

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Robert VNUČEC

**VNOS MAKROHRANIL IN TELESNA SESTAVA PRI
SREDNJEŠOLCIH**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**MACRONUTRIENTS INTAKE AND BODY
COMPOSITION OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilstva. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologije, prehrano in vino Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Poskus je bil izveden na Škofijski klasični gimnaziji v Ljubljani v letu 2009. Podatki pa so bili analizirani s pomočjo računalniškega programa Prodi 5.0.

Študijska komisija Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Marjana Simčiča in za recenzentko prof. dr. Terezijo Golob.

Mentor: prof. dr. Marjan Simčič

Recenzentka: prof. dr. Terezija Golob

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Robert Vnučec

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 613.2 – 053.6 + 611 / 612 (043) = 163.6
KG	prehrana / prehrana mladostnikov / srednješolci / jedilniki v šolah / energijska vrednost / celodnevni vnos hranil / referenčne vrednosti za vnos hranil / telesna sestava / ITM in korekcija/ fizična aktivnost / makrohranila / beljakovine / maščobe / ogljikovi hidrati
AV	VNUČEC, Robert
SA	SIMČIČ, Marjan (mentor) / GOLOB, Terezija (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2010
IN	VNOS MAKROHRANIL IN TELESNA SESTAVA PRI SREDNJEŠOLCIH
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XII, 77 str., 20 preg., 44 sl., 4 pril., 49 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen diplomskega dela je bil ovrednotiti prehransko vrednost jedilnikov pri dijakih ter poiskati zvezo med telesno sestavo dijakov in vnosom makrohranil s hrano. V enotedenski raziskavi, ki je potekala od ponedeljka do nedelje v maju leta 2009, je sodelovalo 42 dijakov Škofijske klasične gimnazije. Za zbiranje podatkov o dnevnem vnosu živil smo uporabili metodo prehranskega dnevnika. Osredotočili smo se predvsem na vnos makrohranil: maščob, beljakovin in ogljikovih hidratov. Telesno sestavo dijakov smo določili s pomočjo impedančne tehtnice. V tem tehtanju je sodelovalo 32 dijakov in dijakinj. Dobljene podatke smo obdelali s programi Prodi 5.0, Microsoft Office Excel 2007 in PASW Statistics 18.0 in jih primerjali z referenčnimi vrednostmi za vnos hranil. Ugotovili smo, da so imeli obravnavani dijaki ustrezen energijski vnos, medtem ko je bil energijski vnos pri dijakinjah prenizek. Indeks telesne mase je pokazal, da je bil le eden nekoliko predebel, ostali so bili v mejah normale. Povprečni vnosi makrohranil so bili skoraj idealni, kar kaže na uravnoteženost prehrane obravnavanega vzorca dijakov. Tudi telesna sestava dijakov je bila v mejah normale. Primerjava vnosa makrohranil in telesne sestave je pokazala, da med njima ni značilne zveze. Predvidevamo, da bi se v poskusu, ki bi trajal dlje, razlike pokazale.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	UDC 613.2 – 053.6 + 611 / 612 (043) = 163.6
CX	nutrition / adolescent nutrition / secondary school students / menus in schools / calorific values / daily nutrients intake / reference values for nutrient intakes / body composition / BMI and correction / physical activity / macronutrients / proteins / fats / carbohydrates
AU	VNUČEC, Robert
AA	SIMČIČ, Marjan (supervisor) / GOLOB, Terezija (reviewer)
PP	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
PY	2010
TI	MACRONUTRIENTS INTAKE AND BODY COMPOSITION OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS
DT	Graduation Thesis (University studies)
NO	XII, 77 p., 20 tab., 44 fig., 4 ann., 49 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	The aim of the thesis was to evaluate food menus of students and then compare their body structure with macronutrient intake. In a one-week study, which was held from Monday to Sunday in May 2009, participated 43 students from Bishop's Classical High School. We used the method of the nutritional diary for collecting all the information about daily food intake. Our attention was focused especially on the intake of fats, proteins, carbohydrates and fibers. The body composition of 32 male and female students was determined with help of the impedance scale. The data recorded were analyzed by means of software Prodi 5.0, Microsoft Office Excel 2007 and PASW Statistics 18.0. This results were compared with reference amounts for daily intake. The energetic intake for male students was quite satisfying, while for the female students was too low. According to body mass index only one student was overweight, the rest of them was within the normal range. The average daily macronutrient intake was almost perfect. That means that the students alimentation was generally well balanced. As a result of well balanced alimentation was the body composition which was within the normal range. When we compared the macronutrient intake and body composition, we found that in this case the entry does not affect on body composition. Presumably, if the experiment carried out over time, it would appear that the impact between them exists.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	IX
KAZALO PRILOG	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD.....	1
1.1 NAMEN DELA.....	1
1.2 HIPOTEZA.....	1
2 PREGLED OBJAV.....	2
2.1 MODELI ZA DOLOČANJE SESTAVE TELESA	2
2.2 SPREMEMBE V SESTAVI TELESA MED ONTOGENEZO	4
2.3 METODE ZA DOLOČANJE SESTAVE TELESA	5
2.3.1 Denzitometrična metoda ali podvodno tehtanje.....	5
2.3.2 Določanje sestave telesa s pomočjo antropometrije	6
2.3.3 Pletizmografija - metoda izpodrivanja zraka.....	11
2.3.4 Dilucijske metode	11
2.3.5 Celotni telesni kalij.....	12
2.3.6 Nevtronska aktivacijska analiza	12
2.3.7 Dvoenergijska absorpciometrija z rentgenskimi žarki (DEXA).....	12
2.3.8 Magnetno resonančno slikanje (MRI) in metoda računalniške tomografije (CT)	13
2.3.9 Metoda infrardeče spektroskopije (NIR).....	13
2.3.10 Ultrazvočna metoda	13
2.4 BIOELEKTRIČNA IMPEDANČNA ANALIZA (BIA)	13
2.5 INDEKS TELESNE MASE (ITM)	20
2.6 PREHRANJEVALNE NAVADE MLADOSTNIKOV	28
2.7 BAZALNI METABOLIZEM IN ENERGIJSKE POTREBE MLADOSTNIKOV ..	31
2.7.1 Energijske potrebe	31
2.7.2 Bazalni metabolizem	31
2.7.3 Metode določanja skupne celodnevne porabe energije	33

