

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Marjan TABORIN

**POSNETEK STANJA TELESNIH PARAMETROV
NAKLJUČNEGA VZORCA PRIPADNIKOV
SLOVENSKE VOJSKE**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**SURVEY OF THE BODY PARAMETERS
OF THE RANDOM SAMPLE
OF THE SLOVENIAN ARMY PERSONNEL**

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 bile opravljene na MO v prostorih Vojaške zdravstvene službe v Ljubljani.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Marija Štefančič

Član (mentor): doc.dr. Tatjana Tomazo-Ravnik

Član (somentor): dr. Matilda Korman-Frangeš

Član (recenzent): doc. dr. Kazimir Drašlar

Datum zagovora:

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.

Marjan Taborin

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
 DK 572.512-057.36:612.65(043.2)=863
 KG antropologija/biokemija/Slovenska vojska/antropometrični parametri/biokemijski parametri
 KK
 AV TABORIN, Marjan
 SA TOMAZO RAVNIK, Tatjana/KORMAN FRANGEŠ, Matilda
 KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
 ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
 LI 2007
 IN POSNETEK STANJA TELESNIH PARAMETROV NAKLJUČNEGA VZORCA PRIPADNIKOV SLOVENSKE VOJSKE
 TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
 OP XII, 111 str., 48 pregl., 17 sl., 125 vir.
 IJ sl
 JI sl/en
 AI V diplomski nalogi predstavimo pregledno analizo stanja določenih antropometričnih (telesna masa, telesna višina, indeks telesne mase (ITM), odstotek telesnega maščevja (M)) in biokemijskih (ravni trigliceridov (TRIGL), holesterola (HOL), glukoze (GLC) v krvi) parametrov na naključnem vzorcu 144 zdravih profesionalnih pripadnikov Slovenske vojske (SV). Za primerjavo opravimo meritve še na naključnem vzorcu 50 zdravih civilistov in 29 zdravih civilistk zaposlenih v SV. Vse meritve so bile opravljene v Vojaški zdravstveni službi Slovenske vojske v Ljubljani v obdobju marec-april 2005. Ugotovimo, da so v primerjavi s civilisti profesionalni pripadniki SV v povprečju značilno težji, neznatno višji, imajo značilno višji ITM, kljub temu pa značilno nižji M, kar pripisujemo večjemu telesnemu deležu mišičja; kljub nižjim povprečnim vrednostim M, pa imajo pripadniki SV značilno višje vrednosti HOL in TRIGL. Glede GLC med vojaki in civilisti ni opaziti bistvenih razlik. Pri skupini vojakov smo opazili neznatno do nizko povezavo med antropometričnimi in biokemijskimi parametri. Značilne korelacije smo ugotovili med naslednjimi pari parametrov: masa-HOL, ITM-HOL, M-TRIGL, starost-HOL, starost-TRIGL, starost-GLC. Pri antropometričnih parametrih ugotovimo visoko povezavo med maso in ITM, kar velja za vse skupine. Razlike med vojaki na eni strani in civilisti ter civilistkami na drugi strani se pokažejo pri povezanosti med paroma (masa, M) ter (ITM, M). Povezanost med parametri je za oba para parametrov visoka pri skupinah civilisti in civilistke ter zgolj srednja pri skupini vojaki. Sklepamo, da do teh razlik pride zaradi nižjega deleža telesnega maščevja oz. višjega deleža mišične mase pri vojaki. Ugotovimo, da kar 60 % vojakov iz našega vzorca sodi v najvišjo kvalitativno skupino (odlično) ter 16 % v kvalitativno skupino dobro glede odstotka telesnega maščevja. Pri skupini civilisti so te vrednosti bistveno nižje. Ugotovimo, da parameter ITM ni dobro merilo za oceno telesne zamaščenosti pri vojaki.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
 DC 572.512-057.36:612.65(043.2)=863
 CX anthropology/biochemistry/Slovenian army/anthropometric parameters/biochemic parameters
 CC
 AU TABORIN, Marjan
 AA TOMAZO RAVNIK, Tatjana/KORMAN FRANGEŠ, Matilda
 PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
 PB Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
 PY 2007
 TI SURVEY OF THE BODY PARAMETERS OF THE RANDOM SAMPLE OF THE SLOVENIAN ARMY PERSONNEL
 DT Graduation Thesis (University Studies)
 NO XII, 111 p., 48 tab., 17 fig., 125 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB In the graduation thesis a clear comprehensive analysis of certain anthropometric (body mass, body height, body mass index (BMI), body fat percentage (%BF)) and biochemical (blood levels of triglyceride (TRIGL), cholesterol (HOL), glucose (GLC)) parameters on the random sample of 144 healthy individuals of the Slovenian army (SA) personnel (all males) is presented. The measurements were also made on the random sample of 50 healthy male civilians and 29 healthy female civilians employed in SA. All the measurements were taken at Vojaška zdravstvena služba Slovenske vojske in Ljubljana in the March-April period in 2005. The measurements showed that the professional soldiers were significantly heavier, insignificantly higher, they had significantly higher BMI and significantly lower %BF on average when compared with the male civilians. In spite of the lower %BF the random sample of the SA personnel showed significantly higher values of blood HOL and TRIGL on average when compared to the values of the male civilians. There were no significant differences between the professional soldiers and the male civilians regarding the GLC blood levels. We noticed the insignificant or weak correlation between the anthropometric and the biochemical parameters in the sample of the SA personnel. The significant correlations were observed among the pairs of the parameters: body mass-HOL, BMI-HOL, %BF-TRIGL, age-HOL, age-TRIGL, age-GLC. Among the anthropometric parameters there was a strong correlation between body mass and BMI for all the groups, the soldiers and the civilians. The correlation analysis also showed a strong correlation between the pairs of the parameters body mass-%BF and BMI-%BF for all the civilian groups, but only a moderate correlation for the sample of the SA personnel. We assume that these differences result from the lower %BF values in SA personnel; 60 % of all the men in our sample of the SA personnel belong to the highest class (excellent) and 16 % to the class good regarding the %BF which distinguish them from the group of the male civilians very well. The graduation thesis clearly shows that BMI is not a good parameter for an estimation of the body fat percentage in the SA personnel.

Kazalo vsebine

1 UVOD	1
1.1 Sestava človeškega telesa.....	2
1.1.1 MODELI TELESNE SESTAVE.....	2
1.1.1.1 Dvokomponentni model.....	3
1.1.1.2 Večkomponentni modeli.....	3
1.1.1.2.1 Porazdelitev telesnega maščevja.....	4
1.1.1.3 Vpliv telesne aktivnosti in prehrane na telesno sestavo.....	5
1.1.2 METODE ZA DOLOČANJE TELESNE SESTAVE	6
1.1.2.1 Direktne (in vitro) metode.....	6
1.1.2.2 Indirektne (in vivo) metode.....	7
1.1.2.2.1 Densitometrična metoda.....	7
1.1.2.2.2 Antropometrične metode za določanje telesne sestave.....	7
1.1.2.2.2.1 Razmerja med telesnimi merami.....	7
1.1.2.2.2.2 Neposredno določanje brezmaščobne telesne mase iz antropometričnih mer.....	8
1.1.2.2.2.3 Antropometrično določanje telesne sestave iz gostote telesa.....	9
1.1.2.2.3 Določanje telesne sestave z metodo analize bioelektrične impedance (BIA).....	9
1.1.2.2.3.1 Dejavniki, ki vplivajo na natančnost meritev bioelektrične impedance.....	11
1.1.2.2.3.2 Omejitve pri določanju telesne sestave z metodo bioelektrične impedance.....	13
1.1.2.2.4 Škerljeve metode za analizo telesne sestave.....	14
1.1.2.2.5 Novejše metode za določanje telesne sestave.....	16
1.2 Biokemijski parametri	18
1.2.1 LIPIDI V ORGANIZMU.....	18
1.2.1.1 Absorbcija lipidov.....	19
1.2.1.2 Lipidi v krvi.....	19
1.2.1.3 Trigliceridi.....	21
1.2.1.4 Holesterol.....	21
1.2.1.4.1 Holesterol v krvi.....	23
1.2.1.5 Lipoproteini.....	23
1.2.1.5.1 Metabolizem lipoproteinov.....	24
1.2.1.6 Homeostaza lipidov.....	26
1.2.1.6.1 Usoda trigliceridov po absorpciji v prebavilih.....	26
1.2.1.6.2 Produkcija trigliceridov iz ogljikovih hidratov.....	27
1.2.1.6.3 Sproščanje lipidov iz maščevja.....	27
1.2.1.6.4 Izraba maščobnih kislin v tkivih.....	27
1.2.2 GLUKOZA.....	27
1.2.2.1 Poglavitni metabolni procesi, povezani z glukozo.....	28
1.2.2.2 Homeostaza glukoze.....	28
1.3 Sekularni trendi in spremembe.....	30
1.3.1 SEKULARNE SPREMEMBE TELESNE RASTI V TUJINI.....	31
1.3.2 SEKULARNE SPREMEMBE TELESNE RASTI NA SLOVENSKEM.....	33
2 PREGLED OBJAV.....	34

2.1	OBJAVE O SESTAVI TELESA V SLOVENIJI.....	34
3	MATERIAL IN METODE DELA.....	37
3.1	Merjenke in merjenci.....	37
3.2	Metode dela.....	37
3.2.1	ANTROPOMETRIČNE METODE.....	38
3.2.1.1	Uporabljeni antropometrični merski inštrumenti.....	38
3.2.1.2	Izmerjeni antropometrični parametri in način merjenja.....	40
3.2.2	BIOKEMIJSKE METODE.....	41
3.2.2.1	Uporabljeni biokemijski merski inštrumenti in oprema.....	41
3.2.2.2	Izmerjeni biokemijski parametri in način merjenja.....	41
3.2.3	STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV.....	43
3.2.3.1	Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov.....	43
3.2.3.2	Analiza distribucij izmerjenih in izračunanih parametrov.....	43
3.2.3.3	Korelacije med parametri.....	43
3.2.3.4	Multipla linearna regresija.....	44
3.2.3.5	T - test.....	45
3.2.3.6	Metoda razvrščanja v skupine.....	46
4	REZULTATI.....	46
4.1	Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov.....	46
4.1.1	VOJAKI.....	46
4.1.2	CIVILISTI.....	47
4.1.3	VOJAKINJE.....	48
4.1.4	CIVILISTKE.....	48
4.2	Analiza distribucij izmerjenih parametrov.....	49
4.2.1	VOJAKI.....	49
4.2.2	CIVILISTI.....	49
4.2.3	CIVILISTKE.....	50
4.2.4	KVANTILI IZMERJENIH PARAMETROV.....	50
4.2.5	REFERENČNE VREDNOSTI TELESNIH IN BIOKEMIJSKIH PARAMETROV PRI VOJAKIH.....	55
4.3	Korelacije med izmerjenimi parametri.....	55
4.3.1	VOJAKI.....	56
4.3.2	CIVILISTI.....	59
4.3.3	CIVILISTKE.....	63
4.3.4	PRIMERJAVA SKUPIN Z RAZSEVNIMI GRAFIKONI.....	66
4.4	PRIMERJAVA POVPREČNIH VREDNOSTI PARAMETROV MED SKUPINAMI (t-testi).....	70
4.4.1	VOJAKI IN CIVILISTI.....	70
4.4.2	CIVILISTI IN CIVILISTKE.....	73
4.4.3	VOJAKI IN CIVILISTKE.....	75
4.5	Metoda razvrščanja v skupine.....	76
4.5.1	VOJAKI.....	76
4.5.2	CIVILISTI IN CIVILISTKE.....	80
4.6	PRIMERJAVA RAZLIK V TELESNI VIŠINI IN MASI MED SKUPINAMI IZ OBDOBIJ 1992 IN 2005.....	80
4.7	REFERENČNO STANJE NEKATERIH TELESNIH IN BIOKEMIJSKIH PARAMETROV.....	83
4.7.1	VIŠINA	83

4.7.2	MASA	84
4.7.3	INDEKS TELESNE MASE (ITM).....	84
4.7.4	ODSTOTEK TELESNEGA MAŠČEVJA (M).....	88
4.7.5	HOLESTEROL.....	89
4.7.6	TRIGLICERIDI.....	90
4.7.7	GLUKOZA.....	90
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	90
5.1	Razprava.....	90
5.1.1	REFERENČNO STANJE OBRAVNAVANIH ANTROPOMETRIČNIH IN BIOKEMIJSKIH PARAMETROV PRI VOJAKIH.....	90
5.1.2	POVEZANOST MED ANTROPOMETRIČNIMI IN BIOKEMIJSKIMI PARAMETRI	96
5.1.2.1	Povezanost med antropometričnimi in biokemijskimi parametri.....	96
5.1.2.2	Povezanost med biokemijskimi parametri	96
5.1.2.3	Povezanost med antropometričnimi parametri	96
5.2	Sklepi.....	97
6	POVZETEK	99
7	VIRI.....	101

KAZALO TABEL

	str.
Tabela 1 Teoretični model sestave telesa referenčnega moškega in ženske	4
Tabela 2 Lastnosti humanih apolipoproteinov	24
Tabela 3 Delitev merjenk in merjencev po spolu in statusu	37
Tabela 4 Orientacijske vrednosti za ITM	41
Tabela 5 Referenčne vrednosti za % BF za moško populacijo	41
Tabela 6 Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov (vojaki)	47
Tabela 7 Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov (civilisti)	47
Tabela 8 Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov (civilistke)	48
Tabela 9 Statistike in signifikantnosti Shapiro-Wilk testa normalnosti distribucije parametrov (vojaki)	49
Tabela 10 Statistike in signifikantnosti Shapiro-Wilk testa normalnosti distribucije parametrov (civilisti)	49
Tabela 11 Statistike in signifikantnosti Shapiro-Wilk testa normalnosti distribucije parametrov (civilistke)	50
Tabela 12 Kvantili (centili) pri parametrih za skupine vojaki, civilisti in civilistke	51
Tabela 13 Referenčne vrednosti telesnih in biokemijskih parametrov pri vojaki	55
Tabela 14 Pearsonove korelacije med izmerjenimi parametri (vojaki)	56
Tabela 15 Spearmanove korelacije rangov med izmerjenimi parametri (vojaki)	57
Tabela 16 Koeficienti (standardizirani, nestandardizirani) in konstanta multiple linearne regresije za neodvisni spremenljivki TEŽA, VIŠINA (odvisna spremenljivka ITM), (vojaki)	59
Tabela 17 ANOVA tabela (vojaki)	59
Tabela 18 Determinacijski koeficient, R^2 ; multipli korelacijski koeficient, R ; (vojaki)	59
Tabela 19 Pearsonove korelacije med izmerjenimi parametri (civilisti)	60
Tabela 20 Spearmanove korelacije rangov med izmerjenimi parametri (civilisti)	60
Tabela 21 Koeficienti (standardizirani, nestandardizirani) in konstanta multiple linearne regresije za neodvisni spremenljivki TEŽA, VIŠINA (odvisna spremenljivka ITM), (civilisti)	62
Tabela 22 ANOVA tabela (civilisti)	62

	str.
Tabela 23 Determinacijski koeficient, R^2 ; multipli korelacijski koeficient, R ; (civilisti)	62
Tabela 24 Pearsonove korelacije med izmerjenimi parametri (civilistke)	63
Tabela 25 Spearmanove korelacije rangov med izmerjenimi parametri (civilistke)	64
Tabela 26 Koeficienti (standardizirani, nestandardizirani) in konstanta multiple linearne regresije za neodvisni spremenljivki TEŽA, VIŠINA (odvisna spremenljivka ITM), (civilistke)	66
Tabela 27 ANOVA tabela (civilistke)	66
Tabela 28 Determinacijski koeficient, R^2 ; multipli korelacijski koeficient, R ; (civilistke)	66
Tabela 29 Primerjava povprečnih vrednosti parametrov med vojaki in civilisti	71
Tabela 30 Levenov test enakosti varianc (vojaki, civilisti) za dane parametre	72
Tabela 31 T-test enakosti povprečij za skupini vojaki, civilisti za dane parametre	72
Tabela 32 Primerjava povprečnih vrednosti transformiranega parametra TRIGL ($\log_{10}(\text{TRIGL})$) med vojaki in civilisti	73
Tabela 33 Levenov test enakosti varianc (vojaki, civilisti) za transformirani parameter TRIGL	73
Tabela 34 T-test enakosti povprečij za skupini vojaki, civilisti za transformirani parameter TRIGL	73
Tabela 35 Primerjava povprečnih vrednosti parametrov med civilisti in civilistkami	74
Tabela 36 Levenov test enakosti varianc (civilisti, civilistke) za dane parametre	74
Tabela 37 T-test enakosti povprečij za skupini civilisti, civilistke za dane parametre	75
Tabela 38 Primerjava povprečnih vrednosti parametrov med vojaki in civilistkami	75
Tabela 39 Levenov test enakosti varianc (vojaki, civilistke) za dane parametre	76
Tabela 40 T-test enakosti povprečij za skupini vojaki, civilistke za dane parametre	76
Tabela 41 Porazdelitev vojakov v podskupini (skupina 1 in skupina 2)	77
Tabela 42 Povprečne vrednosti parametrov skupin 1 in 2 ter vseh vojakov skupaj	77
Tabela 43 Primerjava povprečnih vrednosti telesne višine in mase skupin, obravnavanih v tej nalogi (vojaki, civilisti; marec 2005), s skupinama študentov Fakultete za šport Univerze v Ljubljani in občanov iz obdobja maj 1992	81

	str.
Tabela 44 Testi normalnosti porazdelitev za parametra VIŠINA in MASA pri skupinah vojaki, civilisti, študenti FŠ in občani	81
Tabela 45 Testi enakosti varianc (Bartlettov test) za parametra VIŠINA in MASA za pare skupin vojaki, civilisti, študenti FŠ ter občani	82
Tabela 46 T-testi enakosti povprečij za parametra MASA in VIŠINA med pari skupin vojaki, civilisti, študenti FŠ in občani	83
Tabela 47 50, 75 in 95 centil telesne višine pri vojaki in civilistih	84
Tabela 48 50, 75 in 95 centil telesne mase pri vojaki in civilistih	84

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1 <i>Vector continuum</i> in polvektor kot primera dinamične tipologije	15
Slika 2 Grafikoni kvantilov in grafi kumulativnih odstotkov izmerjenih parametrov pri skupinah vojaki, civilisti in civilistke	52
Slika 3 Razsevni grafikoni dvojic parametrov z najvišjimi korelacijskimi koeficienti (vojaki)	57
Slika 4 Razsevni grafikoni dvojic parametrov z najvišjimi korelacijskimi koeficienti (civilisti)	61
Slika 5 Razsevni grafikoni dvojic parametrov z najvišjimi korelacijskimi koeficienti (civilistke)	64
Slika 6 Razsevni grafikoni dvojic parametrov pri vseh skupinah	67
Slika 7 Povprečne vrednosti parametrov skupin 1 in 2 ter odgovarjajoči 95 % intervali zaupanja povprečnih vrednosti (vojaki)	78
Slika 8 Značilni prispevki parametrov k tvorbi skupine 1 (vojaki)	79
Slika 9 Značilni prispevki parametrov k tvorbi skupine 2 (vojaki)	80
Slika 10 Primerjava ITM med vojaki in civilisti	85
Slika 11 Primerjava ITM in povprečnega odstotka telesnega maščevja znotraj posameznih razredov ITM med skupinama vojaki in civilisti	86
Slika 12 Zveza med razredom ITM in odstotkom telesnega maščevja za vojake in civiliste	87
Slika 13 Regresijski premici za vojake in civiliste (ITM, M)	87
Slika 14 Struktura starostnih skupin glede na odstotke telesnega maščevja pri skupini vojaki	88
Slika 15 Struktura starostnih skupin glede na odstotke telesnega maščevja pri skupini civilisti	89
Slika 16 95 % intervali zaupanja za povprečne starosti podskupin pri skupini vojaki	91
Slika 17 Frekvenčna porazdelitev parametra starost pri starostnih podskupinah skupine vojaki	91

KAZALO PRILOG

Priloga A	Vrednosti antropometričnih in biokemijskih parametrov naključnega vzorca pripadnikov Slovenske vojske
Priloga B	Vrednosti antropometričnih in biokemijskih parametrov naključnega vzorca civilistov zaposlenih v Slovenski vojski
Priloga C	Vrednosti antropometričnih in biokemijskih parametrov naključnega vzorca civilistik zaposlenih v Slovenski vojski
Priloga D	Vrednosti antropometričnih in biokemijskih parametrov naključnega vzorca pripadnic Slovenske vojske
Priloga E	Soglasje Komisije Republike Slovenije za medicinsko etiko za izvedbo diplomske naloge

1 UVOD

V novembru leta 2001 je bil sprejet splošni dolgoročni program razvoja in opremljanja slovenske vojske (SV). Spremembe zakona o obrambi so sledile v maju 2002. Bile so izpeljane tudi spremembe zakona o vojaški dolžnosti. S spremembama obeh zakonov se je spremenil sistem popolnjevanja SV in določil prehod na poklicno vojsko s prostovoljno rezervo. Po teh rešitvah se nekatere sestavine vojaške dolžnosti v miru ne izvajajo (nabor, služenje vojaškega roka), celotni sistem pa se lahko obnovi na podlagi odločitve državnega zbora RS v primeru potrebe. Zmanjševanje vojne sestave, sprememba strukture sil in druge rešitve v SV so se uveljavljale pod predpostavko, da bo Slovenija postala polnopravna članica NATO. Z vstopom v zvezo NATO je Slovenija profesionalizacijo vojske izpeljala v letu 2004.

S profesionalizacijo SV se pojavlja populacija, ki je v povprečju v zgodnjih srednjih letih in ima specifične psihofizične lastnosti. Ker je do profesionalizacije prišlo šele pred kratkim, standardi za posamezne parametre še niso izdelani. Z nalogo želimo opredeliti nekatere osnovne telesne in biokemične parametre za to skupino, saj je problem prehranjenosti prisoten v vseh skupinah prebivalstva.

Namen naloge

Cilj naloge je posneti referenčno stanje za obravnavane parametre (višina, masa, indeks telesne mase, odstotek telesnega maščevja, ravni trigliceridov, holesterola in glukoze v krvi), določiti normative in ugotoviti povezanost med antropometričnimi in biokemijskimi parametri.

Delovne hipoteze

Vzorec zajema pripadnike moškega in ženskega spola ter profesionalne uslužbenke in civiliste v SV, zato predvidevamo:

- obravnavane skupine se bodo razlikovale v povprečnih vrednostih parametrov zaradi razlik v spolu
- povprečne vrednosti parametrov se bodo zaradi razlik v psihofizičnih obremenitvah razlikovale tudi med skupinama profesionalnih pripadnikov SV in civilistov, zaposlenih v SV
- razlike med skupinama vojakov in civilistov pričakujemo predvsem pri odstotku telesnega maščevja in biokemičnimi parametri

1.1 SESTAVA ČLOVEŠKEGA TELESA

Človeško telo ima več dimenzij, različne oblike in različno sestavo. Glede na somatotipologijo, ki človeško telo opredeljuje kot celoto, delimo z analizami telesne sestave maso telesa na posamezne podenote (Carter in sod., 1983; McArdle in sod., 1996).

Osnovni pojmi, s katerimi opisujemo sestavo telesa:

Gostota telesa (g/cm^3): masa telesa, izražena na enoto volumna.

Lipidi: nepolarne kemijske spojine, ki jih v osnovi delimo na rezervne trigliceride in strukturne fosfolipide.

Esencialno maščevje: strukturne fosfolipidne molekule celičnih membran, centralnega živčnega sistema in drugih organov ter rumenega kostnega mozga. Esencialno maščevje žensk vključuje tudi spolno specifično maščevje.

Neesencialno maščevje: rezervni trigliceridi, ki sodelujejo v procesu termoregulacije, skladiščenju v lipidih topnih vitaminov (A, D, E, K), pomembni so za pravilno delovanje živčnega sistema, reproduktivnega sistema in menstrualnega ciklusa, ne nazadnje pa so pomembni tudi za rast in razvoj.

Rezervno maščobno tkivo: specializirano vezivno tkivo, ki ga tvorijo specifične maščobne celice s sposobnostjo kopičenja trigliceridov; predstavlja termoregulacijsko in energetske bogato tkivo.

Globinsko rezervno maščevje: zapolnjuje medmišične in znotrajmišične prostore, gastrointestinalni trakt, obdaja pa tudi notranje organe.

Podkožno rezervno maščevje: nahaja se pod dermalno plastjo kože, igra pomembno termoregulacijsko vlogo, obenem pa ga najpogosteje povezujemo s problemom debelosti, kot tudi s pojavom prenizkih telesnih tež.

Masa telesnega maščevja (kg): predstavlja maso celotne lipidne komponente, tako rezervnega maščevja kot esencialnih lipidov; v angleščini označeno s kratico FM (fat mass).

Odstotek telesnega maščevja: je masa telesnega maščevja, izražena v odstotkih telesne teže; v angleščini označeno s kratico %BF (% body fat).

Pusta telesna masa (kg): je telesna masa z odvzeto lipidno komponento, razen esencialnih lipidov. Anatomo jo sestavljajo predvsem mišičje, okostje in notranji organi. Kemično pa voda (72%), beljakovine (20%), minerali (7%) in ogljikovi hidrati (<1%); v angleščini označeno s kratico LBM (lean body mass).

Brezmaščobna masa telesa (kg): je telesna masa z odšteto celotno lipidno komponento; v angleščini označeno s kratico FFM (fat free mass).

Minimalna telesna teža (kg): je individualna vrednost, predstavlja pa tisto kritično mejo, pod katero je zaradi prenizke količine maščevja ogroženo posameznikovo zdravje.

Celotna količina telesne vode (kg): je vsa telesna voda; znotrajcelična, plazmatska, intersticijska voda v limfatičnem sistemu, tkivna voda v kosteh in hrustancu ter ekskrecijska voda. V angleščini označena s kratico TBW (total body water).

1.1.1 Modeli telesne sestave

1.1.1.1 Dvokomponentni model

Telesno sestavo najpogosteje določamo po dvokomponentnem modelu, s katerim telesno maso delimo na maščobno (FM) in brezmaščobno (FFM). Izračunane komponente lahko izrazimo v metričnih enotah ali odstotkih telesne teže (Roche, 1992). Ta model ne ločuje podenot brezmaščobne telesne komponente (mišičje, okostje in notranji organi), temveč jo obravnava kot celoto (Kerr, 1994).

Tradicionalni dvokomponentni model naj bi bil najbolj natančen, ker izračuni dodatnih komponent v večkomponentni analizi zmanjšujejo natančnost (Han in sod., 1996).

1.1.1.2 Večkomponentni modeli

Večkomponentni modeli temeljijo na razlikovanju med tkivi znotraj brezmaščobne telesne komponente (Heyward, 1996).

Sestavo telesa referenčnega moškega in ženske je opisal Behnke (Tabela 1). Referenčni osebi sta stari 20-24 let, moški tehta 71,7 kg in je visok 174 cm, ženska pa je visoka 164 cm in tehta 58,3 kg. Na osnovi antropometričnih meritev na več tisoč merjencih je nemasčobno telesno komponento razdelil še na okostje, mišičje in preostanek (notranji organi in drobovje), maščobno komponento pa na esencijsko in rezervno maščevje. Njegov model je tudi danes pogosto uporabljen (McArdle in sod., 1996).

Odstotek rezervnega maščevja je podoben pri obeh referenčnih osebah, delež esencijskega maščevja pa je pri ženskem spolu višji, saj vključuje tudi spolno specifično maščevje, ki je potrebno za normalno delovanje reproduktivnega sistema in pravilen potek nosečnosti (Campaigne, 1990; McArdle in sod., 1996).

Večkomponentne analize telesne sestave lahko izvajamo na petih ravneh:

- atomski
- molekularni
- celični
- tkivni
- na telesu kot celoti.

Tabela 1: Teoretični model sestave telesa referenčnega moškega in ženske (McArdle in sod., 1996, str. 543).

	moški	ženske
starost (leta)	20-24	20-24
telesna višina (cm)	174,0	164,0
masa (kg)	71,9	58,3
celotno telesno maščevje (%)	15,0	27,0
rezervno maščevje (%)	12,0	15,0
esencialno maščevje (%)	3,0	12,0
mišičje (%)	44,8	36,0
okostje (%)	14,9	12,0
preostanek (%)	25,3	25,0

Na atomski ravni se najpogosteje pojavlja delitev telesne mase na maso vodikovih, ogljikovih, kisikovih in ostalih atomov (dušik, natrij, kalij, klor, fosfor, kalcij, magnezij in žveplo).

Z metodo analize sestave telesa na molekularni ravni ločeno obravnavamo telesno maščevje, celokupno količino telesne vode, vsebnost mineralov v kosteh in mehkih tkivih ter količino beljakovin. Brezmaščobna telesna masa je vsota celokupne količine telesne vode, mineralov ter proteinov.

Telesno maso na celični ravni najpogosteje delimo na maso celic, zunajcelične tekočine in trde snovi.

Z večkomponentnim modelom telesne sestave na tkivnem nivoju ločeno obravnavamo maso okostja, skeletnega mišičja, maščevja ter krvi in ostalega (Heymsfield in sod., 1996). Moderna tehnologija nam omogoča natančno analizo sestave telesa z večkomponentnimi modeli. Z dilucijsko metodo merimo količino vode v telesu, z dvoenergetsko absorptometrijo z x-žarki (DEXA ali DXA) količino mineralov in z nevtronsko aktivacijo količino telesnih proteinov. Natančnost teh metod je predvsem v upoštevanju biološke variabilnosti v sestavi FFM-ja (Heyward in Stolarczyk, 1996).

1.1.1.2.1 Porazdelitev telesnega maščevja

Porazdelitev telesnega maščevja pomeni absolutno ali relativno količino tega tkiva na posameznih delih telesa. Poznamo dva skrajna tipa in en vmesni tip porazdelitve maščevja:

- centralni ali androidni tip (a): prevladuje med moškimi, maščevje se nalaga predvsem v predelu trebuha
- periferni ali ginoidni tip (b): prevladuje med ženskami, maščevje se pretežno nalaga na spodnji polovici telesa, največ na bokih in stegnih
- intermediani ali vmesni tip (c): predstavlja vmesno obliko med (a) in (b)

Otroci imajo na okončinah več maščevja kot na trupu (Pařízková, 1977). V predpubertetnem obdobju se porazdelitev maščevja med spoloma značilno ne razlikuje (Edwards, 1951; Ferrante in sod., 1993). Med puberteto pa se pri dečkih podkožno

maščevje nalaga predvsem na trupu in manj na okončinah, medtem ko se pri dekletih količina podkožnega maščevja enakomerno povečuje v predelu trupa in bokov, manj pa ga nastaja na zgornjih okončinah. Ta spolna razlika se ohranja vse do 40. leta, ko se pri ženskah začne intenzivnejše kopičiti podkožno maščevje v predelu trupa in nadlahti (Edwards, 1951; Mueller in sod., 1986; Malina, 1996; Kirchengast in sod., 1997). V plodnem obdobju ženske je namreč liposintetska aktivnost visoka v maščobnih celicah spodnjega dela telesa. Spodbujajo jo estrogeni hormoni. Posledica te aktivnosti je periferna ali ginoidna porazdelitev maščevja predmenopavznih žensk, ki predstavlja energetski rezervoar za nemoten potek reproduktivnih procesov. V peri- in postmenopavzi pa se znižuje sinteza estrogenov. Zaradi tega pojava se v maščobnih celicah spodnje polovice telesa zmanjša liposinteza in kopičiti se začno lipidi v maščobnih celicah nad pasom, kar povečuje odstotek žensk z androidno porazdelitvijo maščevja (Kirchengast in sod., 1997; Kirchengast, 1998). Velja pa, da se s staranjem viša odstotek centralne ali androidne porazdelitve maščevja pri obeh spolih (Edwards, 1951; Frisancho in Flegel, 1982; Bouchard, 1996; Kaplowitz in sod., 1987; Kirchengast in sod., 1997).

Razporeditev maščevja je močno povezana z dednim dejavnikom, medtem ko je splošna telesna zamaščenost povezana tudi z življenjskimi navadami (Bouchard in Perusse, 1988; Selby in sod., 1990). Ugotovili so, da je odstotek telesnega maščevja med sorodniki, ki živijo skupaj, višji kot med razseljenimi družinskimi člani (Mueller in Reid, 1979).

1.1.1.3 Vpliv telesne aktivnosti in prehrane na telesno sestavo

Vsak trening je ciklično ponavljanje nekaterih motoričnih elementiv na vedno višji ravni. Tako izboljšujemo določene gibalne sklope, ki po zadostnem številu ponavljanj povzročijo preobrazbo organizma v novo kakovost (Bravničar-Lasan, 1996). Spreminjanje organizma pa je odvisno od vrste telesne aktivnosti ter od frekvence, intenzitete in časa trajanja treninga (Bailey in sod., 1978). Zato imajo tekmovalci v različnih športnih panogah tipično telesno sestavo in obliko telesa (Claessens in sod., 1994).

Redna telesna aktivnost v času razvoja in rasti ugodno vpliva na razvoj okostja in skeletnega mišičja ter na razvoj dihal, krvožilja in celičnega metabolizma. Izboljšuje tudi otrokove motorične sposobnosti. Odrasli pa z redno fizično vadbo nadzorujejo količino maščevja in ohranjajo telesno težo (Pařízková, 1977; Bailey in sod., 1978; McArdle in sod., 1996). Dokazano je, da imajo fizično aktivni posamezniki nižji odstotek telesnega maščevja, višjo mineralno gostoto okostja in gostoto telesa ter višji odstotek brezmaščobne telesne komponente (Thomson, 1959; Pollock in sod., 1969; Novak in sod., 1973; Bailey in sod., 1978; Eston in Maridaki, 1986; Heyward in Stolarczyk, 1996; Philippaerts in sod., 1996; Raudsepp in Päll, 1999). Pařízková je preučevala vpliv 7-letnega treninga na sestavo telesa dečkov. Na začetku raziskave, ko so bili stari 11 let, jih je razdelila v tri skupine: tiste s stalno telesno aktivnostjo (6 ur / teden), tiste, ki trenirajo le občasno (4 ure / teden) ter v skupino, ki se s športom ukvarja le med urami šolske telovadbe. Skupine se na začetku niso značilno razlikovale v sestavi telesa, po 7 letih pa so trenirani fantje imeli značilno višji FFM in nižji % BF ter višje oksidativne sposobnosti glede na dečke iz tretje skupine (1977). Telesna aktivnost je pomembna tudi v zrelejših letih. Pollock in sodelavci so izvedli 10 let trajajočo longitudinalno raziskavo moških, starih 50-82 let. Pri fizično

aktivnih moških niso zasledili značilnih znižanj brezmaščobne telesne mase in porasta mase maščevja. Tudi oksidativne sposobnosti organizma se v tem času niso bistveno spremenile (Pollock in sod., 1987). Podobno raziskavo je na ženski populaciji izvedel Abe s sodelavci (1996). Dokazali so, da redna vadba preprečuje intenzivnejše naganje podkožnega maščevja v predelu trupa in nadlahti peri- in postmenopavznih žensk.

Fizična aktivnost vpliva pretežno na količino telesnega maščevja, veliko manj pa na njegovo porazdelitev med trupom in okončinami (Malina in sod., 1982; Mueller in sod., 1986; Treuth in sod., 1998). Kožne gube gimnastičark so bile na koncu sezone aktivnega treninga tanjše, razen kožnih gub v predelu medenice in stegen, kar Ramirez in Heinrich povezuje z varovalnim mehanizmom vzdrževanja zaloga maščevja v predelu rodil (1993).

Na telesno sestavo vplivajo tudi prehrabne navade. Zaradi prevelikega ali premajhnega vnosa kalorij v telo se spreminja telesna teža in z njo tudi sestava telesa (Buskirk in Taylor, 1957, cit. po King in Katch, 1986). Že izguba 2,3 kg telesne mase povzroči tanjšanje kožnih gub, manjšanje telesnih obsegov in zniževanje odstotka telesnega maščevja. Če nastopi hujšanje le zaradi zmanjšane vnosa kalorij, se zmanjšuje tudi brezmaščobna telesna masa. Če pa je hujšanje posledica diete in povečane telesne aktivnosti, je zniževanje FFM-ja veliko manjše (King in Katch, 1986). Izguba 16,2 kg telesne mase je v 20 % sestavljena iz brezmaščobne komponente, v 80 % pa iz maščevja (Saunders in sod., 1993). Sprememba telesne teže ne vpliva samo na količino maščevja, temveč tudi na njegovo porazdelitev. Lohman navaja, da se porazdelitev telesnega maščevja spreminja predvsem z višanjem telesne teže in manj z njenim zniževanjem (1981).

1.1.2 Metode za določanje telesne sestave

1.1.2.1 Direktne (*in vitro*) metode

Direktne metode za določanje telesne sestave temeljijo na raziskavah človeških trupel, kjer s sekcijo ali kemično analizo vrednotimo količine posameznih telesnih tkiv (Brožek, 1967-1968; McArdle in sod., 1996).

Prvi so se s tovrstnimi analizami pred približno sto leti ukvarjali nemški anatomi (Kerr, 1994). Matiegka je v svojem delu *The testing of physical efficiency* (1921) predlagal uporabo antropometričnih meritev za delitev telesne mase na maso štirih anatomskih delov: okostja, kože in podkožnega maščevja ter skeletnega mišičja in preostanka (organi in drobovje). S pomočjo rezultatov, dobljenih s sekcijo manjšega števila trupel, je izpeljal enačbe za izračun mase posameznih anatomskih komponent. Te enačbe vključujejo antropometrične mere, ki so tesno povezane z anatomsko komponento, katere maso želimo izračunati (cit. po Brožek, 1966; cit. po McArdle in sod., 1996). Martin, Drinkwater in Clarys so secirali 25 trupel starejših Belgijcev ter jih antropometrično, radiografsko in densitometrično pregledali (1984). S pomočjo rezultatov njihovega dela je bilo možno natančno določiti gostote posameznih telesnih komponent ter razviti metode za *in vivo* določanje količine posameznih telesnih tkiv iz antropometričnih mer.

1.1.2.2 Indirektne (*in vivo*) metode

Indirektnih metod za določanje telesne sestave je veliko, pristop k določeni vrsti analize pa je odvisen tudi od tega, ali želimo sestavo telesa preučevati po dvokomponentnem modelu ali po modelu delitve telesne mase na več kot dve tkivni enoti.

1.1.2.2.1 Densitometrična metoda

Z densitometrično metodo določamo telesno sestavo iz telesne gostote. Gostota telesa je izražena s kvocientom telesne mase in njenega volumna in je odvisna od količine in gostote posameznih tkiv. S predpostavko, da so gostote posameznih telesnih tkiv združljive in se med posamezniki značilno ne razlikujejo, lahko dopuščamo konstantno gostoto maščobni in nemastni telesni komponenti. Homogeniziran maščobni vzorec ima pri 37⁰ C gostoto 0,900 g/cm³, vzorec brezmaščobnih telesnih tkiv pa 1,100 g/cm³. Ker je merjenje telesne mase enostavno in natančno, je pravilen izračun telesne gostote odvisen predvsem od natančnosti izmerjenega telesnega volumna. Najpogostejša načina za določanje telesnega volumna sta metoda podvodnega tehtanja in metoda izpodrinjene tekočine.

1.1.2.2.2 Antropometrične metode za določanje telesne sestave

Antropometrija je metoda, s katero kvantitativno izražamo dimenzije človeškega telesa. Termin antropometrija je v svoji doktorski disertaciji prvi uporabil Johan Elshholz (1623-1688), dokončno pa ga je definirala Quetele v publikaciji z naslovom *Anthropometrica* iz leta 1870 (Kerr, 1994; Bravničar, 1994).

Antropometrične meritve izvedemo sorazmerno hitro, so natančne in merjencu neškodljive. Izmerimo lahko velike vzorce, tako v laboratoriju kot na terenu. Sam antropometrični inštrumentarij pa ima sorazmerno ugodno ceno (Durnin in Womersley, 1974; Katch V., 1985; Norgan in Ferro-Luzzi, 1985; Housh in sod., 1989; Roche, 1996; Guo in sod., 1996).

Antropometrično določanje sestave telesa se uporablja v antropologiji, klinični in športni medicini ter fiziologiji (Lohman, 1981). S pomočjo antropometrije lahko izračunamo razmerja med posameznimi telesnimi merami, kot tudi določimo maso maščevja, mišičja in okostja. Eno najbolj raziskanih področij sestave telesa je ravno povezava antropometričnih mer s količino maščevja in brezmaščobnih tkiv.

1.1.2.2.2.1 RAZMERJA MED TELESNIMI MERAMI

Razmerja med telesno višino in telesno težo se že vrsto let uporabljajo v epidemioloških študijah, saj z njimi lahko na enostaven način ugotavljamo primernost telesne teže posameznika (Roche, 1996). Med najbolj znanimi indeksi so Quetelejev indeks (TT/TV^2), Khosla-Lowejev indeks (TT/TV^3) in Bennov indeks (TT/TV^p) (Kerr, 1994).

Med vsemi antropometričnimi merami je telesna teža tista, ki samostojno najbolj ponazarja sestavo telesa, saj pojasnjuje 56-78 % brezmaščobne telesne mase. Če podatku o teži telesa dodamo še podatek o telesni višini, izboljšamo oceno FFM-ja le za 5 % (Diaz in sod., 1989). Zato mora dober indeks visoko korelirati s telesno težo in biti neodvisen od telesne višine. Omenjenim zahtevam najbolj ustreza Quetelejev indeks ali ITM (indeks telesne mase; BMI, body mass index), čeprav ni povsem neodvisen od telesne višine (Roche, 1996). ITM ni izrazito povezan z deležem telesnega maščevja ($r = 0,6-0,8$), kljub temu pa je primeren za hitro in množično ocenjevanje previsoke ali prenizke količine maščevja (Garn in sod., 1986; Benn, 1971; Roche, 1996; Greil in Trippo, 1998). ITM je dober indeks za določanje telesne sestave, ker je odvisen od gostote telesa in odseva tako podkožno kot globinsko maščevje (Kaplowitz in sod., 1987). Šibkost ITM-ja pa je slaba ločljivost med debelostjo in telesno masivnostjo. Osebo, ki ima dobro razvito skeletno mišičje in ima nizek odstotek telesnega maščevja, lahko pomotoma uvrstimo v kategorijo prekomerno težkih ljudi (Sloan in sod., 1962; Ross in sod., 1987; Beunen in sod., 1988; Han in sod., 1996).

Razmerje med obsegom pasu in bokov (WHR ali IPB) 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 (Morgan in Weinsier, 1989; Malina, 1996; Heyward in Stolarczyk, 1996;). 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 (Kaplowitz in sod., 1987).

Poznamo tudi razmerje med obsegom pasu in stegna, ki nam pojasnjuje porazdelitev maščevja med trupom in spodnjimi okončinami, ter razmerje med obsegom pasu in nadlahti, ki je primerno za opis porazdelitve maščevja med trupom in zgornjimi okončinami. Primerjava obsega nadlahti in stegna je smotrna pri ocenjevanju porazdelitve perifernega maščevja (Shimokata in sod., 1989).

1.1.2.2.2 NEPOSREDNO DOLOČANJE BREZMAŠČOBNE TELESNE MASE IZ ANTROPOMETRIČNIH MER

Neposredno določamo brezmaščobno telesno maso iz antropometričnih meritev širine in dolžine okostja ter telesnih obsegov, ki vključujejo kostne in mišične elemente. Enačbe za neposreden izračun FFM-ja so utemeljene na domnevi, da je lokalna antropometrija odsev mišično-kostne mase celega telesa (Clarys in Marfell-Jones, 1986; Roche, 1996). Martin navaja, da brezmaščobno telesno maso najbolj ponazarja obseg podlahti (1984, cit. po Kerr, 1994). Po Penrosu pa FFM izračunamo iz starosti, telesne teže in desetih telesnih obsegov (Penrose in sod., 1985). Določanje brezmaščobne telesne mase je pomembno za razumevanje kaloričnih potreb organizma in oceno njegove fizične pripravljenosti (Roche, 1996).

1.1.2.2.3 ANTROPOMETRIČNO DOLOČANJE TELESNE SESTAVE IZ GOSTOTE TELESNA

Antropometrično lahko telesno gostoto izračunamo iz debeline kožnih gub, širinskih mer, telesnih obsegov ali s kombinacijo meritev. Iz telesne gostote nato izračunamo najprej %BF, nato pa še FM in FFM (Lohman, 1981).

Ker večino variabilnosti telesne gostote pojasnjujemo s spreminjanjem količine maščevja, so natančni izračuni gostote telesa izpeljani iz vsote debelin kožnih gub izmerjenih na različnih delih telesa (Katch in Michael, 1969; Lohman, 1981; Murray in Shepard, 1988; Tran in Weltman, 1989; Kerr, 1994; Roche, 1996). Napaka pri izračunu telesne gostote iz kožnih gub se veča z višanjem odstotka globinskega maščevja napram podkožnemu maščevju (Han in sod., 1996). Za določanje gostote telesa sta neprimerni kožni gubi na licu in podbradku, saj sta precej neodvisni od ostalih kožnih gub (Roche, 1996). V enačbo za predikcijo telesne gostote praviloma vstavimo le 3 do 4 kožne gube. Večje število bi zaradi visoke korelacije med debelinami kožnih gub povzročilo nestabilnost regresijskega koeficienta (McArdle in sod., 1996). Če enačbi za izračun telesne gostote, ki temelji samo na kožnih gubah, dodamo še telesne obsege in/ali širinske mere, ocene %BF značilno ne izboljšamo (Housh in sod., 1989; Roche, 1996). Kombinacija kožnih gub in obsegov, kot neodvisnih variabel v predikcijskih enačbah, pa je primerna za določanje delne sestave telesa, ko poleg količine maščevja želimo izračunati še regionalno maso mišičja in okostja, npr. antropometrija nadlahti (Katch in Michael, 1969; Lohman, 1981; Murray in Shepard, 1988; Tran in Weltman, 1989; Roche, 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 (Housh in sod., 1989; Roche, 1996). Dober približek dejanski telesni gostoti pa dosežemo tudi s kombinacijo kožnih gub ter telesnih obsegov in širinskih mer (Pollock in sod., 1975).

