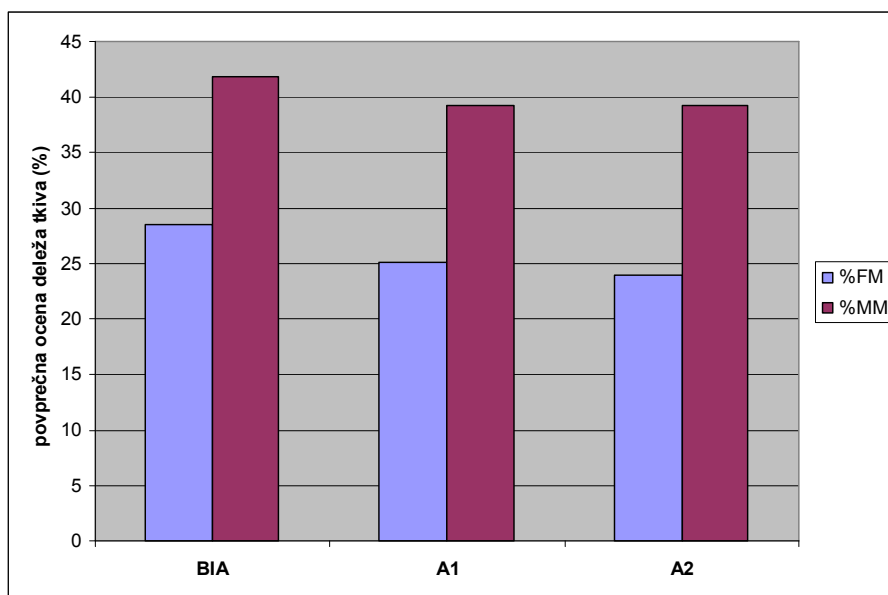
S pomočjo antropometrije nadlahti pa ugotavljamo regionalno sestavo telesa in nam služi predvsem za oceno prehranjenosti posameznika.

Rezultati antropometrije nadlahti so prikazani v poglavju 4.4 – Antropometrija nadlahti.

Tabela 4.6: Opisna statistika za parametre cAMA in oceno mase in odstotka mišičja iz cAMA.

Parameter	N	min	max	VR	Xs	SE _{Xs}	SD	SE _{SD}	KV%	SE _{KV%}
cAMA (cm ²)	34	16,76	27,88	11,12	20,57	0,39	2,26	0,27	10,99	1,89
MM (kg)	34	19,25	28,88	9,63	24,40	0,41	2,37	0,29	9,72	1,67
%MM	34	31,89	42,98	11,09	39,25	0,41	2,39	0,29	6,09	1,04

Dejanska količina mišičja je količina mišičja, določena z bioelektrično impedančno analizo. Povprečna vrednost odstotka mišičja (%MM BIA), določena z BIA v vzorcu znaša $41,87 \pm 3,30$. Povprečna ocenjena vrednost odstotka mišičja (%MM, izračunana iz cAMA) v vzorcu pa je $39,25 \pm 2,39$. Med dejansko in ocenjeno količino mišičja je značilna razlika.



Slika 4.3: Primerjava povprečnih ocen odstotka maščevja (%FM) in odstotka mišičja (%MM).

BIA: odstotek maščevja (%FM BIA) in dejanski odstotek mišičja (%MM BIA)

A1: ocena %maščevja, dobljena z antropometrijo, pretvorba po Siri1 in ocena %mišičja iz cAMA

A2: ocena %maščevja, dobljena z antropometrijo, pretvorba po Siri2 in ocena %mišičja iz cAMA.

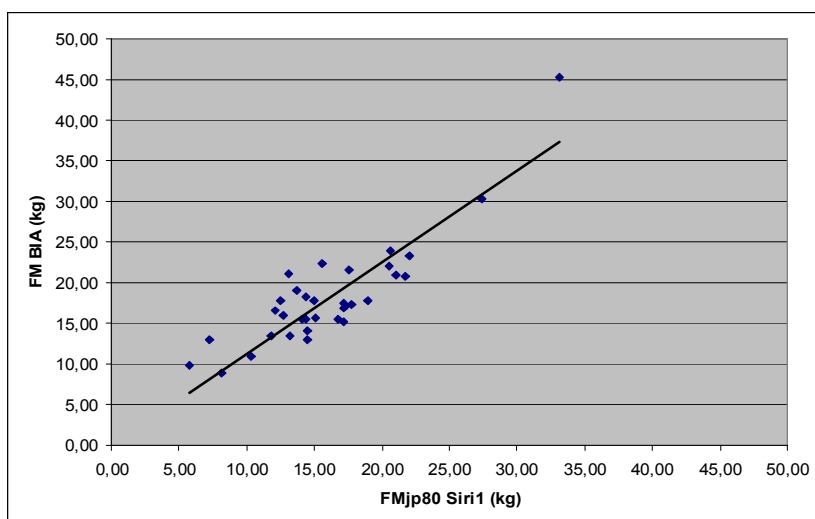
Slika 4.3 prikazuje primerjavo povprečnih vrednosti ocen odstotka maščevja (%FM) in odstotka mišičja (%MM) z uporabo metode BIA in antropometrije. Pokazale so se statistično pomembne razlike v vsebnostih mišičja v primerjavi z vsebnostmi maščevja.

Pearsonovi korelacijski koeficienti so negativni ($r_{BIA} = -0,967$, $r_{A1} = -0,508$, $r_{A2} = -0,508$) torej gre za negativne korelacije. To pomeni, da kadar vrednost ene spremenljivke pada, vrednost druge narašča in obratno.

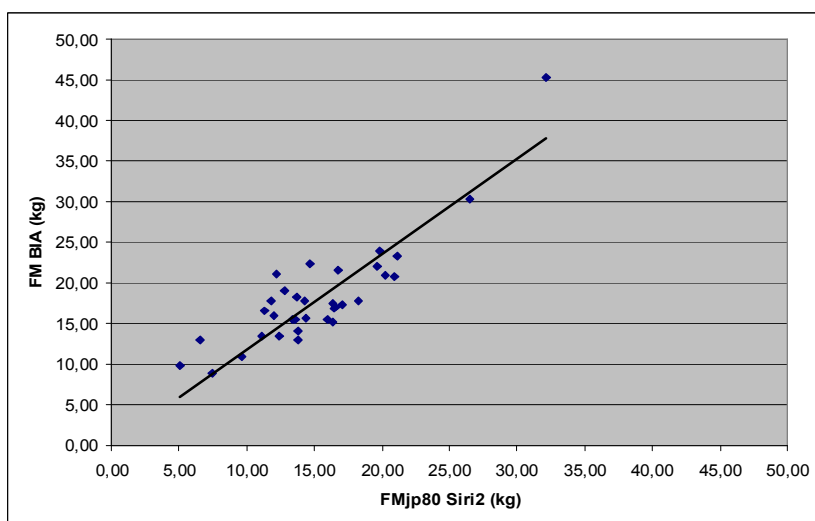
Korelacija med %FM BIA in %MM BIA je statistično značilna, pri antropometrično določenih ocenah pa ni statistično značilna.

4.2.5 ZANESLJIVOST OCENE SESTAVE TELESA – POVEZANOST ANTROPOMETRIJSKE METODE IN METODE BIA

S slikama 4.4 in 4.5 smo želeli prikazati povezanost antropometrijske metode za določanje količine maščevja in BIA metode. Pozitivna korelacijska koeficienta ($r_{BIA-Siri1} = 0,88$, $r_{BIA-Siri2} = 0,87$; $p < 0,001$) potrjujeta povezanost obeh metod. Na slikah je s črno premico prikazan trend, da pri višjih ocenjenih vrednostih količine maščevja, določenih z antropometrijo, pričakujemo tudi višje vrednosti maščevja, določene z BIA.



Slika 4.4: Korelacijski prikaz povezanosti med FM BIA in FMjp80 Siri1.



Slika 4.5: Korelacijski prikaz povezanosti med FM BIA in FMjp80 Siri2.

4.2.6 PRIMERJAVA OBRAVNAVANE SKUPINE MERJENK Z OSTALIMI SKUPINAMI

Rezultate meritev sestave telesa obravnavane skupine vojakinj smo primerjali z rezultati meritev skupine slovenskih študentk, ki jih je opravila Zerbo-Šporin leta 2002, meritev skupine slovenskih študentk Jakopičeve iz leta 2002 ter z rezultati meritev BIA skupine švicarskih merjenk, ki jih je opravila Kyle G. s sod. (2005).

4.2.6.1 Rezultati meritev sestave telesa z antropometrijo in z BIA metodo skupine slovenskih študentk – vzorec Zerbo-Šporin, 2002

Tabela 4.7 prikazuje parametre sestave telesa slovenskih študentk, rezultate meritev Zerbo-Šporin (2002). Za ustrezno primerjavo so meram v tabeli pripisane okrajšave, uporabljene v tej diplomski nalogi.

Tabela 4.7: Parametri telesne sestave slovenskih študentk – vzorec Zerbo-Šporin, 2002.

Mere	N	Xs	SD
telesna višina (cm)	169	167,72	5,31
telesna masa (kg)	169	60,37	8,45
gostota telesa (g/cm^3) – BDjp80	169	1,0484	0,0111
odstotek telesnega maščevja (%) – %BFjp80 Siri1	169	22,20	5,02
masa telesnega maščevja (kg) – FMjp80 Siri1	169	13,67	4,92
brezmaščobna telesna masa (kg) – FFMjp80 Siri1	169	46,69	4,88
rezistenca (Ω)	169	547,57	69,40
odstotek telesnega maščevja (%) – %FM BIA	169	22,15	5,78
masa telesnega maščevja (kg) – FM BIA	169	13,78	5,90
brezmaščobna telesna masa (kg) – FFM BIA	169	46,58	3,65
indeks telesne mase (kg/m^2)	ni podatkov		

4.2.6.2 Rezultati meritev sestave telesa z BIA metodo skupine slovenskih študentk – vzorec Jakopič, 2002

Tabela 4.8: Parametri telesne sestave slovenskih študentk – vzorec Jakopič, 2002.

Mere	N	Xs	SD
telesna višina (cm)	40	166,5	7,36
telesna masa (kg)	40	58,6	8,74
rezistenca (Ω)	40	557,0	54,5
odstotek telesnega maščevja (%) – %FM BIA	40	21,9	5,88
masa telesnega maščevja (kg) – FM BIA	40	13,2	5,25
brezmaščobna telesna masa (kg) – FFM BIA	40	45,3	4,25
celotna telesna voda (l) – TBW	40	33,2	3,11
indeks telesne mase (kg/m^2)	40	21,0	2,01

V tabeli 4.8 so prikazani parametri sestave telesa slovenskih študentk – rezultati Jakopič (2002).

4.2.6.3 Rezultati BIA meritev skupine švicarskih merjenk

Kyle G. s sod. (2005) je v Švici opravila raziskave na 697 različno izobraženih, zdravih ženskah, starih od 20 do 29 let. Namen raziskave je bil ugotoviti referenčne vrednosti in njihov razpon za posamezne pokazatelje sestave telesa. Rezultati meritev in opisna statistika so prikazani v tabeli 4.9.

Tabela 4.9: Parametri BIA analize švicarskih merjenk (Kyle s sod., 2005).

Mere	N	Xs	SD
telesna višina (cm)	697	165,9	6,4
telesna masa (kg)	697	58,9	7,4
rezistenca (Ω)	697	590	61
odstotek telesnega maščevja (%) – %FM BIA	697	24,4	4,6
masa telesnega maščevja (kg) – FM BIA	697	14,5	4,0
brezmaščobna telesna masa (kg) – FFM BIA	697	44,4	4,8
indeks telesne mase (kg/m^2)	697	21,4	2,3

4.2.6.4 Razlike med obravnavano skupino vojakinj in skupino slovenskih študentk – vzorec Zerbo-Šporin, 2002

Tabela 4.10: Razlike v značilnostih spremenljivk med slovenskimi študentkami (Zerbo-Šporin, 2002) in obravnavano skupino vojakinj (2007).

Mere	študentke vzorec Zerbo-Šporin (2002)			vojakinje (2007)			primerjava		
	N	Xs	SD	N	Xs	SD	R	P	signif.
telesna višina (cm)	169	167,72	5,31	34	168,35	6,03	-0,63	0,576	NS
telesna masa (kg)	169	60,37	8,45	34	62,47	8,10	-2,10	0,171	NS
gostota telesa (g/cm^3) – BDjp80	169	1,0484	0,0111	34	1,0419	0,0130	0,0065	0,007	**
odstotek telesnega maščevja (%) – %BFjp80 Siri1	169	22,20	5,02	34	25,18	5,91	-2,98	0,006	**
masa telesnega maščevja (kg) – FMjp80 Siri1	169	13,67	4,92	34	16,01	5,36	-2,34	0,019	*
brezmaščobna telesna masa (kg) – FFMjp80 Siri1	169	46,69	4,88	34	46,46	4,62	0,23	0,745	NS
rezistenca (Ω)	169	547,57	69,40	34	592,82	76,85	-45,25	0,001	***
odstotek telesnega maščevja (%) – %FM BIA	169	22,15	5,78	34	28,50	6,09	-6,35	0,000	***
masa telesnega maščevja (kg) – FM BIA	169	13,78	5,90	34	18,15	6,48	-4,37	0,001	***
brezmaščobna telesna masa (kg) – FFM BIA	169	46,58	3,65	34	44,24	3,47	2,34	0,001	***

NS.....razlika ni statistično značilna

*razlika je statistično značilna s 5% tveganjem

**razlika je statistično značilna z 1% tveganjem

***.....razlika je statistično značilna z 0,1% tveganjem

Iz tabele 4.10 je razvidno, da se statistično pomembne razlike med primerjanima skupinama pojavljajo pri vseh izmerjenih parametrih, razen pri telesni višini, telesni masi in brezmaščobni telesni masi, ocenjeni z antropometrijo. Skupina vojakinj je za 0,6 cm višja od skupine študentk, vendar razlika ni statistično značilna. Statistično značilno razliko med skupinama lahko s 5% tveganjem potrdimo za antropometrično določeno oceno mase telesnega maščevja študentk, ki je za 2,3 kg nižja od povprečne vrednosti vojakinj. Za maso telesnega maščevja, določeno z BIA lahko z 0,1% tveganjem potrdimo, da se statistično značilno razlikuje med skupinama, in sicer je masa telesnega maščevja, določena z BIA metodo pri študentkah kar za 4,4 kg nižja kot pri vojakinjah. Prav tako je telesna masa študentk za 2,1 kg nižja od skupine vojakinj, vendar ta razlika ni statistično značilna. Telesna gostota študentske skupine je za 0,0065 g/cm³ višja kot pri skupini vojakinj, kar je statistično značilna razlika z 1% tveganjem. Odstotek telesnega maščevja, določen antropometrično je za 3% nižji pri skupini študentk, razlika je statistično značilna z 1% tveganjem. Z 0,1% tveganjem trdimo, da je razlika v vrednosti odstotka telesnega maščevja, določenega z BIA, statistično značilna. Skupina študentk ima namreč kar za 6,4% nižji odstotek telesnega maščevja, določen z BIA metodo kot skupina vojakinj. Vrednost z BIA metodo določene brezmaščobne mase skupine študentk je za 2,3 kg višja od povprečne vrednosti skupine vojakinj. Razlika je statistično značilna, kar lahko trdimo z 0,1% tveganjem. Ugotavljamo, da so študentke manj zamaščene. Študentke so v povprečju tudi mlajše, povprečna starost je bila 22 let s standardno deviacijo 2,55. Povprečna starost vojakinj pa je bila 24,8 let s SD 3,34.

4.2.6.5 Razlike med obravnavano skupino vojakinj in skupino švicarskih merjenk

Tabela 4.11: Razlike v parametrih sestave telesa med švicarskimi merjenkami (Kyle s sod., 2005) in obravnavano skupino vojakinj (2007).