2.8	POTREBE PO ORGANSKIH SNOVEH OZ. MAKROHRANILIH PRI MLADOSTNIKIHI.....	36
2.8.1	Potrebe po beljakovinah	36
2.8.2	Potrebe po maščobah	36
2.8.3	Potrebe po ogljikovih hidratih in vlakninah ter glikemični indeks (GI).....	38
3	VZOREC IN METODE DE LA	40
3.1	VZOREC	40
3.2	METODE DE LA	40
4	REZULTATI	42
4.1	REZULTATI PRIDOB LJENI S POMO ČJO IMPEDAN ČNE TEHTNICE	42
4.1.1	Indeks telesne mase (ITM)	42
4.1.2	Bazalni metabolizem (BM)	43
4.1.2.1	Bazalni metabolizem (BM) za dijake	43
4.1.2.2	Bazalni metabolizem (BM) za dijakinje	44
4.1.3	Delež telesne maščobe (FATP)	45
4.1.3.1	Delež telesne maščobe (FATP) pri dijakih	45
4.1.3.2	Delež telesne maščobe (FATP) pri dekletih	46
4.1.4	Delež telesne mase brez maščobe (FFM).....	47
4.1.4.1	Delež telesne mase brez maščobe (FFM) pri dijakih.....	47
4.1.4.2	Delež telesne mase brez maščobe (FFM) pri dijakinjah.....	48
4.1.5	Masa kosti	49
4.1.5.1	Masa kosti pri dijakih.....	49
4.1.5.2	Masa kosti pri dijakinjah.....	50
4.1.6	Delež vode v telesu.....	51
4.1.6.1	Delež vode v telesu pri dijakih.....	52
4.1.6.2	Delež vode v telesu pri dijakinjah.....	53
4.2	REZULTATI PRIDOB LJENI S POMO ČJO PREHRANSKIH DNEVNI KOV	54
4.2.1	Potrebe po energiji	54
4.2.1.1	Povprečni dnevni energijski vnosi pri dijakih	54
4.2.1.2	Povprečni dnevni energijski vnos pri dijakinjah.....	55
4.2.2	Količine makrohranil v ponujeni hrani	55

4.2.2.1	Povprečni energijski deleži zaužitih makrohranil za obravnavano skupino srednješolcev	56
4.2.2.2	Povprečni energijski deleži zaužitih makrohranil.....	57
4.3	STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV	59
4.3.1	Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov.....	59
4.3.2	Povezava med telesno sestavo in vnosom makrohranil	60
4.3.2.1	Povezava med maso telesne maščobe in vnosom maščob s hrano	60
4.3.2.2	Povezava med telesno maso brez maščob in vnosom beljakovin s hrano ..	61
4.3.2.3	Povezava med maso telesne maščobe in vnosom ogljikovih hidratov s hrano	62
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	64
5.1	RAZPRAVA.....	64
5.2	SKLEPI.....	66
6	POVZETEK	67
7	VIRI.....	69

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Stopnja tveganja za zdravje glede na vrednost IPB (Heyward in Stolarczyk, 1996).....	7
Preglednica 2: Priporočene kritične vrednosti nekaterih antropometričnih spremenljivk za ugotavljanje prehranskega stanja mladostnikov (Physical, 1995)	22
Preglednica 3: Referenčne mere telesne višine in telesne mase za izračun bazalnega metabolizma pri mladostnikih (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004).....	34
Preglednica 4: Bazalni metabolizem, izračunan z referenčnimi merami iz preglednice 3 ter z uporabo prediktivne formule FAO/WHO/UNU (upoštevanje spola, starosti in telesne mase) (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004).....	34
Preglednica 5: Primeri za povprečno dnevno porabo energije pri različnih poklicnih dejavnostih v in aktivnostih v prostem času pri odraslih (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004).....	35
Preglednica 6: Priporočeni vnosi beljakovin za mladostnike (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004)	36
Preglednica 7: Priporočeni vnosi maščob za mladostnike (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004)	38
Preglednica 8: Glikemični indeks nekaterih živil (Jenkins in sod., 1981)	39
Preglednica 9: Priporočeni dnevni energijski vnosi in vnosi ogljikovih hidratov za mladostnike (15-19 let) (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004)	39
Preglednica 10: Statistika bazalnega metabolizma za moške	43
Preglednica 11: Statistika bazalnega metabolizma za dijakinje	44
Preglednica 12: Priporočen delež telesne maščobe (FATP) pri povprečni populaciji	45
Preglednica 13: Statistika deleža telesne maščobe (FATP) v telesu za moške	46
Preglednica 14: Statistika deleža telesne maščobe (FATP) v telesu za dekleta	47
Preglednica 15: Statistika deleža telesne mase brez maščobe za dijake	48
Preglednica 16: Statistika deleža telesne mase brez maščobe za dijakinje	49
Preglednica 17: Povprečje ocenjene mase kosti (kg) pri moških starih 15-40 let	49
Preglednica 18: Povprečje ocenjene mase kosti (kg) pri ženskah starih 15-40 let	50
Preglednica 19: Opisna statistika starosti in parametrov izmerjenih s pomočjo impedančne tehnice	59
Preglednica 20: Opisna statistika parametrov določenih s programom Prodi 5.0	59