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 antropometričnih meritev
- uporaba populacijsko specifičnih regresijskih enačb za izračun telesne gostote (Lohman, 1981; Roche, 1996).

1.1.2.2.3 Določanje telesne sestave z metodo analize bioelektrične impedance (BIA)

Analiza bioelektrične impedance (BIA) je mlajša metoda za določanje telesne sestave, saj se je uveljavila šele v zadnjem desetletju. Njene prednosti so hitrost, neinvazivnost in sorazmerno nizka cena za kvalitetno določanje telesne sestave (Kushner, 1992; Roubenoff, 1996; Houtkooper in sod., 1996). Metoda temelji na razlikah v prevodnosti in dielektričnih lastnostih posameznih tkiv. Skozi merjenčevo telo spustimo šibek električni tok, BIA-analizator pa izmeri upornost telesa izvornemu toku. Cerebrospinalna tekočina, kri in mišičje so dobri prevodniki, saj vsebujejo veliko vode in elektrolitov, medtem ko so skelet, maščevje ter z zrakom napolnjena pljuča slabi prevodniki električnega toka, pravimo jim

tudi dielektrična tkiva. Električni tok vedno steče v smeri najmanjšega upora, kar v človeškem organizmu pomeni izvencelično tekočino, kri ter mišičje. Volumen teh sistemov lahko izračunamo z meritvijo tkivnih upornosti. Pri ljudeh z večjo količino telesne vode (TBW) bo električni tok stekel skozi organizem z manjšim uporom kot pri osebah, ki imajo večje količine slabo hidratiranega maščevja. Glede na to, da je približno 73 % vse vode v brezmaščobni telesni komponenti, ocenjujemo FFM iz celotne količine telesne vode.

Impedanca (Z) je frekvenčno odvisno nasprotovanje električnemu toku, sestavljata jo rezistenca (R) in reaktanca (X_c). Rezistenca predstavlja čisti upor prevodnika električnemu toku in je obratnosorazmerna prevodnosti. Reaktanca pa je upor električnemu toku, ki nastane zaradi kapacitivnih lastnosti bioloških tkiv, predvsem celičnih membran. Biološki prevodniki so namreč sestavljeni iz upornikov in reaktančnih elementov.

Impedanca je matematično definirana kot koren vsote kvadratov rezistence in reaktance:

$$Z(\Omega) = \sqrt{R^2 + X_c^2} \quad \dots(11)$$

Rezistenca je med dvema točkama prevodnika definirana z Ohmovim zakonom, kot kvocient napetostne razlike (E) in toka (I) med točkama:

$$R(\Omega) = \frac{E(V)}{I(A)} \quad \dots(12)$$

V primeru cevastega prevodnika je R premosorazmerna njegovi dolžini (L) in obratnosorazmerna površini njegovega preseka (A):

$$R(\Omega) = \frac{L(cm)}{A(cm)} \cdot \rho(\Omega cm) \quad \dots(13)$$

ρ =specifična upornost

Ker volumen cevastega prevodnika izračunamo kot produkt med njegovo dolžino in površino preseka, lahko izpeljemo še enačbo za vrednotenje volumna iz njegove dolžine in upornosti:

$$V(cm^3) = \frac{L^2}{R} \cdot \rho \quad \dots(14)$$

Volumen FFM ali TBW pa izračunamo tako, da namesto dolžine prevodnika v enačbo vnesemo vrednost telesne višine merjenja:

$$V(cm^3) = \frac{TV^2}{R} \cdot \rho \quad \dots(15)$$

Električna prevodnost prek bioloških sistemov je ionska, kar pomeni, da se tok prenaša med ioni soli, baz in kislin, raztopljenih v telesnih tekočinah. Specifična upornost je tako

premosorazmerna volumnu telesnih tekočin in obratnosorazmerna številu prostih elektrolitov. Za meritev enofrekvenčne impedance celotnega telesa uporabljamo šibek električni tok (500-800 μA) s frekvenco 50 kHz.

Biološka tkiva so sestavljena iz območij z visoko prevodnostjo, kot so znotrajcelične in medcelične tekočine, ter vmesnih slabo prevodnih sistemov, kot so celične membrane, ki delujejo kot kondenzatorji in povečujejo reaktanco. Pri nizkih frekvencah (1 kHz) steče električni tok samo skozi zunajcelične tekočine in ne prehaja celičnih membran, reaktanca je takrat enaka 0, izmerjena rezistenca pa predstavlja impedanco. Z uporabo visokih frekvenc (500-800 kHz) tok prebije tudi celične membrane in steče po znotrajcelični tekočini, poleg rezistence sedaj impedanco določa tudi vrednost reaktance. Glede na šibko prevodnost maščevja, je pri stalni frekvenci toka (50 kHz) izmerjena rezistenca dober cenitelj količine TBW ali FFM, saj je reaktanca pri tej frekvenci toka relativno majhna.

Biološki kondenzatorji lahko za kratek čas zadržijo nekaj električnega toka, kar povzroči, da sinusoidni signal napetosti kasni za signalom toka. Ta zamik lahko geometrično opišemo kot arctangens kvocienta med reaktanco in rezistenco in mu pravimo fazni kot (Φ):

$$\Phi = \arctan \frac{X_c}{R} \quad \dots(16)$$

Če se biološki sistem popolnoma upira toku, je Φ enak 0° , v primeu absolutne kapacitivnosti tkiva pa je enak 90° . V bioloških tkivih njegova vrednost variira med 8 in 15 stopinjami, večji fazni kot pomeni povečan kapacitivni efekt celičnih membran ter posledično zamaknjen napetostni signal. Večina bioelektričnih analizatorjev meri rezistenco na osnovi kapacitivnih lastnosti bioloških sistemov. Iz teh meritev nato izračuna reaktanco in impedanco. Reaktanca in fazni kot se povečujeta z rastjo frekvence toka vse do t.i. značilne frekvence (ω_z), kateri sledi upad kapacitivnih lastnosti membran in reaktance. Pri visokih frekvencah toka je vrednost impedance spet enaka upornosti, tokrat izvenzeličnega in znotrajceličnega medija. Enofrekvenčna BIA temelji na stalni frekvenci 50 kHz, ki je v povprečju značilna frekvenca mišičnega tkiva, in tako odločujoča za vrednotenje FFM-ja. Značilna frekvenca mišičnega tkiva pa med posamezniki variira od 30-100 kHz. Z uporabo stalne frekvence lahko napačno določimo brezmaščobno telesno maso pri osebah z značilnimi frekvencami mišičnega tkiva, ki so signifikantno drugačne od 50 kHz. Značilne frekvence se med posamezniki razlikujejo zaradi variranj v razmerju med količino izvenzelične in znotrajcelične tekočine. Poskus meritve multifrekvenčne bioelektrične impedance, kjer s spreminjanjem frekvence vstopnega toka za vsakega posameznika določamo njegovo značilno frekvenco, do danes še ni pokazal pomembnih izboljšav v opredelitvi količine TBW in FFM (Greenberg, 1975; Burns in MacDonald, 1980; Baumgartner, 1996; Heyward in Stolarczyk, 1996).

1.1.2.2.3.1 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA NATANČNOST MERITEV BIOELEKTRIČNE IMPEDANCE

Natančnost določanja telesne sestave z meritvijo bioelektrične impedance je odvisna od

uporabljenega merskega inštrumenta, lastnosti merjenja, dejavnikov okolja in pravilne izbire predikcijske enačbe.

- Inštrumenti za merjenje bioelektrične impedance

Raziskave so pokazale, da celotna telesna upornost, izmerjena z različnimi BIA analizatorji, variira tudi za 36 Ω , kar pomeni 6,3 % BF. Inštrument je lahko značilen vir napake, če primerjamo telesne impedance oseb, ki so bile izmerjene na različnih sistemih ali celo, ko longitudinalno spremljamo merjenja z različnimi BIA-analizatorji. Takšnim napakam se lahko popolnoma izognemo s stalno uporabo enega inštrumenta.

Napake, ki jih pri meritvi impedance povzroči merilec, so zanemarljivo majhne. Merjenje telesne impedance je namreč tehnično razmeroma enostavno (Heyward in Stolarczyk, 1996). Primerjava vrednosti bioelektrične impedance, ki sta jih izmerili dve različni osebi, je pokazala visoko korelacijo med meritvami ($r = 0,90-0,95$) (Kaminsky in Whaley, 1993).

- Lastnosti merjenja

Vpliv stopnje hidratacije tkiv

Spremembe v stopnji telesne hidratacije lahko povzročijo do 3,9 % razlike v izmerjeni impedanci. Hrana, pitje tekočin, dehidriranost in telesna aktivnost spreminjajo količino TBW in s tem tudi FFM vrednost. Dve do tri ure po zaužitem obroku hrane ali pitju večje količine tekočine je telesna upornost nižja za 13-17 Ω , kar ima za posledico precenjevanje brezmaščobne telesne mase. Po 90-120 minutah teka ali kolesarjenja se telesna upornost zmanjša tudi za 50-70 Ω . To znižanje upornosti je posledica izgube vode z dihanjem in znojenjem ter posledičnega koncentriranja elektrolitov v telesnih tekočinah (Thompson in sod., 1991; Baumgartner, 1996; Heyward in Stolarczyk, 1996; Hodgdon in sod., 1996; Montagnani in sod., 1998; Saunders in sod., 1998).

Vpliv bolezenskih stanj in menstrualnega ciklusa

Odločilna dejavnika pri določanju sestave telesa z BIA-metodo sta celokupna količina telesne vode ter razmerje med količino znotrajcelične in zunajcelične tekočine. Pri ljudeh z motnjami v vodnem režimu ali v permeabilnosti membran je za izračun TBW potrebno uporabiti predikcijske enačbe, ki upoštevajo reaktanco, ne pa rezistence, saj nanjo opisane motnje močno vplivajo (Baumgartner, 1996; Heyward in Stolarczyk, 1996).

Količina vode v telesu variira tudi zaradi menstruacije in nosečnosti, zato žensk v teh fazah reproduktivnega ciklusa z BIA-metodo raje ne merim. V predmenstrualnem in menstrualnem obdobju se glede na pomenstrualno obdobje poveča celotna količina telesne vode, kar merilec impedance lahko zazna, in tako preceni vrednost FFM-ja (Gleichauf in Roe, 1989; Baumgartner, 1996; Heyward in Stolarczyk, 1996). Gleichauf in Roe menita, da ženskam, katerih teža v povezavi s ciklusi ne niha za več kot 0,5 kg, lahko merimo bioelektrično impedanco tudi med menstruacijo (1989). Nizkohormonska estrogenska oralna kontracepcija ne vpliva na vrednotenje sestave telesa z BIA-metodo (Franchini in sod., 1995).

Oseb s povišano telesno temperaturo prav tako ne izpostavljamo BIA-meritvam, saj zaradi koncentriranja elektrolitov v telesnih tekočinah in posledično nižje upornosti napačno vrednotimo FFM (Baumgartner, 1996; Heyward in Stolarczyk, 1996).

V primeru bolezenske debelosti lahko večja količina podkožnega maščevja predstavlja prevelik upor izvornemu toku, in tako prepreči prehod toka v globlja tkiva, kar lahko privede do napačne meritve telesne impedance (Baumgartner, 1996).

Vpliv starosti

Otroci in ostareli ljudje imajo, v primerjavi z odraslimi, sistematično povišane količine zunajceličnih tekočin, glede na znotrajcelične. Tudi celotna količina telesne vode se med rastjo in razvojem povečuje in doseže odraslo vrednost šele s koncem rasti brezmaščobne telesne komponente. Za določanje sestave telesa iz izmerjene telesne impedance moramo izbrati starostno specifične regresijske enačbe (Lohman in sod., 1984; Deurenberg in sod., 1989; Heyward in Stolarczyk, 1996).

- Dejavniki okolja

Temperatura je najpomembnejši vpliv okolja na rezultate meritev z BIA-metodo. Temperaturni vpliv lahko izključimo z merjenjem impedance v prostoru z normalno sobno temperaturo, približno 22° C. V pretoplem oz. prehladnem okolju prihaja do sprememb temperature telesne površine in prekrvavitve kože. Krvne žile in kapilare se pri segrevanju kože razširjajo, kar privede do povišanja volumna krvi v tem organskem sistemu. Kot je iz enačbe št. 14 razvidno, sta volumen in upornost v obratnem sorazmerju. Napačno izmerjena, torej prenizka upornost, bi v tem primeru pomenila precenjevanje količine brezmaščobne komponente (Caton in sod., 1988; Heyward in Stolarczyk, 1996; Baumgartner, 1996).

- Izbira predikcijske enačbe

Neprimerna predikcijska enačba lahko privede do zelo napačnih izračunov telesne sestave in je vzrok za največje napake v BIA-metodologiji. Izbrana mora biti na osnovi spola, starosti, rase, nivoja telesne aktivnosti ter stopnje debelosti merjenca (Deurenberg in sod., 1989; Heyward in Stolarczyk, 1996; Heyward, 1996; Claessens in sod., 1997; Wagner in sod., 1997; Ainsworth in sod., 1997; Jakicic in sod., 1998). BIA-analizatorji pogosto nimajo navedene predikcijske enačbe za izračun FFM-ja ali TBW-ja, zato ne vemo, ali je ta za naš vzorec primerna. V takih primerih Heyward in Stolarczyk (1996), Segal (1985) ter Eaton s sodelavci (1993) svetujejo računanje brezmaščobne telesne mase iz izmerjene telesne impedance z izbrano predikcijsko enačbo.

1.1.2.2.3.2 OMEJITVE PRI DOLOČANJU TELESNE SESTAVE Z METODO BIOELEKTRIČNE IMPEDANCE

- Izračun brezmaščobne telesne mase iz bioelektrične impedance temelji na geometričnem modelu telesa kot cilindra. Boljša ponazoritev človeškega telesa je 5-delni cilindrični

model, kjer ločeno obravnavamo vsako okončino ter trup. Na osnovi enačbe št. 13 za izračun upornosti je razvidno, da del telesa z najmanjšim presekom (zgornja okončina) največ prispeva k opredelitvi telesne upornosti, trup, z največjo površino preseka, pa najmanj. Podcenjeni prispevek trupa k izračunu telesne impedance lahko daje napačno oceno količine FFM, predvsem pri ljudeh s poudarjenimi oblikami trupa, na primer z obilnimi količinami visceralnega maščevja. Zaradi navedenih vzrokov analiza bioelektrične impedance celotnega telesa ne zaznava sprememb telesne sestave, ki so osredotočene predvsem v predel trupa.

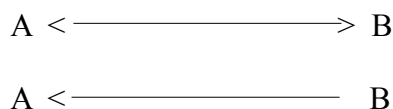
- Mišice okončin potekajo vzdolžno, mišice trupa pa v različnih smereh. Upornost, ki je merjena prečno na mišico, je precej višja od upornosti, merjene vzdolžno. Ker bioelektrični analizator spusti električni tok vzdolž telesa merjenja, je upornost mišičja okončin navadno podcenjena, trupa pa precenjena.
- Natančnost meritve bioelektrične impedance majhnih otrok je vprašljiva. Zaradi medsebojne bližine elektrod lahko izzovemo njihovo polarizacijo, kar rezultira v nepravilnem prikazu dejanske impedance.
- V primeru zelo debelih merjencev predstavlja velika količina podkožnega maščevja prevelik upor izvornemu toku, kar prepreči njegov prehod v globlja tkiva (Greenberg, 1975; Burns in MacDonald, 1980; Heyward in sod., 1992; Baumgartner, 1996; Heyward in Stolarczyk, 1996).
- BIA-metoda je dokaj neobčutljiva za ugotavljanje manjših sprememb v sestavi telesa, ki so posledica spreminjanja telesne teže. Lažje zaznavamo spremembe, ki so posledica povečevanja telesne teže kot pa hujšanja (Vazquez in Janosky, 1991; Fulco in sod., 1992; Adami in sod., 1993; Hodgdon in sod., 1996; Pencharz in Azcune, 1996; Segal, 1996; Broeder in sod., 1997). Predikcijske enačbe za določanje sestave telesa iz impedance, ki sta jih izpeljala Lukaski in Segal, so občutljive tudi na nekatere longitudinalne spremembe v sestavi telesa (Ross in sod., 1989).

1.1.2.2.4 Škerljeve metode za analizo telesne sestave

Na Slovenskem se je s problematiko telesne sestave prvi ukvarjal Božo Škerlj. Človeško telo je najprej obravnaval kot vsoto volumnov telesnih podenot. Po številnih poskusih izpeljave predikcijske enačbe za izračun volumna človeškega telesa, je objavil smiselno regresijo, utemeljeno na dolžinskih telesnih merah in obsegih. Navedel je tudi enačbe za izračun delnih telesnih volumnov, kot so volumen okostja, skeletnega mišičja, notranjih organov in podkožnega maščevja (1954a). Nato je izvedel analizo spolnih in starostnih razlik v prostornini in delnih prostorninah človeškega telesa. Ugotovil je, da je moško telo bolj voluminozno v predelu glave, trupa in zgornjih okončin, žensko pa v predelu spodnjih okončin. S starostjo se pri obeh spolih povečuje volumen trupa na račun volumna okončin (1954b, 1955, 1957). Človeško telo je prikazal tudi kot vsoto volumnov posameznih geometričnih teles: glava z vratom, trup, obe nadlahti, obe podlahti z dlanema, obe stegni in obe goleni s stopali. Ugotovil je, da za izračun volumnov in površin naštetih geometričnih teles potrebujemo mere njihovih širin, dolžin in obsegov. Dodaja, da je

razmerje med telesno površino in volumnom večje pri otrocih in ostarelih. Posledica tega je povečano oddajanje toplote, zato potrebujejo otroci in starejši ljudje toplejša oblačila (1956).

Sledilo je njegovo največje delo o telesni sestavi, poskus določanja telesne sestave s pomočjo vektorjev. Menil je, da sta telesna konstitucija in kompozicija dinamična parametra, ki ju ne moremo opisati s statičnimi morfološkimi tipi. Osnoval je t.i. *vector continuum*, ki dopušča vse tipološke prehode med tipičnima predstavnikoma na obeh vektorskih skrajnostih (1959a). Za določen morfološki tip, ki nima svojega nasprotja, je uvedel polvektor (Slika 1).



Slika 1: *Vector continuum* in polvektor kot primera dinamične tipologije (Škerlj, 1959a, str.222). A, B: tipična konstitucijska ali kompozicijska morfolologija.

Človeški organizem je predstavil kot niz vektorjev in polvektorjev, ki opisujejo različne telesne profile:

- Vidik spolne morfolologije – spolni vektor

Vsake osebe ne moremo opisati kot tipičnega moškega (M) ali tipične ženske (F). Znano je, da oba spola v različnih količinah proizvajata delno iste spolne hormone. Skoraj vsak moški ali ženska imata v določeni meri izražene morfološke spolne značilnosti nasprotnega spola.

- Vidik telesne zgradbe – vektor postave

Po Weidenreichovi klasifikaciji je Škerlj ločil dva skrajna tipa telesne postave: evrisomatski – širokotelesni (E) in leptosomatski – ozkotelesni tip (L). Telesno zgradbo posameznika najbolj objektivno ocenimo z antropometričnimi meritvami okostja. Razvitost okostja opredeljujejo predvsem razmerja med širino ramen in bokov, med dolžino in širino obraza, glave ter stopala in dlani. Med evrisomatskimi osebami prevladujejo širinske mere, med leptosomatskimi pa dolžinske. E-tip odgovarja bolj ženski spolni morfolologiji, L-tip pa se pogosteje pojavlja med moškimi.

- Vidik razvitosti mehkih tkiv – plastični vektor

Skrajno močno razvitost mehkih tkiv je opredelil kot hiperplastičnost (H) in skrajno šibko razvitost mehkih tkiv kot hipoplastičnost (h). Uvedel je tudi centralni ali normoplastični tip (N) s povprečno razvitimi mehкими tkivi, predvsem podkožnim maščevjem. Menil je, da izkušen morfolog lahko določi posameznikovo mesto na plastičnem vektorju samo z opazovanjem merjenja. Obstajajo pa tudi objektivnejše metode, kot so določanje telesne gostote in iz nje količine maščevja, rentgenografske analize ter meritve kožnih gub.

- Vidik razporeditve mehkih tkiv – vektor porazdelitve podkožnega maščevja

Škerlj ugotavlja, da je porazdelitev maščevja zelo stabilen telesni znak, ki se z variranjem telesne teže skoraj ne spreminja. Mlade osebe so pretežno okončinski tipi, starejše pa trupni. Pri določanju porazdelitve maščevja si pomagamo z meritvami kožnih gub in obsegov na različnih delih telesa.

Ko merjencu določimo lego na posameznem vektorju in polvektorju, je smiselno predstaviti njegovo celotno morfološko sliko. V ta namen je Škerlj uvedel polmere (polvektorje) in premere (vektorje) kroga. Na vsak vektor oz. polvektor vrišemo karakteristično točko. Točke nato povežemo v lik, ki predstavlja morfološko sliko merjenca. Vektorski prikaz posameznika je Škerlj želel razširiti na več dimenzij. V eni ravnini je hotel predstaviti morfološko sliko osebe, v drugi fiziološko, v tretji psihološko, itd. Dokončanje tega dela mu je žal preprečila prezgodnja smrt.

1.1.2.2.5 Novejše metode za določanje telesne sestave

- Hidrometrične metode

Celotno količino telesne vode merimo z dilucijsko metodo, pri kateri uporabljamo kemijski označevalec ali sledilec, ki se porazdeli tam, kjer je v telesu voda. Količino tako označene vode izmerimo z različnimi tehnikami, kot so scintilacijsko štetje, infrardeča spektrometrija, plinska kromatografija itd.

- Metoda kalijevega (^{40}K) izotopa

^{40}K je naravni izotop z radioaktivnim delovanjem. Gram mišičnega tkiva vsebuje približno 0,0035 g ^{40}K , ki proizvede 0,7 gama žarkov ter 5,6 beta žarkov na minuto. Žarčenje merimo z občutljivim detektorjem, ki ločuje radioaktivno delovanje ^{40}K od ostalih telesnih sevanj. Izmerjeno žarčenje matematično pretvorimo v maso telesnega ^{40}K in nato v količino FFM (Forbes, 1987; Ellis, 1996a).

- Metoda nevtronske aktivacije

Elementi, obstreljeni z nevtroni iz atomske konice, pridobijo radioaktivne lastnosti. Njihovo atomsko jedro postane nestabilno in razpade v tipične izotope, ki začno oddajati značilno elektromagnetno sevanje. Telo merjenca (razen glave) obsevamo z nevtroni znane energije, inducirano radioaktivnost pa merimo z detektorjem žarkov (navadno so to gama žarki). Iz izmerjene količine radioizotopov izračunamo maso telesne vode in proteinov ter maso maščevja in okostja (Forbes, 1987; Ellis, 1996b).

- Metoda dvoenergetske absorbtometrije z x-žarki (DEXA ali DXA)

Gre za metodo visoke tehnologije, ki omogoča kvantifikacijo mehkih telesnih tkiv ter določanje vsebnosti mineralov v kosteh. Temelji na principu prodora dveh energetskih vrhov x-žarkov v okostje in mehka tkiva, nekje do globine 30 cm. Čez telo ležečega

merjenja preide energetski vir, nato pa še scintilacijski detektor. Specializirana programska oprema nam omogoča rekonstrukcijo tkiv in njihovo kvantifikacijo (McArdle in sod., 1996).

- Metodi računalniške tomografije in magnetne resonance

Ti metodi omogočata preslikavo človeškega organizma oz. njegovih komponent, zato jima pravimo tudi slikovni metodi. Z njima lahko ocenimo količino FM-ja in FFM-ja ter komponentno sestavo brezmaščobne telesne mase. (McArdle in sod., 1996; Després in sod., 1996).

- Ultrazvočna metoda

Temelji na prodoru visokofrekvenčnih zvočnih valovanj skozi površino kože v globinska tkiva. Pri prehodu med različnimi tkivi prihaja do odboja ultrazvočnih valov ter značilnih električnih signalov, iz katerih lahko razberemo debeline podkožnega maščevja in mišičja, s kvalitetnejšimi ultrazvočnimi instrumenti pa tudi mineralno gostoto okostja (Roche, 1996; McArdle in sod., 1996).

- Metoda visokofrekvenčne energetske absorpcije

S to metodo ugotavljamo kemično sestavo tkiv na osnovi absorpcije elektromagnetne energije. Primerna je za vrednotenje količine mišičnega tkiva, saj temelji na predpostavki, da skelet in maščevje ne vsebujeta elektrolitov (Lukaski, 1996).

- Radiografske metode

Radiografija je uporabna metoda za analizo sestave telesa, saj nam daje možnost natančnega vrednotenja količine mehkih tkiv in dimenzij okostja. Na rentgenogramu, ki ga dobimo s preslikavo dela noge ali roke z x-žarki, izmerimo debeline posameznih tkiv. Iz njih pa s pomočjo regresijskih enačb izračunamo mase posameznih tkiv (Forbes, 1987; McArdle in sod., 1996).

- Kreatininska in 3-metilhistidinska metoda

Maso skeletnega mišičja lahko vrednotimo tudi na osnovi količine mišičnih metabolitov. Obstaja linearna povezava med količino kreatinina in 3-metilhistidina v urinu ter mišično maso (Forbes, 1987; Lukaski, 1996).

- Metoda infrardeče spektroskopije

Metodologija je relativno nova in še ne povsem dodelana. Temelji na uporabi natančnega in zelo dragega računalniškega spektrofotometra, s katerim skozi merjenja pošljemo infrardeče žarke, ki se v različnih tkivih različno absorbirajo in odbijajo. Maščobno tkivo absorbira valovno dolžino 930 nm, mišično pa 970 nm (Heyward in Stolarczyk, 1996).

1.2 BIOKEMIJSKI PARAMETRI

1.2.1 Lipidi v organizmu

Lipidi so heterogena skupina organskih spojin, katerih pglavilni lastnosti sta topnost v nepolarnih topilih kot so npr. kloroform, eter, in benzen ter slaba topnost v vodi. Lipidi so lahko polarne ali nepolarne spojine. Polarni lipidi so omejeno topni v vodi zaradi svoje amfipatičnosti, kar pomeni, da imajo v isti molekuli hidrofilne in hidrofobne regije. Pglavilni polarni lipidi vključujejo maščobne kisline, holesterol, glicerofosfatide in glikosfingolipide. Maščobne kisline z zelo kratko verigo in ketonska telesa se z lahkoto raztapljajo v vodi. Nepolarni lipidi pa so običajno oblike lipidov, ki služijo transportu in skladiščenju lipidov (trigliceridi, holesterol estri).

Lipidi imajo številne funkcije: toplotna izolacija, skladiščenje energije (trigliceridi), metabolna goriva, strukturne sestavine membran (fosfolipidi, holesterol), hormoni (steroidi in metaboliti vitamina D), prekursorji prostanooidov in levkotrienov, emulgirajoče substance v procesu prebave in absorpcije lipidov (žolčne kisline), vitamini (A, C, D, E, K), surfaktanti na alveolarnih membranah (fosfatidilholin).

V organizmu se nahajajo maščobne kisline s sodim številom C atomov. Najpogostejše so palmitinska (16 C), stearinska (18 C), palmitoleinska (16 C) in oleinska (18 C) kislina. Slednji imata tudi po eno dvojno vez. V manjših koncentracijah najdemo maščobne kisline z manj C atomi, kot tudi tiste z več kot 18 C atomi ter druge nezasičene maščobne kisline. Maščobne kisline so običajno zaestrene v nevtralnih maščobah, fosfolipidih, glikolipidih in holesterolu. Proste maščobne kisline predstavljajo zelo majhen delež vseh maščobnih kislin.

Maščobne kisline se z glicerolom običajno vežejo v mešane trigliceride, kar pomeni, da je glicerol zaestren z različnimi maščobnimi kislinami, redko pa so na glicerolu vse tri OH-skupine zaestrene z isto maščobno kislino (Medicinska biokemija, Božidar Štraus, Jumena, 1988).

Prehrano razvitega sveta v 40 % predstavljajo maščobe, večinoma kot trigliceridi (100-150 g/dan). Trigliceridi se v črevesnih epitelih celicah (enterocitah) združijo v skupke, ki jih imenujemo hilomikroni, slednji pa so prek limfnega sistema izločeni v krvni obtok, kjer so hidrolizirani v glicerol in maščobne kisline z endotelnimi lipoprotein lipazami. Maščobne kisline sprejmejo celice v tkivu, kjer pride do hidrolize, glicerol pa se metabolizira v jetrih in ledvicah. Drugi način transporta trigliceridov predstavlja transport z lipoproteinom zelo nizke gostote (VLDL, very low density lipoprotein), ki se sintetizira v jetrih. Trigliceride, vezane v VLDL, prav tako hidrolizirajo endotelne lipoprotein lipaze. V maščobnih celicah (adipocitah) se trigliceridi hidrolizirajo v maščobne kisline s hormonalno občutljivimi lipazami, še posebej med stradanjem, stresom ali dalj časa trajajočimi telesnimi aktivnostmi.

Fosfolipidi in glikosfingolipidi so amfipatski lipidi, ki jih najdemo v bioloških membranah. Imajo pomembno vlogo v sintezi plazemskih lipoproteinov in eikozanoidov. Njihova vloga

je v prenosu kemičnega signala s celičnih površinskih receptorjev na sekundarne znotrajcelične sporočevalce, ki nadzirajo celične procese. Fosfolipide lahko razdelimo na glicerolipide in sfingolipide.

Holesterol je pretežno živalskega izvora. Predstavlja esencialni del bioloških membran. V plazmi je vezan v lipoproteinih. Ima vlogo prekursorja v sintezi žolčnih kislin v jetrih ter pri sintezi steroidnih hormonov, ki jih izločajo gonade, nadledvična žleza in placenta. Pri sintezi vitamina D v koži ima vlogo prekursorja v obliki 7-dehidroholesterola. V tkivih se nahaja pretežno v nezaestreni obliki (možgani, eritrociti), dasiravno ga je zaestrenega možno v relativno večjih količinah najti v jetrih, koži, skorji nadledvične žleze in plazemskih lipoproteinih (Medical biochemistry, N. V. Bhagavan, Harcourt/Academic press, 2002).

1.2.1.1 Absorbcija lipidov

Lipide v telo vnašamo s hrano. V želodcu se jih hidrolizira zelo majhen delež, večina prebave in resorbcije se zgodi v tankem črevesu. Z delovanjem žolčnih kislin in alkalnih snovi iz soka slinavke lipidi v črevesu emulgirajo in na te emulgirane delce z veliko površino nato hidrolitično deluje pankreatična lipaza. Nastali glicerol je topen v vodnem okolju in se z lahkoto resorbira. Maščobne kisline pa se morajo najprej vezati z žolčnimi kislinami in holesterolom, šele nato pride do resorbcije. S prispetjem v enterocite se maščobne kisline najprej sprostijo in nato ponovno vežejo z glicerolom v trigliceride. Iz teh eksogenih trigliceridov in nekaj holesterola, fosfolipidov in sledov proteinov nastajajo hilomikroni, ki se po limfi prenesejo v krvni obtok in dalje v jetra in maščobne celice. Na ta način se iz enterocit transportirajo maščobne kisline z daljšimi verigami, tiste s krajšimi pa prek portalnega obtoka vstopajo v jetra. Hilomikroni so delci s premerom približno 1 μm . Po obroku bogatem z maščobami njihova koncentracija v krvnem obtoku znatno naraste, zato krvni serum postane mlečno motnega videza oziroma lipemičen.

Ko govorimo o lipidih, moramo ločiti med rezervnimi maščobami, tj. trigliceridi v mezenhimskih ali maščobnih celicah, ter lipidi, ki tvorijo strukturni del celic. Funkcija rezervnih lipidov je zagotavljanje rezervnih energetskih snovi, ko v okolju primanjkuje hrane. Strukturni lipidi pa so sestavni del vsake celice. Njihova sestava je značilna in stalna za posamezne vrste tkiv in nanjo ni mogoče vplivati s prehrano.

Lipidi, ki se transportirajo v rezervno maščevje, se po resorbciji in sintezi v enterocitah ne spreminjajo. Drugače je z lipidi, ki so namenjeni za sintezo strukturnih delov celic. Ti morajo obvezno v jetra, kjer se spremenijo v ugodno obliko in nato prenesejo v druga tkiva in organe (Medical biochemistry, N. V. Bhagavan, Harcourt/Academic press, 2002).

1.2.1.2 Lipidi v krvi

Lipidi krvne plazme in krvnih celic se razlikujejo. V krvnih celicah so lipidi strukturni, integralni del teh celic, lipidi krvne plazme pa predstavljajo lipide v transportu v tkiva in iz

njih. Lipidi krvnih celic variirajo manj v raznih fizioloških in patoloških stanjih v primerjavi z lipidi plazme, na katerih se spremembe v metabolizmu in mobilizaciji lipidov izražajo močnejše. Zato za določanje lipidov uporabljamo krvni serum.

Koncentracija lipidov v krvi je pri zdravih ljudeh relativno konstantna. V normalnih okoliščinah lipidi krvne plazme pri isti osebi le malo varirajo tudi skozi daljše obdobje. Zaradi razlik med vsebnostjo lipidov krvne plazme in krvnih celic, serum za analizo ne sme biti hemolitičen. Na koncentracijo celotnih lipidov in posameznih lipidnih frakcij v serumu vplivajo različni dejavniki (prehrana, starost, nosečnost, menstruacija...).

Pri otrocih serum vsebuje manj holesterola, fosfolipidov in trigliceridov, zato je tudi koncentracija celotnih lipidov in maščobnih kislin nižja. Holesterol je pri otrocih relativno več v prosti, nevezani obliki v primerjavi z odraslimi. Vse te koncentracije postopoma rastejo in v puberteti dosežejo vrednosti, kot so pri odraslih. V starosti ostanejo koncentracije lipidov nespremenjene, razen holesterola, ki se nekoliko zniža.

Med menstruacijo so koncentracije lipidov nekoliko povišane, razen koncentracije celotnega holesterola, ki upada že pred menstruacijo. Tudi med nosečnostjo je koncentracija lipidov in vseh njihovih frakcij povečana, povečuje pa se tudi delež prostega holesterola. Koncentracije pričnejo rasti že v prvem trimesečju nosečnosti.

Podhranjenost vpliva na znižanje koncentracije celotnih lipidov, fosfolipidov in skupnega holesterola, dočim koncentracija trigliceridov ostaja nespremenjena, koncentracija prostega holesterola pa lahko relativno celo naraste. Za razliko od podhranjenosti popolni post izzove porast koncentracije lipidov. Vzrok temu je večja mobilizacija lipidov iz rezervnega maščevja, ker se energetske potrebe zadovoljujejo z razgradnjo telesnih sestavin.

Na koncentracijo lipidov v krvnem serumu vplivajo tudi endokrine žleze. Tiroksin iz tiroideje vpliva na koncentracijo lipidov ravno obratno kot na bazalni metabolizem; lipidom se koncentracija poviša ob hipofunkciji tiroideje in zniža ob hiperfunkciji tiroideje.

Sprednji režanj hipofize pospešuje maščobno infiltracijo, po drugi strani pa regulira koncentracijo lipidov v serumu.

Vpliv inzulina je povezan z metabolizmom ogljikovih hidratov. Inzulin stimulira sintezo lipidov in deluje antiketogeno. Na ta način inzulin znižuje koncentracijo lipidov v serumu, znižanje ravni inzulina pa povzroči porast koncentracije lipidov, ker se zmanjša njihova sinteza in poveča mobilizacija iz rezervnega maščevja. V tem primeru še posebej poraste koncentracija prostih maščobnih kislin in holesterola.

Estrogeni hormoni znižujejo serumske lipide. Ob primanjkljaju spolnih hormonov se zniža oksidacija v organizmu, tako tudi oksidacija maščobnih kislin, okrepijo pa se anabolični procesi in s tem povezano kopičenje maščobnih rezerv.

Na koncentracijo lipidov v serumu vplivajo tudi določena zdravila in kemikalije. Narkoza z etrom izzove hiperlipemijo zaradi inhibitornega delovanja etra na metabolizem ogljikovih hidratov. Kloroform, fosfor, CCl_4 delujejo toksično na jetra in najprej izzovejo prehodno hiperlipemijo z mobilizacijo rezervnega maščevja, nato sledi hipolipemija zaradi poškodbe

jeter. Večje količine tiamina, riboflavina, nikotinske kisline in biotina ugodno vplivajo na maščobno infiltracijo jeter in zato izzovejo hipolipemijo. Veronal in luminal izzoveta hiperlipemijo. Koncentracija trigliceridov in holesterola se zniža tudi po intenzivni fizični aktivnosti.

Zvišano koncentracijo lipidov imamo pri hipofunkciji ščitnice, diabetes melitusu, obstruktivnem ikterusu, kroničnih boleznih ledvic, nefrozah, akutnih infekcijah, depresivnih boleznih, motnjah v metabolizmu lipidov (Niemann-Pickova bolezen, Gaucherova bolezen). Ob tem pri hipofunkciji tiroideje še posebej poraste koncentracija holesterola, pri sladkorni bolezni tudi fosfolipidov, dokaj zgodaj poraste tudi koncentracija prostih maščobnih kislin, pri obstruktivnem ikterusu pa tudi koncentracija prostega holesterola.

S hipolipemijo pa imamo opravka pri hiperfunkciji ščitnice (bazedovka). Koncentracije holesterola in trigliceridov so močno znižane pri degenerativnem težkem hepatitisu, cirozi jeter, hemoragični anemiji, perniciozni anemiji, tuberkulozi, kroničnih infekcijah in shizofreniji (Medical biochemistry, N. V. Bhagavan, Harcourt/Academic press, 2002).

1.2.1.3 Trigliceridi

Trigliceridi, ki s hrano prispejo v tanko črevo, se razgrajujejo na maščobne kisline in glicerol, ta produkta pa se nato resorbirata v celice črevesne mukoze. Ob tem se resorbira tudi nekaj monogliceridov. V enterocitah se trigliceridi ponovno sintetizirajo iz resorbiranih maščobnih kislin, vendar pri vnovični sintezi ne sodeluje resorbirani glicerol, temveč glicerol, ki nastaja iz α -glicerofosfata iz metabolizma ogljikovih hidratov. Tako nastale trigliceride, ki se naprej prenašajo v hilomikronih, imenujemo eksogeni trigliceridi. Endogeni trigliceridi pa so tisti, ki nastajajo v jetrih in maščobnem tkivu. Ko določamo raven trigliceridov v krvi, s tem zajamemo vse trigliceride, eksogene in endogene, vendar te preiskave opravljamo, ko je bil preiskovanec poprej vsaj 12 ur tešč, tako da v krvnem obtoku praviloma več ne bi smelo biti eksogenih trigliceridov.

Referenčne vrednosti trigliceridov se v krvnem serumu gibljejo med približno 0,8 do 1,92 mmol/L. Podobno kot pri holesterolu so tudi te vrednosti odvisne od starosti. Otroci imajo nižje vrednosti, s prehodom v puberteto pa se te vrednosti približujejo tistim, ki jih imajo odrasli. Ženske imajo običajno nekoliko nižje vrednosti kot moški. Na raven trigliceridov v krvi vplivata tudi prehrana in način življenja (Medical biochemistry, N. V. Bhagavan, Harcourt/Academic press, 2002).

1.2.1.4 Holesterol

Človek vnaša holesterol s hrano, vendar se ta sintetizira tudi v organizmu. Prekurzor za biosintezo holesterola je acetat, zato k sintezi holesterola prispevajo najrazličnejše organske spojine, maščobne kisline, ogljikovi hidrati in tudi nekatere aminokisline. To

pomeni, da s hrano vnašamo veliko potencialnih prekurzorjev holesterola, zato zgolj z izogibanjem vnosu živil, ki vsebujejo holesterol, ne prispevamo bistveno k zniževanju holesterolemije. Nasičene maščobne kisline v hrani zvišujejo koncentracijo holesterola v serumu, ker iz njih v jetrih nastaja več acetata, iz katerega lahko nastane holesterol.

Jetra sintetizirajo največ holesterola (1,5 g/dan), nekaj (0,5 g/dan) ga pa nastane tudi v ekstrahepatalnih tkivih, nadledvičnih žlezah, koži, črevesni steni, steni aorte in v reproduktivnih organih.

Encimi, ki sodelujejo pri sintezi holesterola, so citoplazemski in mikrosomalni, oboji topni v vodi. Sinteza holesterola se prične iz aktivnega acetata, acetil-CoA. Dve molekuli acetil-CoA se združita v aceto-acetil-CoA, na katerega se veže še ena molekula acetil-CoA. S tem nastane β -hidroksi- β -metilglutarna kislina, ki z redukcijo preide v ključni intermediat, mevalonsko kislino. Redukcijo β -hidroksi- β -metilglutarne kisline v mevalonsko kislino katalizira mikrosomalni encim β -hidroksi- β -metilglutarat-reduktaza in v tej točki deluje ena izmed kontrol sinteze holesterola. Če je v celici manj holesterola, je ta encim aktivnejši in obratno; če je koncentracija celičnega holesterola večja, je encim manj aktiven in nastaja manj mevalonske kisline.

Iz mevalonske kisline s fosforilacijo nastaja mevalonpirofosforna kislina in 3-izopentenil-pirofosfat ter z izomerizacijo 3,3-dimetil-alil-pirofosfat. Iz alilnega derivata se odcepi pirofosfat, preostanek pa veže na dvojno vez 3-izopentenil-pirofosfata. Tako po odcepi enega protona nastane geranil-pirofosfat. Iz geranil-pirofosfata se ponovno odcepi pirofosfat, geranil pa z novo molekulo izopentenil-pirofosfata kondenzira v farnezil-pirofosfat.

Sledi kondenzacija dveh molekul farnezil-pirofosfata v skvalen, ogljikovodik s 30 C atomi. Na prvo dvojno vez skvalena se veže kisik kot epoksi-skupina, ki kasneje tvori značilno OH-skupino na C-3 atomu holesterola. Z vstopom enega protona in zamenjavo pozicij dveh metilnih skupin pride do ciklizacije in nastanka lanosterola. Z oksidativno odcepi tvijo treh metilnih skupin (kot CO₂) v nizu 15 encimskih reakcij, pri katerih pride do nasičenja dvojnih vezi na alifatski verigi in na C-8 atomu, ter nastankom dvojne vezi med C-5 in C-6 atomoma končno nastane holesterol (Slika 7).

Oksidacija in ciklizacija skvalena ter nadaljnje reakcije do nastanka holesterola potekajo v endoplazemskem retikulumu. Nastali holesterol prehaja v kri, kjer se prenaša vezan v plazemskih lipoproteinih.

Esterifikacija holesterola poteka v večjem obsegu v krvnem obtoku, pa tudi v jetrih. V jeternih celicah, skorji nadledvične žleze in stenah arterij esterifikacijo holesterola katalizira encim acil-holesterol-aciltransferaza (ACAT). V krvnem obtoku pa esterifikacijo holesterola katalizira encim lecitin-holesterol-aciltransferaza (LCAT). Reakcija, v kateri sodeluje ACAT, poteče z aktivacijo maščobne kisline s koencimom A. Tako nastali acil-CoA reagira s holesterolom. V krvnem obtoku aktivacija maščobnih kislin ni potrebna, ker LCAT katalizira prenos maščobne kisline na holesterol z drugega C-atoma v lecitinu. LCAT se sintetizira v jetrih in prehaja v krvni obtok, kjer se aktivira z apolipoproteinom AI. Holesterol-estre razgrajuje lizosomska holesterol-esteraza.

LCAT deluje tudi po odvzemu krvi, zato je potrebno analizo krvi opraviti čimprej, če določamo raven holesterola in njegovih frakcij v krvi (Medicinska biokemija, Jumena, 1988).

Holesterol je sestavni del bioloških membran, ima vlogo prekursorja v sintezi steroidnih hormonov in žolčnih kislin. Za sintezo vitamina D je potreben 7-dehidroholesterol. Količina holesterola v organizmu se pri zdravem človeku vzdržuje na relativno konstantnem nivoju z uravnoteženjem vnosa s hrano in sintezo na eni strani ter izrabo in izločanjem holesterola na drugi strani. Največ holesterola se porabi za sintezo žolčnih kislin. Jetra jih proizvedejo 0,8-1 g/dan in ta količina se izloči s fecesom. Vendar jetra izločajo mnogo večje količine žolčnih kislin (15-20 g/dan) kot pa je njihova sinteza, kar je možno zaradi resorpcije in enterohepatične cirkulacije žolčnih kislin. Nekaj holesterola se izloči tudi v žolč ter izgubi s fecesom kot holesterol ali koprostanol, bakterijski produkt redukcije holesterola (0,4-0,5 g/dan). Za pretvorbi holesterola v steroidne hormone in 7-dehidroholesterola v vitamin D se porabi zelo majhna količina holesterola, približno 50 mg/dan. Nekaj holesterola (okoli 80 mg/dan) se izgubi tudi z luščenjem vrhnjih plasti kože (Medical biochemistry, N. V. Bhagavan, Harcourt/Academic press, 2002).