	švicarske merjenke (2005)			vojakinje (2007)			primerjava		
Mere	N	Xs	SD	N	Xs	SD	R	P	signif.
telesna višina (cm)	697	165,9	6,4	34	168,35	6,03	-2,45	0,021	*
telesna masa (kg)	697	58,9	7,4	34	62,47	8,10	-3,57	0,012	*
rezistenca (Ω)	697	590	61	34	592,82	76,85	-2,82	0,834	NS
odstotek telesnega maščevja (%) – %FM BIA	697	24,4	4,6	34	28,50	6,09	-4,1	0,000	***
masa telesnega maščevja (kg) – FM BIA	697	14,5	4,0	34	18,15	6,48	-3,65	0,001	***
brezmaščobna telesna masa (kg) – FFM BIA	697	44,4	4,8	34	44,24	3,47	0,16	0,803	NS
indeks telesne mase (kg/m ²)	697	21,4	2,3	34	22,04	2,65	-0,64	0,168	NS

NS.....razlika ni statistično značilna

*razlika je statistično značilna s 5% tveganjem

**razlika je statistično značilna z 1% tveganjem

*** ...razlika je statistično značilna z 0,1% tveganjem

Iz tabele 4.11 je razvidno, da se statistično pomembne razlike med skupino švicarskih merjenk in obravnavano skupino vojakinj približno enake starosti pojavljajo pri štirih izmerjenih parametrih.

Povprečna telesna masa švicarskih merjenk je za 3,6 kg nižja kot pri obravnavani skupini vojakinj. Gre za statistično značilno razliko s 5% tveganjem.

Vrednost indeksa telesne mase (ITM) je pri obravnavani skupini vojakinj za 0,6 višja kot pri švicarskih merjenkah, vendar razlika ni statistično značilna.

Rezistenca je pri slovenskih vojakinjah za 3 Ω višja od rezistence, izmerjene pri švicarskih merjenkah, ta razlika ni statistično značilna.

Vrednost brezmaščobne telesne mase švicarskih merjenk pa je za 0,16 kg višja od povprečja slovenskih vojakinj. Tudi ta razlika ni statistično značilna.

Povprečna vrednost telesne višine je pri švicarskih merjenkah za 2,5 cm nižja od povprečja slovenskih vojakinj. Gre za statistično značilno razliko s 5% tveganjem.

Z 0,1% tveganjem lahko trdimo, da je razlika v vrednosti tako odstotka kot mase maščevja statistično značilna, tako je povprečna vrednost maščobne mase pri švicarskih merjenkah za 3,65 kg nižja od slovenskega povprečja vojakinj. Tudi odstotek telesnega maščevja je pri švicarskih merjenkah za 4,1% nižji kot pri vojakinjah.

4.2.6.6 Indeks telesne mase (ITM)

Povprečni ITM vzorca vojakinj je 22,04 s standardno deviacijo 2,65.

Obravnavano skupino merjenk smo primerjali z rezultati skupine slovenskih študentk, ki jih je opravila Jakopičeva leta 2002 in z rezultati velikega vzorca švicarskih merjenk (Kyle G. s sod., 2005).

Tabela 4.12: Opisna statistika parametra ITM, primerjava rezultatov majhnih vzorcev slovenskih študentk – Jakopič (2002) in slovenskih vojakinj ter rezultatov velikega vzorca švicarskih merjenk.

	vzorec študentke Jakopič (2002)			vzorec švicarskih merjenk – Kyle (2005)			vzorec vojakinje (2007)		
Mere	N	Xs	SD	N	Xs	SD	N	Xs	SD
ITM	40	21,00	2,01	697	21,4	2,3	34	22,04	2,65

Tabela 4.12 prikazuje opisno statistiko vrednosti indeksa telesne mase za primerjavo med približno enakima vzorcema slovenskih študentk in vojakinj ter mnogo večjim vzorcem švicarskih merjenk. Pri vseh treh skupinah je bila opravljena bioelektrična impedančna analiza. Kljub razlikam v velikosti primerjanih vzorcev, so razlike v ITM statistično neznačilne.

4.3 KOLIČINA PODKOŽNEGA MAŠČEVJA, PREDSTAVLJENA S FAKTORSKO VREDNOSTJO Z PO ZERBO – ŠPORIN

Tabela 4.13: Povprečne vrednosti in standardne deviacije izmerjenih kožnih gub, ki so vključene v enačbo za izračun faktorske vrednosti Z po Zerbo-Šporin.

kožna guba	Xs	SD
KGTri (mm)	17,67	5,36
KGSubs (mm)	13,59	5,33
KGSupil (mm)	19,45	6,99
KGAb (mm)	16,39	6,00
KGG (mm)	15,35	5,79

Na osnovi rezultatov regresijske enačbe in faktorskih vrednosti smo merjenke razdelili v tri skupine.

Skupina 2: $Xs \pm 0,5 \cdot SD$

V to skupino spadajo merjenke, ki imajo vrednost regresijske enačbe po Zerbo-Šporin od 59,67 do 81,45.

Merjenke iz te skupine imajo primerno količino podkožnega maščevja. V skupini 2 je 38,2% merjenk, oz. v našem vzorcu je to 13 merjenk.

Skupina 1:

Sem sodijo merjenke z vrednostmi enačbe pod 59,67. Merjenke iz 1. skupine imajo manj podkožnega maščevja kot merjenke iz 2. skupine. Skupina pokriva 38,2% merjenk, oz. 13 merjenk.

Skupina 3:

V skupino so vključene merjenke z vrednostjo regresijske enačbe nad 81,45.

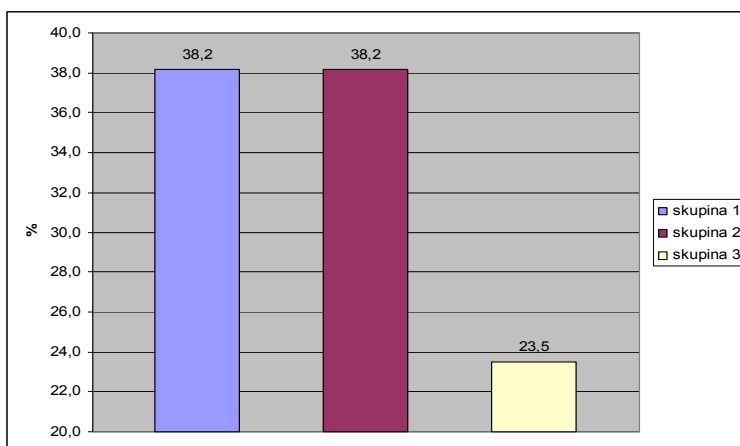
Imajo več podkožnega maščevja kot merjenke v 2. skupini.

V našem vzorcu je takih merjenk 8, kar predstavlja 23,5% merjenk v vzorcu.

Tabela 4.14 prikazuje, da razporeditev merjenk v faktorske skupine ni enakomerna.

Tabela 4.14: Frekvence merjenk v faktorskih skupinah Z.

	število merjenk	%
skupina 1	13	38,2
skupina 2	13	38,2
skupina 3	8	23,5



Slika 4.6: Deleži merjenk v faktorskih skupinah Z.

4.3.2 PRIMERJAVA OBRAVNAVANE SKUPINE MERJENK Z OSTALIMI SKUPINAMI

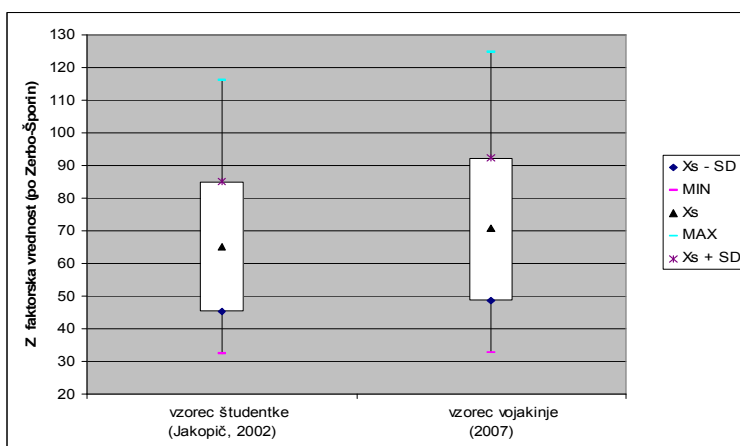
Rezultate obravnavane skupine merjenk smo primerjali z rezultati skupine slovenskih študentk, ki jih je dobila Jakopičeva leta 2002.

4.3.2.1 Rezultati Jakopič (2002)

Tabela 4.15 prikazuje opisno statistiko izračunane količine maščevja, izražene s faktorsko vrednostjo Z po Zerbo-Šporin – rezultate meritev 36-ih slovenskih študentk, v povprečju starih 21,3 let in rezultate za obravnavani vzorec vojakinj.

Tabela 4.15: Opisna statistika vrednosti Z, rezultati Jakopič (2002) in rezultati obravnavanega vzorca.

Mere	vzorec študentke Jakopič (2002)			vzorec vojakinje (2007)		
	N	$\bar{X}_s$	SD	N	$\bar{X}_s$	SD
F. V. Zerbo-Šporin Z	36	65,1	19,9	34	70,6	21,8

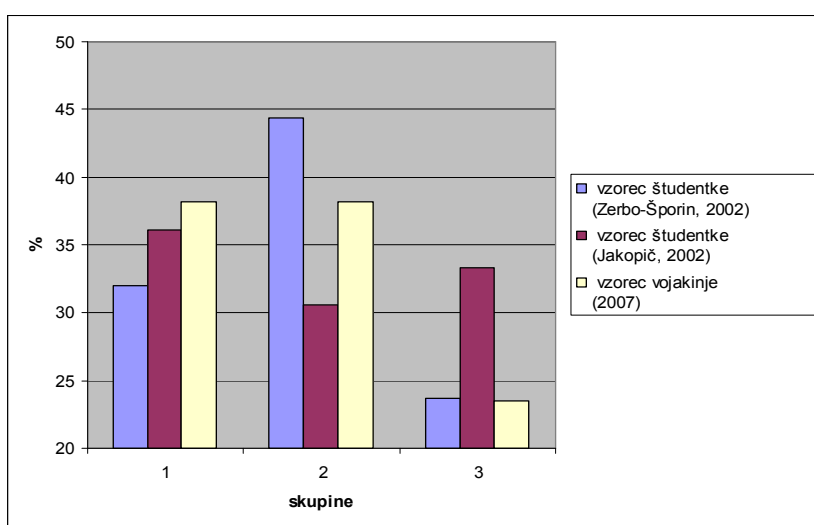


Slika 4.7: Vretenast diagram (angl. box plot) prikazuje primerjavo vrednosti Z (po Zerbo-Šporin) med vzorcema študentk in vojakinj.

S sliko 4.7 smo grafično primerjali količino podkožnega maščevja med obema skupinama, izraženo s faktorsko vrednostjo Z po Zerbo-Šporin.

4.3.3 PRIMERJAVA FREKVENČNIH PORAZDELITEV V SKUPINE »Z« MED OBRAVNAVANO SKUPINO MERJENK Z OSTALIMA SKUPINAMA

Iz slike 4.8 je razvidno, da obstajajo razlike med frekvenčnimi porazdelitvami v skupine za parameter Z med tremi skupinami merjenk. Največje razlike v frekvenčnih porazdelitvah opazimo pri 2. in 3. skupini.



Slika 4.8: Primerjava frekvenčnih porazdelitev v skupine za parameter Z med tremi vzorci.

4.4 ANTROPOMETRIJA NADLAHTI

V tabeli 4.16 so prikazani rezultati meritev antropometrije nadlahti.

Povprečna vrednost mišične površine nadlahti (M) je znašala 33,5 cm², povprečna vrednost maščobne površine nadlahti (F) pa 29,08 cm². Odstotek maščevja roke (FI%) v povprečju znaša 45,91.

Tabela 4.16: Rezultati meritev antropometrije nadlahti.

Parameter	N	min	max	VR	Xs	SE _{Xs}	SD	SE _{SD}	KV%	SE _{KV%}
A (cm ²)	34	43,95	108,94	64,99	62,58	2,15	12,55	1,52	20,05	3,44
M (cm ²)	34	23,29	50,75	27,46	33,50	0,99	5,75	0,70	17,15	2,94
F (cm ²)	34	16,80	58,20	41,39	29,08	1,46	8,49	1,03	29,19	5,01
FI%	34	34,33	54,70	20,37	45,91	1,06	6,17	0,75	13,43	2,30

4.4.1 PRIMERJAVA REZULTATOV OBRAVNAVANE SKUPINE MERJENK Z REFERENČNIMI VREDNOSTMI

Normative antropometrije nadlahti, izdelane na zelo velikem reprezentativnem vzorcu ameriških belcev, je objavil Frisancho leta 1990. Normativi so prikazani v tabeli 4.17.

Tabela 4.17: Normativi antropometrije nadlahti, Frisancho (1990).

centil	5	10	15	25	50	75	85	90	95
ženske									
A	40,3	43,2	45,8	49,3	57,2	67,4	75,5	82,0	95,8
M	19,2	21,4	22,5	24,3	28,0	32,7	35,7	38,0	42,2
F	10,7	12,5	14,0	16,4	22,2	30,5	36,6	41,4	50,6
FI%	23,6	26,8	28,9	32,8	39,4	46,4	50,3	53,1	56,2

A – površina nadlahti, angl. upper arm area (cm²)

M – mišična površina nadlahti, angl. upper arm muscle area (cm²)

F – maščobna površina nadlahti, angl. upper arm fat area (cm²)

FI% – odstotek maščevja roke, angl. arm fat index (%)

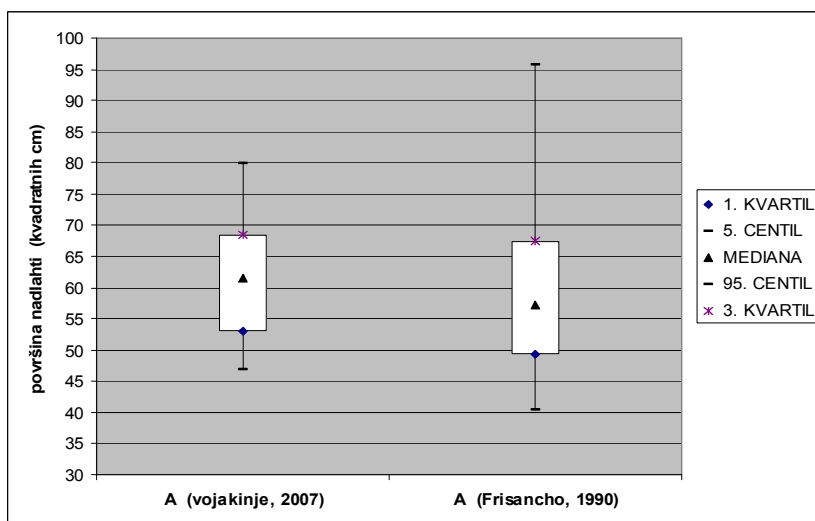
Z vretenastimi diagrami (slike: 4.9, 4.10, 4.11, 4.12) smo grafično primerjali vrednosti meritev vojakinj z referenčnimi vrednostmi po Frisancho-ju.

Slika 4.9 kaže višjo srednjo vrednost (oz. mediano) površine nadlahti pri vojakinjah.