KAZALO SLIK

Slika 1: Modeli telesne sestave (Ellis, 2000)	3
Slika 2: Spremembe v sestavi telesa med fetalnim razvojem (Ellis, 2000)	4
Slika 3: Merilni sistem pletizmografije - metode izpodrivanja zraka (Ellis, 2000)	11
Slika 4: Shema valjastega prevodnika homogene zgradbe	14
Slika 5: Shema električnega kroga, ki ponazarja električne lastnosti bioloških tkiv (Kyle in sod. 2004).....	15
Slika 6: Diagram zveze med reaktanco in rezistenco kot funkciji frekvence (Kyle in sod., 2004).....	16
Slika 7: Indeks telesne mase v odvisnosti od let za fante, 2-20 let (National Center for Health Statistics, 2000)	26
Slika 8: Indeks telesne mase v odvisnosti od let za dekleta, 2-20 let (National Center for Health Statistics, 2000)	27
Slika 9: Prikaz indeksa telesne mase dijakov in dijakinj	42
Slika 10: Prikaz bazalnega metabolizma za dijake	43
Slika 11: Prikaz bazalnega metabolizma za dijakinje	44
Slika 12: Prikaz deleža telesne maščobe za dijake.....	45
Slika 13: Prikaz deleža telesne maščobe za dijakinje	46
Slika 14: Prikaz deleža telesne mase brez maščobe za dijake.....	47
Slika 15: Prikaz deleža telesne mase brez maščobe za dijakinje	48
Slika 16: Prikaz mase kosti dijakov glede na priporočene vrednosti	50
Slika 17: Prikaz teže kosti dijakinj glede na priporočene vrednosti	51
Slika 18: Delež vode v telesu posameznega dijaka in priporočeni vrednosti	52
Slika 19: Delež vode v telesu posamezne dijakinje in priporočeni vrednosti	53
Slika 20: Povprečni dnevni energijski vnosi pri dijakih	54
Slika 21: Povprečni dnevni energijski vnosi pri dijakinjah.....	55
Slika 22: Povprečna dnevna količina zaužitih makrohranil v hrani za obravnavano skupino .	56
Slika 23: Povprečni energijski delež beljakovin v zaužiti hrani za obravnavano skupino	57
Slika 24: Povprečni energijski delež maščob v zaužiti hrani za obravnavano skupino	57
Slika 25: Povprečni energijski delež ogljikovih hidratov v zaužiti hrani za obravnavano skupino	58
Slika 26: Povezava med maso telesne maščobe in vnosom maščob.....	60
Slika 27: Izpis povezave med vnosom maščob in maso telesne maščobe s pomočjo programa PASW Statistics 18.0	61
Slika 28: Povezava med telesno maso brez maščob in vnosom beljakovin.....	61
Slika 29: Izpis povezave med telesno maso brez maščob in vnosom beljakovin s pomočjo programa PASW Statistics 18.0.....	62
Slika 30: Povezava med maso telesne maščobe in vnosom ogljikovih hidratov	62
Slika 31: Izpis povezave med maso telesnih maščob in vnosom ogljikovih hidratov s pomočjo programa PASW Statistics 18.0.....	63

KAZALO PRILOG

Priloga A: Vnos makrohranil v 7 dneh pri posameznem srednješolcu

Priloga B: Dnevni vnos energije za dijakinje

Priloga C: Dnevni vnos energije za dijake

Priloga D: Jedilnik v šoli za 5 dni

Priloga E: Količina makrohranil v ponujeni hrani po dnevih

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A	površina nadlahti (upper arm area)
BCM	masa telesnih celic (body cell mass)
BD	telesna gostota (body density)
BIA	bioelektrična impedančna analiza (bioelectrical impedance analysis)
BM	bazalni metabolizem (basal metabolic rate) – BMR
cAMA	popravljen mišična površina nadlahti (corrected arm muscle area)
DEXA	dvoenergetska absorpciometrija z x-žarki (dual-energy x-ray absorptiometry)
ECF	zunajcelična tekočina (extracellular fluid)
ECS	medceličnina (extracellular space)
F	maščobna površina nadlahti (upper arm fat area)
FATM	masa telesne maščobe (fat mass)
FATP	delež telesne maščobe
FFM	brezmaščobna telesna masa (fat free mass)
FI	delež maščevja roke (arm fat index)
F.V.	faktorska vrednost
IMP	impedanca (impedance)
IPB	indeks pas – boki, razmerje med obsegom pasu in bokov, (waist – hip ratio: WHR)
ITM	indeks telesne mase (body mass index) – BMI
M	mišična površina nadlahti (upper arm muscle area)
MM (kg)	masa mišičja (muscle mass)
PA	fazni kot (phase angle)
Rz	upornost, rezistenca (resistance)
TBW	celotna telesna voda (total body water)
TEI	trupno – okončinski indeks, trupno – ekstremitetni indeks, razmerje med trupnimi in okončinskimi kožnimi gubami (trunk – extremities index (ratio): TEI (TER))
TM	telesna masa
Xc	reaktanca (reactance)
Z	faktorska vrednost Z po Zerbo – Šporin

1 UVOD

Osnovna cilja zdrave prehrane v razvojnem obdobju sta optimalna rast in skladen razvoj vseh organskih sistemov. Potrebe po posameznih prehranskih sestavinah so odvisne od genetskih in presnovnih posebnosti, ki jih še ne poznamo v celoti.