1.2.1.4.1 Holesterol v krvi

V krvnem obtoku se nahaja 60-80 % holesterola v zaestreni obliki. Vezan je v lipoproteinih, največ v β -lipoproteinih, pa tudi v drugih lipoproteinih. Koncentracija holesterola v serumu je odvisna od večjih dejavnikov. Sintezo holesterola povečajo estrogeni hormoni, obenem pa še bolj povečajo njegovo izločanje, tako da je končni učinek delovanja estrogenih hormonov znižana koncentracija holesterola v krvnem obtoku. To je razlog, da imajo ženske nižje ravni holesterola v serumu vse do menopavze, potem pa se jim raven holesterola zvišuje. Tiroksin s svojim splošnim delovanjem na metabolizem znižuje raven holesterola. Koncentracija holesterola v serumu je odvisna tudi od starosti in se z leti zvišuje. Svoj višek doseže med 45 in 60 letom starosti, nakar prične rahlo upadati. Zato za raven holesterola v serumu ni mogoče podati nekih splošnih referenčnih vrednosti, ki bi veljale za celotno populacijo. V splošnem so vrednosti za populacijo med 35 in 40 letom starosti med 3,4 in 6,8 mmol/L, za starejše tudi do 7 mmol/L. V času nosečnosti je raven holesterola v serumu nosečnice fiziološko zvišana (Medicinska biokemija, Jumena, 1988).

1.2.1.5 Lipoproteini

Lipoproteini so skupki, katerih zunanji del tvorijo apolipoproteini (krajše apoproteini, Tabela 7), hidrofobno sredico pa trigliceridi in holesterol-estri. V vrhnjem sloju se nahaja še nekaj prostega holesterola. Poglavitna vloga lipoproteinov je transport lipidov, predvsem holesterol-estrov in trigliceridov. Glede na lipide, ki jih prenašajo, jih lahko razdelimo na dve večji skupini. Hilomikroni in VLDL lipoproteini (very low density lipoproteins, lipoproteini zelo nizke gostote) služijo predvsem za transport trigliceridov. Transport holesterola poteka predvsem z LDL lipoproteini (low density lipoproteins, lipoproteini nizke gostote) in HDL lipoproteini (high density lipoproteins, lipoproteini visoke gostote).

Štiri poglavitne skupine plazemskih lipoproteinov (hilomikroni, VLDL, LDL in HDL lipoproteini) lahko ločimo z elektroforezo in ultracentrifugiranjem.

Poznamo še druge lipoproteine. Lipoprotein (a) je različica LDL lipoproteina in ga najdemo v frakciji 1,040-1,090 g/ml. Ima podobno lipidno sestavo ter vsebuje apo B-100, vendar njegova fiziološka funkcija še ni docela poznana. Do sedaj je ugotovljena njegova antifibrinolitična aktivnost in več študij kaže na to, da povišana raven tega lipoproteina predstavlja dejavnik tveganja za srčni infarkt. Lipoprotein-X sodi med abnormalne lipoproteine. Odkrijemo ga pri bolnikih z okvarami jeter in bolnikih s primanjkljajem LCAT (lecitin-holesterol aciltransferaza) (Medical biochemistry, N. V. Bhagavan, Harcourt/Academic press, 2002).

Tabela 2: Lastnosti humanih apolipoproteinov (Medical biochemistry, Harcourt/Academic press, 2002:431)

Apolipoprotein	Koncentracija (mg/dL)	Molekularna teža	Prisotnost v gostotnem razredu	Funkcija
A-I	100-150	29016	HDL	aktivacija LCAT, vezava na cel. receptor (?)
A-II	30-50	17414	HDL	inhibicija LCAT(?), ojača delovanje jeterne lipaze
A-IV	15	44465	hilomikron	neznana
B-100	80-100	512723	VLDL, LDL	potreben za sekrecijo trigliceridov, vezava na cel. receptorje
B-48	<5	241000	hilomikron	...
C-I	7	6630	hilomikron, VLDL	kofaktor z LCAT
C-II	4	8900	hilomikron, VLDL	aktivira LPL
C-III		8800	hilomikron, VLDL	regulira LPL reakcijo, inhibira sprejem ostankov prek apo E receptorja
D	12	19000	HDL	LCAT reakcija, prenos holesterol-estrov
E ₂₋₄	3 do 7	34145	VLDL, IDL, HDL	vezava na receptorje
(a)		300000-800000	LDL, HDL	s plazminogenom tekmuje za receptorje in lahko inhibira trombolizo
	10			

1.2.1.5.1 Metabolizem lipoproteinov

Plazemski lipoproteini se kontinuirano sintetizirajo in razgrajujejo ob hitri izmenjavi lipidnih in proteinskih komponent. Glavni mesti njihove sinteze sta črevesje in jetra, v gladkem in granuliranem endoplazemskem retikulumu. V transportu, shranjevanju in mobilizaciji lipoproteinskih lipidov igrajo osrednjo vlogo štirje encimi.

- Lipoproteinska lipaza (LPL) je glikoprotein, sintetiziran v različnih parenhimskih celicah v vsem telesu, koncentriran pa predvsem v mišičju in maščevju. Po sintezi v

celici se izloči in translocira na apikalno površino endotelnih celic krvnih žil, kjer se veže na heparan sulfat. Njegova funkcija je hidroliza trigliceridov, hidrolizira pa tudi fosfolipide. Apo C-II aktivira LPL *in vivo*. Po obedu povišanje inzulina poveča aktivnost LPL v maščevju (ne pa tudi v mišičju), kar pomaga shranjevanju trigliceridov v maščevju. Ko se raven inzulina zniža, upade tudi LPL aktivnost v maščevju, v mišičju pa se aktivnost LPL ohrani ali celo zviša, kar omogoči sproščanje maščobnih kislin iz VLDL in njihovo izrabo za energetske potrebe.

- Jeterna lipaza je sintetizirana v parenhimskih celicah jeter in translocirana na apikalno površino endotela jeternih krvnih žil, kjer se veže na heparan sulfat. Najdemo jo tudi na endotelu nadledvičnih žlez ter gonad. Njena vloga je v nadaljevanju lipolize VLDL in IDL. Hidrolizira tudi fosfolipide in HDL-trigliceride. Deluje na površini endotela, pa tudi v endosomih po receptorski endocitozi lipoproteinov. Njeno delovanje ojačajo androgeni hormoni, oslabijo pa estrogeni.
- Lecitin-holesterol aciltransferaza (LCAT) je glikoprotein, sintetiziran v jetrih. Nahaja se v krvi s HDL, LDL, apo D in kolesterol-ester transfer proteinom (CETP). Aktivira ga apo A-I. LCAT katalizira prenos maščobne kisline s fosfolipida na kolesterol. Vloga apo D je v vezavi holesterola.
- Acil-CoA:holesterol aciltransferaza (ACAT) tvori estre iz prostega holesterola in maščobnih kislin. Je znotrajcelični encim, ki pripravi kolesterol na skladiščenje.

HILOMIKRONI

Po delni hidrolizi v črevesju se maščobne kisline, monogliceridi, fosfolipidi in kolesterol absorbirajo v enterocite. Po absorpciji se lipidi ponovno zaestrijo v enterocitah in tvorijo majhne skupke v lumnu gladkega endoplazemskega retikuluma. Ti skupki se sestoje iz trigliceridov in majhnih količin kolesterol-estrov, po površju pa jih stabilizirajo fosfolipidi. Na stiku gladkega in granuliranega endoplazemskega retikuluma skupki dobijo še apolipoproteine B-48, A-I, A-II in A-IV, v Golgijevem aparatu pa dozoriijo v hilomikrone, ki se izločajo v limfo in nadalje v kri. V krvnem obtoku hilomikroni dobijo apo C in apo E od HDL v zameno za fosfolipide. Nato se prične hidroliza trigliceridov z endotelno LPL. Sproščene maščobne kisline vstopijo v celice okoliškega tkiva, glicerol pa se transportira v jetra. Po znatnem zmanjšanju vsebnosti trigliceridov v sredici hilomikronov se apo A, apo C ter znaten delež fosfolipidov prenese na HDL. Tako nastanejo hilomikronski ostanki, bogati s kolesterol-estri, apo B-48 in apo E, ki so hitro odstranjeni iz obtoka z receptorsko endocitozo v jetrih. Vezava hilomikronskih ostankov na specifične jetrne receptorje poteka preko apo E. V lizosomih jetrnih celic se hilomikronski ostanki do konca razgradijo s kislimi lipazami in proteazami. Nastale maščobne kisline so oksidirane ali ponovno vezane v trigliceride, ki so shranjene ali izločene v obliki VLDL. Kolesterol se lahko izrabi za sintezo membran, shrani kot kolesterol-estri ali izloči kot žolčne kisline (tudi nespremenjen) v žolč.

VLDL LIPOPROTEINI

Sintetizirajo se v jetrih. Njihovi trigliceridi, ki tvorijo sredico, izvirajo iz maščevja (maščobne kisline), pretvorb ogljikovih hidratov v maščobne kisline v jetrih ter hidrolize trigliceridov v lipoproteinih na endotelu kapilar in v jetrih. Za sekrecijo VLDL je potreben apo B-100. VLDL pridobijo apo C in apo E od HDL takoj po prispetju v krvni obtok. Sledi

hidroliza njihovih trigliceridov, apo C pa se vrne na HDL. V tej fazi se približno polovica VLDL odstrani iz obtoka tako, da se veže na apo B-100-E receptor v jetrih. Preostala polovica so t.i. VLDL ostanki, drugače poznani tudi kot IDL lipoproteini. Na IDL nadalje delujejo jetrne lipaze, da nastanejo LDL, ki so bogati s holesterolom, izgubijo pa tudi apo E in vsebujejo skoraj izključno apo B-100. Zaradi odsotnosti apo E na površju LDL, se ti zadržijo v obtoku tudi do 36 ur.

LDL LIPOPROTEINI

Vloga teh lipoproteinov je transport holesterola do tarčnih celic in tkiv. LDL lipoproteini se vežejo na specifične receptorje (LRP, LDL receptor protein) z apo B-100 in apo E. Število LRP receptorjev na površju celic je odvisno od koncentracije znotrajceličnega holesterola. Z vezavo LDL na LRP receptor se sproži endocitoza LDL. V celici sproščeni holesterol (tudi njegov metabolit 26-hidroksi holesterol) zavira svojo lastno sintezo z inhibicijo HMG-CoA sintetaze in HMG-CoA reduktaze, obenem pa regulira tudi število LRP receptorjev. Znotrajcelični holesterol spodbuja tudi aktivnost ACAT, kar pospeši tvorbo holesterol-estrov.

HDL LIPOPROTEINI

Nastajajo v hepatocitah in enterocitah. Njihova vloga je v odstranjevanju prostega holesterola s celičnih membran in drugih vrst lipoproteinov, kar omogoči ABC1-transportni protein. Sprejeti holesterol se ob delovanju LCAT zaestri in odstrani s površja HDL v njegovo sredico kot holesterol-ester. Holesterol-estri se lahko odstranjujejo iz HDL na VLDL in LDL s pomočjo apo D in holesterol-ester transfer proteinom (CETP) (Medical biochemistry, Harcourt/Academic press, 2002).

1.2.1.6 Homeostaza lipidov

Osnovne vrste lipidov, udeležene pri energetski homeostazi, so trigliceridi in maščobne kisline. Drugi lipidi imajo strukturno in druge vloge. Transport trigliceridov med tkivi poteka ob vezavi na lipoproteine, proste maščobne kisline pa se vežejo na albumin.

1.2.1.6.1 Usoda trigliceridov po absorpciji v prebavilih

V enterocite trigliceridi vstopajo v obliki glicerola in maščobnih kislin. Majhen delež maščobnih kislin (le kratke maščobne kisline iz mleka in mlečnih izdelkov) je absorbiran neposredno v portalno kri in transportiran v jetra. Večina maščobnih kislin se v enterocitah ponovno zaestri in zapakira v hilomikrone, ki vstopajo v limfne kapilare. Slednje se združujejo v večje žile in končno združijo s krvnim obtokom. V različnih delih telesa na hilomikrone delujejo lipoprotein lipaze, ki hidrolizirajo trigliceride. Lipoprotein lipaze izločajo hepatocite, adipocite, kardiocite in celice mlečnih žlez. Na mestu nastanka se lipoprotein lipaze vežejo na notranjo steno endotela krvnih žil, kjer delujejo na trigliceride v hilomikronih. Maščobne kisline trigliceridov vstopajo v celice, glicerol pa se transportira

v jetra.

1.2.1.6.2 Produkcija trigliceridov iz ogljikovih hidratov

V primeru, da vnos ogljikovih hidratov presega energetske potrebe organizma, se ti pretvorijo v trigliceride v hepatocitah ali adipocitah. Iz jeter se tako nastali trigliceridi v druga tkiva transportirajo z VLDL.

1.2.1.6.3 Sproščanje lipidov iz maščevja

Lipidi se za energijo izrabljajo med postom, stradanjem, ob povečanih telesnih naporih in med stresom. Hormonalno občutljiva lipaza en mol trigliceridov hidrolizira na tri mole maščobnih kislin in en mol glicerola. Delovanje te lipaze je uravnano s fosforilacijo od cAMP-občutljive protein kinaze. Regulatorne hormone adipocitne lipolize lahko razdelimo v tri skupine. Med hitre stimulatorje lipaze sodijo adrenalin, noradrenalin, glukagon, ACTH, sekretin in vazopresin. Maščobne kisline se ob njihovem delovanju prično sproščati že v nekaj minutah. Počasni stimulatorji so glukokortikoidi in rastni hormon. Njihovo delovanje je opazno po nekaj urah. Inhibitorja sta inzulin in prostaglandin E_1 , ki znižujeta nivo cAMP v celici. Glukagon povečuje jetrno glikogenolizo, glukoneogenezo in ketogenezo na račun oksidacije maščobnih kislin in povečane lipolize v adipocitah. Adrenalin je akutni in glukokortikoidi kronični indikator stresa. Oba povečata izločanje glukoze iz jeter in izrabo maščobnih kislin v tkivih. Rastni hormon regulira mnoge procese povezane z rastjo organizma, večina energije za to rast pa izvira iz oksidacije maščobnih kislin.

1.2.1.6.4 Izraba maščobnih kislin v tkivih

Povišana lipoliza je razlog zvišanim vrednostim plazemskih, na albumin vezanih prostih maščobnih kislin. Privzemanje maščobnih kislin v tkiva je sorazmerno njihovi koncentraciji v plazmi in je v veliki meri odvisno od pretoka krvi. Med intenzivno fizično aktivnostjo je pretok krvi skozi splanhnično regijo zmanjšan, zato je več maščobnih kislin na voljo skeletnim mišicam. Celice lahko izrabljajo maščobne kisline z β -oksidacijo in ciklom citronske kisline. Privzemanje maščobnih kislin pa ni regulirano s hormoni ali znotrajceličnimi efektorji, temveč z energetskimi potrebami. Maščobne kisline prosto prehajajo skozi celične membrane, kjer se jih izrabi glede na energetske potrebe. Preferenčna izraba maščobnih kislin kot energenta je prisotna v mnogih tkivih, kar ima za posledico varčevanje z glukozo.

1.2.2 Glukoza

Prebava ogljikovih hidratov se prične že v ustih, zaradi kislega okolja ustavi v želodcu ter nadaljuje v duodenumu. Tukaj poteka najprej luminalna razgradnja ogljikovih hidratov do oligosaharidov. Največji delež prebavljivih ogljikovih hidratov predstavlja polisaharid

škrob, v majhni meri pa tudi glikogen. Med disaharidi velja omeniti saharozo, laktozo in trehalozo. Slednja izvira iz gliv. Oligosaharide in disaharide v duodenumu nadalje do monosaharidov razgrajujejo encimi v membranah enterocit. Sledi transport monosaharidov v enterocite. Po vstopu glukoze v enterocite se ta lahko v manjši meri pretvori v laktat, ki se po jetrni portalni veni transportira v jetra in tam ponovno spremeni v glukozo. Večina glukoze pa se iz enterocit nespremenjena transportira v jetra, kjer se je večina pod vplivom insulina pretvori v glikogen.

1.2.2.1 Poglavitni metabolni procesi, povezani z glukozo

- **GLIKOGENEZA**
Je proces sinteze polisaharida glikogena iz monomernih enot glukoze. Na ta način se glukoza skladišči v celicah.
- **GLIKOGENOLIZA**
Je obraten proces od glikogeneze, ki nastopi v organizmu ob povišani potrebi po energiji.
- **GLUKONEOGENEZA**
Je sinteza glukoze iz snovi, ki niso ogljikovi hidrati (laktat, aminokisline, glicerol).
- **PRETVORBE GLUKOZE**
Glukoza se lahko pretvori v neesencialne aminokisline, maščobne kisline ali izrabi za sintezo drugih ogljikovih hidratov (pentoze, heksoze, uronske kisline) in glikokonjugatov (glikoproteini, glikolipidi, proteoglikani).
- **KATABOLIZEM GLUKOZE**
Glikoliza
Je anaerobna razgradnja glukoze, ki poteka v citoplazmi. Iz ene molekule glukoze nastaneta dve molekuli piruvata, ki se po transportu v mitohondrij oksidirata v dve molekuli acetil-CoA. Energetski izplen razgradnje ene molekule glukoze na dve molekuli acetil-CoA je 14 molekul ATP.
Cikel citronske kisline (Krebsov cikel)
Je zaporedje reakcij, ki potekajo v celoti v mitohondriju in v katerih se acetil-CoA popolnoma oksidira do ogljikovega dioksida. Energetski izplen oksidacije dveh molekul acetil-CoA je 24 molekul ATP.

1.2.2.2 Homeostaza glukoze

Prebava in absorpcija ogljikovih hidratov sta zelo hitri. Raven glukoze v krvi doseže vrhunec po jedi in je le 30-50 % nad ravniyo pred obrokom. Povečanju ravni glukoze v krvi sledi takojšnje znižanje izločanja glukoze iz jeter. Izraba glukoze v tkivih ostane nespremenjena.

Zvišanju ravni glukoze v krvi v kratkem sledi zvišanje (3-10 kratno) ravni inzulina v krvi. Povišana koncentracija glukoze neposredno stimulira sproščanje inzulina iz trebušne slinavke. Kaže, da sproščanje določenih hormonov ob hranjenju (npr. gastrin, holecistokinin, gastrični inhibitorni peptid in glicentin) stimulira sistem za izločanje inzulina na način, da se ta prične izločati celo nekoliko prej, kot če bi se izločal zgolj zaradi posledice povišanja ravni glukoze v krvi. Odvisno od sestave hrane se spremeni tudi izločanje glukagona. Če hrana vsebuje pretežno ogljikove hidrate, se izločanje glukagona s strani α -celic trebušne slinavke zelo zniža, zaradi neposrednega zaviralnega učinka glukoze ter zaviralnega učinka inzulina na te celice. Raven glukagona se ne spremeni bistveno ob sočasnem uživanju ogljikovih hidratov in proteinov.

Hepatocyte so zelo prepustne za glukozo in praviloma absorbirajo polovico zaužitih ogljikovih hidratov. V jetrih je glukozo fosforilirana v glukozo-6-fosfat s posebnim encimom glukokinazo. Glukokinaza je vrsta heksokinaze, ki se nahaja le v jetrih in β -celicah trebušne slinavke, od drugih heksokinaz pa se razlikuje po tem, da ni inhibirana s svojim produktom (glukozo-6-fosfatom), je inducibilna in ima visoko K_m , kar pomeni, da je dejavna v širokem območju koncentracij glukoze. Regulacija sinteze glikogena poteka na več ravneh.

- Inzulin aktivira posebno fosfatazo, ki defosforilira glikogen-sintazo D (neaktivna oblika) v glikogen-sintazo I (aktivna oblika).
- Alosterično aktivacijo glikogen-sintaze omogoča glukozo-6-fosfat.
- Visoka raven inzulina in nizka raven glukagona znižujeta nivo jetrnega cAMP in s tem inaktivirata od cAMP odvisno fosforilacijo (deaktivacijo) glikogen-sintaze s strani specifične protein kinaze.
- Visoke ravni glikogena zavirajo svojo lastno sintezo z inhibicijo fosfataze glikogen-sintaze.
- Inzulin ima dolgoročni učinek na indukcijo sinteze glukokinaze. Glukokinaza fosforilira glukozo v glukozo-6-fosfat.

Glukozo, ki je v jetrih v presežku, hepatocyte pretvorijo v trigliceride, te zapakirajo v VLDL, slednji pa se izločajo v krvni obtok in transportirajo trigliceride v maščobno tkivo.

K visokim nivojem glukoze v plazmi prispeva tista glukozo v presežku, ki ni bila predelana v jetrih in se je nakopičila v zunajceličnem tkivu. To glukozo hitro metabolizirajo druga tkiva.

Inzulin stimulira privzemanje glukoze tudi v mišičnem tkivu. Ta glukozo se predela v glikogen na podoben način kot se to dogaja v jetrih, s to razliko, da na metabolizem glukoze v mišicah glukagon nima vpliva. Inzulin vpliva tudi na povečanje sinteze proteinov.

Večina glukoze, ki je ne privzamejo jetra in mišičje, vstopa v adipocyte z od inzulina stimuliranim transportom. Zaestritev maščobnih kislin za skladiščenje v obliki trigliceridov je v veliki meri odvisna od dostopnosti α -glicerofosfata, ki nastane v celici iz glukoze. Glukozo se v adipocitah lahko pretvarja v maščobne kisline tudi preko acetil-CoA, katerega prekursor piruvat nastaja tekom glikolize.

1.3 SEKULARNI TRENDI IN SPREMEMBE

S terminom sekularni trend v splošnem označujemo progresivno naraščanje telesne višine in teže v obdobju odraščanja in adolescence, zniževanje starosti, ob kateri dekleta dobijo menarho ter povečevanje povprečne končne telesne višine in teže, ki se je v Evropi pričelo dogajati sredi 19. stoletja.

Sekularno povečevanje določenih telesnih dimenzij in hitrejše odraščanje pa ni univerzalno zaznan fenomen. Odsotnost tega je opažena v gospodarsko nerazvitih in razvijajočih se državah. V Indiji, Afriki in Južni Ameriki so opaženi celo negativni sekularni trendi (Eveleth et al., 1974, cit. po Floris in Sanna, 1998; Himes in Malina, 1975, cit. po Floris in Sanna, 1998; Ganguly, 1979, cit. po Floris in Sanna, 1998; Malina et al., 1980, cit. po Floris in Sanna, 1998; McCulloch, 1982, cit. po Floris in Sanna, 1998; Tobias, 1985, cit. po Floris in Sanna, 1998; De Stefano, 1987, cit. po Floris in Sanna, 1998; Malina, 1990, cit. po Floris in Sanna, 1998).

Vzroke za sekularne trende in spremembe danes vidimo predvsem v izboljšanju socialno-ekonomskih pogojev, izboljšani prehrani in urbanizaciji (Wolanski, 1985, cit. po Floris in Sanna, 1998; Bielicki in Waliszko, 1991, cit. po Floris in Sanna, 1998). Osrednjo vlogo pri izboljšanju prehrane se pripisuje povečanemu vnosu živalskih beljakovin (Wolanski, 1980, cit. po Floris in Sanna, 1998).

Izboljšani zdravstvena oskrba in higienski pogoji prispevajo h krajšemu trajanju bolezni, ki bi sicer zavrla fizični razvoj ter posledično vplivala na končno telesno višino. Te dejavnike štejejo za zelo pomembne (Wolanski, 1980, cit. po Floris in Sanna, 1998; Cetti in sod., 1988, cit. po Floris in Sanna, 1998). Za moderno stališče o vzrokih nizke rasti se danes smatra interakcijo infekcije, ki ji sledi obdobje relativne podhranjenosti. V času infekcije se rast upočasni ali celo ustavi. Če je prehranjenost v času okrevanja nezadostna, se primanjkljaj v rasti ne nadoknadi v celoti. Postmodernistični vidik pa k temu dodaja še otrokovo samopodobo, s katero se otrok sooča z boleznijo in podhranjenostjo (Lindgren, 1998). Pomemben vidik izboljšanja zdravstvene oskrbe predstavlja tudi izkoreninjenje določenih bolezni, npr. malarije (Martinez Carrion, 1994, cit. po Rebato, 1998).

Nekateri avtorji so mnenja, da pozitivne sekularne spremembe izvirajo tudi iz usmerjenih migracij prebivalstva ter s tem povezanega pretoka genov, kar lahko privede do heteroze (Wolanski, 1978, cit. po Floris in Sanna, 1998; Cetti in sod., 1988, cit. po Floris in Sanna, 1998). Drugi temu oporekajo (Helmuth, 1983, cit. po Floris in Sanna, 1998; Schmitt in sod., 1991, cit. po Floris in Sanna, 1998).

Pomembno implikacijo izboljšave prehrane v pozitivnih sekularnih spremembah navajata Floris in Sanna (1998), ko citirata Wolanskega (1980), ki pravi, da so večji osebki manj rodni in bolj sterilni od manjših ter Chiarellija (1977), ki trdi, da se tovrstni selekcijski pritiski znatno zmanjšajo ob izboljšani prehrani.

Izboljšana prehrana tudi zmanjša smrtnost večjih novorojenčkov, kar ima lahko za posledico povečanje povprečne telesne višine populacije (Masali in Venturini, 1964, cit. po Floris in Sanna, 1998).

S pozitivnimi sekularnimi spremembami močno korelirata znižanji perinatalne in postnatalne smrtnosti (Sobral, 1990, cit. po Floris in Sanna, 1998), ti pa sta dober pokazatelj socialno-ekonomskih in higienskih pogojev populacije (Cetti in sod., 1988, cit. po Floris in Sanna, 1998).

Na sekularne trende vplivajo tudi socialne razlike znotraj populacije (države, družbe) kot tudi med populacijami (državami). Telesna rast posameznika je lahko ustavljena (tudi prestavljena na kasneje) zaradi psihosocialnega (tudi emocionalnega) stresa v dobi odraščanja, kar je bolj izrazito v socialno razslojenih družbah (Lindgren, 1998).

V skoraj vseh evropskih državah so bile sekularne spremembe večje v nižjih socialnih slojih (Vercauteren, 1993, cit. po Padez, 2003; Demoulin, 1998, cit. po Padez, 2003; Rebato, 1998, cit. po Padez, 2003; Weber in sod., 1995, cit. po Padez, 2003). Izjema je Poljska, kjer so se sekularne spremembe sicer zgodile v vseh socialnih slojih, ob dejstvu, da so bile te največje prav v višjem socialnem sloju (Bielicki in sod., 1981, cit. po Padez, 2003; Bielicki in Waliszko, 1991, cit. po Padez, 2003).

Prispevke posameznih dejavnikov, ki vplivajo na nastanek sekularnih trendov, naj bodo ti genetski ali okoljski, je zelo težko določiti, saj njihove intenzitete variirajo v času in prostoru (Olivier in sod., 1977b, cit. po Floris in Sanna, 1998; Facchini in Gualdi Russo, 1982, cit. po Floris in Sanna, 1998).

1.3.1 Sekularne spremembe telesne rasti v tujini

Antropometrični podatki, ki bodo navedeni, se v večini primerov nanašajo na nabornike, saj so prvotne meritve bile izvajane prav na njih, pa tudi vsebina diplomske naloge obravnava pripadnike Slovenske vojske.

- Italija

Prvi podatki segajo v leta 1879-1883, ko je bila izmerjena povprečna višina nabornika 164,50 cm (Livi, 1896, cit. po Floris in Sanna, 1998). Meritve so potekale na 20 let starih nabornikih in Livi ni upošteval telesnih višin manjših od 154 cm, ker so bili ti naborniki izločeni kot nesposobni služiti vojaško obvezo.

Povprečna telesna višina 18 let starih nabornikov je bila leta 1990 173,96 cm (ISTAT, 1995, cit. po Floris in Sanna, 1998). Torej se je od obdobja 1879-1883 do leta 1990 povprečna telesna višina povečala za 9,46 cm ali približno 0,9 cm na dekada. Severne in osrednje pokrajine so imele v vseh teh letih višjo povprečno telesno višino kot južne pokrajine in otoki. Trend pozitivnih sekularnih sprememb se je pričel prej v severnih in osrednjih pokrajinah. Največji prirastek v povprečni telesni višini je bil zabeležen na naborih v letih 1966-1967 ter 1978 (Floris in Sanna, 1998).

- Španija

Raziskava, ki je potekala na nabornikih v letih 1860-1861, pokaže, da je bila tedaj povprečna telesna višina nabornikov 163,5 cm (Oloriz, 1896, cit. po Rebato, 1998). Več avtorjev navaja, da se povprečna telesna višina nabornikov do srede 20. stoletja ni bistveno spreminjala (Bernis in Sandin, 1983, cit. po Rebato, 1998; Mendoza in Moreda, 1985, cit. po Rebato, 1998; Carrion, 1991, 1994, cit. po Rebato, 1998).

V drugi polovici 20. stoletja so bile opravljene tri obsežne raziskave: 1959-1970 (Bernis in Sandin, 1983, cit. po Rebato, 1998), 1955-1980 (Belmonte, 1983, cit. po Rebato, 1998) in 1955-1985 (Prado, 1989, cit. po Rebato, 1998). Te raziskave razkrijejo, da je bil v tem obdobju (30 let) prirastek v povprečni telesni višini 6,1 cm ter tudi, da sekularne spremembe niso potekale uniformno, pač pa so bile izrazitejše po 1970. Geografska variabilnost v povprečni telesni višini je bila še v 60. letih 20. stoletja izrazita, vendar je v 70., še bolj pa v 80. letih izrazito upadla.

Po podatkih INE (Nacionalni inštitut za statistiko; cit. po Rebato, 1998) je bila povprečna telesna višina nabornika leta 1960 166,7 cm, leta 1990 pa 173,8 cm. Največje povprečne višine so v Baskovskih pokrajinah in Madridu, najmanjše pa v Galiciji.

- Portugalska

Pozitivne sekularne spremembe potekajo od začetka 20. stoletja. Povprečna telesna višina 18 let starih nabornikov je bila leta 1904 163,2 cm, leta 2000 pa 172,13 cm. Povprečen prirastek je bil v tem obdobju 8,93 cm, kar pomeni pozitivno sekularno spremembo 0,99 cm na dekada. Največje spremembe se zgodijo v pokrajinah, kjer je bila leta 1904 najmanjša povprečna telesna višina, najmanjše spremembe pa tam, kjer je bila tega leta povprečna višina med največjimi (Padez, 2003).

- Madžarska

Povprečna telesna višina nabornikov je bila 171,0 cm leta 1973 in 175,5 cm leta 1998, kar pomeni, da je znašala pozitivna sekularna sprememba 1,8 cm na dekada (Gyenis G., 2002).

- Nizozemska

20 let stari naborniki iz dela republike Bataafse (ustanovljena pod francosko okupacijo leta 1797) so imeli povprečno telesno višino 166,7 cm. V prvi polovici 19. stoletja je bila povprečna telesna višina 19 let starih nabornikov 165 cm (Oppers, 1966, cit. po Burgmeijer in van Wieringen, 1998). Po naboru leta 1858 se je odstotek nabornikov manjših od 157 cm pričel hitro zmanjševati. Do začetka 20. stoletja se odstotek nabornikov višjih od 180 cm skoraj ni spreminjal, medtem ko je odstotek nižjih od 160 cm upadel s 30 na 10 %. Povprečno povečanje mediane telesne višine nabornikov je bilo v letih 1863-1900 0,95 cm na dekada; 1,50 cm na dekada v letih 1900-1940; 2,32 cm na dekada v letih 1950-1978; 1,0 cm na dekada v letih 1979-1991. Negativna sprememba za 0,4 cm je bila opažena na prvih treh naborih po 2. svetovni vojni. Leta 1991 je bilo 60 % nabornikov večjih od 179,5 cm in več kot 30 % nabornikov večjih od 184,5 cm (Burgmeijer in van Wieringen, 1998).

- Švedska

Od začetka 50-ih let 20. stoletja do 1996 se povprečna telesna višina nabornikov poveča s 175,7 cm na 179,4 cm (Lindgren, 1998).

- Britanija

Povprečna telesna višina se pri 18 let starih nabornikih ni kaj prida spreminjala v obdobju od 1900 do približno 1920 in je znašala približno 164 cm. V enakem obdobju je bila starostna skupina 20-24 let bila ves čas nekoliko višja, s povprečjem okoli 167 cm. Približno od leta 1920 naprej se razlike med tema starostnima skupinama zmanjšujejo in po letu 1937 praktično izginejo. Tedaj merijo naborniki v povprečju približno 170 cm. Trend se nadaljuje do konca stoletja, s tem da se v zadnjem času umirja. Leta 1994 je bila povprečna telesna višina nabornikov iz starostnih skupin 18 let in 20-24 let praktično enaka in je znašala približno 176 cm (Rona, 1998).

- Poljska

Povprečne telesne višine 19 let starih nabornikov so bile 170,48 cm leta 1965; 173,17 cm leta 1976; 175,29 cm leta 1986; 176,86 cm leta 1995. Povprečna telesna višina se torej poveča za 6,4 cm v treh desetletjih (Bielicki in sod., 1997, cit. po Bielicki in Hulanicka, 1998).

1.3.2 Sekularne spremembe telesne rasti na Slovenskem

Prvi, ki se je na Slovenskem lotil meritev telesne višine nabornikov, je bil Von Dr. A. Weisbach. V svojem članku *Die Slovenen* (1903) je tedanje območje, kjer so živeli Slovenci, razdelil na Tržaško pokrajino, Kranjsko, Koroško ter Štajersko. Merjenci so bili stari med 21 in 25 let. Povprečna telesna višina 2481 merjencev je bila 168,3 cm. Najvišje povprečje so imeli merjenci iz Tržaške pokrajine (169,5 cm), sledili so Korošci (168,7cm), Štajerci (168,6), najnižji so bili Kranjci (167,3 cm) (Weisbach, 1903).

Če populacijo, na kateri je opravljal meritve Weisbach, primerjamo z mladimi moškimi iz splošne populacije približno 70 let kasneje, opazimo pozitivne sekularne spremembe, ki znašajo 5,5 cm ali 0,8 cm po dekadah (Dolinar, Štefančič, 1976, cit. po Brodar, 1991).

O pozitivnem trendu sekularnih sprememb v 20. stoletju pričajo tudi raziskave na srednješolski in študentski populaciji, kjer so bili merjenci 19 let stari srednješolci ter 19 in 20 let stari študenti-novinci. Leta 1939/1940 je bila njihova povprečna višina 174,1 cm in povprečna teža 64,7 kg (Škerlj, 1950; cit. po Brodar, 1991). V štirih zaporednih meritvah v letih od 1961/1962 do 1964/1965 je njihova povprečna višina znašala 176,5 cm, povprečna teža pa 69,2 kg (Brodar, 1981; cit. po Brodar, 1991). V šolskem letu 1981/1982 je bila izmerjena povprečna višina 178,4 cm in povprečna teža 69,3 kg (Arko in Pisanski, 1985; cit. po Brodar, 1991). V letu 1987/1988 pa je bila izmerjena povprečna višina 178,9 cm in povprečna teža 74,3 kg (Brodar, 1991).

V pregledni analizi sekularnih sprememb šolskih otrok v 20. stoletju Štefančič in Tomazo-Ravnik primerjata otroke v starosti od 7 do 18 let. 18 let stari dečki so v šolskem letu 1939/40 v višino v povprečju merili 173,7 cm ter bili težki 64,6 kg (Škerlj, 1950; cit. po Štefančič, Tomazo-Ravnik, 1998). Ista starostna skupina je v letu 1969/70 v višino merila 175,8 cm ter bila težka 66,6 kg. V letu 1991/92 pa so 18 let stari dečki v povprečju v višino merili 179,2 cm in bili težki 70,9 kg (Štefančič in Tomazo-Ravnik, 1998).

2 PREGLED OBJAV

2.1 OBJAVE O SESTAVI TELESA V SLOVENIJI

Slovenske raziskave na področju telesne sestave so se pričele z delom Boža Škerlja. Njegov prispevek na tem področju je bil izjemen, saj je izpeljal popolnoma nov pristop v analizi sestave človeškega telesa. Menil je, da sta telesna sestava in konstitucija dinamična parametra, ki ju ne moremo opisati s statičnimi morfološkimi tipi. Zato je definiral t.i. *vector continuum*, ki dopušča vse tipološke prehode med tipičnima predstavnikoma na obeh vektorskih skrajnostih. Za določen morfološki tip, ki nima svojega nasprotja, je uvedel polvektor. Človeški organizem je predstavil kot niz vektorjev in polvektorjev, ki opisujejo različne telesne profile: spolni vektor, vektor postave, plastični vektor, vektor porazdelitve podkožnega maščevja. S svojo metodo je merjencu določil lego na posameznem vektorju in polvektorju (v ta namen je posamezne vektorje in polvektorje prikazal kot premere (vektorji) in polmere (polvektorji) kroga) kot posamezno točko, nato pa te točke povezal v lik, ki je predstavljal morfološko sliko merjenca (Škerlj, 1959, cit. po Zerbo-Šporin, 2002). Sestavo telesa pa je obravnaval tudi kot vsoto volumnov telesnih podenot. Izpeljal je enačbe za izračun delnih telesnih volumnov, kot so volumen okostja, skeletnega mišičja, notranjih organov in podkožnega maščevja (Škerlj, 1954, cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

Raziskave telesne sestave je pod Škerljevim mentorstvom nadaljeval Pogačnik. S Škerljem sta v soavtorstvu ugotovila, da volumen maščevja pri moških ne dosega kostnega volumna, pri ženskah pa ga celo presega (Pogačnik in Škerlj, 1961, cit. po Zerbo-Šporin, 2002). Pogačnik je tudi podal oceno deležev posameznih tkiv: pri moških predstavlja okostje 19 % telesa, maščevje 15 %, mišičje in organi pa 65 %. Pri ženskah je delež okostja nižji (17 %), delež maščevja pa višji (24 %) (Pogačnik, 1966, cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

Brodarjeva je na osnovi obsežnih longitudinalnih meritev študentske populacije v letih 1954/55 – 1964/65 ugotovila, da v času študija vsi rastni procesi še niso zaključeni. Zasledila je, da značilne prirastke širine kolena ter večine obsegov in sklepala, da se mišično-kostna telesna komponenta med študijem še razvija (Brodar, 1960, 1961, 1981, cit. po Zerbo-Šporin, 2002). Ugotovila je tudi, da imajo moški enakomernejše razporejeno podkožno maščevje (Brodar, 1960, cit. po Zerbo-Šporin, 2002). S faktorsko analizo je izločila tri faktorje: faktor razvitosti okostja, mišično-volumski faktor in maščobni faktor Brodar, 1974, 1981, cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

Analize telesne sestave slovenskih študentov sta nadaljevali Štefančič in Tomazo-Ravnik. Primerjali sta športno aktivne študente in tiste, ki se s športom ne ukvarjajo. Sklepali sta, da so večji telesni obsegi in tanjše kožne gube športnikov posledica hipertrofije mišično-kostnega sistema (Štefančič in Tomazo-Ravnik, 1992, cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

Tomazo-Ravnik je v doktorski disertaciji preučevala telesno sestavo in somatotip 14-21 let starih merjencev. Telesno sestavo je najprej vrednotila z razmerjem med telesno višino in telesno maso. ITM je v času od 14. do 18. leta precej stabilen, razdelitev po kategorijah pa kaže dinamiko spreminjanja zamaščenosti v juvenilnem obdobju. V vseh starostnih skupinah prevladujejo merjenci z normalno telesno maso glede na svojo višino. Od mlajše skupine k starejši pa se večja število prekomerno težkih predstavnikov in manjša število lažjih oseb. Mladinke in študentke ter mladinci imajo pretežno periferno porazdelitev maščevja. moški študenti pa imajo več podkožnega maščevja na trupu. Na osnovi antropometričnih mer je izpeljala tudi dvo- in petdelno telesno sestavo. Dvokomponentno analizo telesne sestave je izvedla s pomočjo regresijskih enačb. Zasledila je rast povprečne telesne gostote od skupine mlajši mladinci k skupini študenti. Količina maščevja je bila znatno višja v ženskih skupinah, količina brezmaščobne telesne mase pa v moških skupinah. Po metodi Kerrove pa je razdelila telesno maso na pet delov, in sicer: kožo, podkožno maščevje, mišičje, okostje in preostanek. Koža predstavlja približno 5 % telesne mase pri obeh spolih, maščevje približno 27 % pri moških in 35 % pri ženskah, mišičje pa približno 39 % pri moških in 32 % pri ženskah. 17 % mase telesa moških in 18 % mase telesa žensk predstavlja okostje, preostanek pa približno 10 % telesne mase moških in 8 % telesne mase žensk (Tomazo-Ravnik, 1994). Določila je tudi tkivno sestavo nadlahti in goleni pri 14. do 18. let starih merjencih. Ugotovila je, da imajo fantje značilno večjo mišično površino na nadlahti (Tomazo-Ravnik, 2000).

Nekaj raziskav na področju telesne sestave je bilo v Sloveniji izvedenih tudi na otrocih in dijakih. Štefančič je na seriji otrok iz Šentjerneja preučevala telesno višino, telesno maso in obseg prsnega koša ter spremembe opisala s Pignetovim indeksom. Med 11. in 14. letom je opazila relativno večji prirastek telesne mase in obseg prsnega koša glede na prirastek telesne višine (Štefančič, 1973, cit. po Zerbo-Šporin, 2002). Na vzorcu ljubljanskih šolarjev in študentov starih 6-20 let je analizirala debelino podkožnega maščevja. V tem obdobju so se dekletom povečale vse izmerjene kožne gube, fantom pa le debelina trupnih kožnih gub (Štefančič, 1988, cit. po Zerbo-Šporin, 2002; Štefančič in Leben-Seljak, 1994, cit. po Zerbo-Šporin, 2002; Štefančič in sod., 1996, cit. po Zerbo-Šporin, 2002). Tudi Tomazo-Ravnik je na svojih merjencih opazila dinamiko spreminjanja telesne zamaščenosti. Med 14. in 18. letom se fantom in dekletom postopoma povečuje količina telesnega maščevja. Pri 16 let starih fantih pa je opazila zmanjšanje mase maščevja (Tomazo-Ravnik, 1996; 1998). Štefančič in Tomazo-Ravnik sta v času pubertete longitudinalno spremljali spreminjanje telesne višine in mase, obsega nadlahti, debeline kožnih gub in ITM-ja. S Slaughterjevo regresijo sta analizirali dvokomponentno telesno sestavo, s Frisanchovo metodo pa sta izračunali nadlahtno mišično in maščobno površino. Ugotovili sta, da se dekleta intenzivneje razvijajo med 10. in 12. letom, dečki pa med 12. in 14. letom. 12 let stara dekleta imajo glede na svoje vrstnike višje vrednosti vseh izmerjenih mer, razen FFM-ja, ki je v vseh starostih višji pri dečkih. V obdobju pubertete se količina maščevja in brezmaščobna telesna masa deklic značilno ne spreminjata, pri dečkih pa sta zasledili rast FFM-ja. Menita, da je večanje obsega nadlahti dečkov posledica intenzivne

rasti mišičja na nadlahti, medtem ko se deklicam mišična in maščobna masa na nadlahti med obdobjem merjenja povečujeta enakomerno (Štefančič in Tomazo-Ravnik, 1998).

Tomazo-Ravnik in Jakopič v novejšem času opravita pionirsko raziskavo v Sloveniji o spremembi telesne mase, odstotka telesnega maščevja, ITM-ja, brezmaščobne mase telesa (FFM), celotne količine telesne vode (TBW) in bazalnega metabolizma (BMR) tekom menstrualnega ciklusa pri 19-25 let starih ženskah. Menstrualni cikel razdelita na tri faze:

1. faza (menstruacija, 1-5 dan cikla)
2. faza (pozna folikularna faza, 8-12 dan cikla)
3. faza (sredina lutealne faze, 18-23 dan cikla)

Ugotovita značilen upad telesne mase in BMR-ja med 1. in 2. fazo. Med 2. in 3. fazo pa se zelo značilno zvišajo telesna masa, BMR, FFM ter TBW. Odstotek telesnega maščevja in ITM v vseh treh fazah ostaneta praktično nespremenjena (Jakopič in Tomazo-Ravnik, 2006).

Sirc v diplomskem delu opravi raziskavo na naključnem vzorcu pripadnikov SV, starih od 21 do 35 let. Povprečni ITM vzorca je znašal $25,9 \text{ kg/m}^2$, povprečni odstotek telesnega maščevja ugotovljen z BIA metodo je znašal 18,3, z metodo merjenja debeline kožnih gub pa 17,8 (Sirc, 2006).

Podobno raziskavo kot Sirc opravi tudi Praprotnik v diplomskem delu. Obravnava 50 pripadnikov SV, v starosti od 21-30 let. Večina preiskovancev se je s športom ukvarjala rekreativno (do 3 krat na teden). Povprečen ITM vzorca je znašal $25,95 \text{ kg/m}^2$, za izračun odstotka telesnega maščevja pa je uporabila 2 različni metodi: metodo, ki temelji na debelini kožnih gub (uporabi 3 različne regresijske enačbe) ter metodo, ki temelji na analizi bioelektrične impedance (BIA). Z metodo merjenja debeline kožnih gub je izračunala sledeče odstotke telesnega maščevja: 17,28 % (po Jacksonu in Pollocku), 24,42 % (po Lohmanu) ter 21,68 % (po Durninu in Womersleyu). Odstotek telesnega maščevja izmerjen z BIA metodo je bil 18,09 (Praprotnik, 2006).

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 MERJENKE IN MERJENCI

Naši merjenci predstavljajo naključno izbrani vzorec zdrave populacije. Vsi so zaposleni v Slovenski vojski. Oseb, ki so sodelovale v meritvah, je bilo 225. Od teh je bilo 144 pripadnikov SV (Slovenske vojske), 2 pripadnici SV, 50 civilistov, zaposlenih v SV ter 29 civilistk, zaposlenih v SV (Tabela 3).