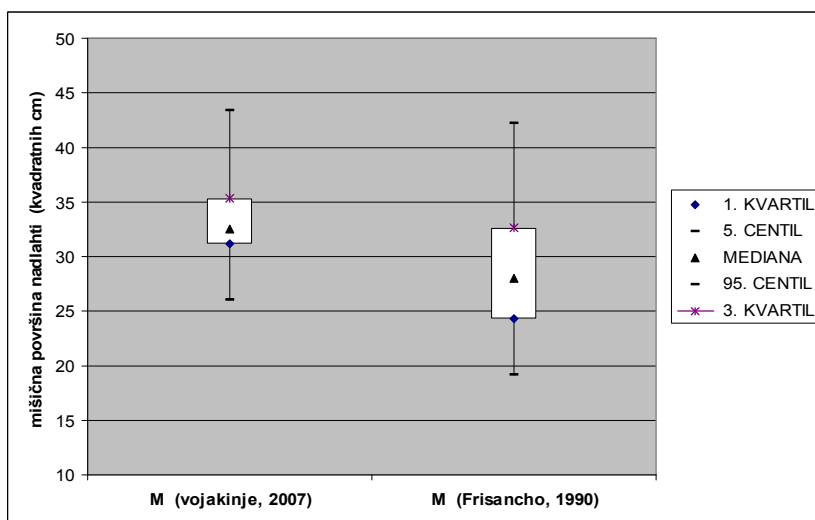
Tudi srednja vrednost mišične površine nadlahti je v obravnavani skupini višja (slika 4.10).

Podobno sta tudi srednji vrednosti maščobne površine nadlahti (slika 4.11) in odstotka maščevja roke višji (slika 4.12), če ju primerjamo z normativi.

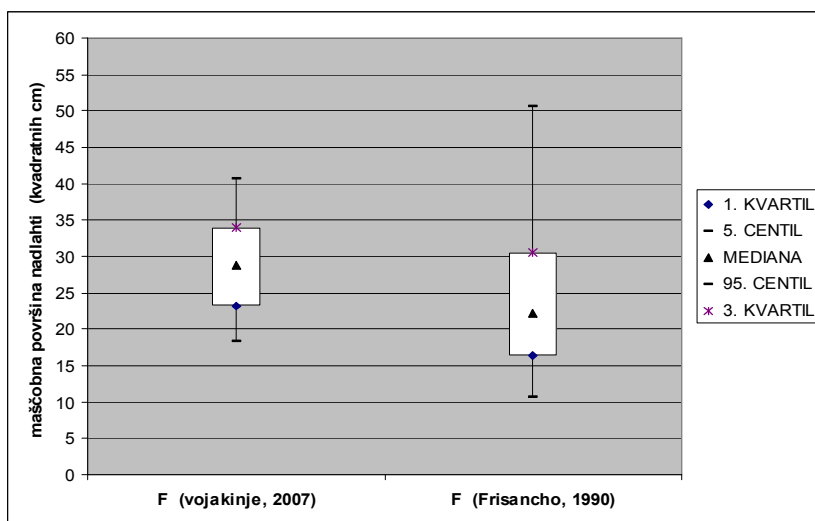
Na vseh štirih diagramih opazimo širši razpon vrednosti parametrov antropometrije nadlahti pri normativih po Frisancho-ju kot pri vojakinjah.



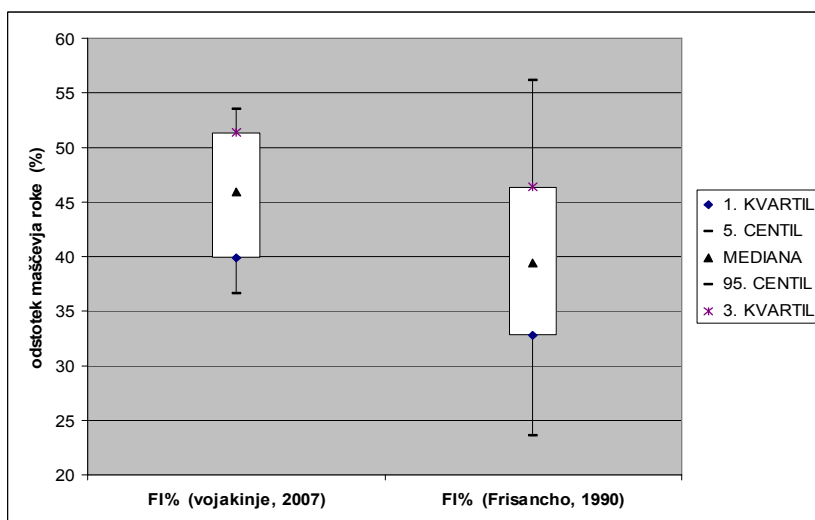
Slika 4.9: Vretenast diagram (angl. box plot) – primerjava površine nadlahti: A vzorca (vojakinje, 2007) z normativi – A (Frisancho, 1990).



Slika 4.10: Vretenast diagram (angl. box plot) – primerjava mišične površine nadlahti: M vzorca (vojakinje, 2007) z normativi – M (Frisancho, 1990).



Slika 4.11: Vretenast diagram (angl. box plot) – primerjava maščobne površine nadlahti: F vzorca (vojakinje, 2007) z normativi – F (Frisancho, 1990).



Slika 4.12: Vretenast diagram (angl. box plot) – primerjava odstotka maščevja roke: FI% vzorca (vojakinje, 2007) z normativi – FI% (Frisancho, 1990).

4.5 INDEKS PAS – BOKI (IPB)

Povprečni IPB vzorca je 0,79 s standardno deviacijo 0,06.
Merjenke imajo v povprečju več maščevja na bokih kot na pasu.

Merjenke smo razdelili v tri skupine glede na IPB vrednost:

Skupina 2: $X_s \pm 0,5 \cdot SD$

V skupino 2 spadajo merjenke, ki imajo vrednosti indeksa med 0,757 in 0,82.
V tej skupini je 50,0% merjenk, oz. 17 merjenk v vzorcu.

Skupina 1:

Skupino 1 sestavljajo merjenke, ki imajo vrednosti IPB manjše od 0,757.
Takšnih merjenk je bilo 10, kar ustreza 29,4% vzorca.

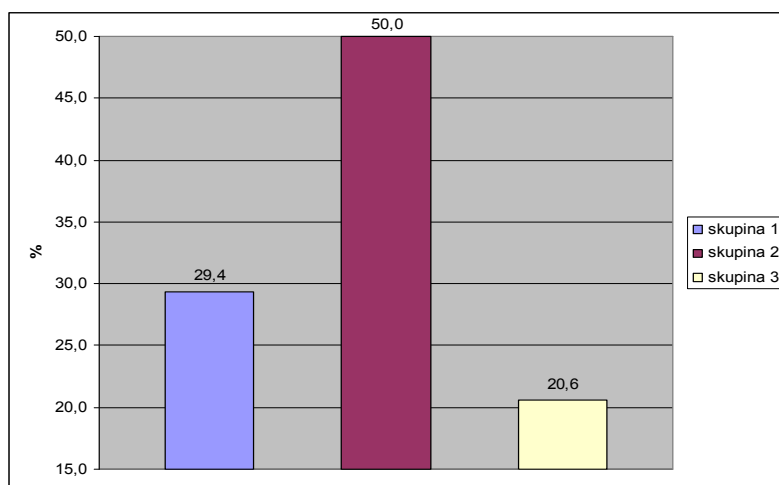
Skupina 3:

V skupini 3 so merjenke, ki imajo vrednosti indeksa nad 0,82.
V 3. skupino se je uvrstilo 7 merjenk, oz. 20,6%.

Tabela 4.18 prikazuje, da razporeditev merjenk v skupine IPB ni enakomerna.
Razporeditev je prikazana tudi grafično na sliki 4.13.

Tabela 4.18: Frekvence merjenk v skupinah IPB.

	število merjenk	%
skupina 1	10	29,4
skupina 2	17	50,0
skupina 3	7	20,6



Slika 4.13: Deleži merjenk v skupinah IPB.

4.5.2 PRIMERJAVA OBRAVNAVANE SKUPINE MERJENK Z OSTALIMA SKUPINAMA

Rezultate obravnavane skupine merjenk smo primerjali z rezultati skupine slovenskih študentk, ki jih je opravila Zerbo-Šporin leta 2002 in skupino slovenskih študentk, ki jih je opravila Jakopičeva istega leta.

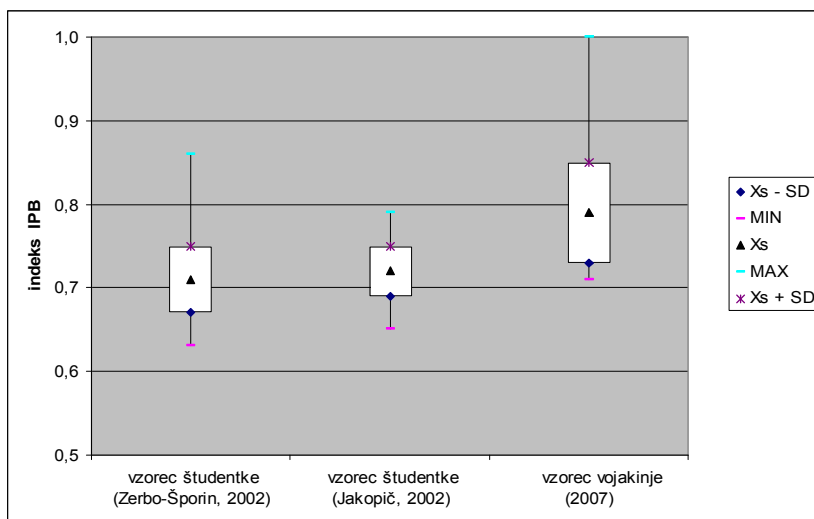
4.5.2.1 Rezultati Zerbo-Šporin (2002) in Jakopič (2002)

Tabela 4.19 prikazuje opisno statistiko parametra IPB za 169 študentk iz leta 2002 (vzorec Zerbo-Šporin), v povprečju starih 22 let, rezultate za 36 študentk iz leta 2002 (vzorec Jakopič), v povprečju starih 21,3 let ter za obravnavano skupino vojakinj.

Tabela 4.19: Opisna statistika vrednosti parametra IPB – primerjava rezultatov vzorcev študentk Zerbo-Šporin in Jakopič ter vojakinj.

	vzorec študentke Zerbo-Šporin (2002)			vzorec študentke Jakopič (2002)			vzorec vojakinje (2007)		
Mere	N	Xs	SD	N	Xs	SD	N	Xs	SD
IPB	169	0,71	0,04	40	0,72	0,03	34	0,79	0,06

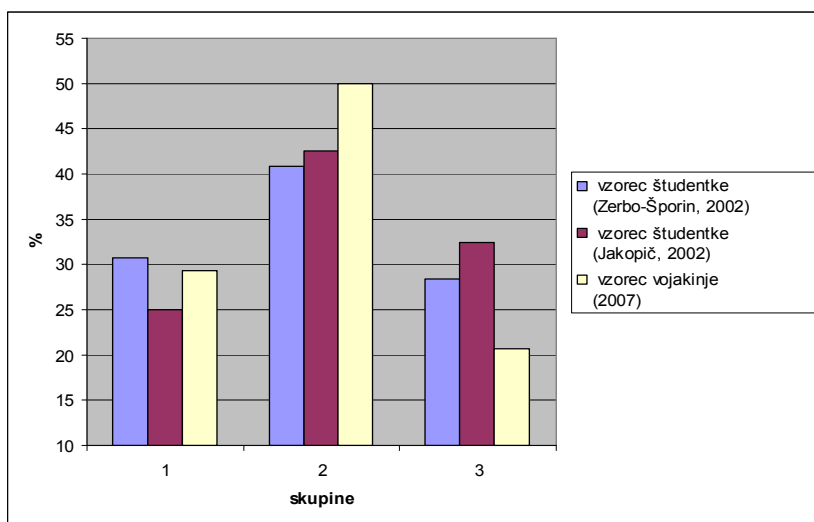
Na sliki 4.14 smo s pomočjo vretenastih diagramov grafično prikazali vrednosti indeksa IPB in njihov razpon ter tako primerjali tri skupine merjenk. Opazna je višja povprečna vrednost indeksa IPB pri skupini vojakinj v primerjavi z vzorcema študentk.



Slika 4.14: Vretenast diagram – primerjava vrednosti indeksa IPB med skupinama študentk in vojakinjami.

4.5.3 PRIMERJAVA FREKVENČNIH PORAZDELITEV V SKUPINE IPB MED OBRAVNAVANO SKUPINO MERJENK IN OSTALIMA SKUPINAMA

Iz slike 4.15 je razvidno, da obstajajo razlike med frekvenčnimi porazdelitvami v skupine za parameter IPB med tremi skupinami merjenk. Največ merjenk se je uvrstilo v 2. skupino pri vseh treh vzorcih. Največje razlike v frekvenčnih porazdelitvah opazimo pri 2. in 3. skupini, medtem ko je pri 1. skupini razlika med vzorcem vojakinj in vzorcem Zerbo-Šporin zanemarljivo majhna.



Slika 4.15: Primerjava frekvenčnih porazdelitev v skupine za parameter IPB med tremi vzorci.

4.6 TRUPNO EKSTREMITETNI INDEKS (TEI)

Povprečni TEI vzorca je 1,02 s standardno deviacijo 0,23.
Merjenke imajo v povprečju več maščevja na trupu kot na okončinah.

Merjenke smo razdelili v tri skupine glede na TEI vrednost:

Skupina 2: $X_s \pm 0,5 \cdot SD$

V skupino 2 spadajo merjenke, ki imajo vrednosti indeksa med 0,90 in 1,13.

V tej skupini je 32,4% merjenk, oz. 11 merjenk v vzorcu.

Skupina 1:

Skupino 1 predstavljajo merjenke, ki imajo vrednosti TEI manjše od 0,90.

V skupino 1 se je uvrstilo 12 merjenk, oz. 35,3% merjenk v vzorcu.

Skupina 3:

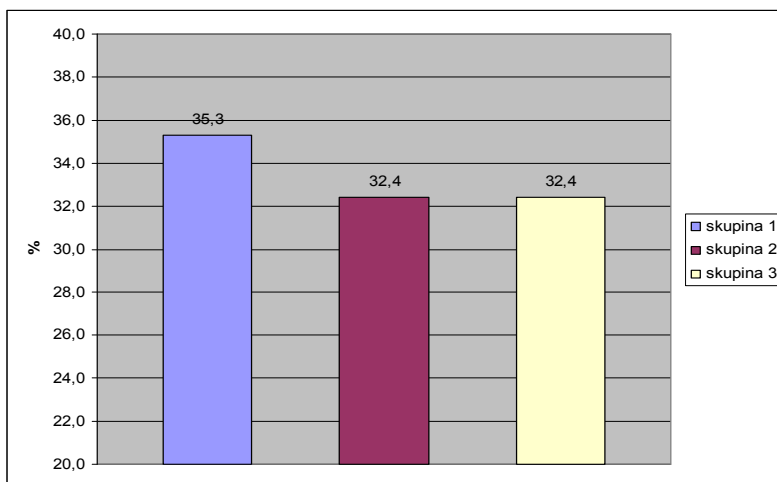
Merjenke, ki imajo vrednosti indeksa nad 1,13 sodijo v skupino 3.

Takšnih merjenk je bilo 11 merjenk, kar je 32,4% vzorca.

Tabela 4.20 prikazuje bolj ali manj enakomerno razporeditev merjenk v skupine TEI.
To smo prikazali tudi grafično na sliki 4.16.

Tabela 4.20: Frekvence merjenk v skupinah TEI.

	število merjenk	%
skupina 1	12	35,3
skupina 2	11	32,4
skupina 3	11	32,4



Slika 4.16: Deleži merjenk v skupinah TEI.