Prehrana mladostnika je v primerjavi s prehrano odrasle osebe pomembnejša, ker že kratkotrajno pomanjkanje esencialnih hranilnih snovi in energijskih hranil upočasni rast in razvoj, vpliva na slabo počutje in povzroča utrujenost ter zniža odpornost odraščajočega organizma. Prehrana mladostnika med drugim vpliva tudi na storilnost in uspeh v šoli. Neredna prehrana, telesna preobremenjenost in tudi neaktivnost otrok v obdobju adolescence pogosto vodijo do motenj v hranjenju: pretirane ješčnosti ali neješčnosti.

Če je vnos hrane skozi daljše obdobje nezadosten, se pri otrocih in mladostnikih kot glavni klinični znak pojavlja zastoj v rasti. V razvitem svetu, kamor sodi tudi Slovenija, je glavni vzrok zastoja v rasti in spolnega razvoja otrok in mladostnikov namerno zmanjšanje vnosa hrane, v manjši meri pa nekatere kronične bolezni.

Hrana za otroke in mladino naj bo mešana; sestavljena iz raznovrstnih živil ter čim bolj privlačna na pogled. S tem se bodo navadili na različne okuse različnih jedi. Nikoli pa jih ne smemo siliti z nobeno hrano, vedno jim jo le ponudimo, ker s silo izzovemo odpor do posamezne hrane. Pri mladini moramo upoštevati, da odraščajo in opuščajo »konvencionalne« navade. So pa tudi pod močnim vplivom reklam in »mode« uživanja »hitre hrane«. Otroci in mladina, ki imajo znanje o biološko polnovredni prehrani, bodo znali pravilno izbirati in dopolnjevati »hitro hrano« s sadjem, z zelenjavo in z mlečnimi proizvodi.

Ker je srednješolska mladina v zdravju še posebej ogrožena skupina, je nujna večja skrb družbe na področju varovalne prehrane srednješolcev.

1.1 NAMEN DELA

S pomočjo modelnega poskusa bomo ovrednotili jedilnike pri srednješolcih in primerjali njihovo telesno sestavo z vnosom makrohranil. Osredotočili se bomo predvsem na količino zaužite energije, beljakovin, maščob in ogljikovih hidratov.

1.2 HIPOTEZA

Pri srednješolcih prehrana ne ustreza priporočilom Referenčnih vrednosti za vnos hranil (2004).

2 PREGLED OBJAV

2.1 MODELI ZA DOLOČANJE SESTAVE TELESA

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

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

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

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

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

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

Dvokomponentni modeli

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

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

Trikomponentni modeli

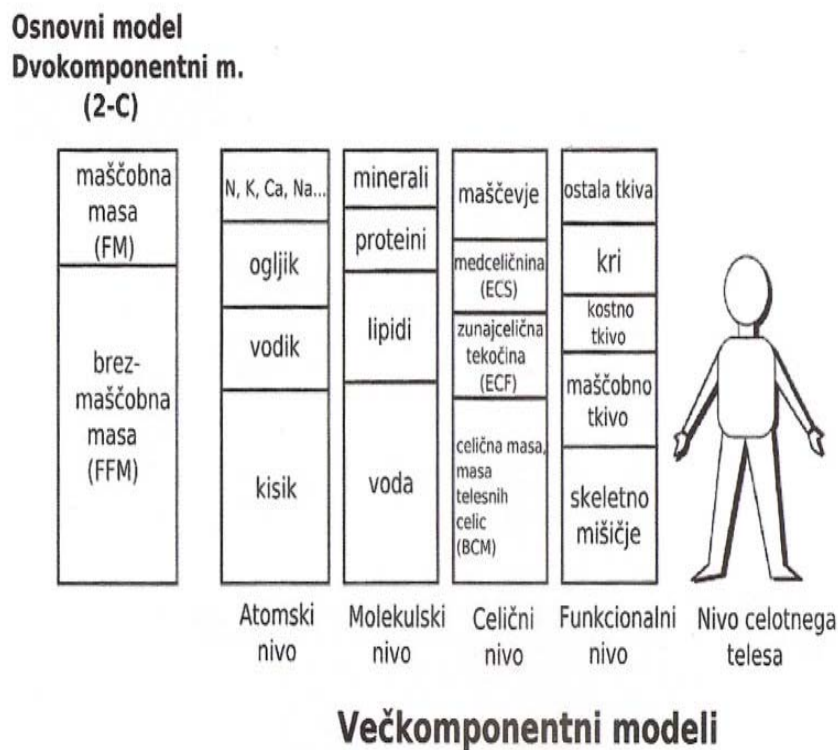
Da bi odpravili omejitve, povezane z 2-C modeli, so izoblikovali trikomponentni (3-C) model. V 3-C modelu je FFM razdeljena na vodo in ostale topne snovi (večinoma proteini in minerali). Rezultati, dobljeni z uporabo tega modela, so nekoliko boljši od rezultatov, dobljenih z osnovnim 2-C modelom. Pri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

Štirikomponentni modeli

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

Večkomponentni modeli

Vsaka novo razvita metoda za določanje sestave telesa omogoča merjenje dodatne telesne komponente. Iz strokovne literature zadnjih 50 let je opazen razvoj modelov od začetnih 2-C do današnjih 4-C modelov sestave telesa. Wang in sod. (1992) so z združitvijo vseh rezultatov iz preteklih raziskav razvili obsežen 5-nivojski model sestave telesa (slika 1).