Tabela 3: Delitev merjenk in merjencev po spolu in statusu

	moški	ženske	skupaj
vojaške osebe	144	2	146
civilne osebe	50	29	79
skupaj	194	31	225

Starost merjencev se je gibala od 19 do 58 let. Meritve so potekale od 13.03.2005 do 19.04.2005 in so bile na vsaki osebi opravljene le enkrat. Pri zbiranju podatkov smo se časovno omejili, da bi se izognili morebitnim napakam, ki utegnejo izvirati iz variiranja določenih parametrov glede na letni čas. Za opravljanje meritev smo pridobili soglasje KOMISIJE RS ZA MEDICINSKO ETIKO.

3.2 METODE DELA

Vse meritve so potekale v laboratoriju Zdravstvene službe MZO RS v Ljubljani. Bile so opravljene v sklopu sistematičnih zdravstvenih pregledov. Opravljene meritve lahko v osnovi razdelimo na meritve antropometričnih parametrov (telesna višina, telesna masa, indeks telesne mase, odstotek telesnega maščevja) in biokemijske krvne preiskave (koncentracija holesterola, trigliceridov, glukoze).

Vsi preiskovanci, ki so sodelovali v nalogi ter zdravstveni delavci, so od Oddelka za laboratorijsko diagnostiko Zdravstvene službe MZO RS (Ministrstva za obrambo Republike Slovenije) prejeli navodila pred odvzemom vzorca krvi za laboratorijske analize, saj je za pravilno vrednotenje laboratorijskih analiz potrebno odvzeti biološke vzorce pod posebnimi pogoji. Ti pogoji so bili:

1. Preiskovancev mora biti tešč 14 do 16 ur pred odvzemom (brez pitja kave, čaja, soka, mleka, ...).
2. Odvzem krvi se vrši med 7.30 in 9.30 uro zjutraj.
3. Dan pred odvzemom preiskovanec ne izvaja fizičnih naporov.
4. Preiskovanec pred odvzemom krvi ne sme uživati preparate, kateri bi vplivali na lipide, glukozo, ..., v plazmi.
5. Telesna teža naj ne bi bila spremenjena dva tedna pred odvzemom krvi.

6. Preiskovanec pred odvzemom obvesti zdravstvenega tehnika o morebitni dieti in uživanju zdravil (tudi kontracepcijskih sredstev).
7. V laboratoriju se ne analizirajo prineseni vzorci urina.
8. V laboratoriju ZC se vrši odvzem krvi iz vene v ležečem položaju.
9. Po možnosti naj preiskovanec mirno sedi pred laboratorijem vsaj 20 minut.
10. Preiskovanci, ki se aktivno ukvarjajo s športom in prihajajo na pregled prvič, naj 72 ur pred odvzemom vzorca krvi prekinejo s treningom.

Vse osebe so bile predhodno pregledane pri zdravniku specialistu medicine dela; opravile so tudi laboratorijski pregled, ki je vseboval hematološke in biokemijske preiskave, in sicer:

- sedimentacijo eritrocitov
- število levkocitov
- vse parametre rdeče krvne slike
- diferencialno krvno sliko (relativno in absolutno število posameznih vrst levkocitov)
- pregled urina na beljakovine, sladkor, urobilinogen, urobilin in sediment
- koncentracijo glukoze v krvi
- transaminaze.

Vse osebe so bile v laboratoriju obdelane po enotnih kriterijih, in sicer:

- bile so tešč
- odvzem krvi in urina se je vršil med 7.30 in 11.00 dopoldne
- pri odvzemu venozne krvi so bile v sedečem položaju.

Upoštevač vse navedene kriterije smo s pomočjo zdravnikov specialistov medicine dela izbrali zdravo populacijo, ki je bila predmet naše obdelave.

Opredelitev za zdravo osebo je bila rezultat sistematskega preventivnega pregleda, klinične in delovne anamneze ter hematoloških in biokemijskih preiskav.

Iz vzorca so odpadle vse osebe z zvišano sedimentacijo eritrocitov, zvišanim ali znižanim številom levkocitov, nenormalno diferencialno krvno sliko, patološkim izvidom urina, patološkimi izvidi biokemijskih preiskav in povišanim krvnim tlakom.

3.2.1 Antropometrične metode

3.2.1.1 Uporabljeni antropometrični merski inštrumenti

Telesna višina merjenk in merjencev je bila izmerjena z antropometrom, ki je ustrezal zahtevam I.B.P.

Telesna teža, indeks telesne mase in odstotek telesnega maščevja so bili izmerjeni s Tanita TBF-305 merilcem bioelektrične impedance. Ta aparat neposredno meri telesno težo in

bioelektrično upornost, ob vnosu telesne višine in izbiri parametrov meritve (spol, starost, fizična kondicija) pa izračuna indeks telesne mase ter odstotek telesnega maščevja. Podatki, dobljeni s tem aparatom, le za 2-3 % odstopajo od meritev z DEXA-metodologijo (Heyward in Stolarczyk, 1996; Nunez in sod., 1998, cit. po Zerbo-Šporin, 2002) in visoko korelirajo ($r=0,88$) z rezultati podvodnega tehtanja (Nunez in sod., 1994b, cit. po Zerbo-Šporin; Sakamoto in sod., 1994, cit. po Zerbo-Šporin, 2002). Telesna upornost, izmerjena s stopalno-stopalnim sistemom, značilno korelira ($r=0,77-0,99$) z upornostjo, določeno s klasično BIA-tehnologijo, ki zahteva natančno namestitev in priklop elektrod (Nunez in sod., 1994b, cit. po Zerbo-Šporin, 2002; Nunez in sod., 1997a, cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

Prednosti naprave Tanita TBF-305 so:

- enostavna uporaba
- merjenec med meritvijo stoji
- priklop elektrod na merjenca ni potreben
- obenem meri telesno težo in upornost telesa
- omogoča natančno merjenje
- prenosni inštrumentarij je uporaben tudi za meritve na terenu
- visoka ponovljivost meritev ($r=0,99$)

(Nunez in sod., 1994b, cit. po Zerbo-Šporin, 2002; Sakamoto in sod., 1994, cit. po Zerbo-Šporin, 2002; Hanley in sod., 1994, cit. po Zerbo-Šporin, 2002; Ohno in sod., 1994, cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

Pogoji za pravilno merjenje telesne upornosti:

- z alkoholom razkužene elektrode
 - merjenci na elektrode stopijo z bosima stopaloma
 - merjenke ne smejo biti v menstrualnem obdobju ciklusa
 - merjenci tik pred meritvijo izpraznijo mehur
 - 12 ur pred meritvijo oseba ne sme uživati alkohola, diuretikov, ne sme obiskati savne in izvajati intenzivne fizične aktivnosti; zaradi omenjenih dejavnikov lahko nastopi dehidracija
 - na dan meritve oseba ne sme zaužiti prevelikih količin hrane in tekočine
 - zmerno uživanje hrane in pijače naj bo vsaj 3 ure pred meritvijo
- (Nunez in sod., 1998, cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

Lastnosti Tanite TBF-305:

frekvenca električnega toka.....	50 kHz
jakost električnega toka.....	500 μ A
točke merjenja.....	obe stopali
razpon meritve upornosti.....	150-900 Ω
razpon meritve mase.....	0,2-270 kg
izpis parametrov.....	telesna teža (kg)
	upornost (Ω)
	odstotek telesnega maščevja (% BF)
	masa telesnega maščevja (FM)

brezmaščobna telesna masa (FFM)
masa telesne vode (TBW)
indeks telesne mase (BMI)

TBF-305 stopalno-stopalni sistem za merjenje telesne upornosti je sestavljen iz analizne plošče s štirimi kontaktnimi elektrodami, nadzorne plošče, ki omogoča nastavitev meritve in odčitavanje rezultatov, ter tiskalnika. Dve elektrodi sta nameščeni tako, da jih pokriva anteriorni del stopala, ostali dve pa pokriva posteriorni del. Enofrekvenčni (50 kHz) tok preide iz sprednjih elektrod, prek spodnjih okončin, do zadnjih elektrod. Tanita TBF-305 dejansko meri upornost spodnjih okončin, iz katere preračuna celotno telesno upornost (Nunez in sod., 1997a, cit. po Zerbo-Šporin, 2002; Nunez in sod., 1997b, cit. po Zerbo-Šporin, 2002; Nunez in sod., 1998, cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

Na osnovi izmerjene upornosti in telesne teže ter vnešene telesne višine analizator izračuna % BF glede na izbrano regresijsko enačbo. Enačbo lahko izbiramo na nadzorni plošči z nastavitvijo naslednjih parametrov:

- a) izbira spola (Male/Female)
- b) izbira starosti (Child/Adult)
- c) regresijska enačba, primerna za vrhunske športnike (Athlete); vse regresijske enačbe Tanite TBF-305 so nam neznane.

3.2.1.2 Izmerjeni antropometrični parametri in način merjenja

- **TELESNA VIŠINA**

Oseba je stala na ravni podlagi, roke je imela spuščeni ob telesu, dlani obrnjeni k stegnom. Glavo je imela v frankfurtski legi. Bila je bosa, telesno težo pa je enakomerno razporedila na obe nogi. Koleni sta se dotikali, stopali sta z medianima robovoma tvorili kot približno 60°. Telesna višina je bila izmerjena z antropometrom, od podlage – basis, do najvišje točke na glavi – vertex (Lohman, 1988, cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

- **TELESNA MASA**

Telesna masa je bila izmerjena z aparaturo Tanita TBF-305. Oseba je stala na tehtnici sonožno, z enakomerno razporejeno težo po obeh stopalih. Stopala so bila bosa. Natančnost meritve je bila 200 g.

- **INDEKS TELESNE MASE (ITM)**

Meritev je potekala na enak način in sočasno z merjenjem telesne mase. Potrebno je bilo vnesti še parametre za izbiro regresijske enačbe ter telesno višino. V tabeli 4 se nahajajo orientacijske vrednosti indeksa telesne mase in njihovo ovrednotenje.

Tabela 4: Orientacijske vrednosti za ITM (kg/m^2) (O boleznih – izračun indeksa telesne mase, 2006).

STANJE PREHRANJENOSTI	podhranjeni	normalno prehranjeni	čezmerno prehranjeni; debelost I. stopnje	debeli; debelost II. stopnje	izredno debeli; debelost III. stopnje
ITM	do 18,49	18,5 - 24,9	25,0 - 29,9	30,0 - 39,9	40 in več

• Odstotek telesne maščobe (% BF)

Meritev je potekala podobno kot meritev telesne mase in BMI. Vnešeni parametri za izbiro regresijske enačbe in vnešena telesna višina se pri izračunu uporabijo tudi tukaj. % BF je bil izmerjen na 1 % natančno. V tabeli 5 se nahajajo referenčne vrednosti za % BF za moško populacijo (Body fat measuring – Know where you stand with your weight. 2006).

Tabela 5: Referenčne vrednosti za % BF za moško populacijo. Vrednosti so med seboj ločene po starostnih razredih (Body fat measuring – Know where you stand with your weight, 2006).

LETA	ODLIČNO	DOBRO	SREDNJE	SLABO
19-24	10,8	14,9	19,0	23,3
25-29	12,8	16,5	20,3	24,4
30-34	14,5	18,0	21,5	25,2
35-39	16,1	19,4	22,6	26,1
40-44	17,5	20,5	23,6	26,9
45-49	18,6	21,5	24,5	27,6
50-54	19,8	22,7	25,6	28,7
55-59	20,2	23,2	26,2	29,3
+60	20,3	23,5	26,7	29,8

3.2.2 Biokemijske metode

3.2.2.1 Uporabljeni biokemijski merski inštrumenti in oprema

Za analizo vzorcev krvi je bil uporabljen biokemični analizator znamke Kodak Ektachem 250 Analyzer. V samem postopku priprave in obdelave vzorca pa so bili uporabljeni še centrifuga, biokemične epruvete, volumetrična pipeta razreda A s pipetorskimi nastavki, stojalo za epruvete ter mikro reagenčne ploščice.

3.2.2.2 Izmerjeni biokemijski parametri in način merjenja

Merili smo koncentracije skupnega holesterola, skupnih trigliceridov in glukoze v vzorcih krvi merjenk in merjencev. Kot tehnološki proces obdelave bioloških vzorcev za

biokemijske preiskave je bila uporabljena t.i. suha kemija.

- HOLESTEROL

Po odvzemu vzorca krvi je bila iz vzorca krvi v roku 3 ur s centrifugiranjem odstranjena plazma (serum). Volumen vzorca je bil 5,5 μL ali 10 μL . Vzorec je bil nanešen na specifično mikroreagenčno ploščico, kjer je prišlo do kemijskih reakcij in tvorbe obarvanega produkta. Gostota obarvanega produkta je sorazmerna s koncentracijo holesterola v vzorcu krvi. Princip merjenja gostote obarvanega produkta je kolorimetrična metoda končne točke pri $\lambda = 540 \text{ nm}$, čas trajanja meritve je 5 minut pri $T = 37 \text{ C}^\circ$. Analizator meri gostoto optičnega odboja po določenem času inkubacije in izračuna koncentracijo holesterola.

Referenčne vrednosti so :

- zaželjena ($< 5,2 \text{ mmol/L}$)
- mejna visoka ($5,2 - 6,2$)
- visoka ($> 6,2 \text{ mmol/L}$)

(Third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III); Executive Summary.NIH Publication No.01-3670. National Institutes of Health. Bethesda. Maryland: May, 2001.)

- TRIGLICERIDI

Po odvzemu vzorca krvi je bila iz vzorca krvi v roku 4 ur s centrifugiranjem odstranjena plazma (serum). Volumen vzorca je bil 5,5 μL ali 10 μL . Tudi tukaj je bil vzorec nanešen na specifično mikroreagenčno ploščico. Ostali procesi so enaki kot pri določanju koncentracije holesterola.

Referenčne vrednosti (Third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III); Executive Summary.NIH Publication No.01-3670. National Institutes of Health. Bethesda. Maryland: May, 2001.):

- normalna ($< 1,69 \text{ mmol/L}$)
- mejna visoka ($1,69 - 2,25 \text{ mmol/L}$)
- visoka ($2,26 - 5,64 \text{ mmol/L}$)
- zelo visoka ($> 5,64 \text{ mmol/L}$)

- GLUKOZA

Po odvzemu vzorca krvi je bila iz vzorca krvi v roku 30 minut s centrifugiranjem odstranjena plazma (serum). Volumen vzorca je bil 10 μL . Vzorec je bil nanešen na specifično mikroreagenčno ploščico. Ostali procesi so enaki kot pri določanju koncentracije holesterola ali trigliceridov.

Referenčne vrednosti (Tietz NW (ed). Textbook of Clinical Chemistry. ed.3. Philadelphia: WB Saunders; 1985; 1999):

– 4,1 – 5,9 mmol/L

3.2.3 Statistične metode obdelave podatkov

Statistično analizo smo izvedli z računalniškim statističnim programom SPSS 13.0 v Windows okolju.

3.2.3.1 Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov

Vsakemu parametru smo za vsako skupino posebej (vojaki, civilisti, civilistke) določili najmanjšo (min), največjo (max) in povprečno (povpr.) vrednost, standardno napako povprečne vrednosti (SE), standardno deviacijo (STD) ter koeficient variacije (KV).

3.2.3.2 Analiza distribucij izmerjenih in izračunanih parametrov

Normalnost porazdelitev parametrov smo testirali s Shapiro-Wilk testom, saj njegovo rabo priporočajo za vzorce, ki štejejo od 3 do 2000; Kolmogorov-Smirnov test je primernejši za vzorce, ki štejejo nad 2000 (Test: Shapiro-Wilk Test for normality, 2006). Shapiro-Wilk test izračuna testno statistiko (W) in ustrezno signifikantnost. Ničelna hipoteza (H_0) predpostavlja, da je empirična porazdelitev enaka normalni porazdelitvi. Ničelne hipoteze ne zavržemo, če je signifikantnost večja od 0,05.

V analizo distribucij parametrov za naše skupine smo vključili tudi izračune kvantilov. Kvantil predstavlja vrednost spremenljivke (parametra), ki ustreza kvantilnemu rangi P. Kvantilni rang P v relativnem številu pove, kolikšen del celotne populacije ima manjše vrednosti od vrednosti obravnavane enote. V naši nalogi smo za kvantile izbrali centile, in sicer 5., 10., 25., 50., 75., 90. in 95. centil ter zanje izračunali vrednosti obravnavanih spremenljivk za vsako skupino posebej. Izračunane vrednosti za skupine smo primerjalno grafično predstavili z grafikoni kvantilov in grafi kumulativnih odstotkov.

3.2.3.3 Korelacije med parametri

Za vsako skupino posebej smo izračunali korelacije med parametri. Pri tem smo uporabili program SPSS 13.0. Uporabili smo dve vrsti korelacij: Pearsonove korelacije in Spearmanove korelacije rangov. Pri korelacijah iščemo zvezo med spremenljivkami (parametri), pri čemer nas ne zanimajo vzročno-posledični odnosi.

Pri Pearsonovih korelacijah ugotavljamo linearno zvezo med spremenljivkami, pri čemer morajo naše spremenljivke izpolnjevati določene predpostavke (pogoje):

- naključno vzorčenje
- neodvisne meritve
- normalnost porazdelitve

Vsi parametri, ki smo jih pri določeni skupini uporabili v izračunu Pearsonovih korelacij, so ustrezali naštetim domnevam.

Ničelna hipoteza (H_0) pravi, da med parametroma ni linearne povezave. Programski paket SPSS 13.0 nam postreže z dvema vrstama rezultatov, in sicer s Pearsonovim korelacijskim koeficientom (R) ter signifikantnostjo za izračunani R . Korelacijski koeficient nam postreže z informacijo o moči korelacije med parametroma, njegove vrednosti se gibljejo v razponu od +1 do -1. Vrednosti +1 in -1 kažeta na največjo možno linearno zvezo med parametroma, 0 pa kaže na popolno odsotnost linearne zveze med parametroma.

Spearmanove korelacije rangov lahko štejemo kot alternativo Pearsonovim korelacijam, kjer parametri ne izpolnjujejo zahteve po normalni porazdelitvi. Spearmanove korelacije rangov namreč ne zahtevajo posebne oblike porazdelitve vzorca, zato so v poštev pri izračunu Spearmanovih korelacij rangov prišli prav vsi parametri. Pri tej vrsti korelacij iščemo zgolj monotono zvezo med spremenljivkami. Ničelna hipoteza (H_0) pravi, da med parametroma ni monotone zveze. SPSS 13.0 izračuna Spearmanov korelacijski koeficient (ρ) ter zanj ustrezno signifikantnost. Vrednosti ρ se gibljejo v razponu od +1 do -1, kjer vrednosti +1 in -1 kažeta na največjo možno monotono zvezo med parametroma, vrednost 0 pa kaže na popolno odsotnost takšne zveze.

Signifikantnost pri obeh vrstah korelacij kaže na verjetnost rezultata (R , ρ). Če je signifikantnost manjša od 0,05, tedaj lahko trdimo, da naš korelacijski koeficient verjetno ni rezultat naključja in v tem primeru H_0 zavržemo.

3.2.3.4 Multipla linearna regresija

Z multiplo linearno regresijo ugotavljamo linearni odnos med eno odvisno spremenljivko (parametrom) in več neodvisnimi spremenljivkami (parametri). Njihovo zvezo lahko podamo kot matematično formulo (17):

$$Y = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2 + \dots + e \quad \dots(17),$$

kjer Y predstavlja odvisno spremenljivko (parameter); B_0 je konstanta ali presečišče z Y osjo, če so vse vrednosti X enake 0; B_i predstavlja i -ti regresijski koeficient (nestandardiziran koeficient), ki nam pove za koliko se Y spremeni, če X_i povečamo za 1 enoto; X_i je i -ta neodvisna spremenljivka (parameter) v linearni kombinaciji neodvisnih spremenljivk; e predstavlja napako, ki izvira iz nepojasnjene variance Y (varianca, ki je ne moremo pojasniti z modelom, oziroma formulo). S programskim paketom SPSS 13.0 smo izračunali nestandardizirane (B) in standardizirane (β) regresijske koeficiente ter

ustrezne signifikantnosti zanje, B_0 in signifikantnost za B_0 , determinacijski koeficient (R^2) ter ustrezno signifikantnost za R^2 .

V multipli linearni regresiji testiramo dve vrsti hipotez. Z eno hipotezo testiramo, ali se R^2 značilno razlikuje od 0. Ničelna hipoteza (H_0) pravi, da se R^2 ne razlikuje značilno od 0. Če je signifikantnost za R^2 manjša od 0,05, tedaj H_0 zavržemo. Drugi tip hipotez testira, ali se standardizirani (beta) in nestandardizirani (B) regresijski koeficienti značilno razlikujejo od 0. Ničelna hipoteza (H_0) v tem primeru pravi, da se regresijski koeficient (B in beta) ne razlikuje značilno od 0. H_0 za določeni regresijski koeficient (B in beta) zavržemo, če je signifikantnost zanj manjša od 0,05.

Napovedno moč modela izrazimo z determinacijskim koeficientom (R^2), ki pove kolikšen delež skupne variance odvisne spremenljivke (parametra) pojasnjuje naš model, verjetnost, oziroma sprejemljivost modela pa izrazimo s signifikantnostjo za R^2 .

Pogoji, ki morajo biti izpolnjeni za izvedbo linearne regresije so:

- naključno vzorčenje
- neodvisne meritve
- ostanki (razdalje od točk, ki so določene z našim vzorcem, do hipotetične regresijske premice) morajo imeti normalno ali približno normalno porazdelitev
- varianca ostankov mora biti približno konstantna vzdolž hipotetične regresijske premice

Naši vzorci so pri testiranih parametrih zadostili zgoraj naštetim pogojem.

3.2.3.5 T - test

S t-testom smo testirali domneve o enakosti povprečnih vrednosti parametrov med skupinami. Ničelna hipoteza (H_0) pravi, da med povprečjema za dani parameter med skupinama ni razlik. Z SPSS 13.0 smo izračunali testne statistike (t) in signifikantnosti zanje, samodejno pa SPSS 13.0 opravi t-test za primer enakosti varianc testiranega parametra, kot tudi modificirano obliko t-testa za primer neenakosti varianc. V izračunu se nahaja tudi Levenov test enakosti varianc (varianci sta enaki, če je signifikantnost F statistike Levenovega testa večja od 0,1), na osnovi česar se nato odločimo za izbiro pravilnega rezultata. H_0 t-testa zavržemo, če je signifikantnost manjša od 0,05.

Za izvedbo t-testa morajo vzorci izpolnjevati sledeče kriterije:

- naključno vzorčenje
- neodvisne meritve
- približno normalne porazdelitve
- vzorca morata imeti normalno varianco (vendar SPSS 13.0 istočasno opravi tudi modificiran t-test za primer neenakosti varianc)

Parametri, ki smo jih testirali, so ustrezali zgoraj naštetim domnevam.

3.2.3.6 Metoda razvrščanja v skupine

S to metodo smo skušali ugotoviti, ali znotraj posameznih skupin obstajajo podskupine, ki se značilno ločijo med seboj. Potrebne izračune in razvrščanje smo opravili s programom SPSS 13.0. Ker v tem primeru ne preizkušamo določenih domnev, so pogoji za izvedbo metode dokaj ohlapni. Porazdelitev parametrov v tem primeru ne predstavlja omejitev. Vzorec pa vendarle mora biti naključno izbran. Za merilo razdalje med posameznimi točkami (predstavljajo posamezne osebe iz vzorca) v osemdimenzionalnem parametričnem prostoru smo izbrali "log-likelihood". Bil je uporabljen BIC (Schwarz's Bayesian criterion) razvrstitveni kriterij. Število skupin je program SPSS 13.0 določil samodejno. Skupine so bile tvorjene na osnovi vseh (8) parametrov, ki smo jih predstavili v nalogi.

4 REZULTATI

4.1 OPISNA STATISTIKA IZMERJENIH IN IZRAČUNANIH PARAMETROV

4.1.1 Vojaki

V tabeli 6 so predstavljene najmanjše in največje vrednosti izmerjenih in izračunanih parametrov pri vojaki, njihove povprečne vrednosti, standardne napake povprečij, standardne deviacije ter koeficienti variacij. Osnovni vzorec šteje 144 vojakov. Iz njega smo izločili vse tiste osebe, ki predstavljajo zunanje točke (outlier) po posameznih parametrih. Iz raziskave smo izločili 22 vojakov. Končni vzorec tako šteje 122 vojakov.

Vojaki v obravnavanem vzorcu so v povprečju stari približno 35 let, s standardno deviacijo skoraj 8 let.

Povprečna telesna višina znaša skoraj 180 cm. Obenem telesna višina sodi med najbolj homogene parametre v vzorcu s koeficientom variacije (KV) 0,03. Nizke koeficiente variacij imajo še parametri holesterol (KV = 0,02), s povprečno vrednostjo 5,17 mmol/L in glukoza (KV = 0,08), s povprečno vrednostjo 5,21 mmol/L.

Povprečna telesna masa znaša skoraj 85 kg, s koeficientom variacije 0,15. Podoben koeficient variacije ima tudi indeks telesne mase (KV = 0,13), s povprečno vrednostjo 26,17 kg/m².

Med najbolj variabilna parametra sodita odstotek telesnega maščevja (KV = 0,36), s povprečjem 14,38 % ter vsebnost trigliceridov v krvi (KV = 0,49), s povprečno vrednostjo 1,33 mmol/L.

Tabela 6: Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov (vojaki).

	N	min	max	povpr.	SE	STD	KV
STAROST (leta)	122	19,00	53,00	34,63	0,70	7,75	0,22
VIŠINA (cm)	122	164,00	193,00	179,81	0,55	6,03	0,03
TEŽA (kg)	122	55,40	119,60	84,83	1,15	12,66	0,15
ITM (kg/m ²)	122	18,60	34,80	26,17	0,30	3,32	0,13
M (%)	122	2,60	27,80	14,38	0,47	5,24	0,36
HOL (mmol/L)	122	2,40	8,20	5,17	0,09	1,03	0,20
TRIGL (mmol/L)	122	0,32	2,86	1,33	0,06	0,66	0,49
GLC (mmol/L)	122	4,40	6,30	5,21	0,04	0,40	0,08

4.1.2 Civilisti

V tabeli 7 so predstavljene najmanjše in največje vrednosti izmerjenih in izračunanih parametrov pri civilistih, zaposlenih v Slovenski vojski, njihove povprečne vrednosti, standardne napake povprečij, standardne deviacije ter koeficienti variacij

Osnovni vzorec šteje 50 civilistov. Tudi tukaj smo izločili vse tiste osebe, ki imajo po posameznih parametrih prevelike ali premajhne vrednosti, oz. zunanje točke. Iz raziskave smo izločili 16 oseb, tako končni vzorec šteje 34 civilistov.

Povprečna starost v obravnavanem vzorcu civilistov je približno 30 let. V višino merijo civilisti v povprečju 178 cm, s povprečno telesno maso skoraj 79 kg. Povprečne vrednosti za ostale parametre so: ITM (24,79 kg/m²), M (19,69 %), HOL (4,74 mmol/L), TRIGL (1,06 mmol/L), GLC (5,05 mmol/L).

Variabilnost vrednosti posameznih parametrov je zelo primerljiva z variabilnostjo parametrov, kot je bila opažena pri vojaki, saj so koeficienti variacij približno enako veliki pri obeh skupinah.

Tabela 7: Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov (civilisti).

	N	min	max	povpr.	SE	STD	KV
STAROST (leta)	34	20,00	46,00	29,68	1,17	6,79	0,23
VIŠINA (cm)	34	169,00	187,00	178,00	0,79	4,59	0,03
TEŽA (kg)	34	58,80	98,00	78,62	1,77	10,30	0,13
ITM (kg/m ²)	34	19,30	30,20	24,79	0,49	2,85	0,12
M (%)	34	8,50	30,30	19,69	0,97	5,67	0,29
HOL (mmol/L)	34	3,20	6,70	4,74	0,15	0,87	0,18
TRIGL (mmol/L)	34	0,49	2,43	1,06	0,08	0,46	0,44
GLC (mmol/L)	34	4,50	5,70	5,05	0,05	0,30	0,06

4.1.3 Vojakinje

V raziskavo sta bili vključeni le dve vojakinji, kar je premalo za resnejšo statistično analizo, zato njunih meritev nismo predstavili.

4.1.4 Civilistke

V tabeli 8 so predstavljene najmanjše in največje vrednosti izmerjenih in izračunanih parametrov pri civilistkah, zaposlenih v Slovenski vojski, njihove povprečne vrednosti, standardne napake povprečij, standardne deviacije ter koeficienti variacij

Podobno kot v predhodnih skupinah smo tudi v skupini civilistk izločili zunanje točke po posameznih parametrih. Osnovni vzorec je štel 29 oseb, po izločitvi zunanjih točk pa 22 oseb.

Povprečna starost v skupini civilistk znaša približno 32 let, v povprečju civilistke tehtajo 63 kg in v višino merijo 166 cm, z indeksom telesne mase 23 kg/m² in 32,39 odstotka telesnega maščevja. Povprečne vrednosti za raven holesterola, trigliceridov in glukoze v krvi znašajo 5,07 mmol/L, 0,86 mmol/L in 4,92 mmol/L.

Variabilnost posameznih parametrov je primerljiva z obema moškima skupinama. Večje odstopanje je opaziti le pri koeficientu variacije odstotka telesnega maščevja, ki pri civilistkah znaša le 0,16 ($KV_{\text{vojaki}} = 0,36$; $KV_{\text{civilisti}} = 0,29$).

Tabela 8: Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov (civilistke).

	N	min	max	povpr.	SE	STD	KV
STAROST (leta)	22	20,00	49,00	31,55	1,68	7,87	0,25
VIŠINA (cm)	22	157,00	175,00	165,55	1,02	4,77	0,03
TEŽA (kg)	22	47,40	77,80	62,95	1,82	8,55	0,14
ITM (kg/m ²)	22	19,20	27,60	22,91	0,53	2,49	0,11
M (%)	22	22,80	42,20	32,39	1,08	5,06	0,16
HOL (mmol/L)	22	3,60	6,60	5,07	0,16	0,77	0,15
TRIGL (mmol/L)	22	0,51	1,35	0,86	0,06	0,27	0,31
GLC (mmol/L)	22	4,30	5,50	4,92	0,07	0,31	0,06

4.2 ANALIZA DISTRIBUCIJ IZMERJENIH PARAMETROV

4.2.1 Vojaki

V tabeli 9 so prikazane vrednosti statistik in signifikantnosti Shapiro-Wilk testov normalnosti distribucij parametrov, izmerjenih pri vojakihi. Iz tabele je razvidno, da le za parametre starost, trigliceridi in glukoza ne velja predpostavka normalne porazdelitve, kar obenem pomeni, da ti parametri niso primerni za nekatere parametrične teste.

Tabela 9: Statistike in signifikantnosti Shapiro-Wilk testa normalnosti distribucije parametrov (vojaki), N = 122.

Parameter	Statistika (W)	df	Sig.
STAROST (leta)	0,978	122	0,045
VIŠINA (cm)	0,991	122	0,593
TEŽA (kg)	0,983	122	0,122
ITM (kg/m ²)	0,985	122	0,206
M (%)	0,985	122	0,210
HOL (mmol/L)	0,990	122	0,483
TRIGL (mmol/L)	0,931	122	0,000
GLC (mmol/L)	0,977	122	0,035

4.2.2 Civilisti

V tabeli 10 so prikazane vrednosti statistik in signifikantnosti Shapiro-Wilk testov normalnosti distribucij parametrov, izmerjenih pri civilistih. Starost in trigliceridi sta parametra, ki nista normalno porazdeljena. Parameter teža je glede signifikantnosti testa skorajda normalno porazdeljen.

Tabela 10: Statistike in signifikantnosti Shapiro-Wilk testa normalnosti distribucije parametrov (civilisti), N = 34.

Parameter	Statistika (W)	df	Sig.
STAROST (leta)	0,885	34	0,002
VIŠINA (cm)	0,950	34	0,125
TEŽA (kg)	0,937	34	0,049
ITM (kg/m ²)	0,976	34	0,639
M (%)	0,971	34	0,496
HOL (mmol/L)	0,981	34	0,816
TRIGL (mmol/L)	0,897	34	0,004
GLC (mmol/L)	0,966	34	0,353

4.2.3 Civilistke

V tabeli 11 so prikazane vrednosti statistik in signifikantnosti Shapiro-Wilk testov normalnosti distribucij parametrov, izmerjenih pri civilistkah. Vrednosti testov kažejo, da ni normalno porazdeljen le parameter trigliceridi, vendar tudi ta glede signifikantnosti ne odstopa prav veliko.

Tabela 11: Statistike in signifikantnosti Shapiro-Wilk testa normalnosti distribucije parametrov (civilistke), N = 22.

Parameter	Statistika (W)	df	Sig.
STAROST (leta)	0,944	22	0,243
VIŠINA (cm)	0,957	22	0,429
TEŽA (kg)	0,959	22	0,474
ITM (kg/m ²)	0,919	22	0,072
M (%)	0,944	22	0,242
HOL (mmol/L)	0,982	22	0,948
TRIGL (mmol/L)	0,909	22	0,046
GLC (mmol/L)	0,945	22	0,255

4.2.4 Kvantili izmerjenih parametrov

V naslednjem poglavju so predstavljeni kvantili posameznih parametrov pri skupinah vojaki, civilisti in civilistke. Kvantil predstavlja vrednost spremenljivke (parametra), ki ustreza kvantilnemu rangi P. Kvantilni rang P v relativnem številu pove, kolikšen del celotne populacije ima manjše vrednosti od vrednosti obravnavane enote. V naši nalogi smo za kvantile izbrali centile, in sicer 5., 10., 25., 50., 75., 90. in 95. centil ter zanje izračunali vrednosti obravnavanih spremenljivk. Vrednosti kvantilov (centili) za vojake so predstavljene v tabeli 12, kjer so za primerjavo prikazani tudi rezultati iz skupin civilisti in civilistke.

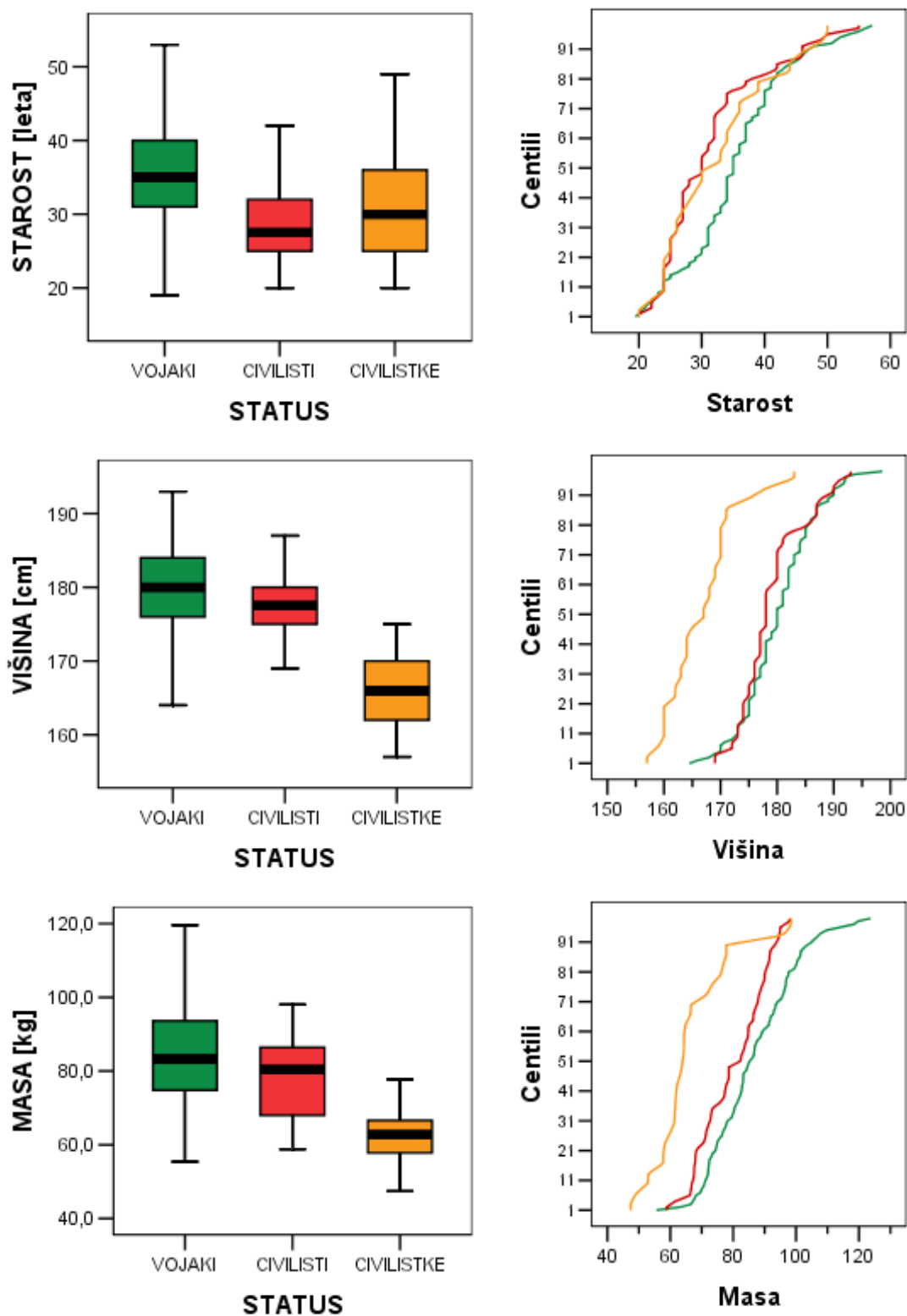
Tabela 12: Kvantili (centili) pri parametrih za skupine vojaki (N=122), civilisti (N=34) in civilistke (N=22).

PARAMETER	STATUS	CENTILI						
		5	10	25	50	75	90	95
STAROST [leta]	VOJAKI	21	23	31	35	40	45	49
	CIVILISTI	22	23	25	28	32	42	46
	CIVILISTKE	20	23	25	30	36	45	49
VIŠINA [cm]	VOJAKI	170,0	172,3	176,0	180,0	184,0	187,7	190,0
	CIVILISTI	171,3	172,5	174,8	177,5	180,0	186,5	187,0
	CIVILISTKE	157,3	159,3	161,5	166,0	170,0	170,7	174,4
MASA [kg]	VOJAKI	67,3	70,2	74,8	83,2	93,8	101,4	107,1
	CIVILISTI	64,4	66,7	68,0	80,4	86,6	91,7	95,3
	CIVILISTKE	47,7	50,3	57,8	62,7	67,9	77,3	77,8
ITM [kg/m ²]	VOJAKI	20,8	22,4	23,6	26,0	28,3	30,9	32,2
	CIVILISTI	20,3	21,2	22,4	24,8	26,9	29,1	29,8
	CIVILISTKE	19,2	19,7	21,1	22,3	24,7	27,5	27,6
M [%]	VOJAKI	5,9	7,7	10,8	13,9	17,7	22,4	23,5
	CIVILISTI	9,9	13,1	15,6	19,1	23,4	28,9	30,2
	CIVILISTKE	23,1	24,9	28,0	32,6	34,9	41,0	42,1
HOL [mmol/L]	VOJAKI	3,7	3,9	4,3	5,1	5,9	6,6	7,0
	CIVILISTI	3,3	3,5	4,1	4,8	5,3	6,0	6,5
	CIVILISTKE	3,6	4,0	4,4	5,1	5,7	6,3	6,6
TRIGL [mmol/L]	VOJAKI	0,52	0,60	0,81	1,17	1,75	2,45	2,68
	CIVILISTI	0,50	0,60	0,69	0,92	1,26	1,69	2,16
	CIVILISTKE	0,51	0,53	0,62	0,76	1,11	1,25	1,34
GLC [mmol/L]	VOJAKI	4,6	4,7	4,9	5,2	5,5	5,7	5,8
	CIVILISTI	4,6	4,6	4,9	5,0	5,2	5,5	5,7
	CIVILISTKE	4,3	4,4	4,8	4,9	5,2	5,3	5,5

Na sliki 2 so za izmerjene parametre prikazani grafikoni kvantilov in grafi kumulativnih odstotkov za vojake ter primerjalno še za civiliste in civilistke.

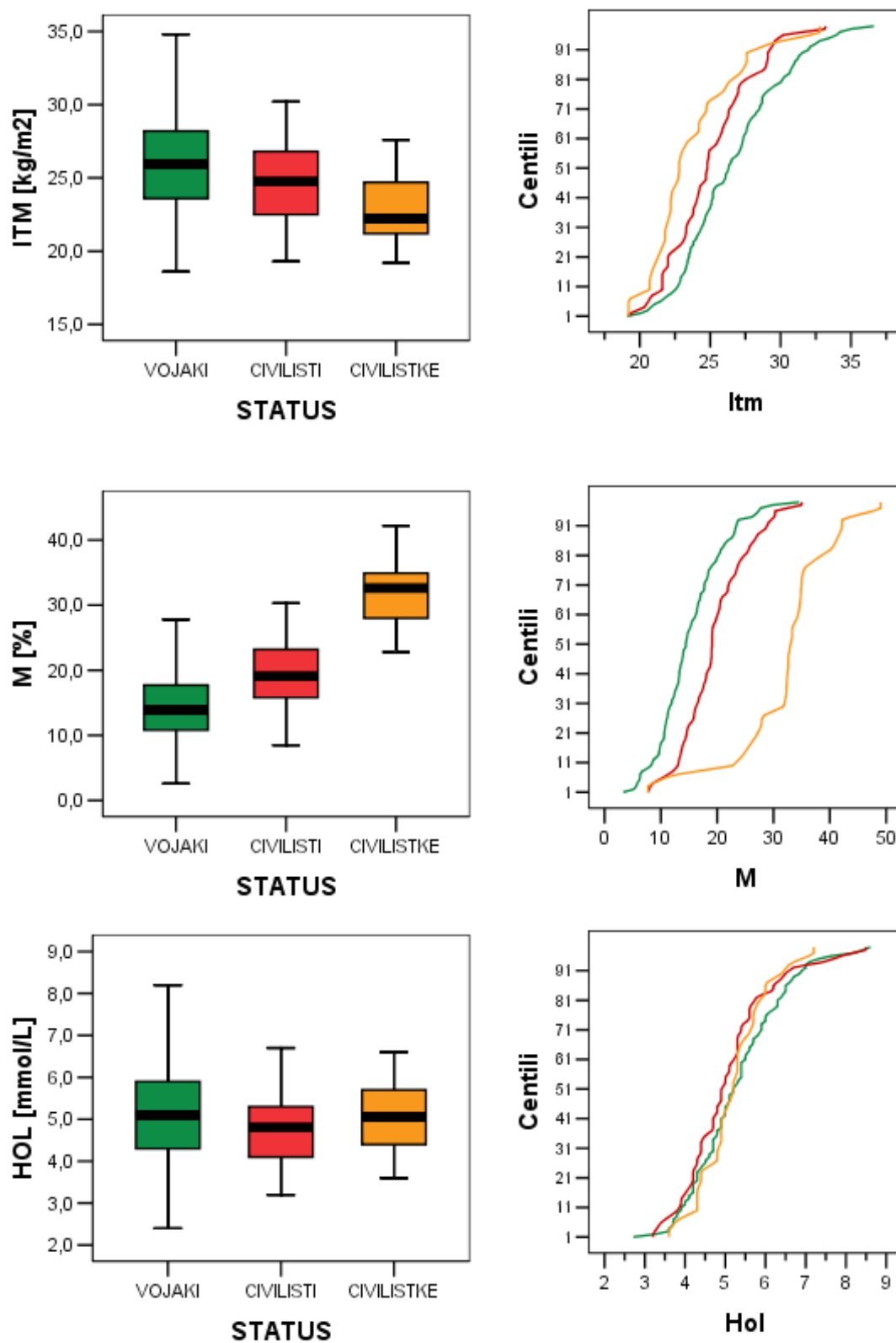
Iz grafikona kvantilov za parameter STAROST je razvidno, da ima največji variacijski razmik (VR) skupina vojaki. Nadalje slika razkrije, da je porazdelitev tega parametra pri vojakih simetrična, pri skupinah civilisti in civilistke pa asimetrična. Iz grafa kumulativnih odstotkov pri skupini vojaki opazimo doseganje višjih starosti v večjem delu izbranih centilov. Med skupinama civilisti in civilistke v tem obziru ni opaziti tako velikih razlik.

Tudi pri parametru VIŠINA ima skupina vojaki največji variacijski razmik, porazdelitve parametra pa so pri vseh treh skupinah približno simetrične. Iz grafa kumulativnih odstotkov je jasno razvidna pozitivna razlika obeh moških skupin napram civilistkam, med vojaki in civilisti pa ni opaziti velikih razhajanj.