4.6.2 PRIMERJAVA OBRAVNAVANE SKUPINE MERJENK S SKUPINO ŠTUDENTK

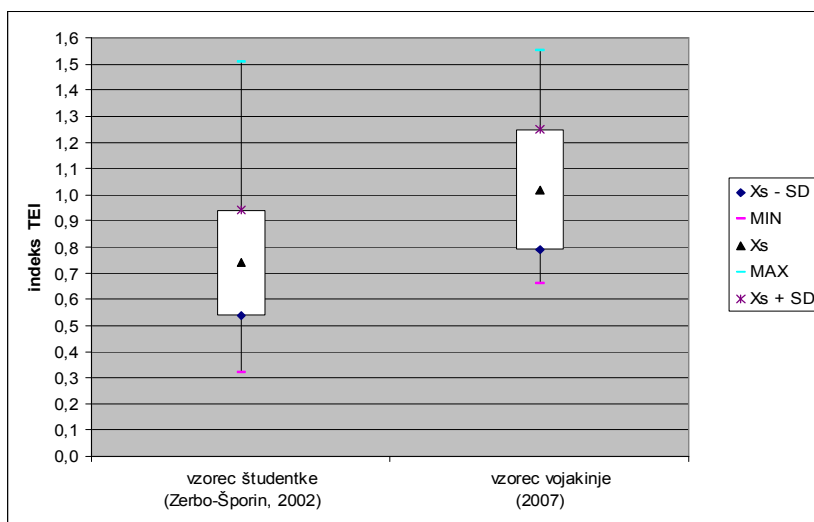
Rezultate obravnavane skupine merjenk smo primerjali z rezultati skupine slovenskih študentk, ki jih je opravila Zerbo-Šporin leta 2002.

4.6.2.1 Rezultati Zerbo-Šporin (2002)

Tabela 4.21 prikazuje opisno statistiko parametra TEI za 169 študentk iz leta 2002 in za obravnavano skupino vojakinj. Z vretenastim diagramom (slika 4.17) smo prikazali primerjavo srednjih vrednosti in razpona parametra TEI. Obravnavana skupina vojakinj ima precej višjo povprečno vrednost v primerjavi s študentkami. Vrednost 1,02 je blizu vrednosti indeksa 1, ki pomeni enako količino maščevja na trupu in na ekstremitetah. Pri vzorcu študentk zasledimo širši razpon vrednosti indeksa TEI v primerjavi z vzorcem vojakinj.

Tabela 4.21: Opisna statistika vrednosti indeksa TEI, primerjava rezultatov med vzorcem študentk – Zerbo-Šporin in vzorcem vojakinj.

	vzorec študentke Zerbo-Šporin (2002)			vzorec vojakinje (2007)		
Mere	N	Xs	SD	N	Xs	SD
TEI	169	0,74	0,20	34	1,02	0,23

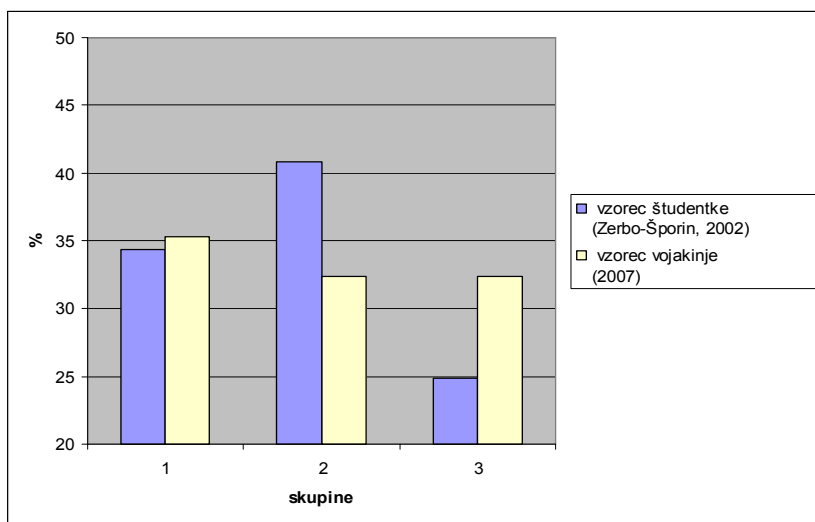


Slika 4.17: Vretenast diagram (angl. box plot) – primerjava vrednosti trupno ekstremitetnega indeksa (TEI) med skupinama študentk in vojakinj.

4.6.3 PRIMERJAVA FREKVENČNIH PORAZDELITEV V SKUPINE TEI MED OBRAVNAVANO SKUPINO MERJENK IN SKUPINO ŠTUDENTK

Iz slike 4.18 je razvidno, da obstajajo razlike med frekvenčnimi porazdelitvami v skupine za parameter TEI med skupino študentk in skupino vojakinj.

Največje razlike v frekvenčnih porazdelitvah opazimo pri 2. in 3. skupini, medtem ko je pri 1. skupini razlika med vzorcem vojakinj in vzorcem Zerbo-Šporin zanemarljivo majhna.



Slika 4.18: Primerjava frekvenčnih porazdelitev v skupine TEI med vzorcema študentk in vojakinj.

5. RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Starost, telesna višina in telesna masa

V diplomski nalogi smo izmerili 34 pripadnic Slovenske vojske, ki so se prostovoljno odločile za sodelovanje v raziskavi. Povprečna starost merjenk je bila 24,8 let s standardno deviacijo 3,3. Na osnovi starosti lahko merjenke uvrstimo v zgodnje odraslo obdobje. Povprečna telesna višina vojakinj je bila 168,4 cm. S standardno deviacijo 6,0 in koeficientom variabilnosti 3,58 spada mera telesne višine med najmanj variabilne parametre v vzorcu. Povprečna telesna masa vojakinj je 62,5 kg in s koeficientom variabilnosti 12,96 spada med bolj variabilne parametre.

5.1.2 Sestava telesa, določena na osnovi antropometrijskih meritev

Na osnovi antropometrijskih meritev se sestava telesa določi po dvokomponentnem modelu, ki deli telesno maso na maščobno in brezmaščobno maso. Za antropometrično določitev gostote telesa smo uporabili regresijsko enačbo avtorjev Jacksona in Pollocka (št. 15), ki je v literaturi najpogosteje uporabljena in najprimernejša regresijska enačba (McArdle s sod., 1996; Roche s sod., 1996; Zerbo-Šporin, 2002).

Odstotek maščevja smo nato izračunali z uporabo dveh enačb: s pomočjo Sirijeve enačbe (št. 2), ki je bila uporabljena tudi v doktorskih disertacijah Tomazo-Ravnik (1994) in Zerbo-Šporin (2002), ter s pomočjo modificirane Sirijeve enačbe (št. 4), ki naj bi bila primernejša za izračun odstotka maščevja pri belkah (Heyward in Stolarczyk, 1996). Z matematičnimi pretvorbami smo izračunali še maso maščevja in brezmaščobno maso. Zerbo-Šporin je v doktorski disertaciji potrdila, da je regresijska enačba Jackson-Pollock (št. 15), s katero izračunamo telesno gostoto iz debelin kožnih gub tricepsa, suprailiakalne in stegenske gube ter starosti, najprimernejša za določanje telesne sestave žensk v zgodnji odrasli dobi.

Po navedbah nekaterih avtorjev se najnatančneje določi količino maščevja in nemastnih tkiv s predikcijskimi enačbami, ki poleg kožnih gub vključujejo tudi telesne obsege in širinske mere. Kljub temu pa je bilo ugotovljeno, da lahko sestavo telesa zelo natančno izračunamo tudi z regresijskimi enačbami, ki temeljijo samo na kožnih gubah, saj telesno gostoto najbolj natančno izračunamo ravno iz debeline podkožnega maščevja (Zerbo-Šporin, 2002).

Vrednost maščobne mase (FM), izračunana z uporabo regresijske enačbe po Jacksonu in Pollocku, je najbližje dejanski vrednosti maščobne mase, določeni z uporabo bioelektrične impedančne analize. Tudi Blanchard s sod. je ugotovil, da je FM, izračunan s to enačbo, bližji količini maščevja, določeni z BIA metodo, kot izračuni drugih regresijskih enačb (cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

Napaka ocene gostote s to enačbo je zgolj 0,8%, gostota močno korelira z gostoto, določeno po metodi podvodnega tehtanja ($r=0,915$) (Praprotnik, 2006).

Povprečna vrednost gostote telesa merjenk, izračunana po tej enačbi, je $1,0419 \text{ g/cm}^3$.

Odstotek telesnega maščevja je v povprečju znašal 25,18%, določen z matematično pretvorbo Siri1, oz. 23,94% po pretvorbi Siri2. Brezmaščobna masa merjenk je v povprečju znašala 46,46 kg.

Po Heywardovi in Stolarczykovi (1996) je priporočen odstotek maščevja za ženske 23%, iz česar je razvidno, da imajo naše merjenke nekoliko povišane vrednosti v primerjavi s standardom. Po njuni razdelitvi spadajo v skupino, katere vrednost odstotka maščevja je nad priporočeno (24-31%), ne spadajo pa v rizično skupino, ki ima odstotek maščevja višji od 32%.

Čeprav smo z uporabljenima matematičnima pretvorbama Siri1 (št. 2) in Siri2 (št. 4) izračunali različni vrednosti odstotka maščevja, ta razlika ni bila statistično značilna. V literaturi obstajajo podatki antropometričnih meritev vojakinj iz ZDA, kjer so ugotovili še višje vrednosti odstotka maščevja. Leta 1972 so izmerili vojakinje, stare od 17-22 let, povprečne višine 164,1 cm in telesne mase 55,8 kg s povprečnim odstotkom maščevja 28,7%. Nekaj let kasneje (1986) so antropometrično izmerili rekrutinje, stare od 17-25 let, povprečne višine 162 cm in telesne mase 58,6 kg z 28,4% odstotkom maščevja (McArdle s sod., 1996; str. 571). V viru ni bilo zabeleženo, katere regresijske enačbe so uporabili za izračune, vendar pa je očitno, da vrednosti odstotka maščevja presegajo naše vrednosti in so že na meji rizičnosti. Glede na znano dejstvo, da imajo v vojski redno in kontrolirano prehranjevanje in predpisano fizično aktivnost, ki omogoča vojakinjam pripravljenost na težje telesne napore, se postavlja vprašanje, kaj so razlogi za povišan odstotek maščevja.

5.1.3 Korelacije med antropometrijskimi parametri

Večina antropometrijskih parametrov v vzorcu med seboj statistično značilno pozitivno korelira. Visoka korelacija je opazna med debelinami kožnih gub ($r=0,56-0,82$), kar je posledica splošne telesne zamaščenosti. Po navedbah Zerbo-Šporin lahko zato z izbranimi kožnimi gubami določimo celotno količino telesnega maščevja. Heywardova in Stolarczykova (1996) omenjata pozitivno korelacijo vsote kožnih gub z odstotkom telesnega maščevja in negativno korelacijo z gostoto telesa.

Naši rezultati se ujemajo z rezultati iz literature, saj smo ugotovili, da je bila korelacija med vsoto kožnih gub in odstotkom telesnega maščevja pozitivna ($r=0,997$) in negativna med gostoto telesa in vsoto kožnih gub ($r=-0,996$). Gre za statistično značilne močne korelacije.

5.1.4 Sestava telesa, določena z bioelektrično impedančno analizo

BIA metoda je v zadnjem času ena najbolj uporabljenih metod za določanje sestave telesa, ne samo zaradi neinvazivnosti in hitre izvedbe samega merjenja, temveč tudi zaradi komercialne dostopnosti BIA analizatorjev (Lukaski in Siders, 2003). Z metodo BIA sta odstotek in masa maščevja izračunana iz meritev rezistence in reaktance telesa.

Povprečna vrednost rezistence merjene skupine je 593Ω s SD 77Ω ter povprečna vrednost reaktance 66Ω s SD 9Ω .

Merjenke so imele povprečni odstotek telesnega maščevja 28,5% s SD 6,1.

Če primerjamo naše vrednosti s standardi iz literature, ugotovimo, da je tudi z BIA metodo določen odstotek maščevja višji od priporočenih vrednosti. Po navedbah proizvajalca BIA analizatorja (Akern, 2000) je priporočena vrednost za ženske, starosti pod 30 let, med 16-20%. Klinične raziskave strokovnjakov iz Tokijske Medicinske fakultete so pokazale, da je normalna vrednost odstotka maščevja za ženske med 17-27%, vrednost med 30-35% nakazuje delno zamaščenost, šele nad 35% govorijo o debelosti. Raziskava je bila opravljena na podlagi analize sestave telesa z BIA analizatorji proizvajalca Tanita

(anonimna objava, Tanita, str. 16). Priporočena povprečna vrednost odstotka maščevja po Heywardovi in Stolarczykovi (1996) je 23%. Ponovno vidimo, da sodijo naše merjenke v skupino, ki ima odstotek maščevja nad priporočenim, kar smo ugotovili že za antropometrično določen odstotek maščevja.

Ponovno se torej postavlja vprašanje, kaj je razlog povečani zamaščenosti vojakinj v vzorcu. Kot že omenjeno, imajo merjenke v vojski urejen režim prehrane in zahtevano količino telesne aktivnosti, zato je vzroke za povišano zamaščenost težje določiti. Morda je opažena zamaščenost že vezana na splošni trend povečanja zamaščevanja v razvitih državah, kateremu smo priča že daljši čas.

Naši rezultati kažejo tudi to, da je povprečna masa telesnega maščevja (18,15 kg) zelo variabilen parameter, saj ima koeficient variabilnosti 35,7.

Brezmaščobna telesna masa predstavlja maso vode, mišic, okostja, notranjih organov in vezivnega tkiva. Njena povprečna vrednost je bila za naše merjenke 44,24 kg s SD 3,5 ter je tudi zelo variabilen parameter. Podobno variabilni so tudi naslednji parametri: količina celotne telesne vode, mišična masa ter masa telesnih celic.

Med manj variabilne parametre spada fazni kot.

Številni raziskovalci so uporabili fazni kot za merilo fiziološkega stanja merjencev. Pri zdravih odraslih je fazni kot pri frekvenci toka 50 kHz med 8-15° (Ellis, 2000). Po priporočilih proizvajalca BIA analizatorja pa je normalna vrednost faznega kota za ženske med 6 in 7 (starosti pod 30 let). Povprečna vrednost faznega kota v našem vzorcu je 6,35 s SD 0,47, kar je v okviru pričakovanih vrednosti. Iz tega lahko zaključimo, da so bile merjenke v času meritev zdrave.

Buffa je s sodelavci leta 2004 izvedel meritve vzorca populacije na Sardiniji, med drugim tudi skupino 101 žensk, starih od 20 do 30 let. Povprečni izmerjeni fazni kot je znašal 6,5 stopinj. Primerjal je vrednosti faznega kota med temi merjenkami in merjenkami v puberteti in ugotovil višji povprečni fazni kot pri odraslih ženskah, kar razlaga z višjimi vrednostmi znotrajcelične vode in mase telesnih celic pri odraslih (Buffa s sod., 2004).

5.1.5 Korelacije med parametri telesne sestave, določenimi z BIA metodo

Večina parametrov telesne sestave, določenih z BIA metodo med seboj statistično značilno pozitivno ali negativno korelira. Najmočnejše korelacije smo dobili med maso telesnih celic in mišično maso ($r=0,999$), brezmaščobno telesno maso in celotno telesno vodo ($r=0,98$) ter mišično maso in brezmaščobno telesno maso ($r=0,97$). To je razumljivo, saj so vsi navedeni parametri, če se omejimo na dvokomponentni model, vključeni v pojem brezmaščobne telesne komponente.

Ugotavljali smo tudi povezavo med parametri telesne sestave, določenimi z metodo BIA, in indeksom telesne mase. Izračunali smo visoko korelacijo med indeksom ITM in maščobno maso (FM) ($r=0,91$). ITM je uporaben za opis stanja prehranjenosti.

Po drugi strani pa z indeksom težko ločimo med debelostjo in telesno masivnostjo.