Slika 1: Modeli telesne sestave (Ellis, 2000)

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

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

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

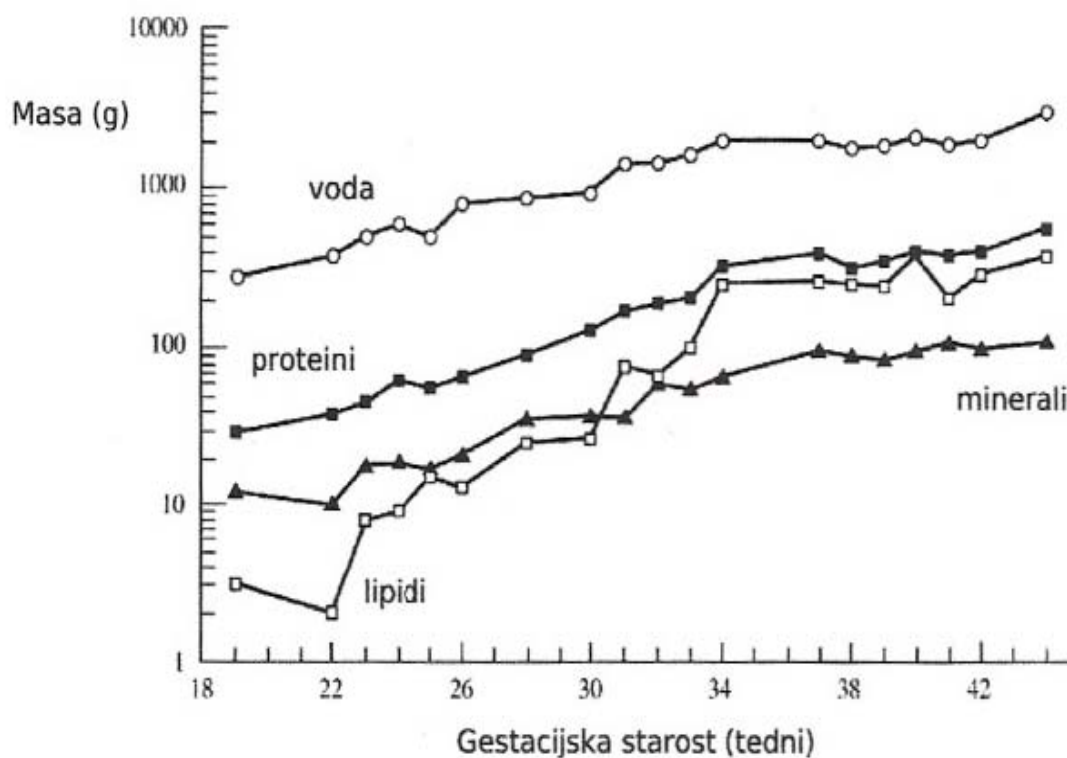
2.2 SPREMEMBE V SESTAVI TELESA MED ONTOGENEZO

Sestava človeškega telesa se spreminja med rastjo in razvojem ter s staranjem.

Variabilnost telesne sestave je pogojena s spolom, starostjo in etnično pripadnostjo, ter tudi z načinom prehrane in telesno aktivnostjo (van Loan, 1996). Po 2-C modelu je telo sestavljeno iz brezmaščobne telesne mase, ki jo anatomsko sestavljajo skeletno mišičje, okostje in notranji organi, ter maščobne mase, ki jo razdelimo na podkožno in globinsko maščevje.

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

Vsebnosti mineralov, proteinov, vode in maščobe se povečujejo od 18 tednov do starosti 42 tednov (slika 2) (Ellis, 2000).



Slika 2: Spremembe v sestavi telesa med fetalnim razvojem (Ellis, 2000)

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

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

2.3 METODE ZA DOLOČANJE SESTAVE TELESA

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

2.3.1 Denzitometrična metoda ali podvodno tehtanje

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

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

BD – telesna gostota (g/cm³)

TM - masa telesa (kg)

Ws - neto podvodna masa (kg)

Dw - gostota vode med meritvijo (gcm⁻³)

Vr - preostali (rezidualni) pljučni volumen (L)

(Brodie in sod., 1998)

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

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

Denzitometrične metode so v osnovi razvili kot metode za ugotavljanje količine telesnega maščevja, ki ga izrazimo kot odstotek telesne mase. Temeljijo na predpostavki, da sta gostoti maščobne komponente (približno 0,90 g/cm³) in brezmaščobne komponente (pribl. 1,10 g/cm³) približno konstantni. Telesno gostoto posameznika (BD) lahko z ustrezno predikcijsko enačbo pretvorimo v odstotek telesne maščobe (FATP). Znanih je več predikcijskih enačb, katerih razlika v izračunu odstotka telesnega maščevja je zanemarljiva (Roche in sod., 1996).