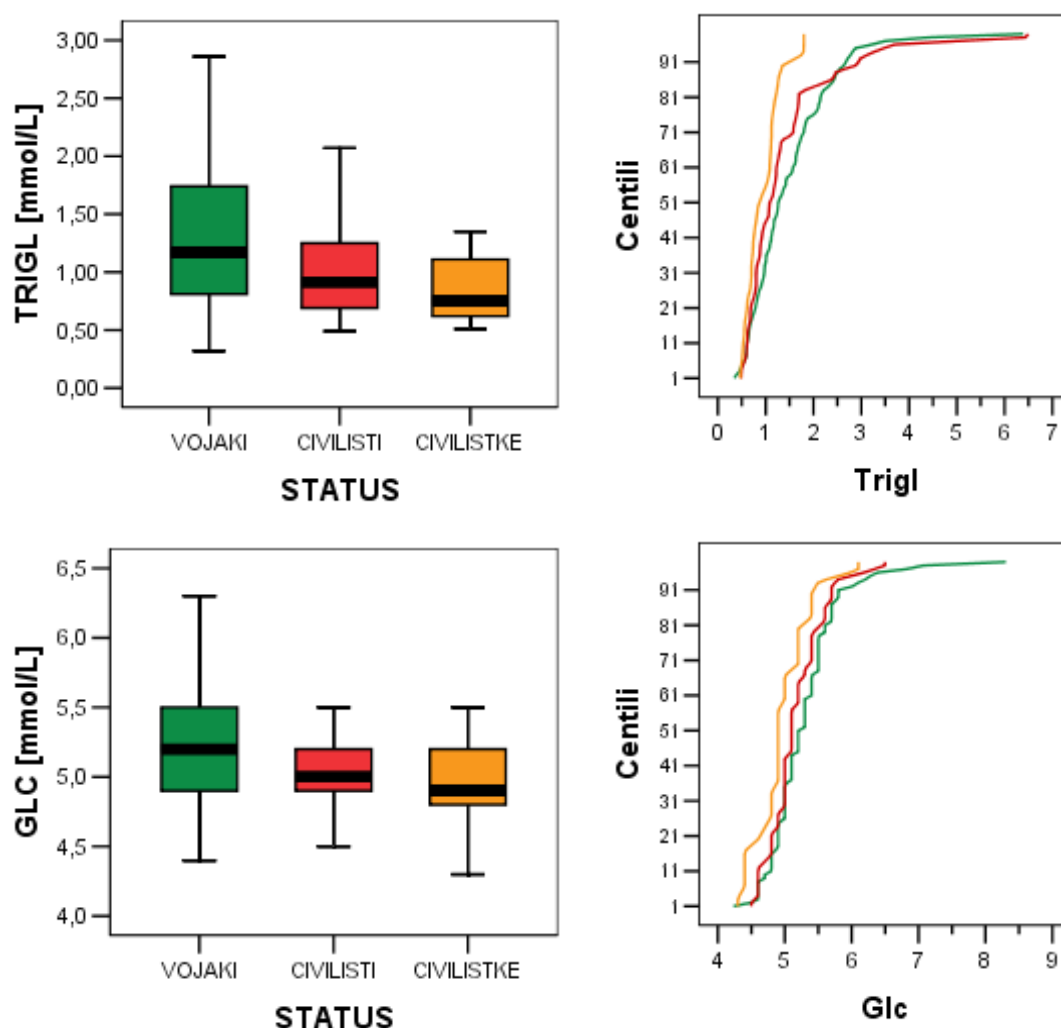
se nadaljuje

nadaljevanje



se nadaljuje

nadaljevanje



Slika 2: Grafikoni kvantilov (levo) in grafi kumulativnih odstotkov (desno) izmerjenih parametrov pri skupinah vojaki (N=122), civilisti (N=34) in civilistke (N=22).

Iz grafikona kvantilov je razvidno, da je parameter MASA približno simetrično porazdeljen pri skupinah vojaki in civilistke. Tudi tukaj je največji VR opaziti pri skupini vojaki. Iz grafa kumulativnih odstotkov je moč razbrati, da je masa pri vojaki opazno višja kot pri civilistih, obe skupini pa v pozitivni razliki še bolj odstopata od skupine civilistk.

Parameter ITM je približno simetrično porazdeljen pri obeh moških skupinah. Tudi tukaj je VR največji pri vojaki. Graf kumulativnih odstotkov kaže na enakomerne razlike med skupinami; razlika med vojaki in civilisti je približno enaka razliki med civilisti in civilistkami.

Pri parametru M je razlika med VR posameznih skupin najmanjša (tudi tukaj ima skupina vojaki največji VR). Porazdelitev parametra je pri vseh treh skupinah približno simetrična.

Iz grafa kumulativnih odstotkov izhaja, da je velikost parametra v celotnem kvantilnem obsegu vseskozi najvišja pri civilistkah, veliko nižje vrednosti dosega skupina civilisti, še nižje vrednosti opazimo pri vojakih.

Tudi parameter HOL je približno simetrično porazdeljen pri vseh treh skupinah in tudi tukaj največji VR dosega skupina vojaki. Iz grafa kumulativnih odstotkov razberemo, da so razlike med skupinama vojaki in civilistke najmanjše, oboji pa dosegajo nekoliko višje vrednosti v primerjavi s skupino civilisti.

Parameter TRIGL je nesimetrično porazdeljen pri vseh preiskovanih skupinah. VR je največji pri vojakih, ki tudi dosegajo najvišje vrednosti pri parametru, sledijo jim civilisti in tem civilistke.

Parameter GLC je približno simetrično porazdeljen le pri skupini vojaki, ki ima tudi v tem primeru največji VR. Vojaki dosegajo najvišje vrednosti tudi tukaj, sledijo jim civilisti in civilistke.

Najverjetneje je najvišja vrednost VR pri vojakih pri vseh parametrih posledica bistveno večjega vzorca ($N = 122$) napram obema primerjavnima skupinama, civilistov ($N = 34$) in civilistk ($N = 22$).

4.2.5 Referenčne vrednosti telesnih in biokemijskih parametrov pri vojakih

Za izračun referenčnih vrednosti telesnih in biokemijskih parametrov pri vojakih smo uporabili percentilno metodo. Spodnja in zgornja referenčna vrednost določenega parametra omejujeta 95 % vrednosti v populaciji. Tako na vsakem ekstremnem koncu razpona vrednosti parametra izločimo 2,5 % vrednosti (skupaj 5 %). Spodnje in zgornje referenčne vrednosti telesnih in biokemijskih parametrov pri vojakih se nahajajo v tabeli 13.

Tabela 13: Referenčne vrednosti telesnih in biokemijskih parametrov pri vojakih. Spodnja referenčna vrednost je predstavljena z 2,5 centilom, zgornja referenčna vrednost pa s 97,5 centilom. (*) je mmol/L.

CENTILI	VIŠINA (cm)	MA SA (kg)	ITM (kg/m ²)	M (%)	HOL (*)	TRIGL(*)	GLC(*)
2,5	167,3	65,4	20,4	5,5	3,5	0,42	4,6
97,5	192,4	119,4	34,4	28,5	8,3	3,80	6,9

4.3 KORELACIJE MED IZMERJENIMI PARAMETRI

V korelacijah med izmerjenimi parametri smo skušali poiskati zvezo med izmerjenimi parametri ter signifikantnost teh zvez. V ta namen smo uporabili dve vrsti korelacij; Pearsonovo korelacijo, kjer iščemo velikost linearne odnosa med parametroma ter Spearmanovo korelacijo rangov, kjer iščemo zgolj velikost monotone (naraščajoče ali

padajoče) zveze med parametri. Za Pearsonovo korelacijo morajo biti parametri normalno distribuirani.

4.3.1 Vojaki

V tabeli 14 se nahajajo Pearsonove korelacije med parametri VIŠINA, TEŽA, ITM, M ter HOL. Najmočnejše korelirata TEŽA in ITM ($R = 0,890$), sledijo M in ITM ($R = 0,660$), TEŽA in M ($R = 0,579$) ter TEŽA in VIŠINA ($R = 0,537$). Vse korelacije so signifikantne s stopnjo značilnosti 0,01. Pearsonove korelacije parametra HOL z ostalimi parametri so majhne in nesignifikantne.

Tabela 14: Pearsonove korelacije med izmerjenimi parametri (vojaki).

		TEŽA	ITM	M	HOL
VIŠINA	korelacija	0,537**	0,101	0,026	0,045
	sig.	0,000	0,271	0,773	0,623
TEŽA	korelacija	1,000	0,890**	0,579**	0,160
	sig.		0,000	0,000	0,079
ITM	korelacija		1,000	0,660**	0,162
	sig.			0,000	0,076
M	korelacija			1,000	0,156
	sig.				0,086

* Korelacija je signifikantna na stopnji značilnosti 0,05 (dvostranska).

** Korelacija je signifikantna na stopnji značilnosti 0,01 (dvostranska).

N = 122

Tabela 15 prikazuje Spearmanove korelacije rangov med izmerjenimi parametri pri vojaki. V tabeli se nahajajo vsi parametri, saj v tem primeru normalnost distribucije parametrov za sprejemljivost rezultatov ni potrebna.

Spearmanovi korelacijski koeficienti (ρ) so v našem primeru zelo podobni Pearsonovim korelacijskim koeficientom pri prvih štirih korelacijskih parih: (TEŽA, ITM; $\rho=0,890$), (M, ITM; $\rho=0,688$), (TEŽA, M; $\rho=0,600$) in (TEŽA, VIŠINA; $\rho=0,548$). Znatno korelira še par (HOL, TRIGL; $\rho=0,517$), preostali pari parametrov nekoliko manj: (STAROST, ITM; $\rho=0,346$), (M, TRIGL; $\rho=0,293$) in (STAROST, HOL; $\rho=0,271$). Vse do sedaj našete korelacije so signifikantne s stopnjo značilnosti 0,01.

S stopnjo značilnosti 0,05 so signifikantne še naslednje Spearmanove korelacije rangov: (STAROST, TEŽA; $\rho=0,225$), (STAROST, M; $\rho=0,215$), (STAROST, TRIGL; $\rho=0,213$), (STAROST, GLC; $\rho=0,199$), (TEŽA, HOL; $\rho=0,195$) in (ITM, HOL; $\rho=0,182$). Preostali korelacijski koeficienti niso signifikantni.

Tabela 15: Spearmanove korelacije rangov med izmerjenimi parametri (vojaki).

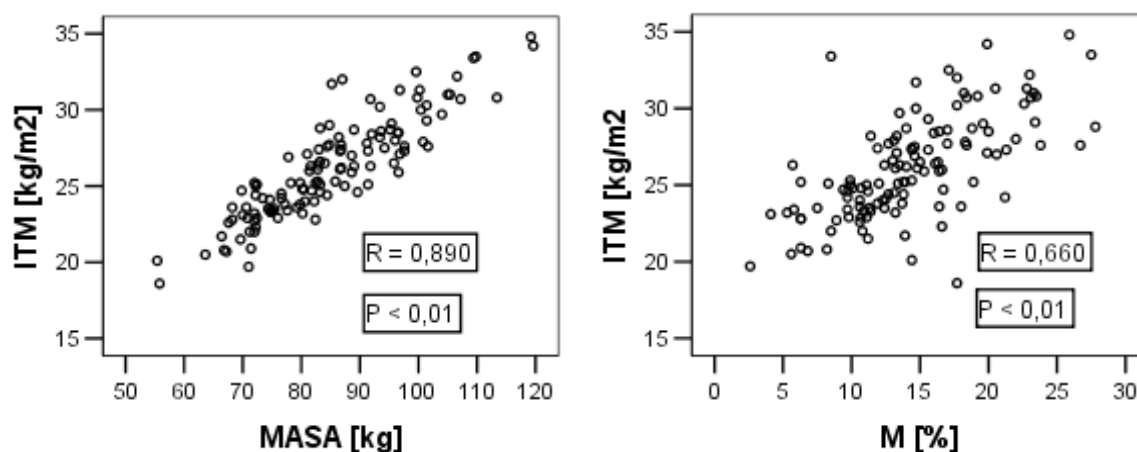
		VIŠINA	TEŽA	ITM	M	HOL	TRIGL	GLC
STAROST	rho	-0,146	*0,225	**0,346	*0,215	**0,271	*0,213	*0,199
	sig.	0,108	0,013	0,000	0,017	0,003	0,019	0,028
VIŠINA	rho	1,000	**0,548	0,143	0,044	0,043	-0,112	0,149
	sig.		0,000	0,116	0,630	0,639	0,221	0,101
TEŽA	rho		1,000	**0,890	**0,600	*0,195	0,108	0,157
	sig.			0,000	0,000	0,031	0,236	0,085
ITM	rho			1,000	**0,688	*0,182	0,175	0,112
	sig.				0,000	0,044	0,053	0,219
M	rho				1,000	0,164	**0,293	0,037
	sig.					0,071	0,001	0,683
HOL	rho					1,000	**0,517	0,161
	sig.						0,000	0,076
TRIGL	rho						1,000	0,025
	sig.							0,787

* Korelacija je signifikantna na stopnji 0,05 (dvostranska).

** Korelacija je signifikantna na stopnji 0,01 (dvostranska).

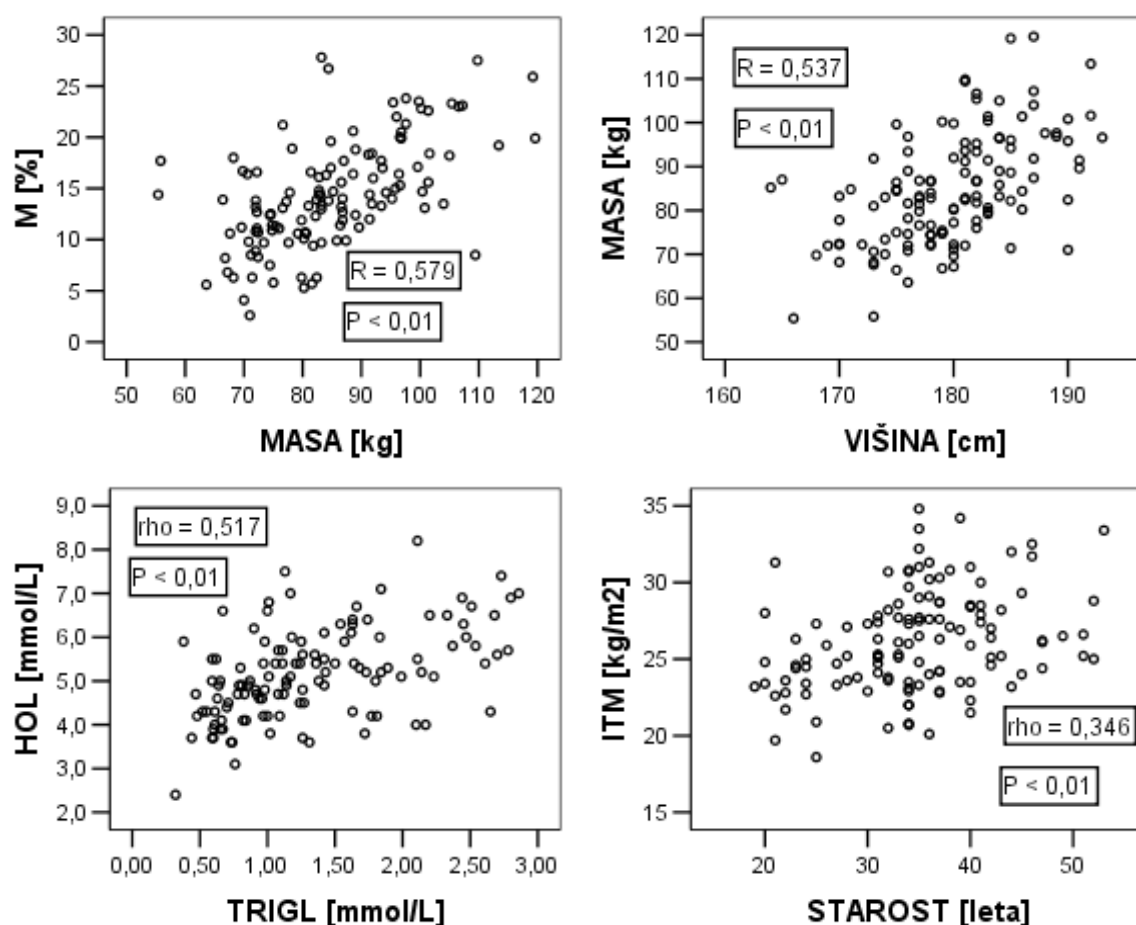
N = 122

Za lažjo predstavo Pearsonovih in Spearmanovih korelacijskih koeficientov pri vojaki se na sliki 3 nahajajo razsevni grafikoni dvojic parametrov z najvišjimi korelacijskimi koeficienti.



se nadaljuje

nadaljevanje



Slika 3: Razsevni grafikoni dvojic parametrov z najvišjimi korelacijskimi koeficienti (vojaki), N = 122, R – Pearsonov korelacijski koeficient, rho – Spearmanov korelacijski koeficient, P – signifikantnost.

Korelacije same opišejo zgolj povezanost med parametri, ne pa tudi vzročno-posledičnosti zveze. Vsaj v primeru parametrov ITM, TEŽA, VIŠINA pa je bolj smiselno ugotavljati vzročno-posledični odnos, saj parameter ITM dobimo z matematično formulo, ki vsebuje parametra TEŽA in VIŠINA. Iz povedanega sledi, da sta parametra TEŽA in VIŠINA vzročni (neodvisni) spremenljivki, ITM pa je od njiju odvisna spremenljivka. Zvezo med njimi lahko podamo kot multiplo linearno regresijo z naslednjo formulo:

$$ITM = 52,552 + 0,308 * (TEŽA) - 0,292 * (VIŠINA) \quad \dots(17)$$

Konstanta in koeficienti v formuli so podani v tabeli 16 kot nestandardizirani koeficienti (B) multiple linearne regresije; v tabeli se nahajajo še standardizirani koeficienti (Beta) ter signifikantnosti za te koeficiente. Vse vrednosti (konstanta, B, Beta) so signifikantne.

Tabela 17 (ANOVA tabela) predstavlja test sprejemljivosti modela (formule 17) s statističnega stališča. Signifikantnost vrednosti F statistike je manjša od 0,05, kar pomeni,

da je razlaga variabilnosti ITM z modelom (formula 17) zelo verjetna.

Moč zveze med odvisno spremenljivko (ITM) in neodvisnima spremenljivkama (TEŽA, VIŠINA) pa podaja tabela 18 z determinacijskim koeficientom, R^2 (0,993), kar pomeni, da naš model, s spremenljivkama TEŽA in VIŠINA, razloži 99,3 % celotne variance pri parametru ITM. Vendar prispevka posameznih neodvisnih spremenljivk (TEŽA, VIŠINA) nista enaka. Vrednost standardiziranega koeficienta Beta za TEŽA znaša 1,176, koeficient Beta za VIŠINA pa le -0,531; absolutno je koeficient Beta za TEŽA približno dvakrat večji od koeficienta Beta za VIŠINA, sorazmerno pa je večja tudi njegova predikcijska vrednost.

Tabela 16: Koeficienti (standardizirani, nestandardizirani) in konstanta multiple linearne regresije za neodvisni spremenljivki TEŽA, VIŠINA (odvisna spremenljivka ITM), (vojaki).

	Nestandardizirani koeficienti		Standardizirani koeficienti		t	Sig.
	B	Std. napaka	Beta			
Konstanta	52,552	0,789		66,592	0,000	
TEŽA	0,308	0,002	1,176	132,522	0,000	
VIŠINA	-0,292	0,005	-0,531	-59,877	0,000	

Odvisna spremenljivka: ITM
N = 122

Tabela 17: ANOVA tabela (vojaki); vsote kvadratov regresije, ostankov in celote.

	Vsota kvadratov	df	Mean Square	F	Sig.
Regresija	1321,012	2	660,506	8871,258	0,000
Ostanek	8,860	119	0,074		
Skupaj	1329,872	121			

Neodvisni spremenljivki: TEŽA, VIŠINA

Tabela 18: Determinacijski koeficient, R^2 ; multipli korelacijski koeficient, R; neodvisni spremenljivki: VIŠINA, TEŽA, odvisna spremenljivka: ITM (vojaki).

R	R^2	Std. napaka ocene
0,997	0,993	0,2729

Prediktorji: (konstanta), VIŠINA, TEŽA
N = 122

4.3.2 Civilisti

Pearsonovi korelacijski koeficienti med parametri za civiliste se nahajajo v tabeli 19. Tudi tukaj smo obravnavali le tiste parametre, ki so normalno distribuirani. Vsi korelacijski koeficienti dvojic parametrov, ki so prišle v poštev (normalna distribucija), imajo nesignifikantne vrednosti razen dvojice ITM in M, ki imata zelo visok R (0,914).

Tabela 19: Pearsonove korelacije med izmerjenimi parametri (civilisti).

		ITM	M	HOL	GLC
VIŠINA	korelacija	0,114	0,018	0,086	0,054
	sig.	0,521	0,920	0,629	0,761
ITM	korelacija	1,000	**0,914	-0,008	0,182
	sig.		0,000	0,965	0,302
M	korelacija		1,000	0,060	0,008
	sig.			0,737	0,963
HOL	korelacija			1,000	0,209
	sig.				0,236

** Korelacija je signifikantna na stopnji 0,01(dvostranska).

N = 34

V tabeli 20 so prikazani Spearmanovi korelacijski koeficienti rangov dvojic parametrov pri civilistih. Tudi tukaj najmočnejše korelirata TEŽA in ITM ($\rho = 0,931$), sledijo dvojice (M, ITM; $\rho = 0,885$), (TEŽA,M; $\rho = 0,824$), (TEŽA, VIŠINA; $\rho = 0,447$), signifikantnost korelacijskih koeficientov je na stopnji 0,01. Pri paru (HOL, TRIGL; $\rho = 0,428$) je signifikantnost na stopnji 0,05.

Tabela 20: Spearmanove korelacije rangov med izmerjenimi parametri (civilisti).

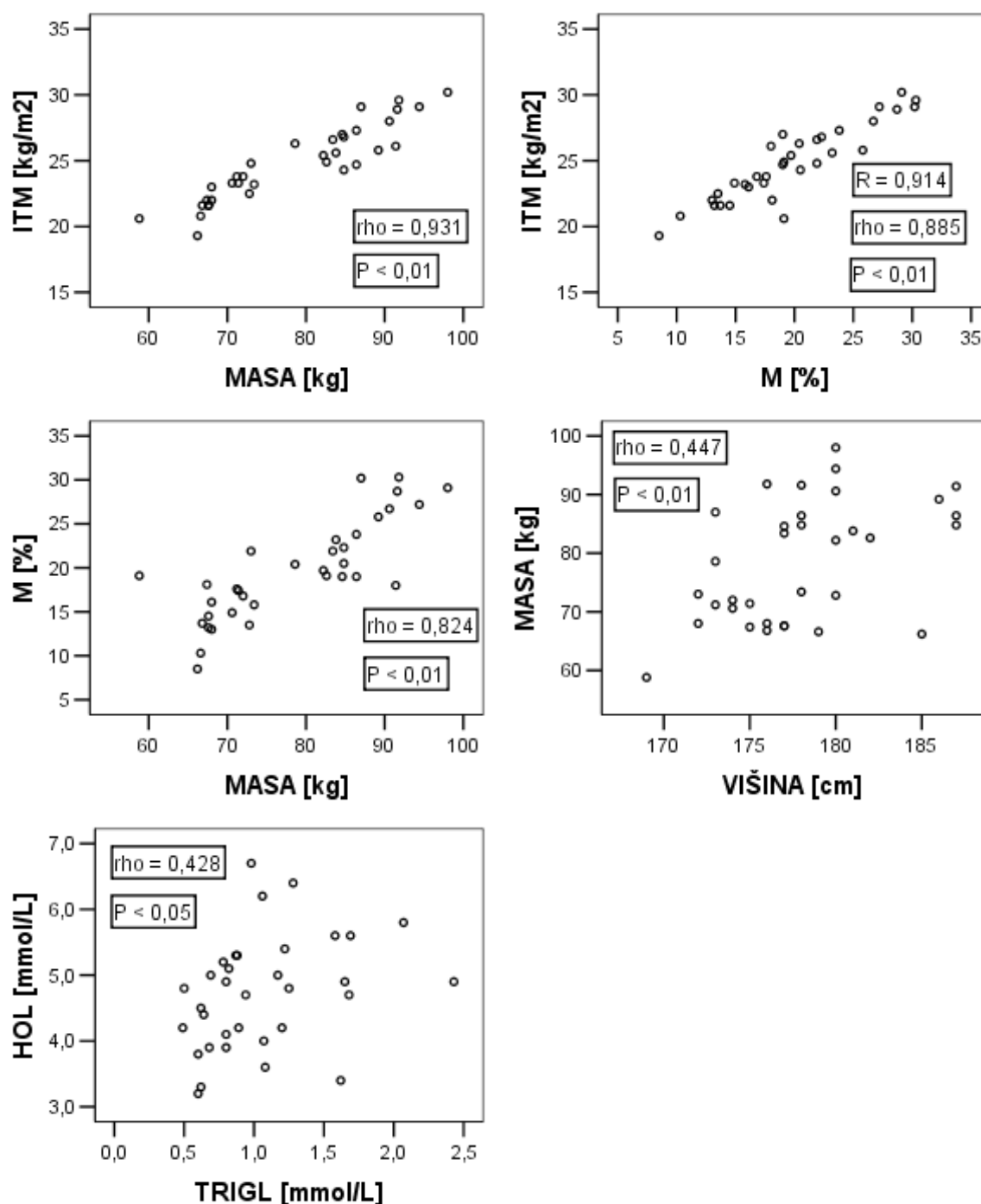
		VIŠINA	MASA	ITM	M	HOL	TRIGL	GLC
STAROST	rho	0,094	0,124	0,101	0,133	0,301	0,281	-0,146
	sig.	0,597	0,484	0,568	0,454	0,083	0,108	0,410
VIŠINA	rho	1,000	**0,447	0,189	0,111	0,066	0,189	0,088
	sig.		0,008	0,286	0,530	0,709	0,285	0,622
MASA	rho		1,000	**0,931	**0,824	0,002	0,095	0,121
	sig.			0,000	0,000	0,992	0,592	0,496
ITM	rho			1,000	**0,885	-0,047	0,058	0,176
	sig.				0,000	0,791	0,744	0,320
M	rho				1,000	0,022	0,088	0,024
	sig.					0,901	0,619	0,892
HOL	rho					1,000	*0,428	0,258
	sig.						0,012	0,141
TRIGL	rho						1,000	0,127
	sig.							0,473

* Korelacija je signifikantna na stopnji 0,05 (dvostranska).

** Korelacija je signifikantna na stopnji 0,01 (dvostranska).

N = 34

Na sliki 4 se nahajajo razsevni grafikoni dvojic parametrov z najvišjimi korelacijskimi koeficienti pri civilistih.



Slika 4: Razsevni grafikon dvojic parametrov z najvišjimi korelacijskimi koeficienti (civilisti), N = 34, R – Pearsonov korelacijski koeficient, rho – Spearmanov korelacijski koeficient, P – signifikantnost.

Podobno kot pri vojaki, bi se tudi v primeru civilistov bilo smiselno vprašati o zvezi med parametri ITM, TEŽA in VIŠINA. Tudi tukaj v poštev pride multipla linearna regresija, kjer je ITM odvisna spremenljivka, TEŽA in VIŠINA pa sta neodvisni spremenljivki. Zvezo med njimi lahko zapišemo v obliki multiple linearne regresijske enačbe:

$$\text{ITM} = 48,84 + 0,315 * \text{TEŽA} - 0,274 * \text{VIŠINA} \quad \dots(18)$$

Konstanta in koeficienti multiple linearne regresije za parametra TEŽA in VIŠINA se nahajajo v tabeli 21 in so vsi signifikantni. Tudi v primeru civilistov ima višjo predikcijsko vrednost parameter TEŽA (koeficient Beta).

Sprejemljivost modela (formula 18) s statističnega stališča je razvidna iz tabele 22, kjer je vrednost F statistike signifikantna, kar pomeni, da je naš model sprejemljiv.

Naš model pojasni 99,8 % variance pri parametru ITM (tabela 23).

Tabela 21: Koeficienti (standardizirani, nestandardizirani) in konstanta multiple linearne regresije za neodvisni spremenljivki TEŽA, VIŠINA (odvisna spremenljivka ITM), (civilisti).

	Nestandardizirani koeficienti		Standardizirani koeficienti		
	B	Std. napaka	Beta	t	Sig.
Konstanta	48,840	0,989		49,359	0,000
MASA	0,315	0,003	1,137	116,965	0,000
VIŠINA	-0,274	0,006	-0,441	-45,400	0,000

Odvisna spremenljivka: ITM
N = 34

Tabela 22: ANOVA tabela (civilisti); vsote kvadratov regresije, ostankov in celote.

	Vsota kvadratov	df	Mean Square	F	Sig.
Regresija	268,048	2	134,024	6930,744	0,000
Ostanek	0,599	31	0,019		
Skupaj	268,647	33			

Neodvisni spremenljivki: MASA, VIŠINA
Odvisna spremenljivka: ITM
N = 34

Tabela 23: Determinacijski koeficient, R^2 ; multipli korelacijski koeficient, R; neodvisni spremenljivki: VIŠINA, TEŽA, odvisna spremenljivka: ITM (civilisti).

R	R^2	Std. napaka ocene
0,999	0,998	0,1391

Prediktorji: (konstanta), VIŠINA, MASA
N = 34

4.3.3 Civilistke

Tabela 24 prikazuje Pearsonove korelacije med parametri pri civilistkah. Upoštevali smo le parametre z normalno distribucijo. Vse korelacije, ki so bile signifikantne, so bile signifikantne na stopnji 0,01. Tudi tukaj zelo visoko korelirata TEŽA in ITM ($R = 0,920$), sledijo pari (TEŽA, M; $R = 0,855$), (M, ITM; $R = 0,799$), (VIŠINA, TEŽA; $R = 0,660$) in (VIŠINA, M; $R = 0,553$).

Tabela 24: Pearsonove korelacije med izmerjenimi parametri (civilistke).

		VIŠINA	MASA	ITM	M	HOL	GLC
STAROST	korelacija	0,073	0,154	0,134	0,126	0,394	0,002
	sig.	0,747	0,495	0,551	0,576	0,069	0,994
VIŠINA	korelacija	1,000	**0,660	0,317	**0,553	-0,262	-0,039
	sig.		0,001	0,151	0,008	0,239	0,861
MASA	korelacija		1,000	**0,920	**0,855	-0,166	-0,141
	sig.			0,000	0,000	0,461	0,531
ITM	korelacija			1,000	**0,799	-0,080	-0,178
	sig.				0,000	0,722	0,428
M	korelacija				1,000	-0,079	0,023
	sig.					0,726	0,920
HOL	korelacija					1,000	0,012
	sig.						0,957

* Korelacija je signifikantna na stopnji 0,05 (dvostranska).

** Korelacija je signifikantna na stopnji 0,01 (dvostranska).

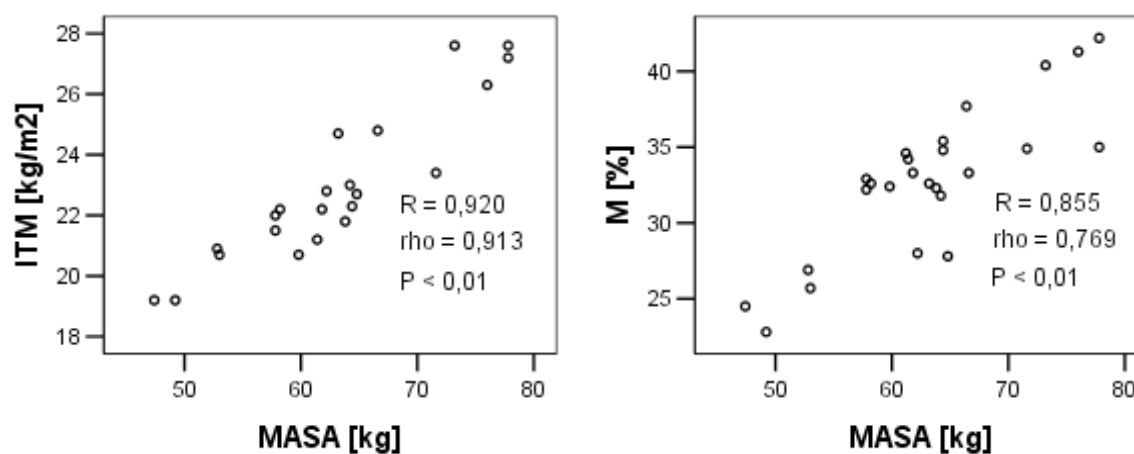
N = 22

V tabeli 25 se nahajajo Spearmanove korelacije rangov dvojic parametrov pri civilistkah. Korelirane dvojice si po velikosti korelacij sledijo v enakem vrstnem redu, kot pri Pearsonovih korelacijah: (TEŽA, ITM; $\rho = 0,913$), (TEŽA, M; $\rho = 0,769$), (M, ITM; $\rho = 0,725$), (VIŠINA, TEŽA; $\rho = 0,626$) in (VIŠINA, M; $\rho = 0,551$). Vse našteje dvojice korelirajo s stopnjo signifikantnosti 0,01.

Tabela 25: Spearmanove korelacije rangov med izmerjenimi parametri (civilistke).

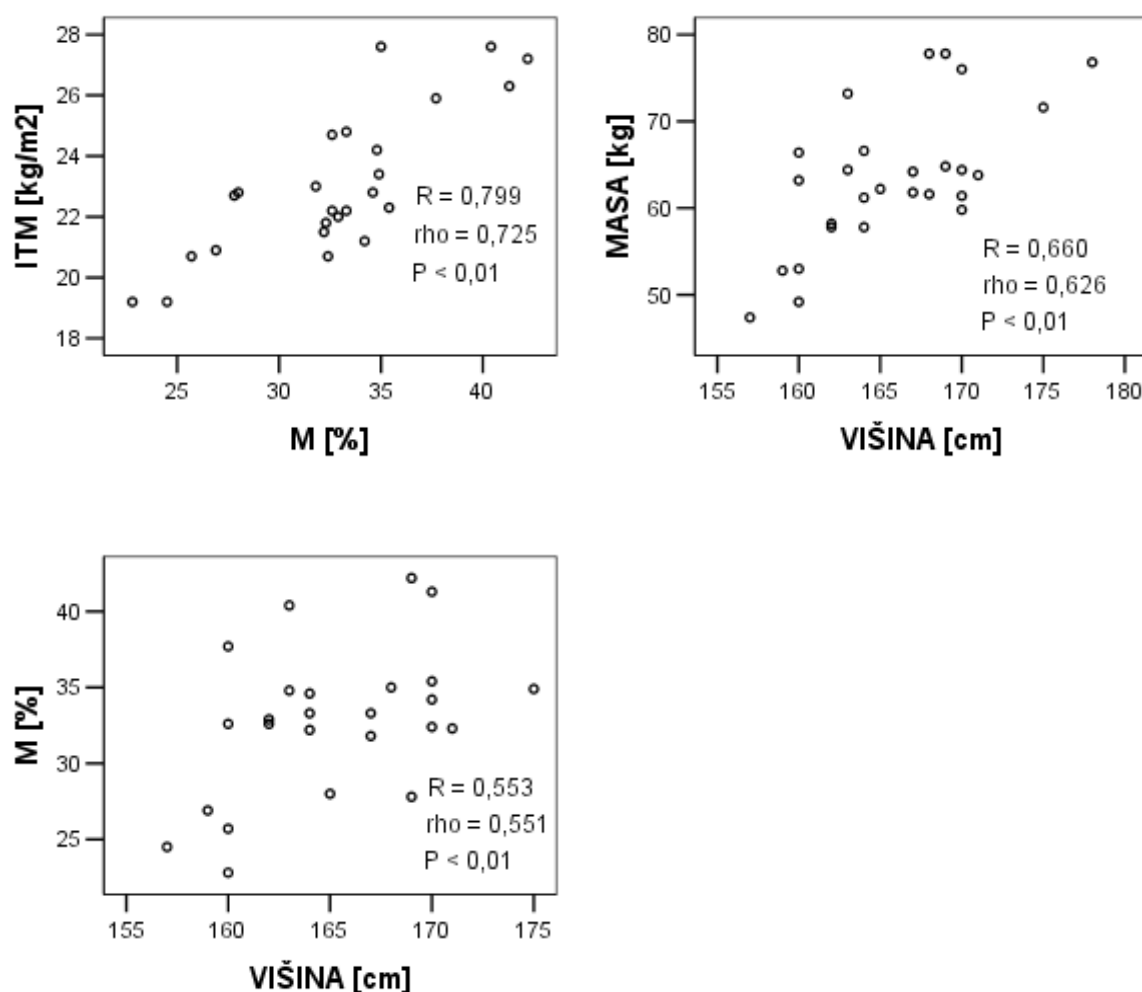
		VIŠINA	MASA	ITM	M	HOL	TRIGL	GLC
STAROST	korelacija	0,110	0,205	0,164	0,115	0,410	0,219	-0,121
	sig.	0,627	0,359	0,465	0,611	0,058	0,328	0,592
VIŠINA	korelacija	1,000	**0,626	0,319	**0,551	-0,242	-0,053	0,012
	sig.		0,002	0,148	0,008	0,278	0,813	0,957
MASA	korelacija		1,000	**0,913	**0,769	-0,186	-0,302	-0,101
	sig.			0,000	0,000	0,409	0,172	0,653
ITM	korelacija			1,000	**0,725	-0,082	-0,288	-0,131
	sig.				0,000	0,716	0,194	0,560
M	korelacija				1,000	0,006	-0,023	0,128
	sig.					0,980	0,918	0,569
HOL	korelacija					1,000	0,412	-0,021
	sig.						0,057	0,926
TRIGL	korelacija						1,000	0,120
	sig.							0,594

Na sliki 5 se nahajajo razsevni grafikoni dvojic parametrov z najvišjimi korelacijskimi koeficienti pri civilistkah.



se nadaljuje

nadaljevanje



Slika 5: Razsevni grafikoni dvojic parametrov z najvišjimi korelacijskimi koeficienti (civilistke), N = 22, R – Pearsonov korelacijski koeficient, rho – Spearmanov korelacijski koeficient, P – signifikantnost.

Tudi v primeru civilistk je smotrnejše zvezo med ITM, TEŽA in VIŠINA podati kot vzročno-posledično, kjer je ITM od TEŽA in VIŠINA odvisna spremenljivka, njihov odnos pa lahko zapišemo kot enačbo multiple linearne regresije:

$$\text{ITM} = 44,458 + 0,368 * \text{TEŽA} - 0,270 * \text{VIŠINA} \quad \dots(19)$$

Koeficienti enačbe (19) se nahajajo v tabeli 26. Vse vrednosti koeficientov so signifikantne. Iz tabele je razviden tudi večji predikcijski prispevek parametra TEŽA (večja absolutna vrednost standardiziranega koeficienta).

Tabela 26: Koeficienti (standardizirani, nestandardizirani) in konstanta multiple linearne regresije za neodvisni spremenljivki TEŽA, VIŠINA (odvisna spremenljivka ITM), (civilistke).

	Nestandardizirani koeficienti		Standardizirani koeficienti		t	Sig.
	B	Std. napaka	Beta			
Konstanta	44,458	1,307			34,020	0,000
MASA	0,368	0,005	1,261		73,107	0,000
VIŠINA	-0,270	0,009	-0,516		-29,928	0,000

Odvisna spremenljivka: ITM

Naš model (formula 19) je sprejemljiv s statističnega stališča, kar je razvidno iz ANOVA tabele (tabela 27); vrednost F statistike je namreč signifikantna.

Tabela 27: ANOVA tabela (civilistke); vsote kvadratov regresije, ostankov in celote.

	Vsota kvadratov	df	Mean Square	F	Sig.
Regresija	130,242	2	65,121	2971,199	0,000
Ostanek	0,416	19	0,022		
Skupaj	130,658	21			

Neodvisni spremenljivki: TEŽA, VIŠINA

Odvisna spremenljivka: ITM

N = 22

Z modelom (enačba 19) razložimo kar 99,7 % variance parametra ITM pri civilistkah ($R^2 = 0,997$; tabela 28).

Tabela 28: Determinacijski koeficient, R^2 ; multipli korelacijski koeficient, R; neodvisni spremenljivki: VIŠINA, TEŽA, odvisna spremenljivka: ITM (civilistke).

R	R^2	Std. napaka ocene
0,998	0,997	0,148

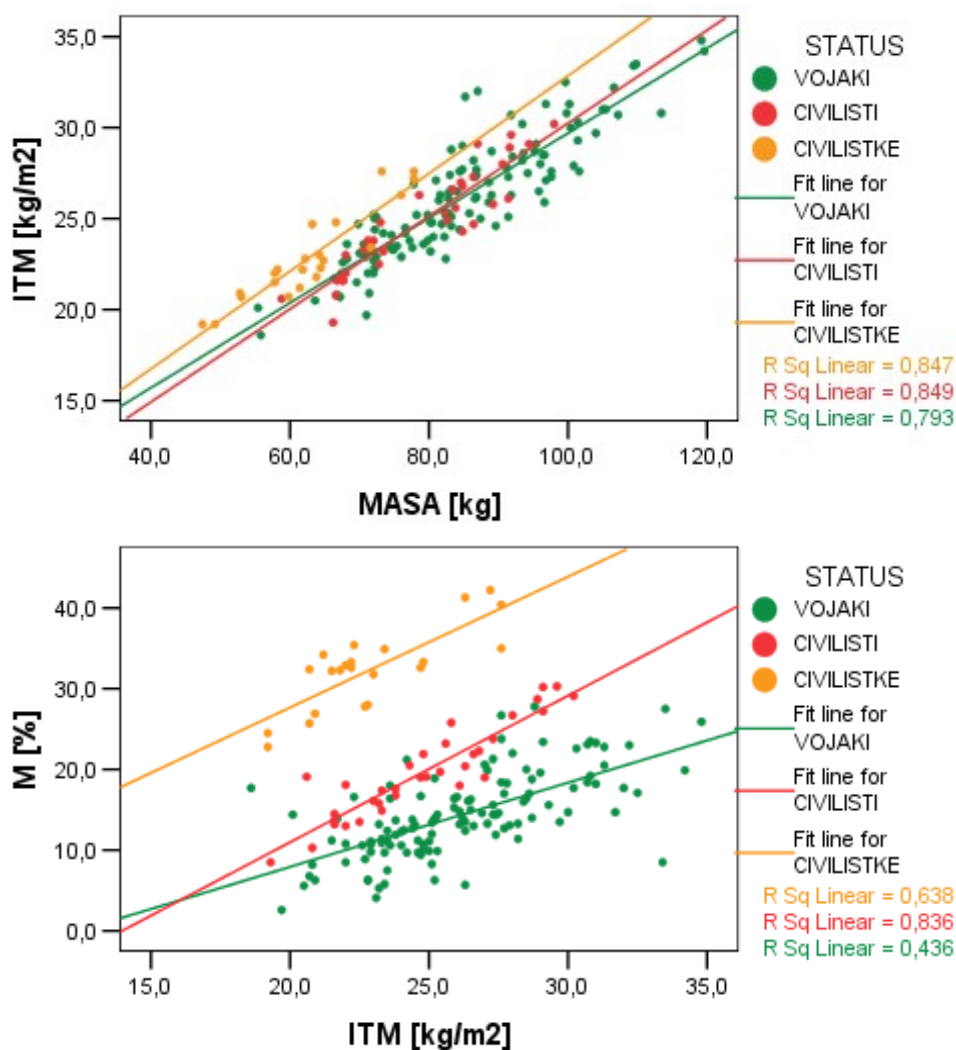
Prediktorji: (konstanta), VIŠINA, TEŽA

N = 22

4.3.4 Primerjava skupin z razsevnimi grafikoni

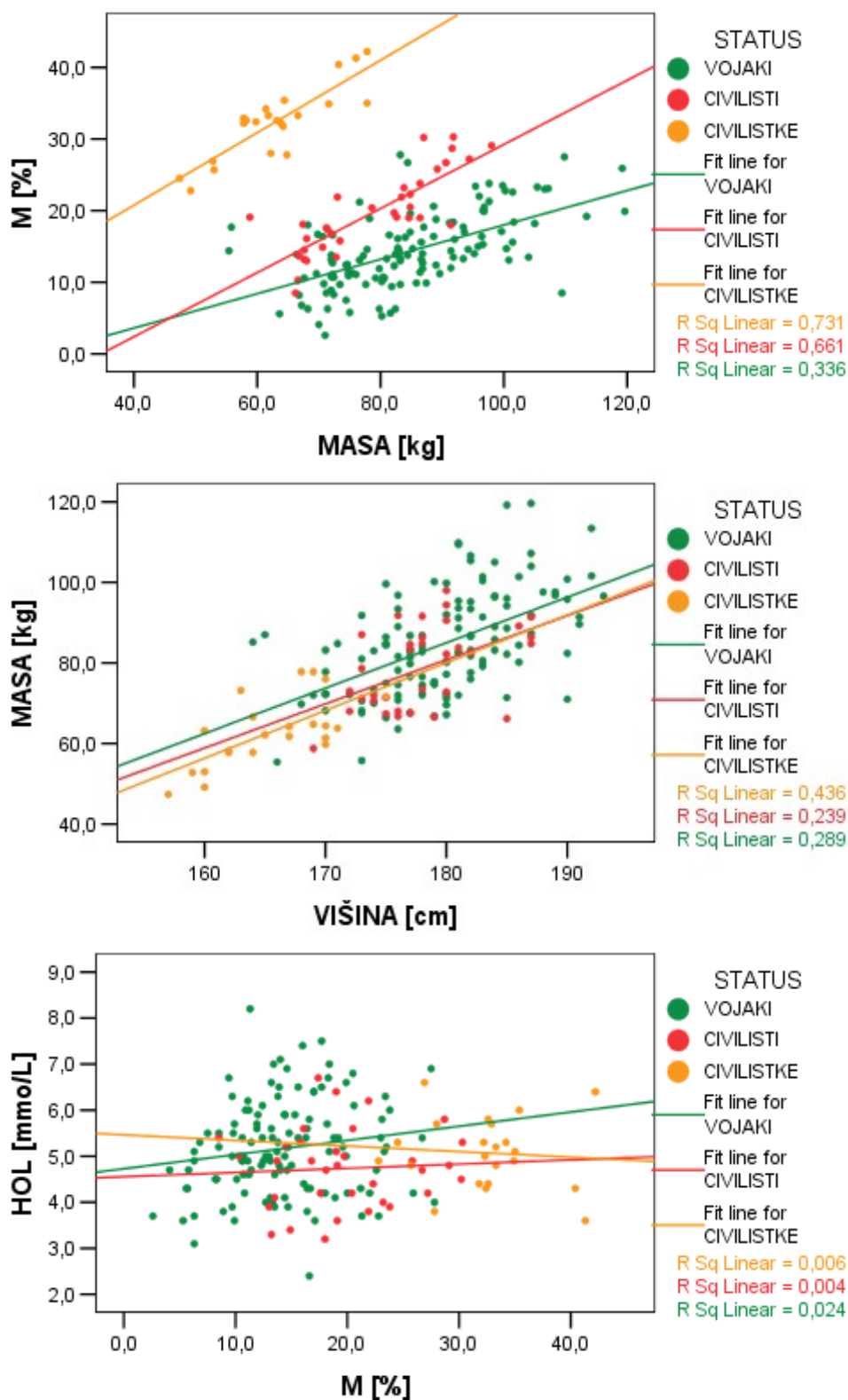
Na sliki 6 se nahajajo razsevni grafikoni dvojic parametrov, ki jih je bilo v sklopu

diplomske naloge smiselno predstaviti. Na vsakem grafikonu so za dano dvojico parametrov predstavljene vse preiskovane skupine (vojaki, civilisti, civilistke). Skupine se na grafikonih med seboj ločijo po barvi. Na grafikonih so predstavljene še hipotetične linearne regresijske premice v pomoč razlikovanju med skupinami.