Osebo, ki ima dobro razvito skeletno mišičje in ogrodje ter ima nizek odstotek telesnega maščevja, lahko pomotoma uvrstimo v kategorijo prekomerno težkih ljudi (Zerbo-Šporin, 2002; McArdle s sod., 1996). Povprečni indeks telesne mase merjenk v našem vzorcu je 22,04 s SD 2,65. Glede na razporeditev po Gurru, ki jo je uporabila tudi Tomazo-Ravnik (1994), uvrščamo vojakinje v razred z normalno telesno maso glede na telesno višino.

Več novejših virov indeks telesne mase označuje kot manj primerne za ocenjevanje stanja organizma, saj sta vanj vključeni samo telesna višina in telesna masa,

ne nudi pa nobene informacije o količini maščevja glede na telesno maso. Telesna masa in indeks ITM nista zadostna pokazatelja sprememb v maščobni in brezmaščobni masi pri staranju in spremenjenih fizioloških stanjih (Kyle s sod., 2003; Kyle s sod., 2005).

Talluri (2003) predlaga, da naj indeks ITM nadomesti primernejši pokazatelj stanja prehranjenosti, kot je npr. indeks mase telesnih celic (BCMI). BCMI je definiran kot masa telesnih celic (BCM) v kilogramih, deljena s kvadratom telesne višine v metrih. BCMI je tako po analogiji soroden Quetelejevemu indeksu.

BIA metoda se pogosto uporablja tudi v klinični praksi, npr. v nefrologiji za spremljanje sprememb v količini TBW, za spremljanje fizioloških sprememb pri bolnikih, okuženih s HIV, pri bolnikih z gastrointestinalno boleznijo in bolnikih z rakom. Poudariti je treba, da ta uporaba temelji na spremembah parametrov, ki so osnovani na tri- ali štirikomponentnih modelih telesne sestave (Akern, 2000; Cox-Reijven s sod., 2003; Kyle s sod., 2004).

5.1.6 Razlike v sestavi telesa, določene z BIA metodo in antropometrijo

Masa maščevja, določena z metodo BIA, statistično značilno pozitivno korelira z maso maščevja, določeno z antropometrijo ($r=0,88$ oz. $0,87$). Studentov t-test je pokazal, da ni statističnih razlik med masami maščevja, določenimi bodisi z BIA, bodisi z antropometrijo, iz česar lahko povzamemo, da sta obe metodi enako primerni za določanje količine maščevja. Količina maščevja vojakinj je večja od pričakovane vrednosti po naši hipotezi, ne glede na to, ali jo določimo z antropometrično metodo ali z metodo bioelektrične impedančne analize.

Močno pozitivno korelacijo smo opazili tudi med brezmaščobno telesno maso, določeno z BIA in antropometrijo ($r=0,76$).

Po navedbah Zerbo-Šporin (2002) je telesna sestava, ki jo določimo z BIA metodo bolj neposredna in bližja dejanski kot tista, določena iz antropometrijskih mer.

Dejanska količina mišičja je tako količina mišičja, določena z bioelektrično impedančno analizo. Povprečna vrednost odstotka mišičja (%MM BIA), določena z BIA, v vzorcu znaša $41,9 \pm 3,3$. Povprečno ocenjeno vrednost odstotka mišičja (%MM) pa smo izračunali iz popravljene mišične površine nadlahti (cAMA) po Heymsfieldu. Parameter cAMA smo dobili iz mer, ki sodijo v sklop antropometrije nadlahti. Povprečna ocenjena vrednost odstotka mišičja v vzorcu je bila $39,3 \pm 2,4$. Ocenjena količina mišičja je nižja od dejanske količine, določene z metodo BIA, tako da antropometrična ocena količine mišičja po Heymsfieldu nekoliko podceni dejansko količino mišičja, določeno z BIA.

Izračunali smo tudi korelacije med količinami maščevja in mišičja pri merjenkah in ugotovili, da obstajajo negativne statistično značilne korelacije med obema komponentama sestave telesa. Te korelacije razlagamo tako, da kadar narašča količina maščevja, posledično upada količina brezmaščobne komponente, gledano v odstotkih sestave celotnega telesa.

V nasprotju z našo hipotezo smo pokazali, da količina mišične mase presega količino maščobne mase, tako pri antropometrični oceni, kot tudi pri dejanski oceni z BIA metodo.

V literaturi so pogosto primerjali metodo BIA z drugimi metodami za določanje sestave telesa in prišli do naslednjih ugotovitev. Korelacija med rezultati, dobljenimi z antropometrijo in z metodo BIA je visoka. Regresijska enačba Jackson-Pollock (1980) močno korelira z referenčno metodo podvodnega tehtanja (Zerbo-Šporin, 2002).

Sestava telesa, določena z BIA je primerljiva tudi s sestavo telesa, določeno z denzitometrično in dilucijsko metodo (Baumgartner, 1996).

Segal s sodelavci je pokazal visoko povezanost med FFM, določenim z impedanco in denzitometrično metodo. Eaton s sod. (1993) pa je pokazal na visoko povezanost sestave telesa, določene z denzitometrično metodo in antropometrično določene sestave telesa (Zerbo-Šporin, 2002).

Brezmaščobna masa, določena z BIA metodo se je ujemala z meritvami brezmaščobne mase s pomočjo DEXA metode in MRI slikanjem (Claude Pichard s sod., 2000; Janssen s sod., 2000; Kyle s sod., 2001).

Iz vsega zapisanega lahko povzamemo, da iz naših rezultatov težko ocenimo, katera od metod je primernejša za natančnejšo določitev sestave telesa. Za tako oceno je potrebno uporabiti še dodatno referenčno metodo, npr. DEXA ali denzitometrijo. Tako lahko z gotovostjo rečemo le to, da obe izbrani metodi omogočata podobno natančnost pri določanju sestave telesa. To je potrdila tudi Zerbo-Šporin v svoji doktorski disertaciji (2002).

5.1.7 Primerjava obravnavane skupine merjenk z ostalimi skupinami

Naše rezultate smo primerjali z rezultati meritev skupine slovenskih študentk, ki jih je opravila Zerbo-Šporin leta 2002, meritev skupine slovenskih študentk Jakopičeve iz leta 2002 ter z rezultati skupine švicarskih merjenk (Kyle s sod., 2005).

Naše merjenke so bile statistično značilno višje od švicarskih merjenk, ne pa od študentk iz vzorca Zerbo-Šporin in vzorca Jakopič. Telesna masa naših merjenk je bila značilno večja od telesnih mas švicarskih merjenk in merjenk Jakopičeve, ne pa od študentk iz vzorca Zerbo-Šporin.

Odstotek telesnega maščevja, določen z metodo BIA je bil najvišji pri vojakinjah, tako švicarske merjenke kot študentke Zerbo-Šporin in Jakopičeve so imele značilno nižje vrednosti odstotka maščevja.

V količini brezmaščobne mase nismo opazili značilne razlike med švicarskimi merjenkami in našimi merjenkami, med študentkami in vojakinjami pa je razlika obstajala.

Vzorci naših merjenk in študentk Zerbo-Šporin ter Jakopičeve širše gledano pripadajo populaciji žensk v Sloveniji, iz česar sledi statistično neznatna razlika v telesni višini. Švicarske merjenke pa pripadajo drugi populaciji in iz tega najverjetneje izvirajo razlike v telesni višini in masi v primerjavi z našimi merjenkami.

S primerjavo naših rezultatov s švicarskimi merjenkami se ponovno potrdi prejšnja domneva, da imajo naše merjenke povečano količino maščevja. To je razvidno tudi, če med seboj primerjamo vzorce slovenskih merjenk. Ker so vojakinje v povprečju starejše od ostalih skupin merjenk, lahko to razložimo tudi s starostno pogojenim večanjem količine maščevja.

5.1.8 Količina podkožnega maščevja, določena z antropometrijsko metodo po Zerbo – Šporin

V diplomski nalogi smo določili tudi količino podkožnega maščevja z antropometrijsko metodo po Zerbo-Šporin, ki je za razliko od Škerljeve metode bolj antropometrična in matematična.

Iz naših rezultatov opazimo, da je 38% merjenk spadalo v drugo faktorsko skupino Z. Po Škerlju bi bile te ženske normoplastične. Enak delež merjenk spada v prvo faktorsko skupino, ki predstavlja hipoplastični tip.

V tretji faktorski skupini je bilo 23,5% merjenk, za katere lahko zaključimo, da imajo večjo količino podkožnega maščevja.

V primerjavi z rezultati Zerbo-Šporin bi pričakovali večji delež merjenk v drugi skupini in manjša deleža v prvi in tretji faktorski skupini.

Povprečna vrednost faktorske vrednosti Z naših merjenk je v primerjavi s povprečno vrednostjo Z študentk Jakopičeve višja, zato nas preseneča velika razlika v deležu hiperplastičnih merjenk med vzorcema. Jakopičeva je vzroke za takšno razporeditev študentk v faktorske skupine iskala v velikosti vzorca.

Tudi naš vzorec je bil v primerjavi z vzorcem študentk Zerbo-Šporin majhen, kar morda vpliva na dobljeno razporeditev študentk v faktorske skupine.

5.1.9 Antropometrija nadlahti

Antropometrija nadlahti je del antropometrije, ki na osnovi kožne gube na tricepsu ter obsega nadlahti pomaga določati stanje prehranjenosti posameznika. Temelji na predpostavki, da lokalna antropometrija odseva regionalno mišično skupino, masa mišične skupine pa je direktno povezana z mišično maso celotnega telesa (Kerr, 1994).

Naše vrednosti smo primerjali z normativi (Frisancho, 1990) in ugotovili, da so rezultati mišične površine nadlahti, maščobne površine nadlahti in odstotka maščevja roke vsi višji od normnih vrednosti. Naša predpostavka je bila, da bodo vrednosti enake normnim. Kot smo opisali že pri sestavi telesa, določeni z antropometrijo in BIA metodo, smo tudi z antropometrijo nadlahti potrdili povečano količino maščevja pri naših merjenkah.

Za konec je potrebno omeniti še to, da sodijo mere antropometrije nadlahti med najbolj variabilne mere.

Z antropometrijo nadlahti lahko dobro določimo stanje prehranjenosti posameznika, v literaturi je opisana tudi dobra korelacija med indeksom telesne mase in antropometrijo nadlahti. Tudi za naš vzorec merjenk smo ugotovili, da so korelacije med indeksom ITM in merami antropometrije nadlahti pozitivne ter statistično značilne ($r=0,49-0,87$).

5.1.10 Indeks pas – boki in trupno – okončinski indeks

Z indeksom pas – boki (IPB) ocenjujemo porazdelitev maščevja med zgornjo in spodnjo polovico telesa ter določamo količino abdominalnega maščevja.

Za izračun indeksa IPB uporabimo obseg pasu in obseg bokov, ki spadata med manj variabilne parametre ($KV\%=9,2$ in $KV\%=7,8$) za naš vzorec.

Povprečni IPB vojakinj znaša 0,79 – kar pomeni, da imajo merjenke kljub relativno visoki vrednosti indeksa še vedno več maščevja v predelu bokov kot v pasu. Pri samo eni merjenki je vrednost indeksa IPB znašala 1 (0,999). Vrednost indeksa IPB se pogosto uporablja v preventivni medicini, saj je indeks boljši kazalec tveganja za obolenja in smrtnost kot indeks telesne mase. Kopičenje maščevja v predelu trebuha je nevarnejše od kopičenja maščevja na okončinah in zadnjici. Povečuje namreč tveganje za pojav hipertenzije, sladkorne bolezni tipa II, srčno-žilnih bolezni in nekaterih vrst raka (Zerbo-Šporin, 2002).

Za ženske predstavljajo večje tveganje vrednosti nad 0,80 (McArdle s sod., 1996), po Heywardovi in Stolarczykovi predstavljajo visoko tveganje že vrednosti nad 0,78.

Merjenke smo razdelili v frekvenčne skupine IPB in ugotovili, da je največji delež merjenk v drugi skupini. Podobno razporeditev sta dobili tudi Zerbo-Šporin in Jakopič (2002). V tretji skupini IPB so merjenke, ki imajo najvišje vrednosti indeksa, kar pomeni, da so najbližje enaki porazdelitvi maščevja med pasom in boki. Takih merjenk je bilo le sedem.

Opazna je višja povprečna vrednost indeksa IPB pri skupini vojakinj v primerjavi z vzorcema študentk, podobno visoke vrednosti (0,78-0,81) opisuje Malina (1996; cit. po Zerbo-Šporin, 2002). Kljub višjim vrednostim indeksa IPB je pri naših merjenkah še vedno prevladujoča hruškasta oblika telesa, ki je povezana z ginoidno razporeditvijo maščevja (McArdle s sod., 1996).

Trupno – okončinski indeks (TEI) izračunamo kot kvocient med debelino trupnih in okončinskih kožnih gub. Tako ocenimo porazdelitev podkožnega maščevja med trupom in okončinami (Zerbo-Šporin, 2002).

Povprečni TEI v vzorcu vojakinj je 1,02 s standardno deviacijo 0,23. Vrednost indeksa nad 1 pomeni, da imajo merjenke v povprečju več maščevja na trupu kot na okončinah.

Iz povprečne vrednosti lahko zaključimo, da imajo naše merjenke približno enakomerno porazdeljeno maščevje med trupom in okončinami.

Ker so v izračun indeksa vključene debeline kožnih gub in ne obsegi kot pri indeksu IPB, ki imajo višje koeficiente variabilnosti, je tudi koeficient variabilnosti indeksa TEI (22,18) primerno višji od koeficienta variabilnosti indeksa pas – boki (7,98). Zato spada vrednost indeksa za posameznice med bolj variabilne parametre.

Povprečna vrednost indeksa za vzorec vojakinj je višja od povprečnih vrednosti TEI študentk (Tomazo-Ravnik, 1994; Zerbo-Šporin, 2002).

Tako kot IPB tudi TEI uporabimo za ocenjevanje razvitosti abdominalnega maščevja, zato se z višanjem vrednosti IPB povečujejo tudi vrednosti TEI (Malina, 1996; cit. po Zerbo-Šporin, 2002). Ta pojav potrjujejo tudi naši rezultati.

5.2 SKLEPI

1. Sestavo telesa smo določili po dvokomponentnem modelu. Ugotovili smo visoke korelacije med parametri telesne sestave, določenimi z antropometrijo in z metodo bioelektrične impedančne analize (BIA). Iz tega sklepamo, da sta antropometrična metoda in metoda BIA enako natančni in ustrezni za določitev sestave telesa.
2. Merjenke imajo prekomerno količino maščevja, ne glede na uporabljeno metodo za določanje sestave telesa. Delež mišičja je bil višji kot delež maščevja po obeh metodah. Na podlagi teh ugotovitev lahko ovrzemo osnovni hipotezi, da bo količina maščevja v okviru predvidenih vrednosti in bo presegala mišično maso.
3. Z antropometrijo nadlahti določimo regionalno količino maščevja in mišičja. V primerjavi s standardi smo potrdili, da imajo merjenke prekomerno količino maščevja, in da je delež mišičja višji od deleža maščevja.
4. Antropometrično smo določili oceno količine mišičja s pomočjo enačbe po Heymsfieldu. Ugotovili smo, da je med ocenjeno količino mišičja in dejansko količino, določeno z metodo BIA, statistično značilna razlika, kar je v skladu z našo hipotezo, s katero smo predvidevali razlike v vrednostih maščobne in mišične mase po različnih metodah merjenja. Iz tega sklepamo, da antropometrična ocena mišičja podcenjuje dejansko količino mišičja.
5. Ugotavljali smo tudi količino podkožnega maščevja z uporabo antropometrijske metode po Zerbo-Šporin. Glede na te rezultate lahko povzamemo, da je količina podkožnega maščevja pri merjenkah ustrezna.
6. Z uporabo indeksov IPB in TEI smo določili, da je podkožno maščevje dokaj enakomerno porazdeljeno med pasom in boki ter med trupom in okončinami.
7. Iz primerjave vojakinj s študentkami lahko potrdimo našo hipotezo, da imajo vojakinje povečano količino maščevja po obeh metodah določanja sestave telesa. Indeksa IPB in TEI pokažeta, da imajo vojakinje večjo količino abdominalnega maščevja v primerjavi s študentkami.
8. Predlagamo ponovno raziskavo sestave telesa slovenskih poklicnih vojakinj, ki bi vključevala večje število merjenk.