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

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

2. Brožek in Keys sta leta 1963 razvila naslednjo enačbo

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

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

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

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

$$FATM = (FATP / 100) \cdot TM \quad \dots(5)$$

$$FFM = TM - FATM \quad \dots(6)$$

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

2.3.2 Določanje sestave telesa s pomočjo antropometrije

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

Razmerja med telesnimi merami

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

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

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

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

Preglednica 1 prikazuje vrednosti indeksa IPB in z njimi povezano stopnjo tveganja za zdravje za ženske (Heyward in Stolarczyk, 1996):

Preglednica 1: Stopnja tveganja za zdravje glede na vrednost IPB (Heyward in Stolarczyk, 1996)

Starost	Stopnja tveganja za zdravje (IPB)			
	nizko	srednje	visoko	zelo visoko
20 - 29	< 0,71	0,71 - 0,77	0,78 - 0,82	> 0,82
30 - 39	< 0,72	0,72 - 0,78	0,79 - 0,84	> 0,84

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

Antropometrično določanje telesne sestave iz gostote telesa

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

Pri debelih merjencih je natančnost meritev debeline kožnih gub manjša od natančnosti izmerjenih obsegov, velja pa, da so kožne gube manj občutljive na spremembe v

hidrataciji tkiv kot obsegi (Roche in sod., 1996). S kaliprom za merjenje debeline kožnih gub izmerimo debelino dvojne gube kože in stisnjenega podkožnega maščevja. Problem predstavlja stisljivost kožne gube, ki je odvisna od hidratiranosti tkiva.

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

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

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

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

Izbor predikcijskih enačb za odrasle je obsežen. Heywardova in Stolarczykova (1996) svetujeta za določanje telesne sestave uporabo Jackson - Pollockove enačbe, ki temelji na treh kožnih gubah in starosti.

- za moške: Jackson – Pollock (1980)

$$BD = 1,09380 - 0,0008267 \cdot (SKG) + 0,0000016 \cdot (SKG^2) - 0,0002574 \cdot (STA) \quad \dots(7)$$

BD - gostota telesa (g/cm³)

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

STA - starost (leta)

- za ženske: Jackson – Pollock (1980)

$$BD = 1,0994921 - 0,00099291 \cdot (KGTri + KGSupil + KGS) + 0,0000023 \cdot (KGTri + KGSupil + KGS)^2 - 0,0001392 \cdot STA \quad \dots(8)$$

BD - gostota telesa (g/cm³)

STA - starost (leta)

KGTri - kožna guba na tricepsu (mm)

KGSupil- suprailiakalna kožna guba (mm)

KGS - stegenska kožna guba (mm)

(Heyward in Stolarczyk, 1996)

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

Določanje brezmaščobne telesne mase s pomočjo antropometrije

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

Določanje količine mišičja

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

Antropometrija nadlahti je del antropometrije, ki na osnovi preprostih mer pomaga določati stanje prehranjenosti. V izračunu je vključen obseg nadlahti in kožna guba tricepsa. Antropometrijo nadlahti je prvi predstavil že Jelliffe leta 1979.

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

Mišično površino popravimo tako, da pri moških odštejemo 10 cm² in pri ženskah 6,5 cm². Nadalje so predvidevali, da je možno oceniti celokupno mišično maso na osnovi antropometrije nadlahti in iz količine izločenega kreatinina iz urina (Heymsfield, 1993; cit. po Kerr, 1994):

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

MM - mišična masa v kg

TV - telesna višina (cm)

cAMA (cm²) - popravljena mišična površina nadlahti (corrected arm muscle area) (Kerr, 1994)

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

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

Primerjava antropometrije z drugimi metodami za določanje telesne sestave

Sestava telesa, določena z antropometrično metodo, visoko korelira ($r=0,79-0,92$)

z rezultati, pridobljenimi s podvodnim tehtanjem (Eaton in sod., 1993). Enako so potrdile tudi raziskave Heywarda in sod. (1992) ter Hortobagyi in sod. (Zerbo-Šporin, 2002).

Med novjšimi metodami za določanje sestave telesa kaže, da bi lahko metoda DEXA: angl. dual-energy X-ray absorptiometry (dvoenergijska absorpciometrija z rentgenskimi

žarki) postala novi »zlati standard« oz. referenčna metoda poleg podvodnega tehtanja. Dokazana je visoka korelacija ($r=0,94$) med DEXA in antropometrično metodo (Svendsen, 1991; cit. po Zerbo-Šporin, 2002).

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

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

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

Antropometrijska metoda določitve količine podkožnega maščevja po Zerbo-Šporin

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

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

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

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

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

Z - faktorska vrednost Z

KGSubs - debelina subskapularne kožne gube (mm)

KGTri - debelina kožne gube na tricepsu (mm)

KGSupil - debelina suprailiakalne gube (mm)

KGAAb - debelina abdominalne kožne gube (mm)

KGG - debelina kožne gube na goleni (mm)

(Zerbo-Šporin, 2002)