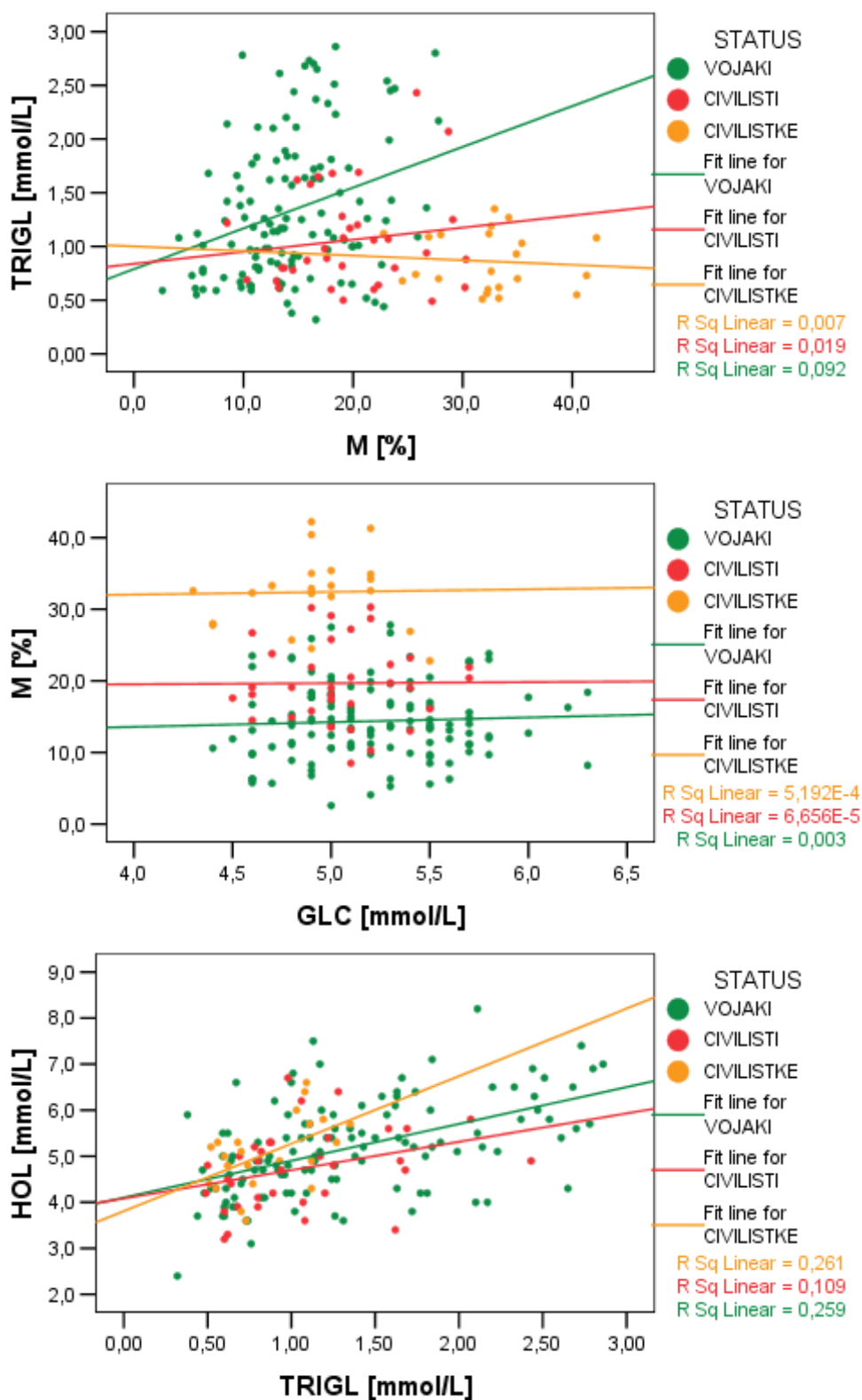
se nadaljuje

nadaljevanje



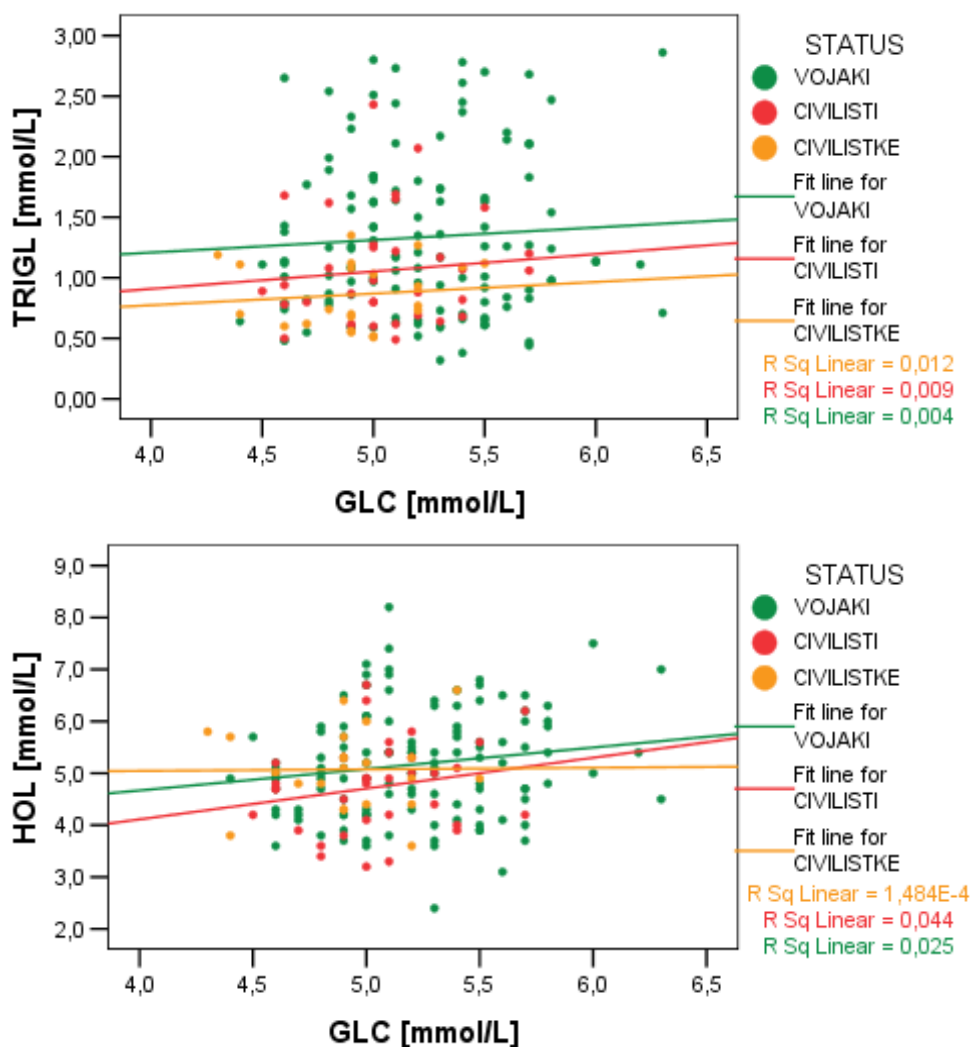
se nadaljuje

nadaljevanje



se nadaljuje

nadaljevanje



Slika 6: Razsevni grafikon dvojic parametrov pri vseh skupinah; vojaki (N=122), civilisti (N=34), civilistke (N=22); R Sq Linear = R^2 (determinacijski koeficient).

4.4 PRIMERJAVA POVPREČNIH VREDNOSTI PARAMETROV MED SKUPINAMI (T-TESTI)

4.4.1 Vojaki in civilisti

V tabeli 29 se nahajajo povprečne vrednosti vseh v nalogi obravnavanih parametrov pri skupinah vojaki in civilisti. S t-testom je bilo mogoče primerjati povprečne vrednosti parametrov le tam, kjer je testirani parameter normalno porazdeljen pri obeh skupinah. V

našem primeru so bili to parametri VIŠINA, ITM, M in HOL. T-test smo opravili tudi pri parametru MASA, čeprav je signifikantnost Shapiro-Wilk statistike pri civilistih 0,049, kar že rahlo nakazuje na nenormalnost porazdelitve, vendar se vrednosti povprečja, 5% modificiranega povprečja ter mediane za parameter MASA pri civilistih zelo malo razlikujejo, tako da je uporaba t-testa pri tem parametru še vedno v mejah sprejemljivosti, ob upoštevanju dejstva, da je t-test najbolj občutljiv na razlike v merah centralne tendence (povprečje, mediana, modus).

T-test enakosti povprečij smo opravili s statističnim programom SPSS 13.0, ki obenem izračuna vrednosti testnih statistik za primer enakosti varianc, kot tudi za primer neenakosti varianc. V izračunu se nahajajo tudi Levenovi testi enakosti varianc (tabela 30), na osnovi katerih smo se odločili za pravilno izbiro testnih statistik.

V tabeli 31 se nahajajo rezultati t-testa enakosti povprečij za skupini vojaki in civilisti. Le pri parametru VIŠINA sta bili varianci med skupinama različni. Obenem je to parameter, za katerega povprečno vrednost ne moremo trditi, da se med skupinama značilno razlikuje. Signifikantnost t-testa ($P = 0,063$) nakazuje, da je razlika med povprečji neznačilna in je lahko posledica naključja.

Tabela 29: Primerjava povprečnih vrednosti parametrov med vojaki in civilisti.

PARAMETER	STATUS	N	Povprečje	Std. dev	Std. napaka	Sig. razlike
STAROST	VOJAKI	122	34,6	7,752	0,702	/
	CIVILISTI	34	29,7	6,794	1,165	
VIŠINA	VOJAKI	122	179,8	6,031	0,546	0,063
	CIVILISTI	34	178,0	4,592	0,788	
MASA	VOJAKI	122	84,8	12,657	1,146	0,009
	CIVILISTI	34	78,6	10,300	1,766	
ITM	VOJAKI	122	26,2	3,315	0,300	0,029
	CIVILISTI	34	24,8	2,853	0,489	
M	VOJAKI	122	14,4	5,240	0,474	0,000
	CIVILISTI	34	19,7	5,667	0,972	
HOL	VOJAKI	122	5,2	1,031	0,093	0,026
	CIVILISTI	34	4,7	0,867	0,149	
TRIGL	VOJAKI	122	1,33	0,656	0,059	/
	CIVILISTI	34	1,06	0,464	0,080	
GLC	VOJAKI	122	5,2	0,398	0,036	/
	CIVILISTI	34	5,1	0,305	0,052	

Tabela 30: Levenov test enakosti varianc (vojaki, civilisti) za dane parametre. Varianci sta za dani parameter enaki, če je Sig. > 0,1. N(vojaki)=122, N(civilisti)=34.

PARAMETER	F	Sig.
VIŠINA	3,379	0,068
MASA	0,490	0,485
ITM	0,833	0,363
M	0,357	0,551
HOL	1,439	0,232

Tabela 31: T-test enakosti povprečij za skupini vojaki, civilisti za dane parametre.
2-str. pr. - dvostranski preizkus. N(vojaki)=122, N(civilisti)=34.

PARAMETER	t	df	Sig. (2-str. pr.)	Razlika med povprečji	Std. napaka razlike	95 % interval zaupanja razlike	
						Sp. meja	Zg. meja
VIŠINA	1,890	68,053	0,063	1,81	0,96	-0,10	3,72
MASA	2,628	154,000	0,009	6,20	2,36	1,54	10,88
ITM	2,201	154,000	0,029	1,38	0,62	0,14	2,61
M	-5,131	154,000	0,000	-5,31	1,03	-7,35	-3,26
HOL	2,253	154,000	0,026	0,44	0,19	0,05	0,82

Značilno pa se skupini vojakov in civilistov razlikujeta v povprečnih vrednostih parametrov MASA, ITM, M in HOL. V povprečju je naša skupina vojakov težja za 6,2 kg, ima višji ITM za 1,38 kg/m², za 5,31 % manj telesnega maščevja ter za 0,44 mmol/L višjo raven holesterola v krvi v primerjavi s skupino civilistov.

Parameter TRIGL ni normalno porazdeljen pri obeh skupinah, vendar pa do normalne porazdelitve pride, če ga transformiramo z logaritemsko funkcijo z osnovo 10 (log₁₀). Na tako transformiranem parametru pa nato lahko uporabimo t-test enakosti povprečij. Sicer nam v tem primeru test primerja transformirane podatke, vendar lahko na osnovi rezultata upravičeno sklepamo na razlike med povprečnimi vrednostmi parametra TRIGL, oziroma na razlike med skupinama.

V tabeli 32 se nahajata povprečni vrednosti transformiranega parametra TRIGL za skupini vojaki in civilisti. Levenov test enakosti varianc (tabela 33) razkrije, da sta varianci transformiranega parametra TRIGL enaki za obe skupini, t-test enakosti povprečij (tabela 34) za transformirani parameter TRIGL pa, da se povprečni vrednosti transformiranega parametra za skupini značilno razlikujeta. Iz teh testov lahko upravičeno sklepamo, da se razlikujeta tudi povprečni vrednosti netransformiranega parametra TRIGL, z nekoliko višjo vrednostjo pri vojaki v primerjavi s civilisti.

Tabela 32: Primerjava povprečnih vrednosti transformiranega parametra TRIGL ($\log_{10}(\text{TRIGL})$) med vojaki in civilisti.

PARAMETER	STATUS	N	Povprečje	Std. dev	Std. napaka	Sig. razlike
$\log_{10}(\text{TRIGL})$	VOJAKI	122	0,0722	0,22003	0,01992	0,045
	CIVILISTI	34	-0,0110	0,17751	0,03044	

Tabela 33: Levenov test enakosti varianc (vojaki, civilisti) za transformirani parameter TRIGL ($\log_{10}(\text{TRIGL})$). Varianci sta za dani parameter enaki, če je Sig. > 0,1. N(vojaki)=122, N(civilisti)=34.

PARAMETER	F	Sig.
$\log_{10}(\text{TRIGL})$	2,492	0,116

Tabela 34: T-test enakosti povprečij za skupini vojaki, civilisti za transformirani parameter TRIGL ($\log_{10}(\text{TRIGL})$). 2-str. pr. - dvostranski preizkus. N(vojaki)=122, N(civilisti)=34.

PARAMETER	t	df	Sig. (2-str. pr.)	Razlika med povprečji	Std. napaka razlike	95 % interval zaupanja razlike	
						Sp. meja	Zg. meja
$\log_{10}(\text{TRIGL})$	2,026	154	0,045	0,08315	0,04104	0,00207	0,16423

4.4.2 Civilisti in civilistke

Shapiro-Wilk testi normalnosti distribucije parametrov pri civilistkah in civilistih pokažejo, da so normalno porazdeljeni parametri pri obeh skupinah hkrati VIŠINA, ITM, M, HOL in GLC. Pri civilistkah je parameter MASA normalno porazdeljen, pri civilistih pa signifikantnost statistike za ta parameter nakazuje že rahlo nenormalno porazdelitev (glej prejšnje podpoglavje), vendar so pri civilistih razlike v merah centralne tendence tako majhne, da smo izvedli t-test tudi na tem parametru.

V tabeli 35 se nahajajo povprečne vrednosti parametrov pri skupinah civilistke in civilisti.

Tabela 35: Primerjava povprečnih vrednosti parametrov med civilisti in civilistkami.

PARAMETER	STATUS	N	Povprečje	Std. dev	Std. napaka	Sig. razlike
STAROST	CIVILISTI	34	29,68	6,794	1,1650	/
	CIVILISTKE	22	31,55	7,866	1,6770	
VIŠINA	CIVILISTI	34	178,00	4,592	0,7880	0,000
	CIVILISTKE	22	165,55	4,768	1,0170	
MASA	CIVILISTI	34	78,62	10,3000	1,7664	0,000
	CIVILISTKE	22	62,95	8,5500	1,8229	
ITM	CIVILISTI	34	24,79	2,8532	0,4893	0,014
	CIVILISTKE	22	22,91	2,4944	0,5318	
M	CIVILISTI	34	19,69	5,6674	0,9720	0,000
	CIVILISTKE	22	32,39	5,0572	1,0782	
HOL	CIVILISTI	34	4,735	0,8669	0,1487	0,144
	CIVILISTKE	22	5,073	0,7729	0,1648	
TRIGL	CIVILISTI	34	1,060	0,46438	0,0796	/
	CIVILISTKE	22	0,862	0,26923	0,0574	
GLC	CIVILISTI	34	5,05	0,3048	0,0523	0,121
	CIVILISTKE	22	4,92	0,3080	0,0657	

V tabeli 36 se nahajajo Levenovi testi enakosti varianc za testirane parametre. Variance imajo enake vsi obravnavani pari parametrov, razen parametra MASA, za katerega testno statistiko F je signifikantnost manjša od 0,1. V skladu s temi rezultati smo iz tabele z izračuni (SPSS 13.0) izbrali ustrezne vrednosti.

Tabela 36: Levenov test enakosti varianc (civilisti, civilistke) za dane parametre. Varianci sta za dani parameter enaki, če je Sig. > 0,1. N(civilisti)=34, N(civilistke)=22.

PARAMETER	F	Sig.
VIŠINA	0,596	0,444
MASA	4,410	0,040
ITM	0,981	0,326
M	0,946	0,335
HOL	0,399	0,530
GLC	0,066	0,799

Iz tabele 37 je razvidno, da obstajajo signifikantne razlike med skupinama civilistke in civilisti pri parametrih VIŠINA, MASA, ITM ter M. Tako lahko trdimo, da je naša skupina civilistov v povprečju višja za 12,5 cm, težja za 15,7 kg, ima višji ITM za 1,9 kg/m² ter nižji % telesnega maščevja za 12,7 % s primerjano skupino civilistk. Pri parametrih HOL in GLC ni zaznani značilnih razlik med skupinama, oziroma so slednje lahko zgolj posledica naključja.

Tabela 37: T-test enakosti povprečij za skupini civilisti, civilistke za dane parametre.
2-str. pr. - dvostranski preizkus. N(civilisti)=34, N(civilistke)=22.

PARAMETER	t	df	Sig. (2-str. pr.)	Razlika med povprečji	Std. napaka razlike	95 % interval zaupanja razlike	
						Sp. meja	Zg. meja
VIŠINA	9,764	54,000	0,000	12,4550	1,2750	9,8970	15,0120
MASA	6,174	50,577	0,000	15,6722	2,5383	10,5752	20,7691
ITM	2,530	54,000	0,014	1,8821	0,7440	0,3904	3,3738
M	-8,536	54,000	0,000	-12,7011	1,4880	-15,6843	-9,7178
HOL	-1,483	54,000	0,144	-0,3374	0,2275	-0,7936	0,1187
GLC	1,574	54,000	0,121	0,1318	0,0837	-0,0361	0,2997

4.4.3 Vojaki in civilistke

T-teste enakosti povprečij je bilo za skupini vojakov in civilistk mogoče izvesti le za dvojice parametrov VIŠINA, MASA, ITM, M IN HOL, saj le te dvojice parametrov ustrezajo zahtevam po normalnosti porazdelitve (Shapiro-Wilk test: Tabeli 9, 11).

Tabela 38 prikazuje povprečne vrednosti vseh parametrov za skupini vojaki in civilistke, v tabeli 39 pa se nahajajo F statistike in ustrezne signifikantnosti Levenovih testov enakosti varianc za naše testirane parametre.

Tabela 38: Primerjava povprečnih vrednosti parametrov med vojaki in civilistkami.

PARAMETER	STATUS	N	Povprečje	Std. dev	Std. napaka	Sig. razlike
STAROST	VOJAKI	122	34,6300	7,75200	0,70200	/
	CIVILISTKE	22	31,5500	7,86600	1,67700	
VIŠINA	VOJAKI	122	179,8100	6,03100	0,54600	0,000
	CIVILISTKE	22	165,5500	4,76800	1,01700	
MASA	VOJAKI	122	84,8310	12,65660	1,14590	0,000
	CIVILISTKE	22	62,9450	8,55000	1,82290	
ITM	VOJAKI	122	26,1660	3,31520	0,30010	0,000
	CIVILISTKE	22	22,9090	2,49440	0,53180	
M	VOJAKI	122	14,3780	5,23970	0,47440	0,000
	CIVILISTKE	22	32,3860	5,05720	1,07820	
HOL	VOJAKI	122	5,1710	1,03080	0,09330	0,670
	CIVILISTKE	22	5,0730	0,77290	0,16480	
TRIGL	VOJAKI	122	1,3348	0,65633	0,05942	/
	CIVILISTKE	22	0,8623	0,26923	0,05740	
GLC	VOJAKI	122	5,2140	0,39780	0,03600	/
	CIVILISTKE	22	4,9180	0,30800	0,06570	

Tabela 39: Levenov test enakosti varianc (vojaki, civilistke) za dane parametre. Varianci sta za dani parameter enaki, če je Sig. > 0,1. N(vojaki)=122, N(civilistke)=22.

PARAMETER	F	Sig.
VIŠINA	0,724	0,396
MASA	4,861	0,029
ITM	2,950	0,088
M	0,494	0,483
HOL	2,653	0,106

Iz tabele 39 je razvidno, da so variance enake pri dvojicah parametrov VIŠINA, M ter HOL, razlikujejo pa se pri dvojicah MASA in ITM. Program SPSS 13.0 samodejno izračuna rezultate t-testa za primer enakosti kot tudi neenakosti varianc, pravilni rezultat pa odčitamo glede na rezultate Levenovih testov enakosti varianc.

Tako lahko ugotovimo (tabela 40), da je naša skupina vojakov v povprečju višja za dobrih 14 cm, težja za skoraj 22 kg, ima višji ITM za približno 3,3 kg/m² ter nižji odstotek telesnega maščevja za 18 %. Vse te razlike so zelo signifikantne. Le pri parametru HOL lahko ugotovimo, da je razlika nesignifikantna in je lahko rezultat naključja.

Tabela 40: T-test enakosti povprečij za skupini vojaki, civilistke za dane parametre. 2-str. pr. - dvostranski preizkus. N(vojaki)=122, N(civilistke)=22.

PARAMETER	t	df	Sig. (2-str. pr.)	Razlika med povprečji	Std. napaka razlike	95 % interval zaupanja razlike	
						Sp. meja	Zg. meja
VIŠINA	10,508	142,000	0,000	14,2660	1,3580	11,5820	16,9500
MASA	10,165	39,797	0,000	21,8857	2,1531	17,5334	26,2380
ITM	5,334	35,878	0,000	3,2573	0,6107	2,0187	4,4959
M	-14,914	142,000	0,000	-18,0085	1,2075	-20,3955	-15,6215
HOL	0,427	142,000	0,670	0,0986	0,2309	-0,3579	0,5550

4.5 METODA RAZVRŠČANJA V SKUPINE

S to metodo smo skušali ugotoviti, ali znotraj obravnavanih skupin (vojaki, civilisti, civilistke) obstajajo podskupine, ki se med seboj značilno ločijo.

4.5.1 Vojaki

Z metodo razvrščanja v skupine smo ugotovili, da skupino vojakov sestavljata dve podskupini. Imenovali ju bomo skupina 1 in skupina 2. V skupini 1 se nahaja 74 vojakov

(približno 60 % celotne skupine), skupina 2 je nekoliko manjša in jo sestavlja 48 vojakov (40 % celotne skupine) (tabela 41).

Tabela 41: Porazdelitev vojakov v podskupini (skupina 1 in skupina 2).

Skupina	N	% od skupaj
1	74	60,70%
2	48	39,30%
Skupaj	122	100,00%

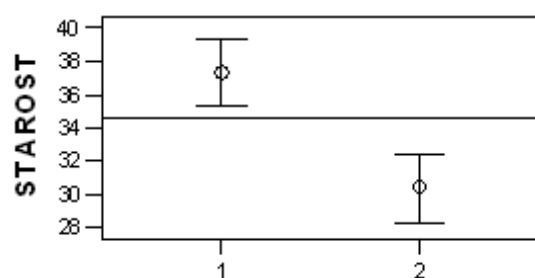
V tabeli 42 so predstavljene povprečne vrednosti vseh parametrov za obe skupini ter za vojake kot celoto.

Tabela 42: Povprečne vrednosti parametrov skupin 1 in 2 ter vseh vojakov skupaj.

		Skupina		
		1	2	Skupaj
STAROST	Povprečje	37,36	30,42	34,63
	Std. dev	7,47	6,17	7,75
VIŠINA	Povprečje	180,85	178,21	179,81
	Std. dev	6,41	5,05	6,03
MASA	Povprečje	91,93	73,89	84,83
	Std. dev	10,41	6,51	12,66
ITM	Povprečje	28,08	23,22	26,17
	Std. dev	2,65	1,66	3,32
M	Povprečje	16,69	10,82	14,38
	Std. dev	4,56	4,12	5,24
HOL	Povprečje	5,50	4,66	5,17
	Std. dev	1,05	0,77	1,03
TRIGL	Povprečje	1,51	1,07	1,33
	Std. dev	0,69	0,51	0,66
GLC	Povprečje	5,32	5,05	5,21
	Std. dev	0,37	0,38	0,40

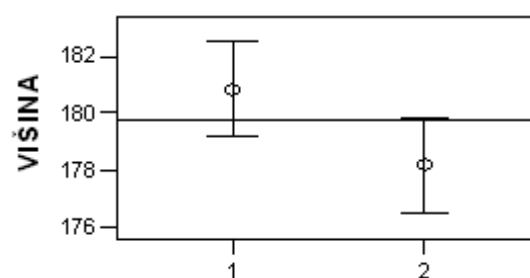
Na sliki 7 se nahajajo primerjalni diagrami s povprečnimi vrednostmi parametrov za obe skupini (1 in 2) posebej ter za vojake kot celoto. V primeru, da sta 95 % intervala zaupanja za skupini pri določenem parametru dovolj ločena (se ne dotikata ali prekrivata) ter da ne presegata referenčne linije skupnega povprečja, lahko sklepamo na obstoj dveh skupin, ki se bistveno razlikujeta pri določenem parametru. Skupini 1 in 2 se tako bistveno razlikujeta pri parametrih STAROST, MASA, ITM, M ter HOL. Na določeno verjetnost obstoja razlik kaže tudi pri parametrih TRIGL in GLC. Verjetno pa se skupini ne razlikujeta bistveno pri parametru VIŠINA.

Pri metodi razvrščanja v skupine smo kot klasifikacijsko osnovo uporabili vse parametre hkrati, prispevki le teh pa so za tvorbo skupin bili različni. Tako je iz slike 8 razvidno, da k tvorjenju skupine 1 prispevajo ITM, MASA, M, STAROST in HOL. GLC, TRIGL in VIŠINA pa k tvorjenju skupine 1 ne prispevajo. Podobno lahko za skupino 2 (slika 9) trdimo, da so k njenemu nastanku prispevali ITM, MASA, M, STAROST, HOL, TRIGL in GLC. K njenemu nastanku pa ni prispevala le VIŠINA.



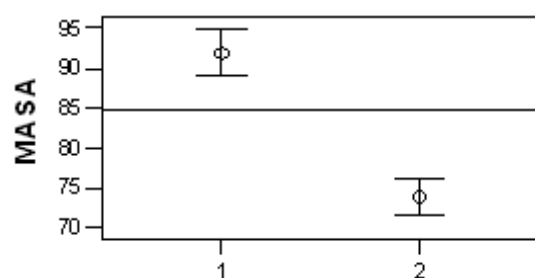
Skupina

Referenčna linija skupnega povprečja = 35



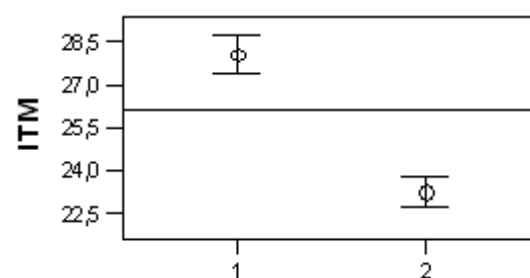
Skupina

Referenčna linija skupnega povprečja = 180



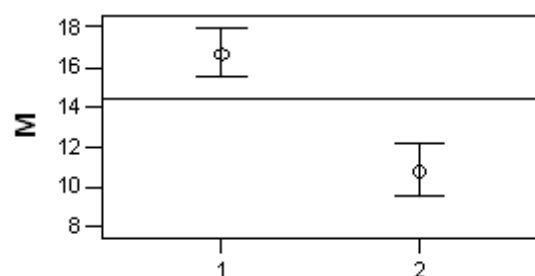
Skupina

Referenčna linija skupnega povprečja = 84,8



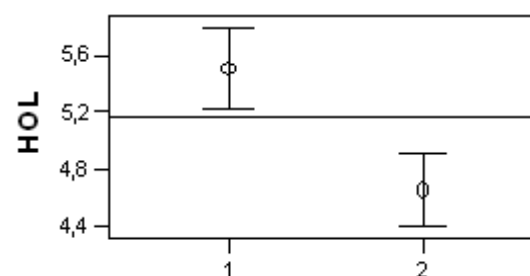
Skupina

Referenčna linija skupnega povprečja = 26,2



Skupina

Referenčna linija skupnega povprečja = 14,4

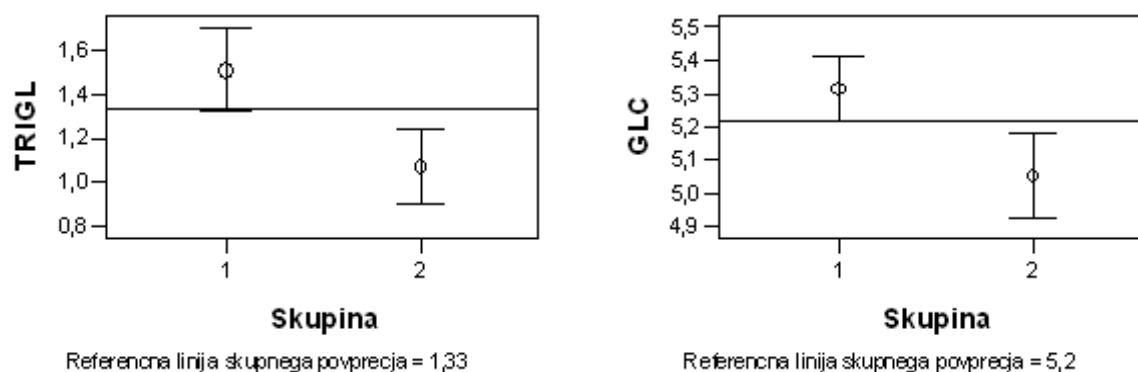


Skupina

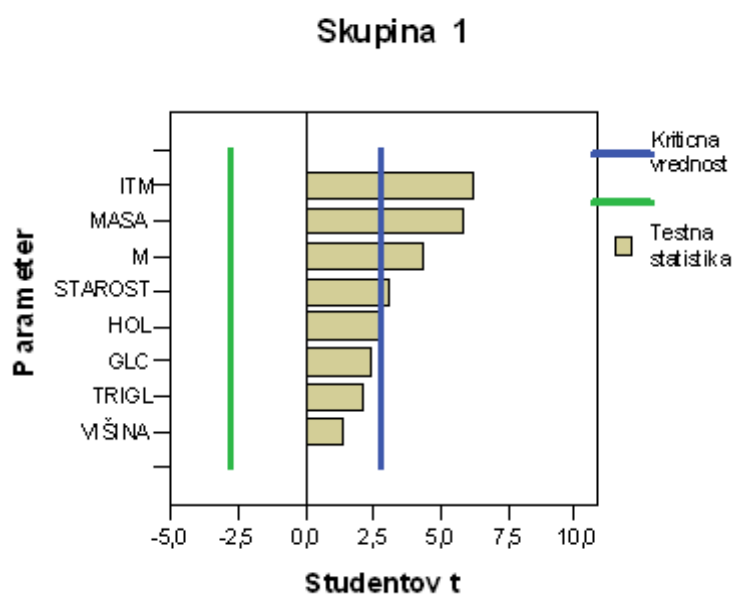
Referenčna linija skupnega povprečja = 5,2

se nadaljuje

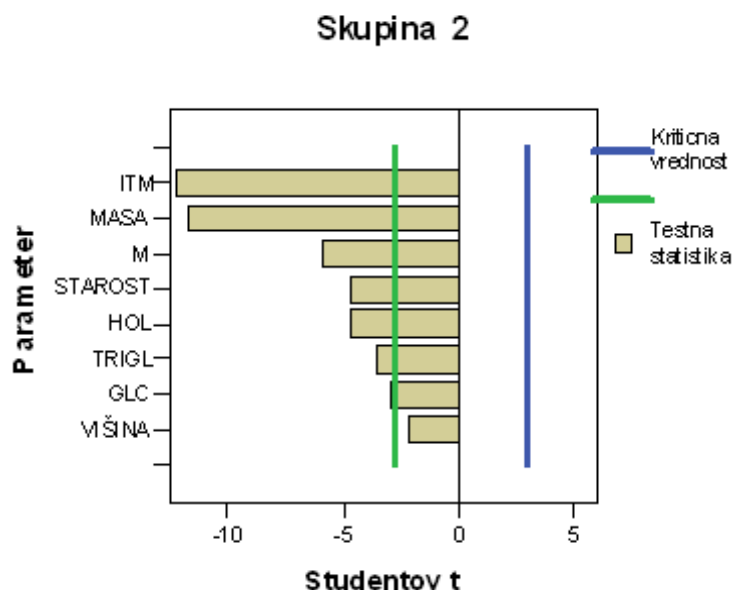
nadaljevanje



Slika 7: Povprečne vrednosti parametrov (označene z majhnimi krogi) skupin 1 in 2 ter odgovarjajoči 95 % intervali zaupanja povprečnih vrednosti. Horizontalna črta predstavlja povprečno vrednost parametra celotne skupine vojakov (referenčna linija skupnega povprečja). N (skupina 1) = 74, N (skupina 2) = 48.



Slika 8: Značilni prispevki parametrov k tvorbi skupine 1. Parametri, ki presegajo mejo kritične vrednosti (modra črta), značilno prispevajo k tvorbi skupine 1. Pozitivni predznak Studentovih t vrednosti kaže na višje povprečne vrednosti parametrov skupine 1 v primerjavi s skupnim povprečjem.



Slika 9: Značilni prispevki parametrov k tvorbi skupine 2. Parametri, ki presegajo mejo kritične vrednosti (zelena črta), značilno prispevajo k tvorbi skupine 2. Negativni predznak Studentovih t vrednosti kaže na nižje povprečne vrednosti parametrov skupine 2 v primerjavi s skupnim povprečjem.

4.5.2 Civilisti in civilistke

Z metodo razvrščanja v skupine smo ob predpostavki, da ob razvrščanju v skupine upoštevamo vse parametre hkrati, ugotovili, da znotraj skupin civilisti in civilistke podskupine ne obstajajo.

4.6 PRIMERJAVA RAZLIK V TELESNI VIŠINI IN MASI MED SKUPINAMI IZ OBDOBIJ 1992 IN 2005

Za ugotavljanje sprememb v telesni višini in masi v Sloveniji smo v analizi primerjali skupini našega vzorca (vojaki, civilisti) iz obdobja marec 2005, s skupinama študentov Fakultete za šport Univerze v Ljubljani in nabornikov iz obdobja maj 1992 (Stanislav Pinter, 1993). Povprečne vrednosti skupin za parametra VIŠINA in MASA se nahajajo v tabeli 43. Porazdelitev parametrov MASA in VIŠINA je bila normalna za vse preučevane skupine (tabela 44).

Tabela 43: Primerjava povprečnih vrednosti telesne višine in mase skupin, obravnavanih v tej nalogi (vojaki, civilisti; marec 2005), s skupinama študentov Fakultete za šport Univerze v Ljubljani in nabornikov iz obdobja maj 1992 (podatki za študente FŠ in nabornike se nahajajo v magistrski nalogi Stanislava Pinterja (1993), Analiza razlik morfološkega in motoričnega statusa med odraslimi občani RS in študenti Fakultete za šport, str. 27 in 29).

		vojaki	študenti FŠ	civilisti	naborniki
VIŠINA (cm)	N	19	108	9	196
	povprečje	181,1	178,2	177,2	177,3
	std	5,70	6,41	5,31	6,66
MASA (kg)	N	19	108	9	196
	povprečje	80,9	71,8	76,0	73,2
	std	10,55	7,43	11,07	9,13

Tabela 44: Testi normalnosti porazdelitev za parametra VIŠINA in MASA pri skupinah vojaki, civilisti, študenti FŠ in naborniki (podatki za študente FŠ in nabornike so iz magistrske naloge Stanislava Pinterja, 1993). Za študente FŠ in nabornike je zgolj podatek, ali je parameter normalno porazdeljen, kar označuje znak **.

	STATISTIKA	vojaki	civilisti	študenti FŠ	naborniki
PARAMETER	N	22	14	108	196
MASA	Kolmogorov – Smirnov Z	0,435	0,573	0,962	0,224
	P	0,992	0,898	**	**
VIŠINA	Kolmogorov – Smirnov Z	0,695	0,449	0,926	0,743
	P	0,719	0,988	**	**

Povprečne vrednosti za parametra MASA in VIŠINA smo med skupinami primerjali s t-testom (tabela 46). Za različico t-testa smo se odločili po opravljenem testu enakosti varianc (Bartlettov test, tabela 45).

Tabela 45: Testi enakosti varianc (Bartlettov test) za parametra VIŠINA in MASA za pare skupin vojaki, civilisti, študenti FŠ ter naborniki. Podatki za študente FŠ in nabornike so iz magistrske naloge Stanislava Pintarja, 1993.

		BARTLETTOV TEST			enakost varianc
		N	F	P	
MASA (kg)	vojaki	22			
	študenti	108	2,576	0,0008	NE
VIŠINA (cm)	vojaki	22			
	študenti	108	1,185	0,3388	DA
MASA (kg)	civilisti	14			
	naborniki	196	1,187	0,2910	DA
VIŠINA (cm)	civilisti	14			
	naborniki	196	1,775	0,1191	DA
MASA (kg)	vojaki	22			
	naborniki	196	1,706	0,0324	NE
VIŠINA (cm)	vojaki	22			
	naborniki	196	1,280	0,2595	DA
MASA (kg)	civilisti	14			
	študenti	108	1,793	0,0533	DA
VIŠINA (cm)	civilisti	14			
	študenti	108	1,644	0,1573	DA
MASA (kg)	vojaki	22			
	civilisti	14	1,437	0,2531	DA
VIŠINA (cm)	vojaki	22			
	civilisti	14	1,387	0,2753	DA
MASA (kg)	študenti	108			
	naborniki	196	1,510	0,0095	NE
VIŠINA	študenti	108			
	naborniki	196	1,079	0,3334	DA

Preiskovanci v vseh skupinah so bili stari od 19 do 25 let. Iz tabele 46 izhaja, da so bili vojaki leta 2005 v povprečju težji za 8,3 kg in višji za 3 cm od primerjane skupine študentov iz leta 1992 ter da so te razlike značilne. Značilnih razlik pa ni opaziti med skupinama civilistov (leto 2005) in nabornikov (leto 1992). Prav tako ni opaziti značilnih razlik med skupinama iz obdobja 1992 (študenti, naborniki). V primerjavi naših preiskovanih skupin (vojaki, civilisti) iz obdobja 2005 ugotovimo, da so vojaki neznačilno težji ter značilno višji. Vojaki (leto 2005) so tudi značilno težji ter značilno višji v primerjavi s skupino nabornikov (leto 1992). Med civilisti (leto 2005) in študenti (1992) pa pri parametrih masa in višina ni opaziti značilnih razlik.

Tabela 46: T-testi enakosti povprečij za parametra MASA in VIŠINA med pari skupin vojaki, civilisti, študenti FŠ in naborniki. Podatki za skupini študentov FŠ in nabornikov so iz magistrske naloge Stanislava Pintarja, 1993.

		razlika		t-test		značilnost razlike
		N	povprečij	t	P	
MASA (kg)	vojaki	22				
	študenti	108	8,3	3,132	0,0023	DA
VIŠINA (cm)	vojaki	22				
	študenti	108	3,0	2,047	0,0213	DA
MASA (kg)	civilisti	14				
	občani	196	3,7	1,462	0,0726	NE
VIŠINA (cm)	civilisti	14				
	občani	196	0,4	0,226	0,4109	NE
MASA (kg)	vojaki	22				
	občani	196	6,9	2,618	0,0077	DA
VIŠINA (cm)	vojaki	22				
	občani	196	3,9	2,653	0,0043	DA
MASA (kg)	civilisti	14				
	študenti	108	5,1	0,293	0,3851	NE
VIŠINA (cm)	civilisti	14				
	študenti	108	-0,5	0,043	0,4827	NE
MASA (kg)	vojaki	22				
	civilisti	14	3,2	0,824	0,2078	NE
VIŠINA (cm)	vojaki	22				
	civilisti	14	3,5	1,847	0,0367	DA
MASA (kg)	študenti	108				
	občani	196	-1,4	1,447	0,0746	NE
VIŠINA (cm)	študenti	108				
	občani	196	0,9	1,143	0,1271	NE

4.7 REFERENČNO STANJE NEKATERIH TELESNIH IN BIOKEMIJSKIH PARAMETROV

Vrednosti nekaterih parametrov, ki so podane v naslednjih podpoglavjih, temeljijo na izračunu neokrnjenih skupin, saj v tem primeru ni bilo potrebno upoštevati normalne porazdelitve parametrov, ki je predpogoj za izvedbo nekaterih parametričnih testov; tukaj prikazani rezultati predstavljajo dejansko stanje, kakršno je bilo v času vzorčenja. Celotna skupina vojaki šteje 144 oseb in celotna skupina civilisti (za primerjavo) šteje 50 oseb.

4.7.1 Višina

Iz tabele 47 je razvidno, da je polovica preiskovanih vojakov v višino merila čez 180 cm, ena četrtnina je bila višja od 184 cm, 5 % pa jih je bilo višjih od 191,7 cm. V primerjalni

skupini civilistov so te vrednosti opazno manjše.

Tabela 47: 50, 75 in 95 centil telesne višine pri vojaki (N=144) in civilistih (N=50).

PARAMETER	STATUS	CENTILI		
		50	75	95
VIŠINA	VOJAKI	180,0	184,0	191,7
[cm]	CIVILISTI	178,0	181,0	190,4

4.7.2 Masa

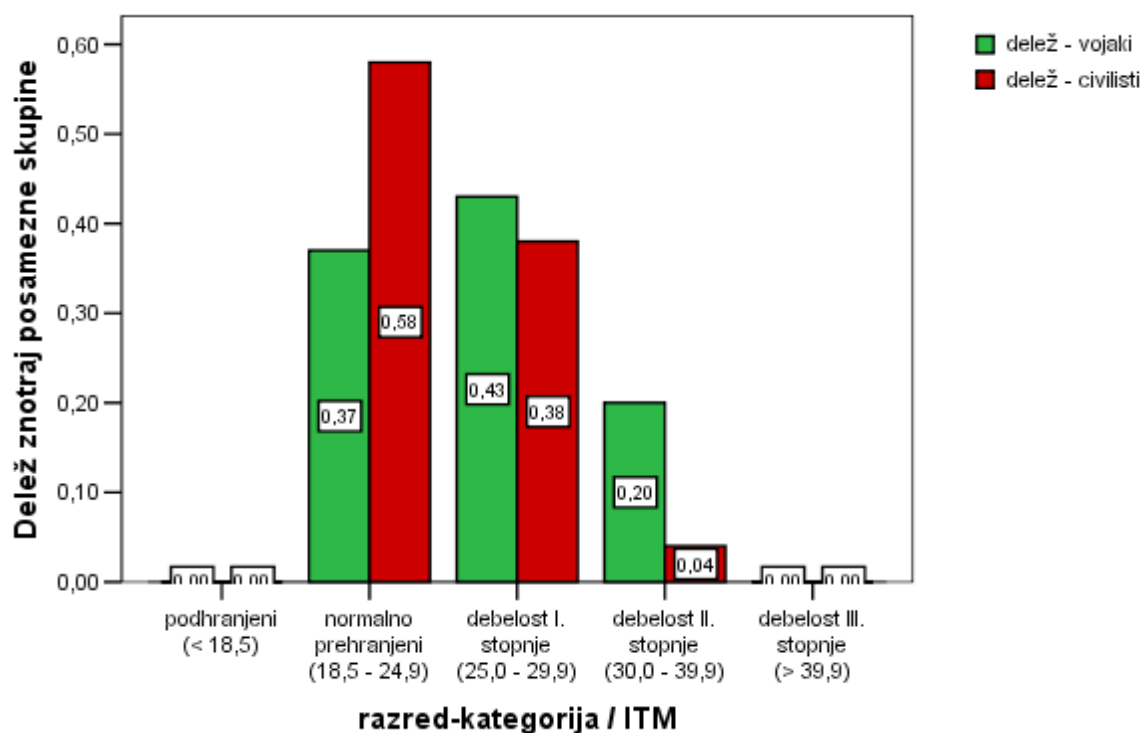
Polovica vojakov je bilo težjih od 84,8 kg, ena četrtna vojakov je bilo težjih od 96,3 kg, 5 % vojakov je bilo težjih od 109,7 kg. Vse vrednosti so občutno višje kot pri civilistih (tabela 48).