6. POVZETEK

V diplomski nalogi smo določili sestavo telesa vzorca odrasle ženske populacije po dvokomponentnem modelu. Primerjali smo natančnost določitve sestave telesa med rezultati, dobljenimi z antropometrijskimi metodami in z metodo bioelektrične impedančne analize (BIA). Namen dela je bil ugotoviti referenčne vrednosti in njihov razpon za posamezne pokazatelje sestave telesa, določene z antropometrijsko metodo in z metodo bioelektrične impedančne analize pri vzorcu odrasle ženske populacije. Izmerjene in izračunane vrednosti smo primerjali s primernimi odraslimi ženskimi skupinami.

Izmerili smo 34 pripadnic Slovenske vojske, povprečne starosti 24,8 let. Meritve so potekale v okviru NATO-vega projekta, Znanje za varnost in mir, pod vodstvom prof. dr. Igorja B. Mekjavića, od marca do septembra 2005.

Izmerili smo 11 antropometrijskih parametrov, s pomočjo katerih smo z uporabo regresijske enačbe po Jacksonu in Pollocku izračunali gostoto telesa in nato z uporabo dveh različnih pretvorb (Siri1 in Siri2) izračunali maščobno in brezmaščobno maso. Z BIA analizatorjem telesne sestave STA/ BIA proizvajalca Akern Bioresearch (Akern, Italija) smo določili 9 parametrov, s katerimi smo opisali sestavo telesa merjenk. Določili smo tudi količino podkožnega maščevja z antropometrijsko metodo po Zerbo-Šporin ter za merjenke določili vrednosti indeksa pas – boki in trupno – okončinskega indeksa.

Ugotovili smo visoke korelacije med parametri telesne sestave, določenimi z antropometrijo in z metodo bioelektrične impedančne analize (BIA), zato sklepamo, da sta antropometrična metoda in metoda BIA enako natančni in ustrezni za določitev sestave telesa. V nasprotju z našo hipotezo ugotavljamo, da je odstotek maščevja merjenk večji od pričakovane vrednosti, ne glede na to, ali je bil določen z metodo BIA ali z antropometrijo. Povprečna vrednost odstotka mišičja, določena z BIA, v vzorcu je znašala 41,9. Povprečno ocenjeno vrednost odstotka mišičja (39,3%) pa smo izračunali iz popravljene mišične površine nadlahti (cAMA) po Heymsfieldu. Zaključimo lahko, da antropometrična ocena količine mišičja nekoliko podceni dejansko količino mišičja, določeno z BIA. Mišična masa je presegala maso maščevja, tako da smo zavrnili našo hipotezo, po kateri smo pričakovali večje vrednosti maščevja.

Antropometrija nadlahti temelji na predpostavki, da lokalna antropometrija odseva regionalno mišično skupino, masa mišične skupine pa je direktno povezana z mišično maso celotnega telesa. Tudi z antropometrijo nadlahti smo potrdili povečano količino maščevja pri naših merjenkah. V literaturi je opisana dobra korelacija med indeksom telesne mase in antropometrijo nadlahti. Tudi za naš vzorec merjenk so bile korelacije med indeksom ITM in merami antropometrije nadlahti pozitivne ter statistično značilne.

Naše rezultate smo primerjali z rezultati meritev skupine slovenskih študentk (Zerbo-Šporin in Jakopič) ter z rezultati skupine švicarskih merjenk (Kyle s sod., 2005). S primerjavo naših rezultatov s švicarskimi merjenkami se ponovno potrdi prejšnja domneva, da imajo naše merjenke povečano količino maščevja. To je razvidno tudi, če med seboj primerjamo vzorce slovenskih merjenk. Ker so vojakinje v povprečju starejše od

ostalih skupin merjenk, lahko to razložimo tudi s starostno pogojenim večanjem količine maščevja.

V diplomski nalogi smo določili tudi količino podkožnega maščevja z antropometrijsko metodo po Zerbo-Šporin. Iz naših rezultatov opazimo, da je 38% merjenk spadalo v drugo faktorsko skupino Z. Po Škerlju bi bile te ženske normoplastične. Enak delež merjenk spada v prvo faktorsko skupino, ki predstavlja hipoplastični tip. V tretji faktorski skupini je bilo 23,5% merjenk, za katere lahko zaključimo, da imajo večjo količino podkožnega maščevja.

Z indeksom pas – boki (IPB) ocenjujemo porazdelitev maščevja med zgornjo in spodnjo polovico telesa ter določamo količino abdominalnega maščevja. Povprečni IPB vojakinj znaša 0,79 – kar pomeni, da imajo merjenke kljub relativno visoki vrednosti indeksa še vedno več maščevja v predelu bokov kot v pasu. Opazna je bila višja povprečna vrednost indeksa IPB pri skupini vojakinj v primerjavi z vzorcema študentk. Kljub višjim vrednostim indeksa IPB je pri naših merjenkah še vedno prevladujoča hruškasta oblika telesa, ki je povezana z ginoidno razporeditvijo maščevja.

S trupno – okončinskim indeksom (TEI) ocenimo porazdelitev podkožnega maščevja med trupom in okončinami. Povprečni TEI v vzorcu vojakinj je 1,02, kar pomeni, da imajo naše merjenke približno enakomerno porazdeljeno maščevje med trupom in okončinami.

Iz vsega napisanega lahko povzamemo, da so imele vojakinje povečano količino maščevja, vendar je delež mišičja še vedno presegal delež maščevja, gledano v celoti. Poudariti je potrebno, da je bil vzorec majhen in tako verjetno ne odraža resničnega stanja vojakinj v Slovenski vojski, zato predlagamo ponovne meritve sestave telesa na večjem vzorcu vojakinj.

7. VIRI

1. Adamič Š. 1989. Temelji biostatistike. 2. izdaja. Ljubljana, Univerza (Edvarda Kardelja) v Ljubljani, Medicinska fakulteta: 116-157
2. Baumgartner R.N. 1996. Electrical impedance and total body conductivity. V: Human body composition. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 79-107
3. Brodar V. 1960. Observations on skin thickness and subcutaneous tissue in man. Z. Morph. Anthropol. 50 (3): 386-395
4. Brodar V. 1981. Somatske dimenzije u faktorskom prostoru. Glasnik antropološkog društva Jugoslavije, 18: 105-116
5. Brodie D., Moscrip V., Hutcheon R. 1998. Body Composition Measurement: A Review of Hydrodensitometry, Anthropometry and Impedance Methods. Review article. Nutrition, 14: 296-310
6. Brownt, B.H., Karatzast T., Makielny R., Clarke R.G. 1988. Determination of Upper Arm Muscle and Fat Areas using Electrical Impedance Measurements. Clin. Phys. Physiol. Meas., 9,1: 47-55
7. Buffa R., Marini E., Floris G. 2004. Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) in the Sardinian population. Biennial books of EAA, 3: 99-109
8. Cox-Reijven P.L.M., van Kreel B., Soeters P.B. 2003. Bioelectrical impedance measurements in patients with gastrointestinal disease: validation of the spectrum approach and a comparison of different methods for screening for nutritional depletion. Am J Clin Nutr, 78: 1111-1119
9. Ellis K.J. 2000. Human Body Composition: In Vivo Methods. Physiological Reviews, 80, 2: 649-680

10. Frisancho A.R. 1990. Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status. University of Michigan, USA: 6-181
11. Harrison G.G., Buskirk E.R., Carter J.E.L., Johnston F.E., Lohman T.G., Pollock M.L., Roche A.F., Wilmore J. 1998. Skinfold thicknesses and measurement technique. V: Anthropometric standardization reference manual. Lohman T.G., Roche A.F., Martorell R. (ed.): 55-70
12. Heyward V.H., Stolarczyk L.M. 1996. Applied body composition assessment. Washburn R. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 220 str.
13. Jakopič V. 2002. Ugotavljanje sprememb v količini vode in maščevja pri dekletih tekom menstrualnega cikla. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 74 str.
14. Janssen I., Heymsfield S.B., Baumgartner R.N., Ross R. 2000. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. J Appl Physiol, 89: 465–471
15. Kerr D.A. 1994. An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 years. Doctoral Dissertation. Simon Fraser University. Australia: 31-33
16. Kyle U.G., Gentom L., Slosman D.O., Pichard C. 2001. Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. The American Journal of Clinical Nutrition, 17: 534-541
17. Kyle U.G., Schutz Y., Dupertuis Y.M., Pichard C. 2003. Body Composition Interpretation: Contributions of the Fat-Free Mass Index and the Body Fat Mass Index. Nutrition, 19: 597-604
18. Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D., Deurenberg P., Elia M., Gomez J.M., Heitmann B.L., Kent-Smith L., Melchior J.-C., Pirlich M., Scharfetter H., Schols A.M.W.J., Pichard C. 2004. Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. Clinical Nutrition, 23: 1226-1243

19. Kyle U.G., Genton L., Lukaski, H.C., Dupertuis Y.M., Slosman D.O., Hans D., Pichard C. 2005. Comparison of fat-free mass and body fat in Swiss and American adults. *Nutrition*, 21: 161-169
20. Gaddis M.L., Gaddis G.M. 1990. Introduction to Biostatistics: Part 1, Basic Concepts. *Annals of Emergency Medicine*, 19,1: 86-89
21. Gaddis M.L., Gaddis G.M. 1990. Introduction to Biostatistics: Part 2, Descriptive Statistics. *Annals of Emergency Medicine*, 19,3: 309-315
22. Gaddis M.L., Gaddis G.M. 1990. Introduction to Biostatistics: Part 3, Sensitivity, Specificity, Predictive Value, and Hypothesis Testing. *Annals of Emergency Medicine*, 19,5: 591-597
23. Lohman T.G. 1996. Anthropometry and Body composition. V: Human body composition. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 125-127
24. Lohman T.G., Roche A.F., Martorell R. (ed.). 1998. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company
25. Lukaski H.C. 1996. Estimation of muscle mass. V: Human body composition. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 109-125
26. Lukaski H.C., Siders W.A. 2003. Validity and Accuracy of Regional Bioelectrical Impedance Devices to Determine Whole-Body Fatness. *Nutrition*, 19: 851-857
27. McArdle W., Katch F., Katch V. 1996. Exercise physiology: energy, nutrition and human performance. 4th edition. Donna B. (ed.). Maryland, Baltimore, USA, Williams&Wilkins publishing company: 541-575
28. Omran M.L. s sod. 2000. Protein energy malnutrition in older persons, part I : Body composition and Screening tools. History, Examination. Review article. *Nutrition*, 16: 50-63

29. Ozimič-Gerbec M., Ragaci-Pilato V. 1970. Glasnik antropološkega društva Jugoslavije, 7: 145-148
30. Pichard C., Kyle U.G., Bracco D., Slosman D.O., Morabia A., Schutz, Y. 2000. Reference Values of Fat-Free and Fat Masses by Bioelectrical Impedance Analysis in 3393 Healthy Subjects. Nutrition 16:245–254
31. Pogačnik A., Škerlj B. 1961. Primerjava volumna okostja z volumenom podkožne tolšče. Biološki vestnik VIII: 73-78
32. Pogačnik A. 1961. Ocenitev kostnega volumna z antropometrijskimi metodami. Biološki vestnik IX: 125-132
33. Pogačnik A. 1966. Volumen, delni volumni in specifična masa človeškega telesa. Biološki vestnik XIV: 115-126
34. Pokorn D. 1999. Debelost v Sloveniji. Socialno medicinski vidiki debelosti. Seminar. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Inštitut za higieno: 27-40
35. Praprotnik M. 2006. Analiza sestave telesa vzorca odrasle moške populacije z metodo bioelektrične impedance in antropometrijo. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 84 str.
36. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). 1996. Human Body Composition. Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company
37. Sirc A. 2006. Ocenjevanje deleža maščobnega tkiva v telesu pri odraslih, s pomočjo merjenja debelin kožnih gub in bioelektrične impedance. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Visoka šola za zdravstvo, Oddelek za fizioterapijo: 50 str.
38. Škerlj, B. 1959. Splošna antropologija v osnovnih potezah. 2. izdaja. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 80-99
39. Štefančič M. 1969. Višina in teža študentov ob vpisu. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

40. Štefančič M. 1988. Debelina podkožnega mastnega tkiva pri otrocih in mladini iz Ljubljane. Glasnik antropološkega društva Jugoslavije, 25: 65-75
41. Štefančič M., Tomazo-Ravnik, T. 1992. Vpliv športne aktivnosti na nekatere morfološke karakteristike ljubljanskih študentov in sekularne razvojne tendence pri športnikih. Biološki vestnik, 40 (1): 27-34
42. Štefančič M., Tomazo-Ravnik, T. 1998. A longitudinal observation of growth and body composition in a sample of 10 to 14-year-old children from Ljubljana, Slovenia. Acta Medica Auxologica, 30 (3): 161-167
43. Taborin M. 2007. Posnetek stanja telesnih parametrov naključnega vzorca pripadnikov Slovenske vojske. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 111 str.
44. Talluri T. 1998. Qualitative human body composition assessed with bioelectrical impedance. Collegium Antropologicum, 22, 2: 427-432
45. Tomazo-Ravnik T. 1994. Sestava telesa in človekov somatotip v juvenilnem obdobju. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 227 str.
46. Tomazo-Ravnik T. 1996. Sestava človeškega telesa v juvenilnem obdobju. Zdravstveni vestnik, 65: 443-445
47. Tomazo-Ravnik T. 1998. Studies of body composition in Slovenia. Collegium Antropologicum, 22, 2: 403-409
48. Tomazo-Ravnik T. 1999. Auxologija. Veda o rasti in razvoju človeka. Priročnik za vaje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 12-14
49. Tomazo-Ravnik T. 2000. Antropometrija. Priročnik za vaje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 23 str.

50. Tomazo-Ravnik T., Jakopič V. 2006. Changes in total body water and body fat in young women in the course of menstrual cycle.
International Journal of Anthropometry, 21, 1: 55-60
51. Van Loan M.D. 1996. Total body composition: birth to old age. V: Human body composition. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 205-215
52. Zerbo-Šporin D., Fležar M., Štefančič M. 1998. BMI and Heath-Carter Somatotypes of female students in Ljubljana. Collegium Antropologicum, 22. 2: 451-463
53. Zerbo-Šporin D. 2002. Izpeljava antropometrijske metode razporeditve podkožnega maščevja in sestava telesa pri dekletih v zgodnji adultni dobi. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 125 str.
54. Zerbo-Šporin D., Štefančič M. 2004. Body fatness and fat distribution in female university students. European anthropological association.
Biennial books of EAA, 3: 121-130

DRUGI VIRI

1.

Akern Bioresearch, Klinische Anwendungsgebiete der BIA

Dostopno na internetu:

<http://www.akern.com/scienzadeu/campi>

(21. februar 2007)

2.

Akern Bioresearch, STA Soft Tissue Analyzer

Dostopno na internetu:

<http://www.akern.com/prodottideu/STA>

(24. februar 2007)

3.

Anonimna izdaja,

Akern STA/BIA Body Composition Analyzer. 2000. Navodila za uporabo. Akern S.r.l, Firenze: 17 str.

4.

Anonimna izdaja,

Tanita, reklamna brošura o BIA analizatorju Tanita TBF-305: 2-16

5.