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

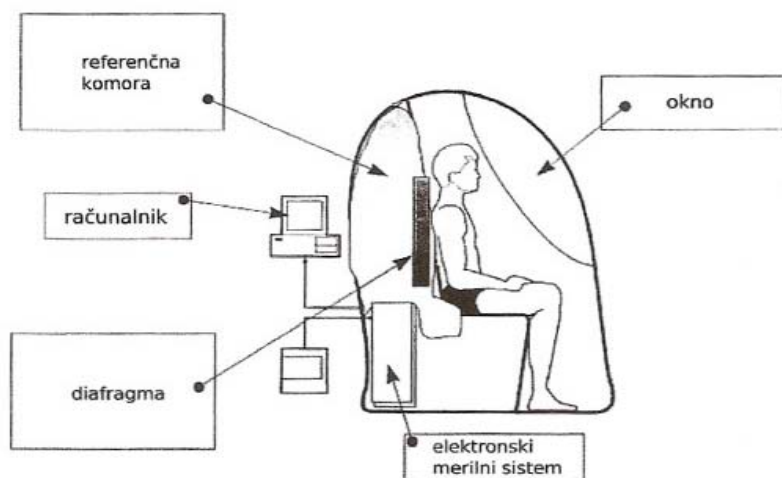
Izpeljana regresijska enačba in razvrščanje oseb v faktorske skupine ima velik praktični pomen. Metoda je enostavna, saj je potrebno izmeriti le debeline petih kožnih gub. Avtorica predlaga uporabo v primerih bolezni, ki so povezane s previsoko ali prenizko količino maščevja.

2.3.3 Pletizmografija - metoda izpodrivanja zraka

V zadnjem času je metodo podvodnega tehtanja začela nadomeščati pletizmografija, kjer merjenec ni potopljen pod vodo, temveč sedi v komori, napolnjeni z zrakom.

Merilni sistem sestavljata dve komori, povezani z diafragma; ena komora za merjenca in druga, ki služi kot referenčni volumen (slika 3). Merjenca se zapre v komoro, tlak zaradi njegove prisotnosti v komori naraste, zato diafragma med obema komorama zaniha.

Po plinskem zakonu se določi prostornina merjenca, glede na izpodrinen zrak. Prednost te metode pred podvodnim tehtanjem je v tem, da je bolj udobna za merjenca. Popravki prostornin, povezani s preostalim pljučnim volumenom in volumenom plinov v črevesju so nujni, tako kot pri drugih direktnih tehnikah merjenja gostote ali prostornine telesa (Ellis, 2000).



Slika 3: Merilni sistem pletizmografije - metode izpodrivanja zraka (Ellis, 2000)

2.3.4 Dilucijske metode

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

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

Najstarejše in še vedno najbolj neposredne *in vivo* metode za merjenje TBW, osnovane na dilucijskih metodah, uporabljajo izotope vodika ali kisika v vodni molekuli (tricij, devterij; ^3H , ^2H). Tako označena voda je uporabljena kot sledilec, ki se ga vnese v telo. Za

analizo vzorca se uporabijo različne metode, npr. scintilacijsko štetje, masna spektrometrija, infrardeča absorpcija, plinska kromatografija itd.

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

2.3.5 Celotni telesni kalij

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

2.3.6 Nevtronska aktivacijska analiza

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

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

2.3.7 Dvoenergijska absorpciometrija z rentgenskimi žarki (DEXA)

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

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

način določimo količino teh dveh komponent.

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

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

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

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

2.3.9 Metoda infrardeče spektroskopije (NIR)

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

2.3.10 Ultrazvočna metoda

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

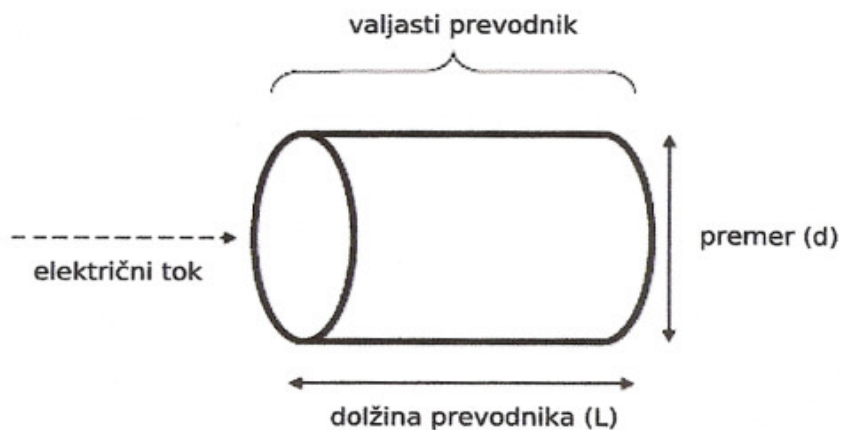
2.4 BIOELEKTRIČNA IMPEDANČNA ANALIZA (BIA)

Sposobnost človeškega telesa oz. tkiv za prevajanje električnega toka so začeli opisovati že po letu 1871. Tkiva z visoko vsebnostjo vode in v njej raztopljenih elektrolitov so dobri prevodniki električnega toka, medtem ko imajo telesno maščevje in kosti slabe

prevodniške lastnosti. Thomasett je že leta 1962 prvi uporabil dve podkožno vstavljeni elektrodi za merjenje električne impedance. Hoffer in sod. ter Nyboer pa so razvili BIA metodo s štirimi površinskimi elektrodami. V 80. letih so razvili številne komercialno dostopne inštrumente za analizo bioelektrične impedance in trenutno je to verjetno najpogostejše uporabljena metoda predvsem zaradi relativno majhnih stroškov, enostavnega upravljanja z inštrumentom in prenosljivosti. Prednost je tudi neinvazivnost metode (Baumgartner, 1996; Kyle in sod., 2004).