Tabela 48: 50, 75 in 95 centil telesne mase pri vojaki (N=144) in civilistih (N=50).

PARAMETER	STATUS	CENTILI		
		50	75	95
MASA	VOJAKI	84,8	96,3	109,7
[kg]	CIVILISTI	80,4	88,7	94,9

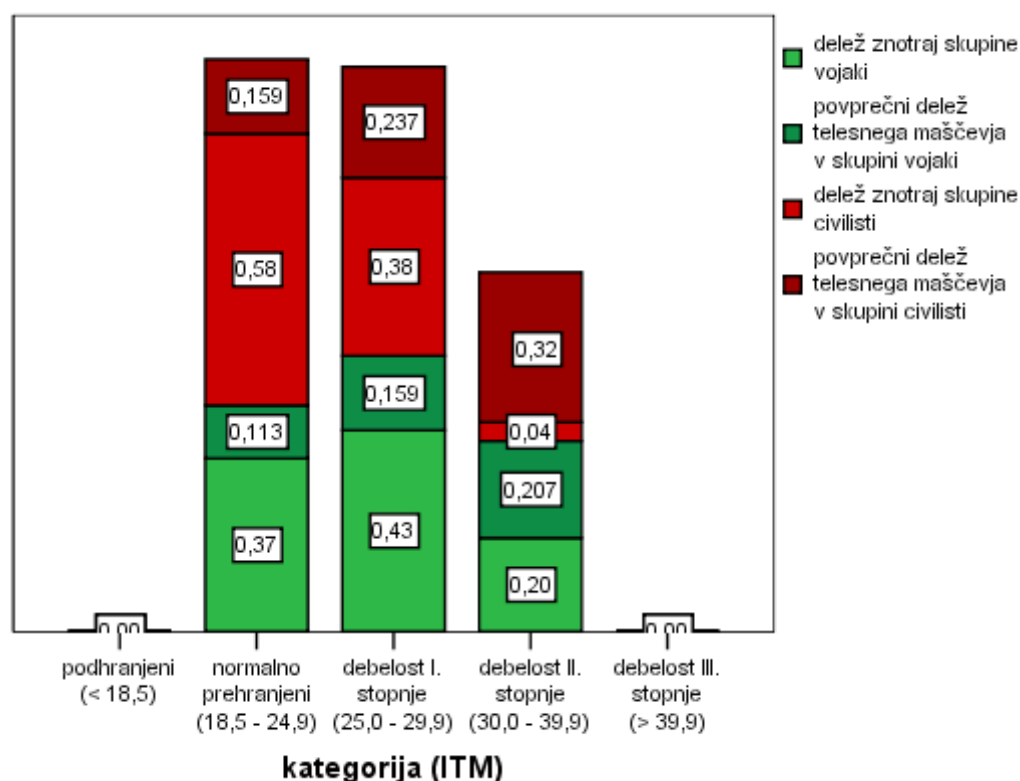
4.7.3 Indeks telesne mase (ITM)

Normalno prehranjenih (ITM med 18,5 in 25) je bilo 37 % od skupno 144 vojakov. ITM med 25 in 30 (debelost I. stopnje) je imelo 43 % vojakov, ITM med 30 in 40 (debelost II. stopnje) pa 20 % vojakov. Primerjalna skupina civilistov (N=50) je imela 58 % tistih, ki so imeli ITM med 18,5 in 25, 38 % jih je imelo ITM med 25 in 30. Samo 4 % civilistov je imelo ITM med 30 in 40 (slika 10).



Slika 10: Primerjava ITM med vojaki (N=144) in civilisti (N=50).

Kljub temu, da je delež vojakov s primerno telesno maso (37%) nižji kot pri civilistih (58%) ter da je delež vojakov s prekomerno telesno maso (63%) višji kot pri civilistih (42%), pa primerjava skupin na sliki 11 razkrije drugačno podobo. V vseh razredih ITM imajo vojaki povprečni odstotek telesnega maščevja nižji v primerjavi s civilisti, ta razlika pa narašča z razredom ITM. Tako lahko ugotovimo razliko 4,6 % telesnega maščevja med vojaki (11,3%) in civilisti (15,9%) v skupini normalno prehranjenih oseb ($18,5 < \text{ITM} < 25$). Z naslednjim razredom ITM ($25 < \text{ITM} < 30$; debelost I. stopnje) se ta razlika poveča na 7,8% (vojaki 15,9 % in civilisti 23,7 %) telesnega maščevja. V razredu debelost II. stopnje ($30 < \text{ITM} < 40$) pa je ta razlika 11,3 % telesnega maščevja.



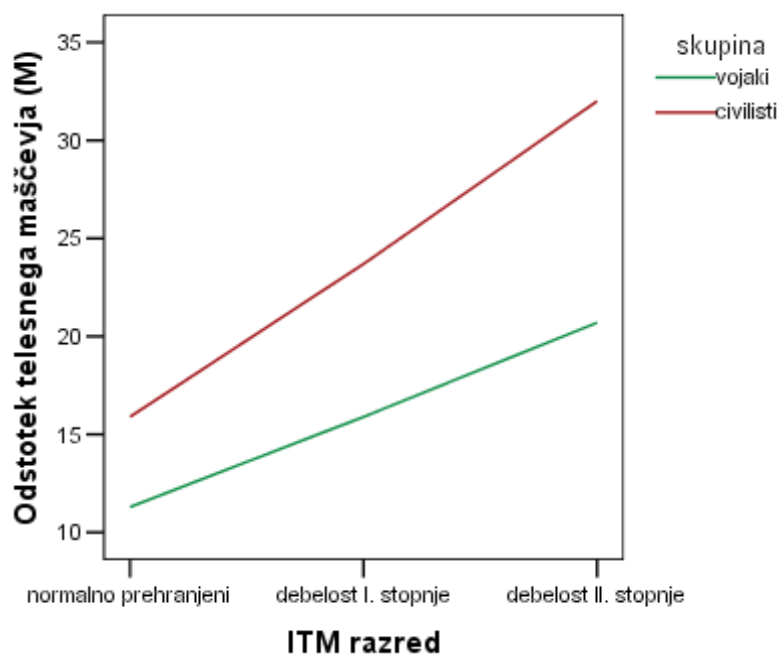
Slika 11: Primerjava ITM in povprečnega odstotka telesnega maščevja (podan kot delež) znotraj posameznih razredov ITM med skupinama vojaki (N=144) in civilisti (N=50).

Z višanjem razreda ITM odstotek telesnega maščevja (M) linearno narašča za vsako skupino različno (slika 12).

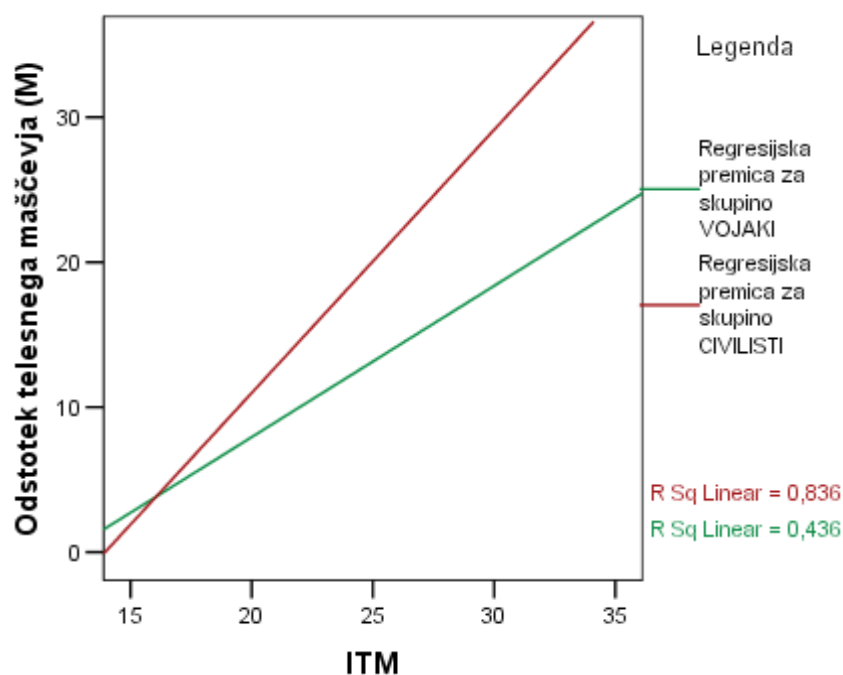
Z uporabo linearne regresije lahko opišemo linearni odnos med parametroma ITM in M za vsako skupino posebej (formuli 20, 21; slika 13), pri čemer ITM vzamemo za neodvisno spremenljivko, saj skušamo dognati, kolikšno napovedno vrednost ima ta spremenljivka pri določanju odstotka telesnega maščevja, M (vsi koeficienti in konstante so statistično značilni):

$$M = -12,925 + 1,043 \cdot \text{ITM} \text{ (vojaki, } N=122; R^2=0,463) \quad \dots(20)$$

$$M = -25,328 + 1,816 \cdot \text{ITM} \text{ (civilisti, } N=34; R^2=0,836) \quad \dots(21)$$



Slika 12: Zveza med razredom ITM in odstotkom telesnega maščevja (M) za vojake (N=144) in civiliste (N=50).



Slika 13: Regresijski premici za vojake (N=122) in civiliste (N=34); ITM - neodvisna spremenljivka, M - odvisna spremenljivka, R^2 Linear = determinacijski koeficient (R^2)

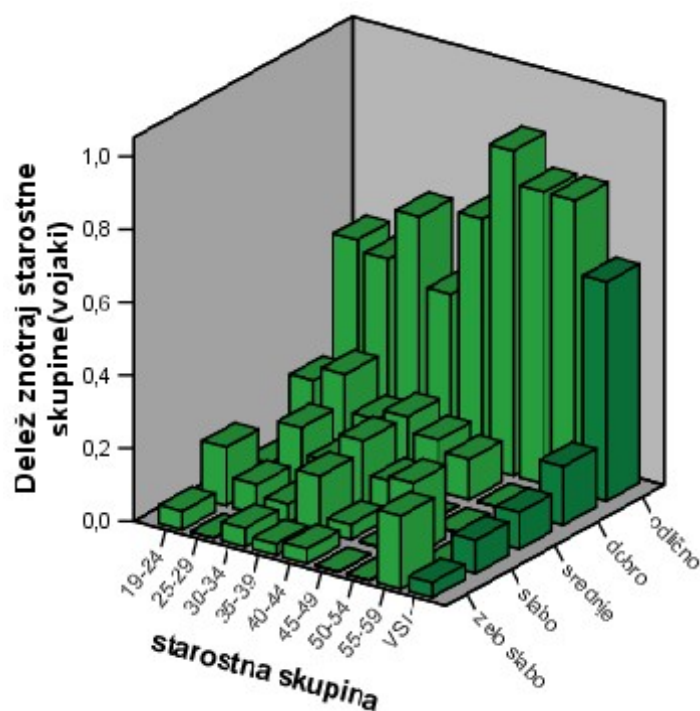
Iz enačb 20 in 21 ter slike 13 lahko razberemo, da ima ITM precej večjo napovedno vrednost pri izračunu M za civiliste ($R^2=0,836$) kot pa za vojake ($R^2=0,436$). Iz enačb

razberemo tudi, da sprememba ITM za eno enoto povzroči povečanje M za 1,816 pri civilistih in zgolj 1,043 pri vojakih.

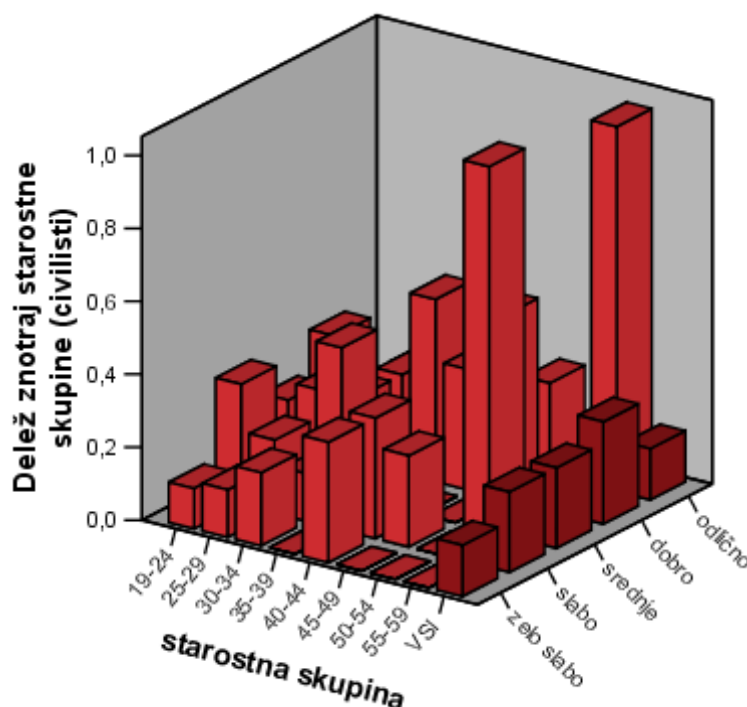
4.7.4 Odstotek telesnega maščevja (M)

Celotno skupino vojakov smo razdelili v 8 starostnih skupin, vsako od teh starostnih skupin pa še dodatno na 5 kvalitativnih razredov (odlično, dobro, srednje, slabo, zelo slabo) glede odstotka telesnega maščevja (slika 14). Za primerjavo smo analizirali tudi skupino civilisti (slika 15). Vrednosti za določitev mej med kvalitativnimi razredi za vsako starostno skupino smo povzeli po Body fat measuring – Know where you stand with your weight, 2006 (Tabela 5).

Povzamemo lahko, da kar 60 % celotne skupine vojaki sodi v najvišjo kvalitativno skupino glede odstotka telesnega maščevja (odlično), v skupini dobro se nahaja 16 %, nadalje v skupini srednje je 10 %, slabo 9 % in v skupini zelo slabo so 4 % vojakov iz našega vzorca.



Slika 14: Struktura (v deležih) starostnih skupin glede na odstotke telesnega maščevja (M) pri skupini vojaki (N=144). M v tem primeru ni podan kot številčna vrednost, ampak kot kvalitativni razred, saj se vrednosti za posamezne starostne skupine razlikujejo (tabela 10).



Slika 15: Struktura (v deležih) starostnih skupin glede na odstotke telesnega maščevja (M) pri skupini civilisti (N=50). M v tem primeru ni podan kot številčna vrednost, temveč kot kvalitativni razred, saj se vrednosti za posamezne starostne skupine razlikujejo (tabela 10).

Ob primerjavi civilistov z vojaki (slika 15) ugotovimo, da imajo prvi precej slabše rezultate (odlično 14%, dobro 28%, srednje 22%, slabo 22%, zelo slabo 14 %).

4.7.5 Holesterol

Referenčne vrednosti za raven holesterola v krvi so določene s 75. in 95. percentilom. Tako mejo med zaželeno vrednostjo in mejno povišano vrednostjo določa 75. percentil, ki znaša 5,2 mmol/L. Meja med mejno povišano vrednostjo in visoko vrednostjo pa je določena s 95. percentilom in znaša 6,2 mmol/L (NCEP. Third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III); Executive Summary. NIH Publication No.01-3670. National Institutes of Health. Bethesda. Maryland: May, 2001.). V naši skupini vojakov je imelo raven holesterola v krvi pod 5,2 mmol/L 49,3 % vojakov (civilisti 60 %), mejno visoko raven holesterola je imelo 29,2 % vojakov (civilisti 28 %). Visoko raven holesterola pa je imelo 21,5 % vojakov (civilisti 12 %). Sklepamo lahko, da imajo vojaki iz naše skupine nekoliko povišane ravni holesterola v krvi. Vrednost 75. percentila za našo skupino vojakov je znašala 6,0 mmol/L, vrednost 95. percentila pa 7,3 mmol/L.

Povišane vrednosti 75. in 95. percentila opazimo tudi pri civilistih. Tako je vrednost 75. percentila za civiliste znašala 5,6 mmol/L ter vrednost 95. percentila 7,3 mmol/L.

4.7.6 Trigliceridi

Mejne vrednosti za ravni trigliceridov v krvi so določene na osnovi analiz trigliceridov in metabolizma. Mejno visoke vrednosti (1,69 – 2,25 mmol/L) so pogosto povezane z majhnimi LDL, nizkimi koncentracijami HDL in metabolnim sindromom. Visoke vrednosti (2,26 – 5,64 mmol/L) so značilne za endogene hipertrigliceridemije brez prisotnosti hilomikronov. Pri zelo visokih vrednostih (> 5,64 mmol/L) se v plazmi pokažejo hilomikroni, to stanje pa kaže na povečano tveganje za pojav pankreatitisa (Third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP), 2006).

V naši skupini vojakov je imelo normalne vrednosti trigliceridov (< 1,69 mmol/L) 68 % oseb (pri civilistih 80 %), mejno visoke vrednosti (1,69 – 2,25 mmol/L) je imelo 16 % vojakov (pri civilistih 6 %), visoke vrednosti (2,26 – 5,64 mmol/L) je imelo 14,6 % vojakov (pri civilistih 12 %), zelo visoke vrednosti (> 5,64 mmol/L) pa je imelo 1,4 % vojakov (pri civilistih 2 %).

4.7.7 Glukoza

Normalno raven glukoze v plazmi (4,1 – 5,9 mmol/L) je imelo 92 % vojakov (96 % civilistov), povišano vrednost (> 5,9 mmol/L) pa je imelo 8 % vojakov (4 % civilistov). V nobeni izmed skupin ni bilo oseb s prenizko ravniyo krvnega sladkorja (< 4,1 mmol/L).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

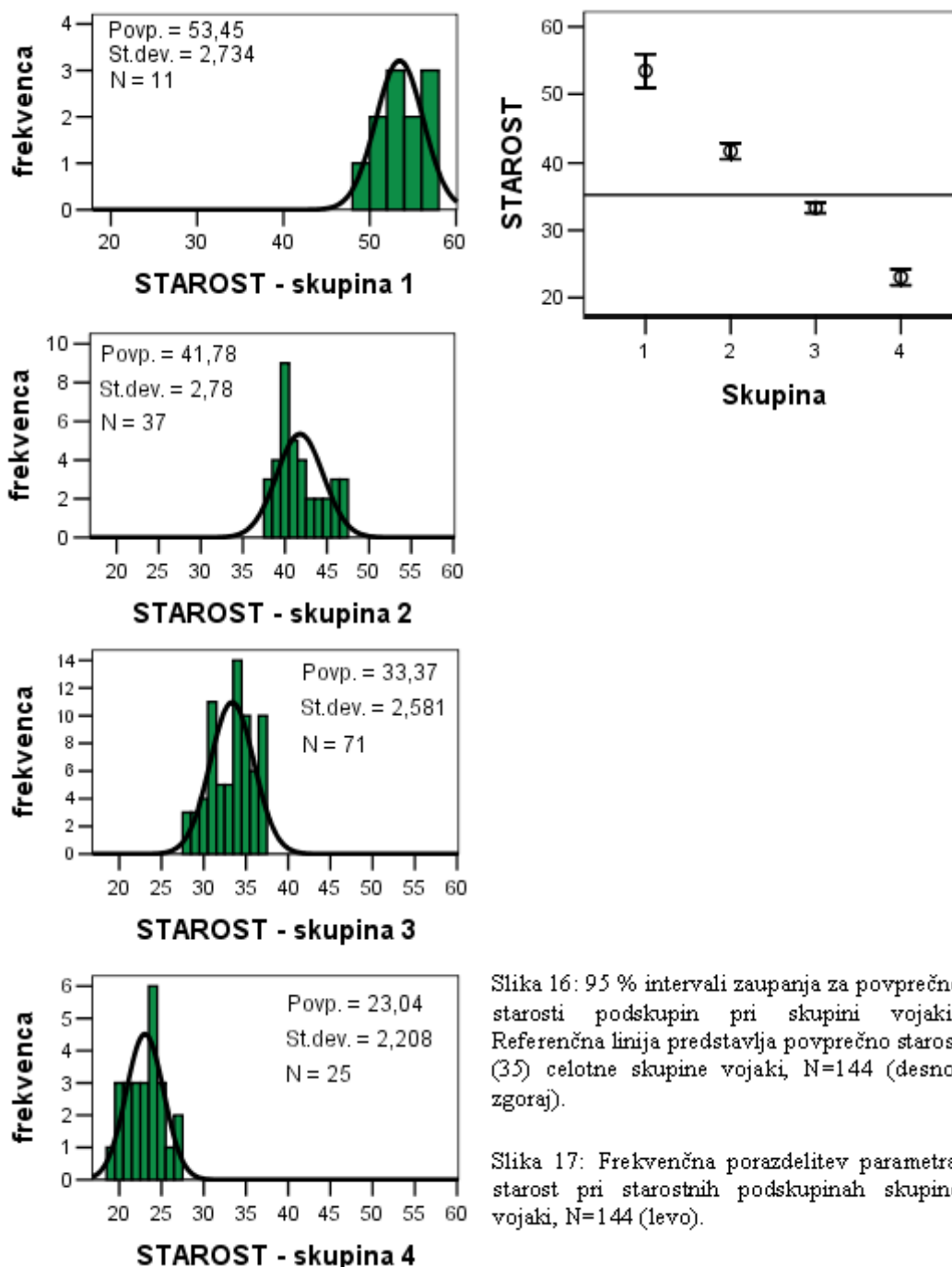
5.1.1 Referenčno stanje obravnavanih antropometričnih in biokemijskih parametrov pri vojaki

– STAROST

Povprečna starost naše skupine vojakov je bila skoraj 35 let, s standardnim odklonom 7,75 let. Ugotovili smo nekoliko nižji delež oseb mlajših od 30 let. Ti predstavljajo 21,5 % od celote preiskovanenega vzorca. Kar polovica vojakov se je nahajala v starostnem razredu od 30 do 40 let. Podoben delež vojakov, kot je bil ugotovljen za skupino mlajšo od 30 let (21,5 %), smo ugotovili tudi za skupino staro med 40 in 50 let. Nad 50 let je bilo starih 7 % vojakov. V skupinah civilistov in civilistk je bil delež mlajših od 30 let približno 50 % (slika 2, str. 52), kar daje slutiti, da v sestavi vojakov primanjkuje mlajših uslužbencev, obenem pa obstaja presežek srednje starih vojakov, starih med 30 in 40 let.

Z metodo analize skupin smo ugotovili, da glede parametra starost skupino vojaki sestavljajo štiri med seboj dokaj dobro ločene podskupine s povprečnimi starostmi

približno 53, 42, 33 in 23 let (Sliki 16, 17). Po številčnosti izstopa podskupina s povprečno starostjo približno 33 let, kjer je bilo 71 vojakov.



Slika 16: 95 % intervali zaupanja za povprečne starosti podskupin pri skupini vojaki. Referenčna linija predstavlja povprečno starost (35) celotne skupine vojaki, N=144 (desno, zgoraj).

Slika 17: Frekvenčna porazdelitev parametra starost pri starostnih podskupinah skupine vojaki, N=144 (levo).

– TELESNA VIŠINA

V povprečju so vojaki merili v višino skoraj 180 cm (179,81 cm), s standardnim odklonom 6 cm, v povprečni vrednosti pa se niso značilno razlikovali od skupine civilistov, čeprav so

bili višji za skoraj 2 cm. Najštevilčnejše zastopana razreda sta med 175 in 179 centimetri ter med 180 in 184 centimetri, oba z deležema približno 30 %, skupaj torej 60 %. Nižjih od 175 cm je bilo približno 15 % vojakov, višjih od 184 cm pa približno 24 % vojakov.

Zanimiva je primerjava povprečne telesne višine med pripadniki Slovenske vojske in naborniki drugih evropskih držav, kjer ugotovimo, da so pripadniki Slovenske vojske v povprečju nekoliko višji od povprečne telesne višine nabornikov večine evropskih držav, ki jih omenjamo v primerjavi. Tako so slovenski vojaki v povprečju višji od:

- nabornikov Italijanske vojske za 5,85 cm (meritev opravljena 1990; ISTAT, 1995, cit. po Floris in Sanna, 1998),
- nabornikov Španske vojske za 6,01 cm (meritev opravljena 1990; INE, Nacionalni inštitut za statistiko; cit. po Rebato, 1998),
- nabornikov Madžarske vojske za 4,31 cm (meritev opravljena 1998; Gyenis G., 2002),
- nabornikov Britanske vojske za 3,81 cm (meritev opravljena 1994; Rona, 1998),
- nabornikov Poljske vojske za 2,95 cm (meritev opravljena 1995; Bielicki in sod., 1997, cit. po Bielicki in Hulanicka, 1998),
- nabornikov Švedske vojske za 0,41 cm (meritev opravljena 1996; Lindgren, 1998).

Za nabornike Nizozemske vojske lahko trdimo, da so najverjetneje v povprečju višji od pripadnikov Slovenske vojske, saj je kar 60 % nizozemskih nabornikov višjih od 179,4 cm (pri našem vzorcu SV je ta višina 178 cm) in 30 % višjih od 184,5 cm (183 cm pri našem vzorcu SV). Meritve nabornikov Nizozemske vojske so bile opravljene leta 1991 (Burgmeijer in van Wieringen, 1998).

Za ugotavljanje razlik v telesni višini smo primerjali naši preiskovani skupini vojakov in civilistov s skupinama študentov (Fakulteta za šport Univerze v Ljubljani) in nabornikov iz leta 1992 (Stanislav Pinter, 1993). Vse med seboj primerjane skupine so bile stare od 19 do 25 let. Ugotovili smo, da je naša skupina vojakov značilno višja od skupine študentov (za pribl. 3 cm) in skupine nabornikov (za pribl. 3,9 cm) iz leta 1992, oziroma so vojaki višji za približno 3,5 cm od tehtanega povprečja obeh skupin študentov in nabornikov skupaj. Po drugi strani pa primerjava med našo primerjalno skupino civilistov (2005) in študenti ter naborniki (1992) razkrije, da med civilisti in študenti, kot tudi med civilisti in naborniki, ni značilnih razlik v povprečni telesni višini (tabela 46, str. 83). Skupina vojakov je značilno višja tudi od primerjalne skupine civilistov.

Menimo, da je nekoliko višja povprečna telesna višina naših poklicnih vojakov posledica načina selekcije pri sprejemu v profesionalno vojaško službo, kot tudi psihološkega profila vojakov samih, ki so se odločali za profesionalno službovanje v SV.

– MASA

Povprečna masa naše preiskovane skupine vojakov je znašala 84,8 kg. Polovica vojakov je bilo težjih od 83,2 kg. 5 % vojakov je bilo lažjih od 67,3 kg, 10 % pa lažjih od 70,2 kg. Po drugi strani je bilo 25 % vojakov težjih od 93,8 kg. Če vojake primerjamo s skupino civilistov ugotovimo, da so vojaki značilno težji, in sicer povprečno za 6,2 kg.

V starostnem razredu od 19 do 25 let so vojaki iz naše skupine značilno težji tudi od študentov (Fakulteta za šport Univerze v Ljubljani) in nabornikov iz leta 1992 (Stanislav Pinter, 1993) ter neznačilno težji od primerjalne skupine civilistov. Tako ugotavljamo, da so bili vojaki (2005) težji od študentov (1992) za 8,3 kg, od nabornikov (1992) za 6,9 kg ter od primerjalne skupine civilistov (2005) za 3,2 kg. Najverjetneje je povišana povprečna telesna masa profesionalnih vojakov posledica povečanih psihofizičnih obremenitev na delovnem mestu, verjetno pa tudi posledica selekcije pri sprejemu v profesionalno vojaško službo.

– INDEKS TELESNA MASE (ITM)

Povprečni ITM naših vojakov je znašal 26,17 kg/m², kar je za 1,38 kg/m² več od povprečja, ki so ga imeli civilisti. V skupini normalno prehranjenih (ITM med 18,5 in 25) je bilo 37 % vseh vojakov (58 % pri civilistih), 43 % vojakov (38 % civilistov) je bilo v skupini debelost I. stopnje, 20 % vojakov (le 4 % civilistov) pa v skupini debelost II. stopnje (Slika 15, str. 89). Predvidevamo, da ima kar 63 % vojakov prekomerno telesno maso (ITM nad 25), vendar nadaljnje analize pokažejo, da v primeru naših vojakov ITM ni pravi pokazatelj prekomerne telesne mase. Kadar omenjamo prekomerno telesno maso, imamo v mislih predvsem odvečno maščevje. Ravno tu pa se izkaže, da vojaki bistveno odstopajo od primerjalne skupine civilistov. Z metodo linearne regresije dokažemo, da pri vojakih ITM razloži le 46,3 % variance pri parametru M (odstotek telesnega maščevja), pri civilistih pa kar 83,6 %. Poleg tega sprememba ITM za eno enoto povzroči povišanje M za 1,043 enote pri vojakih ter 1,816 enote M pri civilistih (enačba 20, 21; str. 86). Iz povedanega sledi, da je ITM dober pokazatelj prekomerne telesne mase za povprečno populacijo (civilisti), pri fizično zelo aktivni populaciji pa je njegova raba v te namene vsaj vprašljiva, če ne zavajajoča.

Kljub temu, da je bilo kar 43 % vojakov razvrščenih v skupino debelost I. stopnje, pa je njihov povprečni M za 7,8 enot manjši od ekvivalentne skupine civilistov; v skupini debelost II. stopnje je ta razlika še višja (11,3 enote manjši povprečni M pri vojakih) (Slika 11, str. 86).

Zanimiva je točka presečišča, kjer se sekata hipotetični regresijski premici (ITM neodvisna, M odvisna spremenljivka) skupin vojaki in civilisti (Slika 13, str. 87). V tej točki ima ITM vrednost 16, vrednost M pa znaša 3,8. Vidimo, da je ITM v tej točki zelo blizu vrednosti 18,5, ki predstavlja mejo med normalno prehranjenostjo in podhranjenostjo. Presečiščna vrednost M pa leži v intervalu (2-4 %), ki določa odstotek esencionalnega maščevja za moške (Understanding Your Body Fat Percentage, 2006; cit. po American Council on Exercise).

– ODSOTOK TELESNEGA MAŠČEVJA (M)

To je parameter, kjer opazimo največjo razliko med povprečnima vrednostima v relativnem merilu med skupinama vojaki in civilisti. S povprečno 14,4 % telesnega maščevja dosegajo vojaki v povprečju za 5,3 odstotne točke nižje vrednosti v primerjavi s civilisti (19,7 % telesnega maščevja). Povprečji se razlikujeta za skoraj 27 odstotkov.

Kljub temu, da je povprečni odstotek telesnega maščevja pri vojakih dokaj nizek, pa

povprečna vrednost celotne skupine vojakov v tem primeru ne odraža dejanskega stanja. Pri vrednotenju odstotka telesnega maščevja moramo upoštevati tudi starost, saj je znano, da se delež maščobnega tkiva v organizmu z leti zvišuje (Edwards, 1951; Frisancho in Flegel, 1982; Bouchard, 1996; Kaplowitz in sod., 1987; Kirchengast in sod., 1997). Tako ugotavljamo, da je delež vojakov, ki glede odstotka telesnega maščevja sodijo v najvišji kvalitativni razred (odlično) kar 60 %. 16 % je tistih, ki sodijo v razred dobro, 10 % jih je v razredu srednje, 9 % v razredu slabo ter 4 % v razredu zelo slabo (Slika 14). Skupina civilistov se v tej primerjavi odreže precej slabše (Slika 15). Le 14 % civilistov sodi v najvišji kvalitativni razred; 28 % civilistov sodi v razred dobro, 22 % v razred srednje, 22 % v razred slabo ter 14 % v razred zelo slabo. Tako lahko sklepamo, da parameter M (% telesnega maščevja) najbolj odraža razliko v psihofizičnih obremenitvah med skupinama.

– HOLESTEROL

Povprečna raven celotnega holesterola v krvni plazmi je pri vojakih znašala 5,2 mmol/L, kar je bila značilno višja vrednost od povprečja pri civilistih (4,7 mmol/L). Mednarodni normativi (Third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP), 2006), ki jih uporablja tudi MORS Slovenska zdravstvena služba, določajo meje med zaželeno, mejno povišano in visoko vrednostjo ravni holesterola s 75. in 95. percentilom, ki po NCEP znašata 5,2 mmol/L (75. percentil) ter 6,2 mmol/L (95. percentil). Tako smo ugotovili, da zaželjene ravni holesterola dosega 49,3 % vojakov (60 % pri civilistih), mejno povišane vrednosti ima 29,2 % vojakov (28 % pri civilistih), 21,5 % vojakov (12 % civilistih) pa ima visoke ravni holesterola v krvi. Vojaki imajo povišane vrednosti holesterola v krvi tako po mednarodnih normativih (NCEP), kot tudi v relativnem merilu, glede na civiliste. Da razlike med vojaki in civilisti niso naključne, kaže tudi graf kumulativnih odstotkov (slika 2, str. 53, Hol), kjer je razvidno, da se porazdelitvi kumulativnih odstotkov pri vojaki in civilisti dosledno razlikujeta v skoraj celotnem razponu ravni holesterola v krvi za omenjeni skupini.

Med razlogi za povišane ravni holesterola pri vojakih bi lahko bil povišan stres, ki so mu vojaki izpostavljeni pri vsakodnevnih obremenitvah in opravilih, kot tudi nepravilna in neuravnotežena prehrana, bogata z maščobami in holesterolom, vendar za te trditve nimamo dokazov. Povišane ravni holesterola pri vojaki dokaj izstopajo tudi zaradi dejstva, da kar 60 % vojakov sodi v najvišji kvalitativni razred (odlično) glede odstotka maščevja ter 76 % v razreda odlično in dobro skupaj.

Morda bi bilo za SV smiselno izdelati prirejene normative, ki bi temeljili na mednarodno priznani statistični metodologiji za določanje mejnih vrednosti za raven holesterola (75. in 95. percentil). Tako bi iz našega vzorca vojakov izračunani 75. percentil (meja med zaželeno in mejno povišano vrednostjo holesterola) znašal 6,0 mmol/L, 95. percentil (meja med mejno povišano in visoko vrednostjo holesterola) pa 7,3 mmol/L (analogno izračunana percentila za civiliste bi bila 5,6 mmol/L ter 7,3 mmol/L).

– TRIGLICERIDI

Povprečna raven trigliceridov v krvi je pri vojakih znašala 1,33 mmol/L, pri civilistih pa 1,06 mmol/L. Kljub očitni razliki med skupinama glede koncentracije trigliceridov, pa

porazdelitev tega parametra pri obeh skupinah ni bila normalna, tako da nismo mogli opraviti t-testa enakosti povprečij. Zato smo parameter pri obeh skupinah transformirali s funkcijo $\log_{10}$. Na novo pridobljenih, transformiranih podatkih, pa je bilo nato možno opraviti t-test enakosti povprečij. Povprečna vrednost transformiranih podatkov je pri vojakih znašala 0,0722, pri civilistih pa -0,0110; razliki sta bili statistično značilni. Z antilogaritmiranjem teh povprečnih vrednosti smo nato izračunali vrednosti, ki bolje ponazarjajo mero centralne tendence ravni trigliceridov za skupini. Tako smo pri vojakih z antilogaritmiranjem dobili raven trigliceridov, ki je znašala 1,18 mmol/L, ter pri civilistih 0,97 mmol/L.

Podobno kot smo opazili pri holesterolu, tudi za trigliceride lahko rečemo, da so pri vojakih v primerjavi s civilisti nekoliko povišani. Normalno vrednost ($< 1,69$ mmol/L) je imelo 68 % vseh vojakov (80 % pri civilistih), mejno visoko vrednost (med 1,69 in 2,25 mmol/L) je imelo 16 % vojakov (6 % pri civilistih), visoko raven trigliceridov (med 2,26 in 5,64 mmol/L) je imelo 14,6 % vojakov (12 % pri civilistih), zelo visoko vrednost trigliceridov pa je imelo 1,4 % vojakov (2 % pri civilistih).

– GLUKOZA

Povprečna raven krvnega sladkorja se med skupinama vojaki in civilisti razlikuje zelo malo. Kljub temu statistično nismo mogli potrditi značilnosti razlike, saj nam narava porazdelitve tega parametra pri skupinah, ni dovoljevala uporabe parametričnih testov. Povprečje za vojake je znašalo 5,2 mmol/L, za civiliste pa 5,1 mmol/L. Da med skupinama ni velikih razlik glede krvnega sladkorja, je razvidno tudi iz grafa kumulativnih odstotkov za ta parameter (Slika 2, str. 54, Glc). Opaziti je le nekoliko večji variacijski razmik pri vojakih, kar je verjetno posledica večjega vzorca.

92 % vojakov je imelo raven krvnega sladkorja v razponu mednarodno priznanih referenčnih vrednosti, med 4,1 in 5,9 mmol/L (Tietz NW (ed). Textbook of Clinical Chemistry. ed.3. Philadelphia: WB Saunders; 1999), ki jih upošteva tudi Vojaška zdravstvena služba SV (96 % civilistov). 8 % vojakov (4 % civilistov) pa je imelo povišano raven krvnega sladkorja.

5.1.2 Povezanost med antropometričnimi in biokemijskimi parametri

5.1.2.1 Povezanost med antropometričnimi in biokemijskimi parametri

V splošnem lahko trdimo, da so bile pri vojakih ugotovljene nizke korelacije med antropometričnimi in biokemijskimi parametri. Zelo nepregledni in pomanjkljivi so bili rezultati Pearsonovih korelacij, saj je bil izračun korelacijskih koeficientov R pogojen z normalno porazdelitvijo analiziranih parametrov. V celoti pa smo izračunali Spearmanove korelacije rangov (ρ), saj zanje ne velja predpostavka o normalni porazdelitvi. Ugotovili smo, da masa in indeks telesne mase (ITM) značilno, vendar neznatno pozitivno korelirata z ravniho holesterola v krvi ($\rho_{\text{MASA, hol}} = 0,195$; $\rho_{\text{ITM, hol}} = 0,182$). Na meji značilnosti je tudi pozitivna korelacija med ITM in ravniho trigliceridov v krvi, ki je ravno tako neznatna ($\rho_{\text{ITM, trigl}} = 0,175$). Nadalje smo ugotovili, da je odstotek telesnega maščevja (M) nizko, vendar zelo značilno pozitivno koreliral s koncentracijo trigliceridov v krvi ($\rho_{M, \text{trigl}} = 0,293$). Zanimivo je, da je bila korelacija med M in holesterolom neznatna ter obenem neznačilna ($\rho_{M, \text{hol}} = 0,164$). Videti je, da med M in ravniho sladkorja v krvi ni bistvene povezave ($\rho_{M, \text{glc}} = 0,037$). Telesna višina ni pokazala značilnih korelacij z nobenim izmed obravnavanih biokemijskih parametrov. Nasprotno pa smo dokazali za parameter starost, kjer smo ugotovili nizko povezanost z vsemi obravnavanimi biokemijskimi parametri ($\rho_{\text{STAR, hol}} = 0,271$; $\rho_{\text{STAR, trigl}} = 0,213$; $\rho_{\text{STAR, glc}} = 0,199$).

Korelacije med antropometričnimi in biokemijskimi parametri v primerjalnih skupinah civilistov in civilistk so bile v celoti neznačilne. Najverjetneje sta bila razlog temu majhna vzorca omenjenih skupin.

5.1.2.2 Povezanost med biokemijskimi parametri

Pri vojakih (pa tudi pri civilistkah in civilistih) med obravnavanimi biokemijskimi parametri značilno korelirata le raven holesterola in trigliceridov v krvi. Pri vseh skupinah gre za srednje visoke korelacije ($\rho_{\text{hol, trigl}} = 0,517$ – vojaki; $\rho_{\text{hol, trigl}} = 0,412$ – civilistke; $\rho_{\text{hol, trigl}} = 0,428$ – civilisti). Med holesterolom in glukozo ter med trigliceridi in glukozo nismo opazili značilnih korelacij pri nobeni izmed obravnavanih skupin.

5.1.2.3 Povezanost med antropometričnimi parametri

Med antropometričnimi parametri smo najvišjo povezanost ugotovili med maso, indeksom telesne mase (ITM) ter odstotkom telesnega maščevja (M), in sicer pri vseh treh obravnavanih skupinah. Najmočnejše sta korelirala masa in ITM ($\rho_{\text{masa, ITM}} = 0,890$, $R_{\text{masa, ITM}} = 0,890$ – vojaki; $\rho_{\text{masa, ITM}} = 0,931$ – civilisti; $\rho_{\text{masa, ITM}} = 0,913$, $R_{\text{masa, ITM}} = 0,920$ – civilistke). Zelo visoko in značilno sta pri civilistih in civilistkah korelirala tudi masa in odstotek telesnega maščevja (M) ($\rho_{\text{masa, M}} = 0,824$ – civilisti; $\rho_{\text{masa, M}} = 0,769$, $R_{\text{masa, M}} =$

0,855 – civilistke). Prav pri korelaciji med maso in M pa se vojaki bistveno razlikujejo od civilistov in civilistk. Njihova $\rho_{\text{masa, ITM}}$ in $R_{\text{masa, ITM}}$ sta opazno nižja, kar je tudi razumljivo, saj smo ugotovili, da imajo vojaki v povprečju bistveno in značilno nižji odstotek telesnega maščevja v primerjavi s civilisti in civilistkami (Tabela 34, str. 73; Tabela 43, str. 81). Tako smo med maso in M pri vojaki ugotovili srednjo povezanost ($\rho_{\text{masa, M}} = 0,600$; $R_{\text{masa, M}} = 0,579$). Vojaki se bistveno razlikujejo od civilistov in civilistk tudi pri korelaciji med ITM in M, kjer pri vojaki ugotovimo srednjo povezanost med parametroma ($\rho_{\text{ITM, M}} = 0,688$; $R_{\text{ITM, M}} = 0,660$), pri civilistkah in civilistih pa visoko povezanost ($\rho_{\text{ITM, M}} = 0,725$, $R_{\text{ITM, M}} = 0,799$ – civilistke; $\rho_{\text{ITM, M}} = 0,885$, $R_{\text{ITM, M}} = 0,914$ – civilisti). Vidimo, da je ITM dokaj dober pokazatelj prekomerne telesne mase pri povprečni populaciji, kot tak pa odpove pri telesno nadpovprečno aktivni populaciji. Zanimive so vrednosti parametrov v presečiščnih točkah, če iz parov parametrov (M, masa) ter (M, ITM) tvorimo regresijske premice za skupini vojakov in civilistov (Slika 11, str. 86). Opazimo, da se regresijski premici za dvojico parametrov (masa, M) pri civilistih in vojaki sekata približno pri masi 49,5 kg in M 4,8 %. Podobno opazimo, da se pri vojaki in civilistih sekata regresijski premici tudi pri dvojici parametrov (ITM, M), in sicer pri približni vrednosti ITM 16 kg/m² in M 3,8 %. Vidimo, da je presečiščna vrednost za M v obeh primerih zelo podobna (3,8 % in 4,8 % telesnega maščevja). Obenem je to vrednost, ki predstavlja približno mejo za esencialno maščevje pri moškem spolu. Rezultat kaže na neko skupno izhodišče pri populacijah vojakov in civilistov (enak spol), vendar na očiten vpliv okolja, ki povzroči drugačne relacije med temi parametri (različni nakloni regresijskih premic). Če podobno primerjavo napravimo med vojaki in civilistkami oz. med civilisti in civilistkami, opazimo, da se regresijske premice (če sploh) sekajo izven realnih vrednosti obravnavanih parametrov, iz česar lahko sklepamo na razlike v osnovi (različen spol), ob različnih naklonih regresijskih premic pa tudi na razlike v dejavnikih okolja, katerim so obravnavane skupine izpostavljene. Pri vojaki opazimo značilne vendar nizke korelacije tudi med starostjo in maso, ITM ter M. Spearmanovi korelacijski koeficienti zanje znašajo: $\rho_{\text{starost, masa}} = 0,225$; $\rho_{\text{starost, ITM}} = 0,346$; $\rho_{\text{starost, M}} = 0,215$. Videti je, da z leti vojaška populacija pridobi na telesni masi, posledično se s tem zviša indeks telesne mase (ITM), poviša pa se tudi odstotek telesnega maščevja (M). Razlog temu je najverjetneje upad telesnih obremenitev in aktivnosti v starejših letih. Podobnih sklepov pri civilistih in civilistkah ne moremo napraviti, saj so omenjene korelacije pri teh skupinah bile statistično neznačilne (morda sta vzorca civilistov in civilistk bila premajhna).