Bodygram For Windows Version 1.3 User Guide. Akern S.r.l. Bioresearch: 32 str.

6.

Essential in Nephrology: Monitoring of Hydration and Nutritional States. STA – BIA Soft Tissue Analyzer. Body Impedance Analyzer. Huettnerberg, RenaCare Nephromed Bartz GmbH: 16 str.

7.

Slovenska vojska – vpisni pogoji

Dostopno na internetu:

<http://www.Slovenskavojska.si/opk/vojak/index.htm>

(17. januar 2007)

8.

STA/BIA Body Composition Analyzer, Operators Manual, Akern Srl, Florence, Italy

ZAHVALA

V prvi vrsti gre zahvala gospe mentorici doc. dr. Tatjani Tomazo-Ravnik za neizmerno pomoč pri izdelavi diplomskega dela, za vse dane nasvete, skrbno izbrano literaturo, vzpodbude, pa tudi potrpljenje, predvsem pa za vso prijaznost in dobro razpoloženje ob vsakem obisku.

Iskreno se zahvaljujem tudi gospe recenzentki prof. dr. Mariji Štefančič za vse strokovne nasvete, natančen pregled dela in dodatne izvirne vire.

Hvala tudi celotni skupini z Instituta Jožef Stefan, študentom Visoke šole za zdravstvo – sodelavcem pri izvajanju meritev – za vso pomoč, podporo in zanimivo doživetje, posebna hvala še posebej dr. Petri Golja ter Nini Kocjan za potrpežljive razlage.

Hvala tudi tebi – Maja za skupne ideje, pomoč, iskanje rešitev ter čas, ki sva ga preživela v knjižnici pri iskanju literature.

Brez merjenk te naloge zagotovo ne bi bilo, zato velja njim še posebna zahvala.

Ostalim, ki ste kakorkoli pripomogli k izdelavi diplomske naloge ali k temeljitemu študiju, kolegom, prijateljem ter sorodnikom, se prav tako zahvaljujem.

Staršem, bratu Sašu in Barbari pa posvečam sledeče vrstice zahvale:

hvala za neizčrpno podporo, vso ljubezen, potrpljenje, neizmerno pomoč in zaupanje.

Priloga A

Antropometrični list

UNIVERZA V LJUBLJANI BIOTEHNIŠKA FAKULTETA ODDELEK ZA BIOLOGIJO KATEDRA ZA ANTROPOLOGIJO JEZERNIK Denis Diplomsko naloga na KATEDRI ZA ANTROPOLOGIJO Mentorica : doc. dr. Tatjana TOMAZO – RAVNIK * ZNANJE ZA VARNOST IN MIR INSTITUT JOŽEF STEFAN ODSEK ZA AVTOMATIKO, BOKIBERNETIKO IN ROBOTIKO prof. dr. Igor B. Mekjavić	ANTROPOMETRIČNI LIST
---	---------------------------------

ZAPOREDNA ŠTEVILKA	
--------------------	--

DATUM MERITVE	
---------------	--

IME	
PRIIMEK	

SPOL	Ž
------	---

DATUM ROJSTVA	
STAROST – STA (let)	

TELESNA VIŠINA – TV (cm)	
TELESNA MASA – TM (kg)	

Telesni obsegi	
OBSEG NADLAHTI – ONadl (cm)	
OBSEG PASU – OP (cm)	
OBSEG BOKOV – OB (cm)	

Kožne gube	1. meritev	2. meritev	3. meritev	MEDIANA
K. G. NA TRICEPSU – KGTri (mm)				
SUBSKAPULARNA – KGSubs (mm)				
SUPRAILIAKALNA – KGSupil (mm)				
NA TREBUHU – KGAb (mm)				
STEGENSKA – KGS (mm)				
NA GOLENI – KGG (mm)				

Priloga B

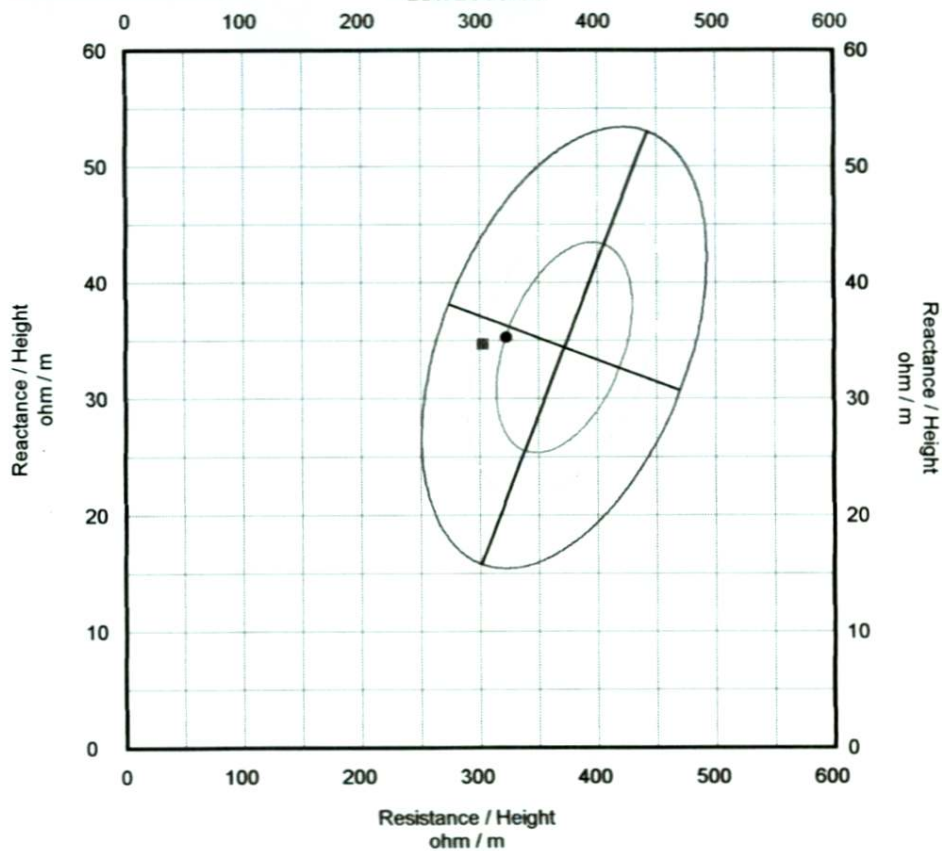
Vzorčni primer poročila o sestavi telesa, določeni z BIA analizatorjem Akern STA/BIA

BODYGRAM - qualitative and quantitative body composition analysis

AKERN S.r.l. Bioresearch

BIAVECTOR ®

2 - 8



Subject

Test date 12.05.2005
 Test Time 13:23:19

■ First test

XC/H = 34,69 ohm/m
 RZ/H = 303,1 ohm/m

● Actual test

XC/H = 35,3 ohm/m
 RZ/H = 322,58 ohm/m

Sex : F
 Age : 29
 Height : 164,3 cm
 Weight : 60,5 kg
 Resistance : 530 ohm
 Reactance : 058 ohm
 Phase Angle : 6,2°

Results

Na/K Exchangeable Rate = 1,1

Body Cell Mass = 20,5 kg (46,3%)

Total Body Water = 33,5 lt (55,3%)

Extracellular Water = 14,8 lt (44,2%)

Intracellular Water = 18,7 lt (55,8%)

Fat Mass = 16,3 kg (27,0%)

Fat Free Mass = 44,2 kg (73,0%)

Muscle Mass = 25,5 kg (42,1%)

Basal Metabolic Rate = 1411,6 kcal

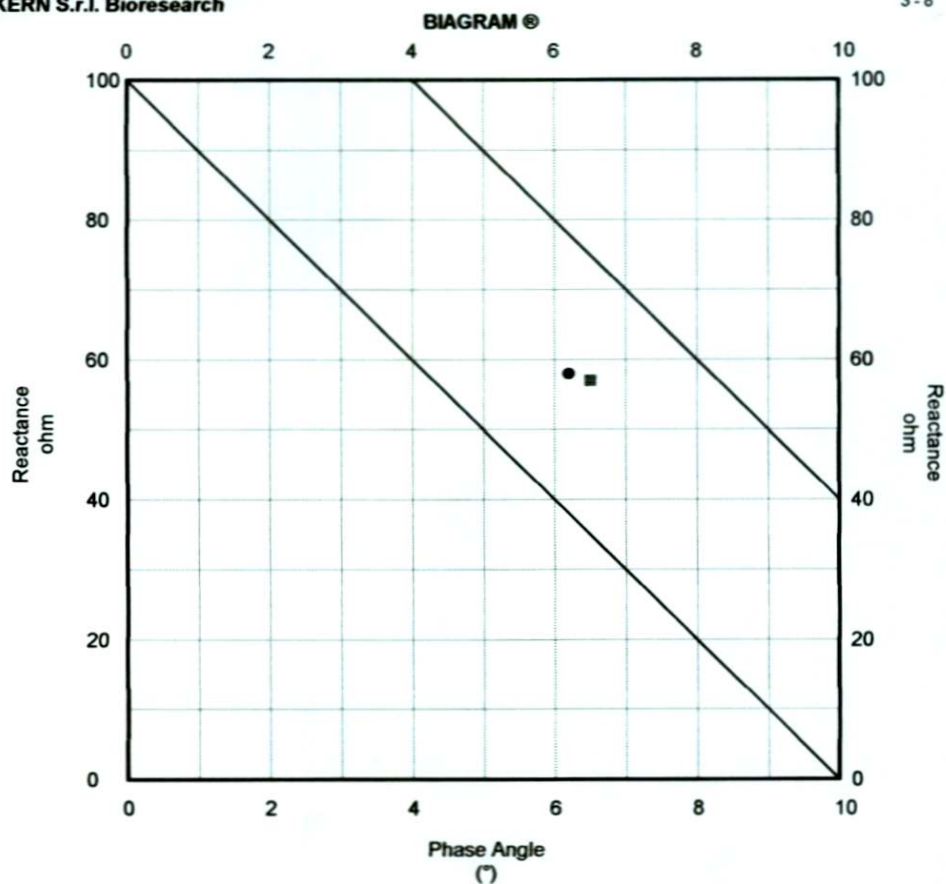
BMI = 22

BCMI = 7

BODYGRAM - qualitative and quantitative body composition analysis

AKERN S.r.l. Bioresearch

3 - 8



Subject

Test date 12.05.2005
 Test Time 13:23:19

■ **First test**
 XC = 57 ohm
 PA = 6,5°
 ● **Actual test**
 XC = 58 ohm
 PA = 6,2°

Sex : F
 Age : 29
 Height : 164,3 cm
 Weight : 60,5 kg
 Resistance : 530 ohm
 Reactance : 058 ohm
 Phase Angle : 6,2°

Results

Na/K Exchangeable Rate = 1,1
 Body Cell Mass = 20,5 kg (46,3%)
 Total Body Water = 33,5 lt (55,3%)
 Extracellular Water = 14,8 lt (44,2%)
 Intracellular Water = 18,7 lt (55,8%)
 Fat Mass = 16,3 kg (27,0%)

Fat Free Mass = 44,2 kg (73,0%)
 Muscle Mass = 25,5 kg (42,1%)
 Basal Metabolic Rate = 1411,6 kcal
 BMI = 22
 BCMI = 7

BODYGRAM - qualitative and quantitative body composition analysis

AKERN S.r.l. Bioresearch

4 - 8

Subject

Test date	12.05.2005
Test Time	13:23:19
■ Previous test	
XC/H = 34,76 ohm/m	
RZ/H = 322,56 ohm/m	
● Actual test	
XC/H = 35,3 ohm/m	
RZ/H = 322,58 ohm/m	

	12.05.2005	12.05.2005
Sex :	F	
Age :	29	29
Height :	164,3 cm	164,3 cm
Weight :	60,5 kg	60,5 kg
Resistance :	530 ohm	529 ohm
Reactance :	058 ohm	057 ohm
Phase Angle :	6,2°	6,1°

Results

12.05.2005	12.05.2005	Lower limit	Upper limit	
Fat Free Mass				100%
44,2 kg (73,0%)	44,2 kg (73,1%)			
Fat Mass				100%
16,3 kg (27,0%)	16,3 kg (26,9%)			
Total Body Water				100%
33,5 lt (55,3%)	33,5 lt (55,4%)			
Extracellular Water				100%
14,8 lt (44,2%)	14,9 lt (44,5%)			
Body Cell Mass				100%
20,5 kg (46,3%)	20,4 kg (46,1%)			
Phase Angle				
(6,2)	(6,1)			
BMI				
(22)	(22)			
BCMI				
(7)	(7)			

Total Body Water
0,18%

Fat Mass

0,37%

BCM

0,49%

Priloga C

Izmerjeni antropometrijski parametri za posameznice (1)

	STA (leta)	TV (cm)	TM (kg)	ONadl (cm)	OP (cm)	OB (cm)	KGTri (mm)	KGSubs (mm)	KGSupil (mm)	KGAAb (mm)	KGS (mm)	KGG (mm)
1	22	160,20	47,50	23,50	62,00	76,00	9,80	7,20	6,40	7,80	10,80	7,00
2	30	175,90	69,70	27,50	80,00	103,00	17,00	9,20	15,40	16,00	22,20	11,40
3	20	165,30	61,50	27,00	71,00	83,00	20,40	14,60	27,00	15,40	28,80	14,20
4	18	177,80	57,90	24,50	64,50	84,00	16,40	10,40	14,60	17,00	23,80	17,80
5	27	168,90	55,60	25,00	69,90	90,80	11,20	8,60	18,20	10,80	27,20	12,20
6	18	162,10	56,40	25,50	69,50	87,50	17,00	16,60	30,20	13,60	23,00	13,20
7	24	171,50	78,10	30,20	79,80	87,80	24,40	20,00	33,20	28,00	41,20	23,20
8	24	180,20	69,80	28,50	71,00	93,00	13,20	8,60	14,20	13,60	17,80	6,80
9	31	166,30	52,40	25,80	64,80	86,60	11,40	6,60	7,80	10,00	15,60	8,60
10	23	168,50	55,40	24,80	69,40	79,90	8,80	8,20	8,00	11,40	13,00	8,40
11	29	163,50	89,90	37,00	99,20	99,30	32,40	31,20	27,20	29,40	45,00	25,40
12	25	167,40	61,60	25,80	68,40	93,50	15,20	9,20	19,40	13,60	24,20	12,00
13	22	172,00	63,40	27,00	69,90	90,90	13,20	8,60	19,60	20,00	24,40	14,80
14	26	171,30	55,90	23,80	68,50	90,80	11,20	8,20	11,60	9,00	21,20	11,40
15	25	172,90	64,60	28,60	71,30	76,60	18,00	15,80	20,00	19,40	30,70	22,40
16	27	162,80	60,10	27,60	67,70	93,40	16,80	15,20	14,00	19,00	18,00	14,20
17	30	175,50	66,70	25,80	77,30	97,30	11,20	9,60	18,00	19,20	20,00	9,80
18	28	176,40	72,20	29,40	77,00	98,80	23,60	14,60	27,20	18,20	24,00	21,20
19	22	174,60	69,80	28,70	84,30	99,50	22,20	13,20	27,80	21,00	36,00	22,20
20	23	168,70	63,50	27,50	71,50	100,70	17,30	17,80	23,00	18,40	30,40	15,90
21	23	154,90	51,60	28,10	72,90	96,10	19,50	12,60	21,00	14,80	33,20	17,00
22	25	162,30	56,70	29,00	74,70	95,40	21,80	15,00	20,00	24,00	39,60	23,00
23	23	167,30	58,90	26,70	71,80	93,70	11,10	12,40	15,20	11,70	29,80	8,50
24	23	160,50	62,60	32,90	81,50	99,00	26,20	25,60	30,60	33,00	40,60	20,00
25	26	174,90	66,50	30,30	77,00	99,80	17,60	17,20	19,30	12,00	27,20	14,60
26	29	164,30	60,90	31,00	71,90	96,50	17,50	11,40	13,40	9,80	26,40	9,00
27	31	166,00	57,70	29,50	71,70	93,50	23,00	16,00	12,20	8,60	27,80	8,50
28	25	162,00	59,90	28,60	75,00	96,30	21,40	14,20	26,40	16,20	31,00	16,60
29	22	168,70	62,40	29,10	77,20	102,10	22,60	12,40	20,40	14,00	39,00	27,20
30	24	174,50	71,30	29,90	78,20	101,10	19,00	11,20	20,00	21,00	37,20	16,40
31	22	169,80	66,60	28,00	78,90	100,70	22,60	22,20	31,00	21,30	32,80	16,20
32	24	169,40	61,80	27,10	72,20	101,50	16,70	11,20	17,20	11,50	39,00	20,80
33	26	169,30	58,30	25,90	69,70	93,50	11,80	12,40	17,30	15,00	20,20	9,40
34	27	158,20	56,90	29,60	71,10	97,60	19,20	14,80	14,60	13,50	34,00	22,60