5.2 SKLEPI

- V pričujoči nalogi smo potrdili hipotezo o značilnih antropometričnih razlikah med spoloma. Skupini vojakov in civilistov sta v povprečju značilno višji in težji, imata značilno višji indeks telesne mase ter značilno nižji odstotek telesnega maščevja v primerjavi s skupino civilistk.
- Skupini vojakov in civilistov imata v povprečju neznačilno višji ravni trigliceridov in glukoze v krvi v primerjavi s skupino civilistk.
- Skupina vojakov je v povprečju neznačilno starejša od skupine civilistov in skupine

civilistk.

- Ugotovili smo tudi razlike v antropometričnih parametrih med skupinama vojakov in civilistov. Skupina vojakov je v povprečju značilno težja in ima značilno višji indeks telesne mase. Po drugi strani pa ima skupina vojakov značilno nižji odstotek telesnega maščevja.
- Skupina vojakov je v povprečju nekoliko višja od skupine civilistov, vendar razlika ni značilna.
- Razlike med skupinama vojakov in civilistov smo opazili tudi pri biokemijskih parametrih. Skupina vojakov ima značilno višji ravni holesterola in trigliceridov v krvi ter neznatno višjo raven krvnega sladkorja v primerjavi s skupino civilistov.
- Pri skupini vojakov smo opazili neznatno do nizko povezavo med antropometričnimi in biokemijskimi parametri. Značilne korelacije smo ugotovili med naslednjimi pari parametrov: masa-holesterol, ITM-holesterol, M-trigliceridi, starost-holesterol, starost-trigliceridi, starost-glukoza. Za primerjavo smo izračunali tudi korelacije med antropometričnimi in biokemijskimi parametri za skupini civilistov in civilistk, vendar je bila večina korelacijskih koeficientov statistično neznatnih. Na meji značilnosti je bil le korelacijski koeficient za korelacijo med starostjo in holesterolom, kjer smo ugotovili nizko povezanost med parametroma za skupini civilistk in civilistov.
- Med biokemijskimi parametri smo značilno povezavo ugotovili le med parametroma holesterol in trigliceridi, kjer je pri vseh treh obravnavanih skupinah šlo za srednjo povezanost med omenjenima parametroma.
- Najvišje korelacijske koeficiente opazimo med antropometričnimi parametri, kar velja za vse obravnavane skupine. Zelo značilna in visoka je korelacija med maso in ITM pri vseh skupinah. Med parametroma masa in odstotek telesnega maščevja opazimo značilno in visoko povezanost le pri skupinah civilistov in civilistk, pri vojaki pa je ta povezanost srednja. Podobna ugotovitev velja tudi za povezanost med ITM in odstotkom telesnega maščevja; je zelo značilna za vse skupine, vendar gre pri civilistkah in civilistih za visoko povezanost, pri vojaki pa za srednjo povezanost med omenjenima parametroma. Srednjo in zelo značilno povezanost ugotovimo pri vseh skupinah tudi med parametroma telesna višina in masa. Parameter starost značilno vendar nizko korelira z maso, ITM ter M le pri vojaki; pri civilistih in civilistkah je ta povezava neznatna.

6 POVZETEK

V diplomski nalogi obravnavamo referenčno stanje nekaterih antropometričnih parametrov (telesna višina, masa, indeks telesne mase, odstotek telesnega maščevja, starost) in biokemijskih parametrov (ravni holesterola, trigliceridov, glukoze v krvi), skušamo določiti normative zanje ter ugotoviti povezanost med antropometričnimi in biokemijskimi parametri. Osnovni namen naloge je analitizirati naključni vzorec profesionalnih pripadnikov Slovenske vojske (SV), za primerjavo pa analiziramo tudi skupino civilistov in civilistk zaposlenih v vojski.

Meritve so bile opravljene leta 2005 v prostorih Vojaške zdravstvene službe v Ljubljani v sklopu rednih zdravstvenih pregledov. Vzorec je zajemal 144 profesionalnih uslužbencev (SV), 50 civilistov zaposlenih v SV in 29 civilistk zaposlenih v SV. Vsi merjenci so bili zdravi, stari med 19 in 58 let. Iz osnovnega vzorca smo zaradi previsokih ali prenizkih vrednosti pri določenem parametru odstranili 22 uslužbencev SV, 16 civilistov zaposlenih v SV ter 7 civilistk zaposlenih v SV.

Merjence in merjenke smo stehali, določili indeks telesne mase ter odstotek telesnega maščevja z merilcem bioelektrične impedance Tanita TBF-305. Telesna višina merjenk in merjencev je bila izmerjena z antropometrom, ki je ustrezal zahtevam I.B.P. Odvzem krvi se je pri merjenkah in merjencih vršil v ležečem položaju. Vsi sodelujoči so prejeli pisna navodila o pripravi na meritve.

Rezultati pokažejo, da se pripadniki SV značilno razlikujejo od civilistov in civilistk zaposlenih v SV glede antropometričnih, nekoliko manj pa tudi glede biokemijskih parametrov. Tako smo ugotovili, da so pripadniki SV značilno težji od civilistov in civilistk, imajo značilno višji indeks telesne mase, kljub temu pa značilno nižji odstotek telesnega maščevja, kar je bilo v skladu s postavljenimi hipotezami, saj je splošno znano, da je povprečen profesionalni uslužbenec SV vsakodnevno izpostavljen povišanim psihofizičnim obremenitvam. Ugotovili smo, da kar 60 % pripadnikov SV iz našega vzorca sodi v najvišji kvalitativni razred (odlično) glede odstotka telesnega maščevja ter 16 % v drugi najvišji kvalitativni razred (dobro). Glede odstotka telesnega maščevja je delež v najvišjih kvalitativnih razredih pri civilistih bistveno nižji. Glede telesne višine med pripadniki SV in civilisti, zaposlenimi v SV, ni značilnih razlik. V nasprotju s pričakovanji ugotovljamo, da imajo pripadniki SV značilno višjo raven holesterola in trigliceridov v krvi, v primerjavi s civilisti in civilistkami, zaposlenimi v SV. Morda je razlog temu povišana stopnja stresa na delovnem mestu pri vojaki, saj je znano, da je povišan stres eden od dejavnikov za povišano raven holesterola. Povprečna raven krvnega sladkorja je bila pri vseh preiskovanih skupinah približno enaka, razlike pa so bile neznatne.

Pri korelacijah med parametri ugotovljamo neznatno do nizko stopnjo povezanosti med antropometričnimi in biokemijskimi parametri pri pripadnikih SV. Značilno pozitivno korelirajo masa in holesterol, ITM in holesterol, odstotek telesnega maščevja in trigliceridi; starost pozitivno korelira z vsemi tremi biokemijskimi parametri, ki smo jih obravnavali. Žal podobnih ugotovitev za skupini civilistov in civilistk nimamo, saj so bile vse tovrstne korelacije neznatne. Najverjetneje je razlog temu premajhen vzorec civilistov in civilistk.

Pri korelacijah med biokemijskimi parametri ugotovimo značilno in srednjo povezanost med holesterolom in trigliceridi; ugotovitev velja za vse obravnavane skupine. Raven krvnega sladkorja ne korelira značilno ne s holesterolom, ne s trigliceridi.

Najvišjo povezanost opazimo med antropometričnimi parametri. Zelo visoko in zelo značilno korelirata masa in ITM pri vseh obravnavanih skupinah. Pri korelaciji med parametroma masa in odstotek telesnega maščevja (M) pa ugotovimo bistveno razliko med pripadniki SV na enoi strani ter civilisti in civilistkami na drugi. Pri vseh so korelacije med tema parametroma zelo značilne, vendar gre pri civilistih in civilistkah za visoko povezanost, pri pripadnikih SV pa za srednjo povezanost med maso in M. Vidimo, da telesna masa pri profesionalnih vojakih ni dober pokazatelj prekomerne zamaščenosti, za razliko od civilistov in civilistk, torej fizično manj aktivnega dela populacije. Podoben rezultat nam da tudi korelacija med ITM in M, kjer ravno tako ugotovimo zelo značilno povezanost med parametroma pri vseh skupinah, s to razliko, da sta pri vojakih ITM in M srednje povezana, pri civilistih in civilistkah pa visoko povezana. Sklepamo, da je ITM dober pokazatelj telesne zamaščenosti za povprečno, telesno manj aktivno populacijo, slabši pa za telesno zelo aktivno populacijo. Od antropometričnih parametrov srednje in zelo značilno korelirata še telesna višina in masa, in sicer pri vseh obravnavanih skupinah. Parameter starost značilno pozitivno korelira z maso, ITM in M, vendar le pri vojakih. Korelacije teh parametrov so bile pri civilistkah in civilistih neznačilne; morda tudi zaradi majhnega vzorca.

Svetujemo razširitev raziskave, ki bi poleg koncentracije celotnega holesterola v krvi merila še LDL-holesterol in HDL-holesterol, saj bi šele tedaj dobili vpogled v dejansko zdravstveno stanje merjencev. Poleg tega bi se s tem odprle nove možnosti za analizo odnosov med drugimi biokemijskimi in antropometričnimi parametri. Svetujemo tudi povečanje števila vzorca v bodoče, saj smo morali mnoge statistične analize in metode opustiti, oz. so postregle z neznačilnimi rezultati zaradi neprimernih porazdelitev posameznih parametrov. Menimo, da bi se temu lahko izognili z večjim vzorcem merjencev. Zanimivo bi bilo opraviti enake meritve na istih merjenkah in merjencih čez pet, deset, petnajst let, saj bi s tem dobili vpogled v spreminjanje določenih antropometričnih in biokemijskih parametrov skozi čas.

7 VIRI

Bouchard C. 1996. Genetic influence on human body composition and physique. V: Human body composition. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). Champaign, IL, USA, Human kinetics publishing company: 305-327.

Bouchard C., Perusse L. 1988. Heredity and body fat. *Annu Rev Nutr*, 8: 259-277.

Bravničar M. 1994. Fiziologija športa. Vaje I. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport: 68 str.

Bravničar-Lasan M., 1996. Fiziologija športa – harmonija med delovanjem in mirovanjem. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Inštitut za šport v Ljubljani in Viharnik d.o.o.: 208 str.

Brodar V. 1991. Proučevanje sekularnih procesov pri študentih. *Biološki vestnik*, 39, 4: 1-8.

Broeder C.E., Burrhus K.A., Svanevik L.S., Volpe J., Wilmore J.H. 1997. Assessing body composition before and after resistance or endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 5: 705-712.

Brožek J. 1967-1968. Promene sastava čovečijeg tela prema polu i uzrastu za vreme detinjstva i mladosti. *Glasnik Antropološkog Društva Jugoslavije*, 4-5: 15-42.

Burgmeijer R.J.F., van Wieringen J.C. 1998. Secular changes of growth in the Netherlands. V: Secular Growth Changes in Europe. Bodzsár B.É., Susanne C. (eds.). Budapest, Eötvös Univ. Press: 233-262.

Burns D.M., MacDonald S.G.G. 1980. Fizika za biologe i medicinare. 2. izdaja. Zagreb, Školska knjiga: 546 str.

Campaigne B.N. 1990. Body fat distribution in females: metabolic consequences and implications for weight loss. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 3: 291-297.

Carter J.E.L., Ross W.D., Duquet W., Aubry S.P. 1983. Advances in somatotype methodology and analysis. *Yearbook of physical anthropology*, 26: 188-206

Caton J.R., Mole P.A., Adams W.C., Heustis D.S. 1988. Body composition analysis by bioelectrical impedance: effect of skin temperature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 5: 489-491.

Claessens A.L., Hlatky S., Lefèvre J., Holdhaus H. 1994. The role of anthropometric characteristics in modern pentathlon performance in female athletes. *Journal of Sports Sciences*, 12: 391-401.

Claessens A.L., Philoppaerts R., Lefèvre J., Goris M. 1997. Validity of bioelectrical impedance for estimating body composition. V: *Nutrition and Physical Activity. Proceedings of the international council for physical activity and fitness research*. Kwadlangezwa, South Africa, 20-23 July 1995. Coetsee M.F., Van Heerden H.J. (ed.). Kwadlangezwa University Press: 33-40.

Clarys J.P., Marfell-Jones M.J. 1986. Anthropometric prediction of component tissue masses in the minor limb segments of the human body. *Human Biology*, 58, 5: 761-769.

Després J-P., Ross R., Lemieux S. 1996. Imaging techniques applied to the measurement of human body composition. V: *Human body composition*. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 149-163.

Deurenberg P., Cecile S.L., Smit K., Smit H.E. 1989. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in children and young adults is strongly age dependent. *European Journal of Clinical Nutrition*, 44: 261-268.

Diaz E.O., Villar J., Immink M., Gonzales T. 1989. Bioimpedance or anthropometry? *European Journal of Clinical Nutrition*, 43, 2: 129-137.

Durnin J.V.G.A., Womersley J. 1974. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 32: 77-97.

Eaton A.W., Israel R.G., O'Brien K.F., Horotobagyi T., McCammon M.R. 1993. Comparison of four methods to assess body composition in women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 47, 5: 353-360.

Edwards D.A.W. 1951. Differences in the distribution of subcutaneous fat with sex and maturity. *Clin. Sci.*, 10: 305-315.

Ellis K.J. 1996a. Measuring body fatness in children and young adults: comparison of bioelectric impedance analysis, total body electrical conductivity and dual-energy X-ray absorptometry. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 20, 9: 866-873.

Ellis K.J. 1996b. Whole – body counting and neutron activation analysis. V: *Human body composition*. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 45-59.

Eston R.G., Maridaki M. 1986. Body composition of trained and untrained premenarcheal girls. *Kinanthropometry*, 3: 197-203.

Ferrante E., Pitzalis G., Deganello F., Galastri E., Sciarpetti R., Imperato C. 1993. The evaluation of body composition in children by anthropometry and impedance measurement. *Minerva Pediatrica*, 45, 7-8: 289-298.

Floris G., Sanna E. 1998. Some aspects of the secular trends in Italy. V: *Secular Growth Changes in Europe*. Bodzsár B.É., Susanne C. (eds.). Budapest, Eötvös Univ. Press: 207-232.

Forbes G.B. 1987. *Human body composition: growth, aging, nutrition and activity*. New York, USA, Springer – Verlag publishing company: 350 str.

Franchini M., Caruso C., Nigrelli S., Poggiali C. 1995. Evaluation of body composition during low-dose estrogen oral contraceptives treatment. *Acta Europaea Fertilitatis*, 26, 2: 69-73.

Frisancho A.R., Flegel P.N. 1982. Advanced maturation associated with centripetal fat patterns. *Human Biology*, 54, 4: 717-727.

Fulco C.S., Hoyt R.W., Baker-Fulco C.J., Gonzales J., Cymerman A. 1992. Use of bioelectrical impedance to assess body composition changes at high altitude. *Journal of Applied Physiology*, 72, 6: 2181-2187.

Garn S.M., Leonard W.R., Hawthorne V.M. 1986. Three limitations of body mass index. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 44: 996-997.

Gleichauf C.N., Roe D.A. 1989. The menstrual cycle's effect on the reliability of bioimpedance measurements for assessing body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 50, 5: 903-907.

Greenberg L.H. 1975. *Physics for biology and pre-med students*. Philadelphia, USA, W.B. Saunders publishing company: 621 str.

Greil H., Trippo U. 1998. Physique and body composition: comparison of methods and results. *Collegium Antropologicum*, 22, 2: 345-363.

Guo S.S., Chumlea W.C., Cockram D.B. 1996. Use of statistical methods to estimate body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 3: 428-435.

Gyenis G., Joubert K. 2002. Secular trends of body height, body weight and BMI of hungarian university students and conscripts. *Humanbiol. Budapest*, 27: 95-105.

Han T.S., Carter R., Currall J.E.P., Lean M.E.J. 1996. The influence of fat free mass on prediction of densitometric body composition by bioelectrical impedance analysis and by anthropometry. *European Journal of Clinical Nutrition*, 50: 542-548.

Heymsfield S.B., Wang Zi-Mian, Wither R.T. 1996. Multicomponent molecular level models of body composition analysis. V: *Human body composition*. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 129-147.

Heyward V.H. 1996. Evaluation of body composition. Current issues. *Sports Medicine*, 22, 3: 146-156.

Heyward V.H., Cook K.L., Hicks V.L., Jenkins K.A., Quatrochi J.A., Wilson W.L. 1992. Predictive Accuracy of three field methods for estimating relative body fatness of nonobese and obese women. *Int J Sport Nutr*, 2, 1: 75-86.

Heyward V.H., Stolarczyk L.M. 1996. Applied body composition assessment. Washburn R. (ed.) Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 220 str.

Hodgdon J.A., Friedl K.E., Beckett M.B., Westphal K.A., Shippee R.L. 1996. Use of bioelectrical impedance analysis measurements as predictors of physical performance. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 3: 463-468.

Housh T.J., Johnson G.O., Thorland W.G., Cisar C.J., Hughes R.A., Kenney K.B., McDowell S.L., Lundvall P. 1989. Validity and intertester error of anthropometric estimation of body density. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 29, 2: 149-156.

Houtkooper L.B., Lohman T.G., Going S.B., Howell W.H. 1996. Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 3: 436-448.

Jakicic J.M., Wing R.R., Lang W. 1998. Bioelectrical impedance analysis to assess body composition in obese adult women: the effect of ethnicity. *International Journal of Obesity*, 22: 243-249.

Jakopič V. Tomazo-Ravnik T. 2006. Changes in Total Body Water and Body Fat in Young Women in the Course of Menstrual Cycle. *International Journal of Anthropology* (2006) 21: 55-60.

Kaminsky L.A., Whaley M.H. 1993. Differences in estimates of percent body fat using bioelectrical impedance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33, 2: 172-177.

Kaplowitz H.J., Mueller W.H., Selwyn B.J., Malina R.M., Bailey D.A., Mirwald R.L. 1987. Sensitivities, specificities and positive predictive values of simple indices of body fat distribution. *Human Biology*, 59, 5: 809-825.

Katch F.I., Michael E.D. 1969. Densitometric validation of six skinfold formulas to predict body density and percent body fat of 17 year-old boys. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 40, 2: 712-716.

Katch V.L. 1985. Assessment of body composition: comments on prediction. V: *Human body composition and fat distribution: Report of an EC Workshop*, London 10-12 December 1985. Norgan N.G. (ed.). Loughborough, UK: 15-30.

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: 126 str.

King M.A., Katch F.I. 1986. Changes in body density, fatfolds and girths at 2,3 kg increments of weight loss. *Human Biology*, 58, 5: 709-718.

Kirchengast S. 1998. Interactions between somatometric parameters and endogenous hormone levels as well as hormonal induced events in females. *Anthropologischer Anzeiger*, 56, 3: 251-265.

Kirchengast S., Gruber D., Sator M., Knogler W., Huber J. 1997. The fat distribution index – a new possibility to quantify sex specific fat patterning in females. *Homo*, 48, 3: 285-295.

Kushner R.F. 1992. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *J Am Coll Nutr* 11, 2: 199-209.

Lindgren G. 1998. Secular growth changes in Sweden. V: *Secular Growth Changes in Europe*. Bodzsár B.É., Susanne C. (eds.). Budapest, Eötvös Univ. Press: 319-333.

Lohman T.G. 1981. Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Human Biology*, 53, 2: 181-225.

Lohman T.G., Boileau R.A., Slaughter M.H. 1984. Body composition in children and youth. V: *Advances in pediatric sport sciences*. Boileau R.A. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 29-57.

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.

Malina R.M. 1996. Regional body composition: age, sex and ethnic variation. V: Human body composition. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 217-255.

Malina R.M., Mueller W.H., Bouchard C., Shoup R.F., Lariviere G. 1982. Fatness and fat patterning among athletes at the Montreal Olympic Games, 1976. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 6: 445-452.

Martin A.D., Drinkwater D.T., Clarys J.P. 1984. Human body surface area: validation of formulae based on a cadaver study. *Human Biology*, 56, 3: 475-488.

Matiegka J. 1921. The testing of physical efficiency. *American Journal of Physical Anthropology*, 4, 3: 223-230.

McArdle W., Katch F., Katch V. 1996. Exercise physiology: energy nutrition and human performance. 4th edition. Donna B. (ed.) Maryland, Baltimore, USA, Williams and Wilkins publishing company: 850 str.

Montagnani M., Montomoli M., Mulinari M., Guzzo G., Scopetani N., Gennari C. 1998. Relevance of hydration state of the fat free mass in estimating fat mass by body impedance analysis. *Appl Radiat Isot* 49, 5-6: 499-500.

Morgan S.L., Weinsier R.L. 1989. Fundamentals of clinical nutrition. 2nd edition. Michael B. (ed.). St. Louis, Missouri, USA, Mosby publishing company: 271 str.

Mueller W.H., Deutsch M.I., Malina R.M., Bailey D.A., Mirwald R.L. 1986. Subcutaneous fat topography: age changes and relationship to cardiovascular fitness in Canadians. *Human Biology*, 58, 6: 955-973.

Mueller W.H., Reid R.M. 1979. A multivariate analysis of fatness and relative fat patterning. *American Journal of Physical Anthropology*, 50: 199-208.

Murray S.J., Shepard R.J. 1988. Possible anthropometric alternatives to skinfold measurements. *Human Biology*, 60, 2: 273-282.

Norgan N.G., Ferro-Luzzi A. 1985. The estimation of body density in men: are general questions general? *Annals of Human Biology*, 12, 1: 1-15.

Novak L.P., Bierbaum M., Mellerowicz H. 1973. Maximal oxygen consumption, pulmonary function, body composition and anthropometry of adolescent female athletes. *Int Z Angew Physiol*, 31: 103-119.

O boleznih – Izračun indeksa telesne mase. 2006. Med.Over.Net.
http://med.over.net/za_bolnike/telesna_masa.htm (29.6.2006)

Padez C. 2003. Secular trend in stature in the Portuguese population (1904-2000). *Annals of human biology*, 30, 3: 262-278.

Pařízková J. 1977. Body fat and physical fitness: body composition and lipid metabolism in different regimes of physical activity. Hague, Nizozemska, Martinus Nijhoff Publishers: 279 str.
Pencharz P.B., Azcune M. 1996. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of malnutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 3: 485-488.

Penrose K.W., Nelson A.G., Fisher A.G. 1985. Generalized body composition prediction equations for men using simple measurement technique. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 2: 188-189.

Philippaerts R.M., Claessens A.L., Brinke J.M., Van der Scheer D.G., Beunen G.P., Lefevre J.A.V. 1996. Nutritional habits in relation to body composition, somatotype, physical activity and cardi-respiratory fitness in male and female physical education students. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* 1: 5-21.

Pinter S. 1993. Analiza razlik morfološkega in motoričnega statusa med odraslimi občani Republike Slovenije in študenti Fakultete za šport: magistrska naloga.

Pollock M.L., Cureton T.K., Greninger L. 1969. Effect of frequency of training on working capacity, cardiovascular function and body composition in men. *Medicine and Science in Sports*, 1, 2: 70-74.

Pollock M.L., Foster C., Knapp D., Rod J.L., Schmidt D.H. 1987. Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *Journal of Applied Physiology*, 62, 2: 725-731.

Pollock M.L., Laughridge E.E., Coleman B., Linnerud A.C., Jackson A. 1975. Prediction of body density in young and middle-aged women. *Journal of Applied Physiology*, 38, 4: 745-749.

Praprotnik M. 2006. Analiza sestave telesa vzorca odrasle moške populacije z metodo bioelektrične impedance in antropometrijo. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 84 str.

Ramirez M.E., Heinrich K.K. 1993. Effects of training on body composition and subcutaneous fat distribution in women gymnasts. *American Journal of Human Biology*, 5: 523-528.

Raudsepp L., Päll P. 1999. Physical growth and fatness as related to physical activity in preadolescent girls. *Collegium Antropologicum*, 23, 1: 53-58.

Rebato E. 1998. The studies on secular trend in Spain: A review. V: *Secular Growth Changes in Europe*. Bodzsár B.É., Susanne C. (eds.). Budapest, Eötvös Univ. Press: 297-317.

Roche A.F. 1992. Body composition and risk factors for cardiovascular disease. V: *Growth, maturation and body composition: The Fels Longitudinal study 1929-1991*. Mascie-Taylor C.G.N., Lasker G.W., Roberts D.F., Foley R.A. (ed.). Cambridge, Cambridge University Press: 199-240.

Roche A.F. 1996. Anthropometry and ultrasound. V: *Human body composition*. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (ed.). Champaign, IL, USA, Human Kinetics publishing company: 167-182.

Rona R.J. 1998. Secular trend of stature and body mass index (BMI) in Britain in the 20th century. V: *Secular Growth Changes in Europe*. Bodzsár B.É., Susanne C. (eds.). Budapest, Eötvös Univ. Press: 335-349.

Ross R., Leger L., Martin P., Roy R. 1989. Sensitivity of bioelectrical impedance to detect changes in human body composition. *Journal of Applied Physiology*, 67, 4: 1643-1648.

Ross W.D., Martin A.D., Ward R. 1987. Body composition in ageing: Theoretical and methodical implications. *Collegium Antropologicum*, 11, 1: 15-44.

Roubenoff R. 1996. Applications of bioelectrical impedance analysis for body composition to epidemiological studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 3: 459-462.

Saunders N.H., Al-Zeibak S., Ryde S.J., Birks J.L. 1993. The composition of weight loss in dieting obese females by electrical methods. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 17, 6: 317-322.

Saunders N.H., Blevins J.E., Broeder C.E. 1998. Effects of hydration changes on bioelectrical impedance in endurance trained individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 6: 885-892.

Segal K.R. 1996. Use of bioelectrical impedance analysis measurements as an evaluation for participating in sports. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64, 3: 469-471.

Segal K.R., Gutin B., Presta E., Wang J., VanItallie T.B. 1985. Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study. *Journal of Applied Physiology*, 58, 5: 1565-1571.

Selby J.V., Newman B., Quesenberry C.P., Fabsitz R.R., Carmelli D., Slemenda C. 1990. genetic behavior influences on body fat distribution. *International Journal of Obesity*, 14, 7: 593-602.

Shimokata H., Tobin J.D., Mueller D.C., Elahi D., Coon P.J., Andres R. 1989. Studies in the distribution of body fat: effects of age, sex and obesity. *Journal of Gerontology*, 44, 2: M66-M73.

Sirc A., 2006. Ocenjevanje deleža maščobnega tkiva v telesu pri odraslih, s pomočjo merjenja debelin kožnih gub in bioelektrične impedance. *Diplomska naloga*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Visoka šola za zdravstvo, Oddelek za fizioterapijo: 50 str.

Sloan A.W., Burt J.J., Blyth C.S. 1962. Estimation of body fat in young women. *Journal of Applied Physiology*, 16: 967-970.

Škerlj B. 1954a. Anthropometrical approach to gross tissue analysis of the human body. *Biološki vestnik*, 3: 47-57.

Škerlj B. 1954b. Prostornina in delne prostornine človeškega telesa. *Biološki vestnik*, 3: 58-63.

Škerlj B. 1955. Age changes in partial body volumes of the human body. *Biološki vestnik*, 4: 59-66.

Škerlj B. 1956. Partial volumes and surfaces areas of the human body. V: *Selected Papers of the Fifth International Congress of Anthropological and Ethnological Sciences*. Philadelphia, 1-9 September 1956. University of Pennsylvania Press: 709-716.

Škerlj B. 1957. Age changes in absolute and relative surface areas of the human body. *British Journal of Plastic Surgery*, 10, 2: 146-152.

Škerlj B. 1959. Towards a systematic morphology of the human body. *Acta Anatomica*, 39: 220-243.

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.

Štefančič M., Tomazo-Ravnik T. 1998. Fifty-two years of secular trend in Ljubljana school children. V: *Secular Growth Changes in Europe*. Bodzsár B.É., Susanne C. (eds.). Budapest, Eötvös Univ. Press: 281-295.

Štraus B. 1988. *Medicinska biokemija*. Zagreb, Juma: 1057 str.

Test: Shapiro-Wilk Test for normality. 2006.

http://staff.harrisonburg.k12.va.us/~gcorder/test_normality_Shapiro_Wilk.html (14.2.2006)

Third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III); Executive Summary. 2006.

<http://www.nhlbi.nih.gov/guidelines/cholesterol/atp3xsum.pdf> (17.2.2006)

Thompson D.L., Thompson W.R., Prestridge T.J., Bailey J.G., Bean M.H., Brown S.P., McDanel J.B. 1991. Effect of hydration and dehydration on body composition analysis: a comparative study of bioelectric impedance analysis and hydrodensitometry. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31: 565-570.

Thomson C.W. 1959. Changes in body fat estimated from skinfold measurements of varsity college football players during a season. *The Research Quarterly For Exercise and Sport*, 30, 1: 87-93.

Tietz N.W. (ed). 1999. *Textbook of Clinical Chemistry*. ed.3. Philadelphia: WB Saunders: 1815 str.

Tomazo-Ravnik T. 1994. *Sestava telesa in človekov somatotip*. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 227 str.

Tomazo-Ravnik T. 1996. Sestava človeškega telesa v juvenilnem obdobju. *Zdravniški vestnik*, 8: 443-445.

Tomazo-Ravnik T. 1998. Studies of body composition in Slovenia. *Collegium Antropologicum*, 22: 403-409.

Tomazo-Ravnik T. 2000. Body composition of young persons in Slovenia. V: Puberty: Variability of Changes and Complexity of Factors. Bodzsar E.B., Susanne C., Prokopec M. (ed.). Budapest, Eotvos Univ. Press: 63-74.

Tran Z.V., Weltman A., 1989. Generalized equations for predicting body density of women from girth measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 1: 101-104.

Treuth M.S., Hunter G.R., Figueroa-Colon R., Goran M.I. 1998. Effects of strength training on intra-abdominal adipose tissue in obese prepubertal girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 12: 1738-1743.

Understanding Your Body Fat Percentage.2006.

<http://www.healthchecksyste.ms.com/bodyfat.htm> (29.12.2006)

Vazquez J.A., Janosky J.E., 1991. Validity of bioelectrical-impedance analysis in measuring changes in lean body mass during weight reduction. *American Journal of Physical Anthropology*, 54, 6: 970-975.

Wagner D.R., Heyward V.H., Kocina P.S., Stolarczyk L.M., Wilson W.L. 1997. Predictive accuracy of BIA equations for estimating fat-free mass of black man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 7: 969-974.

Weisbach A. 1903. Die Slovenen. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien*. XXXIII: 234-251.

Yamamoto S., Douchi T., Yoshimitsu N., Nakae M., Nagata M. 2001. Waist to hip ratio as a significant predictor of preeclampsia, irrespective of overall adiposity. *J Obstet Gynaecol Res*, 27, 1: 37-31.

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.

ZAHVALA

Zahvaljujem se staršem za vzpodbudo ter da so mi vedno stali ob strani...morda včasih še preveč.

Iskrena hvala go. mentorici Tatjani Tomazo-Ravnik, ki je res vedno našla čas zame, za njene prijazne nasvete, potrpljenje ter za odlično literaturo, ki mi jo je priporočila.

Najlepše se zahvaljujem tudi go. somentorici Matildi Korman-Frangeš. Brez nje bi ne bilo te diplome.

Hvala prijateljema Petji in Janu za vzpodbudo, ki si je lahko deležen le od prijateljev.

Hvala tudi Binetu in Saški za vzpodbudo in prve korake v računalniški statistiki.

PRILOGE

PRILOGA A

STAROST (leta)	VIŠINA (cm)	MASA (kg)	ITM (kg/m ²)	M (%)	HOL (mmol/L)	TRIGL (mmol/L)	GLC (mmol/L)
51	177	83,2	26,6	13,0	5,0	1,80	5,2
58	184	97,2	28,7	38,2	4,4	1,56	6,1
51	169	72,0	25,2	13,8	6,3	1,63	5,3
52	170	72,2	25,0	11,1	6,2	0,90	5,7
56	186	77,8	22,5	17,0	7,1	2,15	5,1
30	182	76,0	22,9	11,1	4,9	0,81	4,8
35	171	84,8	29,0	19,6	5,2	1,73	5,3
40	179	75,4	23,5	11,3	8,2	2,11	5,1
31	176	78,2	25,2	18,9	4,1	0,66	5,4
47	182	86,8	26,2	14,0	7,1	1,84	5,0
42	191	91,4	25,1	12,0	5,9	0,98	5,8
49	178	84,0	26,5	16,3	5,4	1,11	6,2
36	166	55,4	20,1	14,4	4,1	0,82	4,7
22	175	66,4	21,7	13,9	4,8	1,26	5,5
22	173	70,6	23,6	16,4	3,8	1,72	5,1
21	179	100,2	31,3	22,8	3,7	0,44	5,7
33	181	93,6	28,6	17,0	6,4	1,74	5,3
44	165	87,0	32,0	17,7	4,2	0,97	4,9
24	175	75,0	23,4	5,8	4,7	1,12	4,6
39	170	77,8	26,9	14,6	6,9	2,44	5,1
21	190	71,0	19,7	2,6	3,7	0,59	5,0
41	172	100,2	33,9	26,9	8,4	2,02	5,5
40	178	117,0	36,9	27,3	4,3	2,09	7,7
36	176	93,4	30,2	17,7	7,5	1,13	6,0
34	183	91,4	27,3	14,4	5,9	0,38	5,4
31	174	83,0	27,4	14,4	5,9	1,57	4,9
32	173	91,8	30,7	18,4	5,1	2,23	4,9
32	170	68,2	23,6	18,0	4,2	1,81	5,0
24	178	72,0	22,7	8,9	3,8	1,02	4,8
32	182	93,4	28,2	13,3	4,0	0,61	5,5
31	184	89,0	26,3	12,4	6,1	1,62	5,0
35	182	106,6	32,2	23,0	5,4	1,24	5,8
37	173	68,2	22,8	6,3	4,9	0,79	4,6
25	185	71,4	20,9	6,3	3,7	0,60	5,3
37	178	72,4	22,9	10,7	4,6	0,63	5,1
40	180	92,0	28,4	16,0	7,4	2,73	5,1
37	192	92,8	25,2	11,8	7,0	6,49	5,4
43	181	82,4	25,2	13,9	6,5	2,20	5,6
19	186	80,2	23,2	5,3	3,6	0,73	5,3
25	189	97,6	27,3	21,3	3,7	1,26	4,9

se nadaljuje

nadaljevanje

STAROST (leta)	VIŠINA (cm)	MASA (kg)	ITM (kg/m ²)	M (%)	HOL (mmol/L)	TRIGL (mmol/L)	GLC (mmol/L)
34	174	70,0	23,1	4,1	4,7	1,08	5,2
35	185	119,2	34,8	25,9	4,2	1,09	4,9
36	176	96,8	31,3	20,5	6,8	1,01	5,5
31	184	85,8	25,3	9,9	3,6	0,74	4,6
27	179	74,8	23,3	11,4	5,3	0,80	5,5
23	186	84,4	24,4	13,8	5,3	1,89	4,8
29	198	102,4	26,1	10,9	3,3	0,39	5,5
23	187	91,8	26,3	13,5	4,6	0,94	5,3
20	185	96,0	28,0	22,0	4,2	0,48	4,6
24	175	72,8	23,8	30,1	3,8	1,33	5,3
21	173	67,6	22,6	10,6	5,4	0,97	5,0
30	178	86,6	27,3	15,6	5,4	1,64	5,1
40	182	105,4	31,0	23,3	5,1	1,99	4,8
35	179	74,8	23,3	10,9	6,0	1,18	5,1
55	180	93,0	28,7	15,4	6,3	2,40	6,2
36	183	80,6	24,0	10,6	4,9	1,42	5,0
39	178	74,4	23,5	7,5	5,5	0,59	4,9
36	181	95,4	29,1	23,4	6,3	2,45	5,4
45	186	101,4	29,3	15,6	6,5	2,68	5,7
47	178	82,8	26,1	14,8	5,5	2,11	5,7
34	178	74,4	23,5	12,4	5,4	1,21	5,2
56	178	96,8	30,6	13,3	5,7	3,34	5,4
45	185	82,2	24,0	12,3	4,8	0,98	5,8
37	176	89,0	28,7	18,8	5,4	1,50	5,2
40	193	96,6	25,9	15,3	5,9	1,25	4,8
34	176	70,8	22,9	9,8	5,5	0,62	5,2
38	173	81,0	27,1	13,3	5,4	2,61	5,4
33	177	86,8	27,7	12,7	5,0	1,14	6,0
34	187	107,2	30,7	23,1	5,8	2,54	4,8
29	175	83,2	27,2	15,3	6,3	4,17	5,0
37	182	95,2	28,7	14,0	4,7	0,47	5,7
34	187	104,0	29,7	13,5	3,9	0,65	5,5
29	180	77,2	23,8	13,7	5,1	1,17	5,3
30	187	127,0	36,3	29,6	4,7	1,56	4,8
36	192	101,6	27,6	18,4	7,0	2,86	6,3
53	181	109,4	33,4	8,5	5,5	1,42	5,5
31	170	72,4	25,1	8,3	4,5	1,24	4,9
34	177	81,4	26,0	16,6	2,4	0,32	5,3
35	190	95,8	26,5	15,0	4,8	0,91	5,1
31	181	91,2	27,8	18,3	6,7	2,51	5,0
34	192	113,4	30,8	19,2	5,4	1,06	5,1
35	180	80,4	24,8	10,7	5,0	0,59	5,3
40	184	96,4	28,5	16,4	5,6	2,70	5,5
40	175	90,2	29,5	20,5	8,7	2,89	5,0
35	175	84,8	27,7	17,0	6,4	1,63	5,5

se nadaljuje

nadaljevanje

STAROST (leta)	VIŠINA (cm)	MASA (kg)	ITM (kg/m ²)	M (%)	HOL (mmol/L)	TRIGL (mmol/L)	GLC (mmol/L)
34	179	66,8	20,8	8,2	4,5	0,71	6,3
35	181	109,8	33,5	27,5	6,9	2,80	5,0
32	176	63,6	20,5	5,6	4,3	0,61	5,5
41	184	96,6	28,5	20,0	4,2	1,00	5,0
46	164	85,2	31,7	14,7	5,2	1,84	5,0
42	177	82,8	26,4	16,1	4,4	0,70	5,4
46	175	99,6	32,5	17,1	3,6	1,31	5,0
31	185	73,4	21,4	6,1	4,8	0,54	6,7
37	176	81,6	26,3	5,7	4,3	0,55	4,7
34	168	76,8	27,2	17,7	6,5	3,58	5,3
31	176	74,6	24,1	12,5	4,9	0,86	4,9
33	182	83,2	25,1	13,4	7,0	1,17	5,1
25	173	55,8	18,6	17,7	6,5	2,33	4,9
24	187	87,4	25,0	9,9	5,7	2,78	5,4
23	184	83,2	24,6	9,7	6,3	1,54	5,8
20	180	80,2	24,8	10,1	4,5	1,27	5,7
24	178	101,4	32,0	23,1	6,0	1,67	8,8
20	182	77,6	23,4	9,7	3,9	0,67	5,5
31	168	69,8	24,7	16,7	4,3	2,65	4,6
30	177	107,0	34,2	23,5	4,7	0,96	7,0
40	180	69,6	21,5	11,2	4,6	0,96	5,2
26	185	88,6	25,9	16,4	4,3	1,63	5,0
34	175	84,4	27,6	26,7	5,4	1,36	5,3
34	180	67,2	20,7	6,8	5,3	1,68	4,9
34	181	72,0	22,0	10,8	4,2	1,77	4,7
38	180	99,8	30,8	23,5	5,2	1,43	4,6
28	189	96,8	27,1	19,9	5,0	0,65	5,2
47	172	72,2	24,4	12,7	4,0	2,10	5,7
38	180	97,6	30,1	17,6	8,2	6,26	6,9
24	177	76,6	24,5	13,1	4,9	1,14	4,6
31	199	92,8	23,4	10,6	6,5	1,17	5,5
41	178	86,8	27,4	11,9	5,6	1,26	5,6

PRILOGA B

STAROST (leta)	VIŠINA (cm)	MASA (kg)	ITM (kg/m ²)	M (%)	HOL (mmol/L)	TRIGL (mmol/L)	GLC (mmol/L)
46	172	68,0	23,0	16,1	5,6	1,58	5,5
27	174	61,4	20,3	12,0	5,1	0,68	6,2
37	177	77,4	24,7	18,9	4,7	3,31	5,1
28	181	78,6	24,0	7,8	6,2	3,70	5,6
28	177	67,6	21,6	14,5	5,2	0,78	4,6
42	173	87,0	29,1	30,2	4,5	0,62	4,9
33	174	70,6	23,3	14,9	3,4	1,62	4,8
50	175	90,0	29,4	23,5	5,3	0,92	5,7
32	180	98,0	30,2	29,1	4,8	1,25	5,0
26	176	77,2	24,9	16,6	8,5	1,70	5,6
42	187	86,4	24,7	19,0	6,4	1,28	5,0
46	180	90,6	28,0	26,7	4,7	0,94	4,6
46	190	93,4	25,9	19,2	5,6	1,15	4,6
34	179	66,6	20,8	10,3	5,0	0,69	5,2
34	193	90,0	24,2	20,7	5,4	0,74	5,6
31	176	66,8	21,6	13,7	4,9	0,80	5,0
22	176	91,8	29,6	30,3	5,3	0,88	5,2
24	180	72,8	22,5	13,5	4,1	0,80	5,0
30	188	77,8	22,0	14,6	4,3	2,98	4,8
27	178	78,6	24,8	19,1	4,4	1,31	6,5
55	180	76,0	23,5	15,9	5,7	1,32	5,1
25	185	66,2	19,3	8,5	5,4	1,22	5,1
32	173	71,2	23,8	17,6	4,2	0,89	4,5
32	180	94,4	29,1	27,2	4,2	0,49	5,1
27	178	91,6	28,9	28,7	5,8	2,07	5,2
23	178	68,4	21,6	14,0	7,9	1,58	5,2
30	191	88,0	24,1	18,7	4,3	2,92	5,4
49	178	88,6	27,0	20,0	4,4	0,56	4,8
27	190	95,0	26,3	24,5	5,3	1,22	5,0
40	186	89,2	25,8	25,8	4,9	2,43	5,0
34	169	94,8	33,2	35,0	6,5	2,46	5,8
32	187	84,8	24,3	20,5	5,6	1,69	5,1
22	169	58,8	20,6	19,1	4,8	0,50	4,6
30	178	86,4	27,3	23,8	3,9	0,80	4,7
24	176	68,0	22,0	13,0	3,9	0,68	5,4
24	173	78,6	26,3	20,4	4,2	1,20	5,7
25	181	83,8	25,6	23,2	4,0	1,07	5,4
24	174	72,0	23,8	16,8	4,9	1,65	5,1
32	180	82,2	25,4	19,7	5,0	1,17	5,3
37	174	87,8	29,0	25,5	7,5	6,49	5,4

PRILOGA C

STAROST (leta)	VIŠINA (cm)	MASA (kg)	ITM (kg/m ²)	M (%)	HOL (mmol/L)	TRIGL (mmol/L)	GLC (mmol/L)
36	168	77,8	27,6	35,0	5,1	0,70	4,9
34	169	64,8	22,7	27,8	3,8	0,70	4,4
36	160	63,2	24,7	32,6	5,8	1,19	4,3
39	171	96,0	32,8	49,0	5,2	1,24	5,4
33	157	47,4	19,2	24,5	5,3	0,68	4,9
44	163	64,4	24,2	34,8	7,2	1,15	4,4
27	175	71,6	23,4	34,9	4,9	0,93	5,2
50	160	66,4	25,9	37,7	6,0	1,80	6,1
22	163	73,2	27,6	40,4	4,3	0,55	4,9
35	171	63,8	21,8	32,3	5,0	0,60	4,6
44	170	76,0	26,3	41,3	3,6	0,73	5,2
34	178	76,8	24,2	7,7	5,6	0,84	4,8
39	169	77,8	27,2	42,2	6,4	1,08	4,9
26	170	61,4	21,2	34,2	5,3	1,27	5,2
46	170	64,4	22,3	35,4	6,0	1,03	5,0
24	164	57,8	21,5	32,2	5,3	0,56	4,9
25	160	49,2	19,2	22,8	4,9	1,12	5,5
30	167	64,2	23,0	31,8	4,4	0,51	5,0
33	162	57,8	22,0	32,9	5,7	1,35	4,9
24	183	98,4	29,4	42,1	5,4	0,81	4,8
24	162	58,2	22,2	32,6	4,4	0,77	5,2
28	160	53,0	20,7	25,7	4,8	0,74	4,8
29	167	61,8	22,2	33,3	4,8	0,62	4,7

PRILOGA D

STAROST (leta)	VIŠINA (cm)	MASA (kg)	ITM (kg/m ²)	M (%)	HOL (mmol/L)	TRIGL (mmol/L)	GLC (mmol/L)
22	169	58,0	20,3	21,3	5,3	1,42	5,1
46	161	72,0	27,8	37,8	4,0	0,64	5,0

PRILOGA E



KOMISIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA MEDICINSKO ETIKO

Doc. dr. Tatjana Tomazo-Ravnik
Katedra za antropologijo,
Odd. za biologijo, Biotehniška fakulteta
Večna pot 111, 1000 Ljubljana

Štev.: 130/05/05
Datum: 31. 5. 2005

Spoštovana gospa docentka,

Komisiji za medicinsko etiko ste 4. 5. 2005 poslali prošnjo za oceno raziskave z naslovom:

"Posnetek stanja telesnih parametrov naključnega vzorca pripadnikov slovenske vojske."

Raziskava bo diplomska naloga Marjana Taborina, abs. biol. Somentorica bo dr. Matilda Korman Frangeš.

Komisija je na seji 31. 5. 2005 ocenila, da je raziskava z etične strani sprejemljiva, in Vam s tem izdaja svoje soglasje.

S spoštovanjem in lepimi pozdravi,

V imenu komisije za medicinsko etiko:
prof. dr. Jože Trontelj