Priloga Č

Izmerjeni in izračunani parametri za posameznice, dobljeni z BIA metodo (2)

	STA (leta)	TV (cm)	TM (kg)	Rz (Ω)	Xc (Ω)	PA (stopinj)	FM BIA (kg)	%FM BIA	FFM BIA (kg)	%FFM BIA	MM BIA (kg)	%MM BIA	TBW BIA (l)	%TBW BIA	BCM BIA (kg)	%BCM BIA
1	22	160,20	47,50	653	80	7,0	9,90	20,80	37,60	79,20	22,40	47,10	27,60	58,10	18,20	48,40
2	30	175,90	69,70	609	65	6,1	22,30	32,00	47,40	68,00	27,90	40,00	36,00	51,70	22,50	47,40
3	20	165,30	61,50	690	70	5,8	21,50	35,00	40,00	65,00	23,00	37,50	30,20	49,10	18,50	46,30
4	18	177,80	57,90	898	90	5,7	17,80	30,80	40,10	69,20	23,60	40,70	29,40	50,70	19,20	47,90
5	27	168,90	55,60	738	79	6,1	16,00	28,80	39,60	71,20	23,20	41,70	29,30	52,70	18,80	47,50
6	18	162,10	56,40	678	79	6,6	17,80	31,60	38,60	68,40	22,90	40,60	28,90	51,20	18,60	48,10
7	24	171,50	78,10	562	63	6,4	30,30	38,80	47,80	61,20	28,40	36,40	37,20	47,60	22,80	47,80
8	24	180,20	69,80	641	75	6,7	21,10	30,30	48,70	69,70	29,50	42,30	36,70	52,60	24,00	49,40
9	31	166,30	52,40	558	52	5,3	8,90	17,00	43,50	83,00	24,00	45,70	32,20	61,50	19,10	44,00
10	23	168,50	55,40	630	69	6,3	13,00	23,50	42,40	76,50	24,70	44,60	31,40	56,70	20,00	47,20
11	29	163,50	89,90	574	67	6,7	45,30	50,40	44,60	49,60	26,90	30,00	36,00	40,10	21,50	48,30
12	25	167,40	61,60	602	65	6,2	18,30	29,80	43,30	70,20	25,20	40,90	32,70	53,00	20,30	46,90
13	22	172,00	63,40	539	51	5,4	15,40	24,40	48,00	75,60	26,90	42,40	36,20	57,10	21,40	44,70
14	26	171,30	55,90	591	63	6,1	10,90	19,50	45,00	80,50	26,00	46,50	33,40	59,70	21,00	46,70
15	25	172,90	64,60	591	67	6,5	15,10	24,60	46,40	75,40	27,40	44,60	34,70	56,50	22,20	47,90
16	27	162,80	60,10	518	55	6,1	16,50	27,40	43,60	72,60	24,90	41,40	33,10	55,10	19,90	45,60
17	30	175,50	66,70	596	66	6,3	19,10	28,70	47,60	71,30	28,10	42,20	36,00	53,90	22,80	47,80
18	28	176,40	72,20	603	60	5,7	23,90	33,10	48,30	66,90	27,90	38,70	36,90	51,00	22,40	46,40
19	22	174,60	69,80	622	65	6,0	23,30	33,40	46,50	66,60	27,20	39,00	35,40	50,70	21,90	47,10
20	23	168,70	63,50	540	62	6,5	17,50	27,60	46,00	72,40	27,00	42,60	34,90	54,90	21,80	47,50
21	23	154,90	51,60	572	70	7,0	14,00	27,10	37,60	72,90	22,10	42,80	28,20	54,60	17,90	47,50
22	25	162,30	56,70	639	81	7,2	17,10	30,20	39,60	69,80	23,90	42,20	29,70	52,30	19,50	49,30
23	23	167,30	58,90	530	52	5,6	13,40	22,70	45,50	77,30	25,50	43,30	34,20	58,10	20,40	44,80
24	23	160,50	62,60	551	64	6,6	20,80	33,30	41,80	66,70	24,50	39,20	32,00	51,00	19,70	47,20
25	26	174,90	66,50	492	59	6,8	15,40	23,10	51,10	76,90	30,40	45,80	38,80	58,40	24,60	48,20
26	29	164,30	60,90	498	57	6,5	15,50	25,40	45,40	74,60	26,40	43,40	34,50	56,60	21,20	46,80
27	31	166,00	57,70	531	65	7,0	12,90	22,30	44,80	77,70	26,70	46,20	33,70	58,40	21,60	48,20
28	25	162,00	59,90	546	59	6,2	17,30	28,80	42,60	71,20	24,50	40,90	32,30	54,00	19,70	46,10
29	22	168,70	62,40	576	68	6,7	17,80	28,50	44,60	71,50	26,50	42,50	33,70	54,00	21,50	48,20
30	24	174,50	71,30	547	61	6,4	22,10	30,90	49,20	69,10	29,10	40,80	37,70	52,80	23,40	47,60
31	22	169,80	66,60	567	66	6,6	20,90	31,40	45,70	68,60	27,20	40,80	34,80	52,30	22,00	48,10
32	24	169,40	61,80	575	68	6,7	16,80	27,10	45,00	72,90	26,80	43,40	34,00	54,90	21,70	48,30
33	26	169,30	58,30	572	65	6,5	13,40	23,00	44,90	77,00	26,40	45,20	33,60	57,60	21,30	47,50
34	27	158,20	56,90	527	62	6,7	15,70	27,60	41,20	72,40	24,00	42,20	31,20	54,80	19,40	47,00

Priloga D

Izračunani parametri za posameznice (3)

	BDjp80 (g/cm ³)	%BFjp80 Siri1	FMjp80 Siri1 (kg)	FFMjp80 Siri1 (kg)	%FFMjp80 Siri1	%BFjp80 Siri2	FMjp80 Siri2 (kg)	FFMjp80 Siri2 (kg)	%FFMjp80 Siri2
1	1,0713	12,0563	5,7267	41,7733	87,9437	10,6569	5,0621	42,4379	89,3431
2	1,0480	22,3461	15,5752	54,1248	77,6539	21,0715	14,6868	55,0132	78,9285
3	1,0344	28,5365	17,5499	43,9501	71,4635	27,3369	16,8122	44,6878	72,6631
4	1,0495	21,6610	12,5417	45,3583	78,3390	20,3781	11,7989	46,1011	79,6219
5	1,0469	22,8228	12,6895	42,9105	77,1772	21,5540	11,9840	43,6160	78,4460
6	1,0386	26,5942	14,9991	41,4009	73,4058	25,3711	14,3093	42,0907	74,6289
7	1,0205	35,0544	27,3775	50,7225	64,9456	33,9338	26,5023	51,5977	66,0662
8	1,0560	18,7628	13,0964	56,7036	81,2372	17,4448	12,1764	57,6236	82,5552
9	1,0634	15,4840	8,1136	44,2864	84,5160	14,1262	7,4021	44,9979	85,8738
10	1,0687	13,1602	7,2908	48,1092	86,8398	11,7743	6,5230	48,8770	88,2257
11	1,0168	36,8393	33,1185	56,7815	63,1607	35,7404	32,1306	57,7694	64,2596
12	1,0456	23,4207	14,4271	47,1729	76,5793	22,1591	13,6500	47,9500	77,8409
13	1,0472	22,7067	14,3960	49,0040	77,2933	21,4364	13,5907	49,8093	78,5636
14	1,0566	18,4669	10,3230	45,5770	81,5331	17,1453	9,5842	46,3158	82,8547
15	1,0387	26,5778	17,1693	47,4307	73,4222	25,3545	16,3790	48,2210	74,6455
16	1,0528	20,1938	12,1364	47,9636	79,8062	18,8931	11,3547	48,7453	81,1069
17	1,0520	20,5176	13,6852	53,0148	79,4824	19,2209	12,8203	53,8797	80,7791
18	1,0342	28,6335	20,6734	51,5266	71,3665	27,4351	19,8082	52,3918	72,5649
19	1,0281	31,4936	21,9825	47,8175	68,5064	30,3299	21,1702	48,6298	69,6701
20	1,0376	27,0675	17,1879	46,3121	72,9325	25,8501	16,4148	47,0852	74,1499
21	1,0356	27,9807	14,4380	37,1620	72,0193	26,7744	13,8156	37,7844	73,2256
22	1,0304	30,3821	17,2266	39,4734	69,6179	29,2049	16,5592	40,1408	70,7951
23	1,0478	22,4061	13,1972	45,7028	77,5939	21,1322	12,4469	46,4531	78,8678
24	1,0214	34,6282	21,6772	40,9228	65,3718	33,5025	20,9725	41,6275	66,4975
25	1,0417	25,1947	16,7545	49,7455	74,8053	23,9546	15,9298	50,5702	76,0454
26	1,0461	23,1799	14,1166	46,7834	76,8201	21,9154	13,3465	47,5535	78,0846
27	1,0418	25,1607	14,5177	43,1823	74,8393	23,9202	13,8019	43,8981	76,0798
28	1,0321	29,6264	17,7462	42,1538	70,3736	28,4400	17,0356	42,8644	71,5600
29	1,0305	30,3600	18,9447	43,4553	69,6400	29,1826	18,2099	44,1901	70,8174
30	1,0338	28,7942	20,5303	50,7697	71,2058	27,5978	19,6772	51,6228	72,4022
31	1,0278	31,6053	21,0491	45,5509	68,3947	30,4430	20,2750	46,3250	69,5570
32	1,0360	27,8029	17,1822	44,6178	72,1971	26,5945	16,4354	45,3646	73,4055
33	1,0525	20,3030	11,8366	46,4634	79,6970	19,0036	11,0791	47,2209	80,9964
34	1,0390	26,4252	15,0360	41,8640	73,5748	25,2001	14,3388	42,5612	74,7999

Priloga E

Izračunani parametri za posameznice (4)

	Z (F. V. po Zerbo- -Šporin)	A (cm ²)	M (cm ²)	F (cm ²)	FI%	cAMA (cm ²)	MM (kg) (iz: cAMA)	%MM (iz: cAMA)	IPB	TEI	ITM (kg/m ²)
1	32,6240	43,9467	26,6860	17,2607	39,2765	16,7599	19,2490	40,52	0,8158	0,8095	18,5084
2	59,0920	60,1805	32,5753	27,6052	45,8707	20,2775	26,3630	37,82	0,7767	0,8662	22,5269
3	78,8740	58,0120	27,2405	30,7715	53,0433	19,4596	22,6333	36,80	0,8554	1,2023	22,5076
4	64,6480	47,7664	23,2888	24,4776	51,2444	17,3276	24,2313	41,85	0,7679	0,7310	18,3153
5	52,2260	49,7359	30,2211	19,5148	39,2368	18,1864	22,5766	40,61	0,7698	1,1453	19,4902
6	78,3020	51,7453	25,8401	25,9052	50,0630	18,2775	20,8647	36,99	0,7943	1,5497	21,4641
7	110,3760	72,5778	33,9098	38,6681	53,2780	22,2116	26,7103	34,20	0,9089	1,1176	26,5536
8	48,6500	64,6368	40,6953	23,9415	37,0401	21,5644	28,8796	41,37	0,7634	1,1400	21,4954
9	37,8340	52,9699	32,7847	20,1853	38,1071	18,9751	22,5194	42,98	0,7483	0,7200	18,9473
10	38,2540	48,9433	32,1395	16,8038	34,3332	18,1064	22,4039	40,44	0,8686	0,9419	19,5124
11	124,7000	108,9416	50,7464	58,1952	53,4187	27,8756	28,6675	31,89	0,9990	1,0104	33,6298
12	59,5360	52,9699	28,6765	24,2934	45,8626	18,7224	22,6130	36,71	0,7316	1,0515	21,9821
13	65,0940	58,0120	35,0605	22,9515	39,5634	20,0644	25,0241	39,47	0,7690	1,0071	21,4305
14	43,7740	45,0759	26,2331	18,8428	41,8024	16,9864	22,2016	39,72	0,7544	0,8761	19,0501
15	81,2500	65,0912	35,3959	29,6953	45,6211	21,2900	26,3492	40,79	0,9308	0,8861	21,6094
16	67,7080	60,6189	33,1516	27,4673	45,3114	20,3944	22,6724	37,72	0,7248	0,9419	22,6760
17	58,3360	52,9699	33,0072	19,9628	37,6870	18,9864	25,0901	37,62	0,7945	1,3143	21,6557
18	89,5340	68,7836	31,9659	36,8176	53,5268	21,5076	27,6232	38,26	0,7794	0,9330	23,2028
19	90,7920	65,5472	31,0609	34,4862	52,6129	20,9679	26,5852	38,09	0,8472	0,9234	22,8964
20	79,3280	60,1805	32,2436	27,9369	46,4218	20,2518	24,2278	38,15	0,7100	1,2289	22,3123
21	72,5320	62,8352	31,9241	30,9110	49,1938	20,6494	20,7028	40,12	0,7586	0,9205	21,5054
22	88,2180	66,9247	32,5472	34,3775	51,3674	21,3119	23,2342	40,98	0,7830	0,7813	21,5251
23	50,7840	56,7300	36,3792	20,3508	35,8731	19,8920	23,5353	39,96	0,7663	1,4082	21,0438
24	116,4360	86,1355	41,9277	44,2077	51,3235	24,6839	25,2407	40,32	0,8232	1,2165	24,3010
25	69,2300	73,0593	42,3281	30,7312	42,0633	23,0256	28,5020	42,86	0,7715	1,1335	21,7391
26	52,5240	76,4740	45,2542	31,2197	40,8240	23,7344	25,7068	42,21	0,7451	0,9358	22,5602
27	58,8560	69,2523	32,9821	36,2702	52,3741	21,6775	24,5978	42,63	0,7668	0,8952	20,9392
28	81,3500	65,0912	31,5860	33,5052	51,4742	20,9551	22,8768	38,19	0,7788	1,0684	22,8243
29	81,5440	67,3870	32,0155	35,3715	52,4901	21,3231	25,1120	40,24	0,7561	0,6586	21,9257
30	74,8320	71,1431	39,0733	32,0697	45,0778	22,4975	27,9054	39,14	0,7735	0,8814	23,4152
31	97,7240	62,3887	28,2602	34,1285	54,7030	20,2231	24,5208	36,82	0,7835	1,3711	23,0993
32	65,5080	58,4425	31,5044	26,9381	46,0934	19,9028	24,1388	39,06	0,7113	0,7573	21,5358
33	56,7980	53,3814	32,6940	20,6874	38,7540	19,0519	23,4031	40,14	0,7455	1,4009	20,3402
34	71,6100	69,7226	37,7019	32,0207	45,9259	22,1784	22,7041	39,90	0,7285	0,7033	22,7352