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

Osnovni princip bioelektrične impedance temelji na predpostavki, da je upornost homogenega prevodnega materiala stalnega premera sorazmerna z dolžino (L) in obratno sorazmerna s premerom (d) (slika 4).



Slika 4: Shema valjastega prevodnika homogene zgradbe

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

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

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

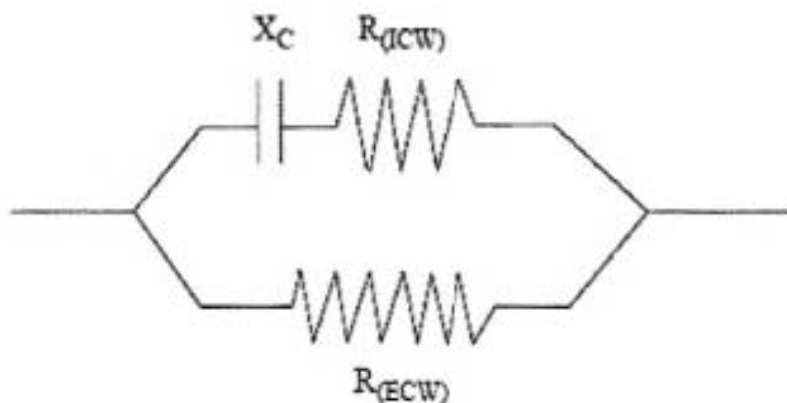
Zaradi naravne nehomogenosti človeškega telesa mora biti formula še dodatno popravljena z določenimi koeficienti za opis resnične geometrije telesa. Tak koeficient temelji na več faktorjih, med drugim na anatomiji segmentov, ki jih preiskujemo, poleg tega pa tudi specifična upornost ni konstantna in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

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

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

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

Za predstavitev električnih lastnosti bioloških tkiv *in vivo* so uporabili ponazoritve s številnimi električnimi krogotoki. Najpogosteje uporabljen je električni krogotok, kjer je upornost zunajcelične tekočine (R_{zECW}) vzporedno vezana glede na reaktanco (X_c) in upornost znotrajcelične tekočine. X_c in R_{zICW} sta vezana zaporedno (slika 5) (Kyle in sod., 2004).



Slika 5: Shema električnega krogotoka, ki ponazarja električne lastnosti bioloških tkiv (Kyle in sod. 2004)

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

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

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

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

$$PA \text{ (oz. } \Phi) = \arctan (X_c / R_z)$$

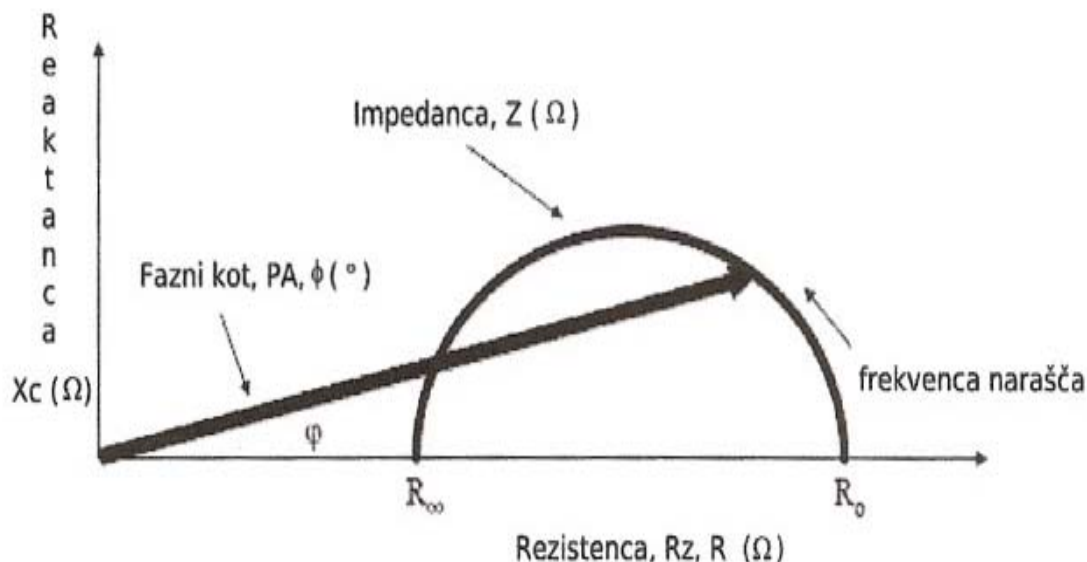
X_c – reaktanca

R_z – rezistenca

PA, Φ – fazni kot

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

V primeru biološkega sistema z membranami brez tekočine, pa je fazni kot enak 90°, kar predstavlja absolutno kapacitivnost tkiva (Zerbo-Šporin, 2002) (slika 6).



Slika 6: Diagram zveze med reaktanco in rezistenco kot funkciji frekvence (Kyle in sod., 2004)

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

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

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

Metode bioelektrične impedančne analize

Enofrekvenčna BIA metoda uporablja izmenični tok s stalno frekvenco 50 kHz. Ta frekvenca je t.i. povprečna značilna frekvenca mišičnega tkiva in zato najbolj primerna za določanje brezmaščobne mase. Značilna frekvenca je tista frekvenca, pri kateri sledi upad kapacitivnih lastnosti membran in reaktance.

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

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

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

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

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

Daljša os tolerančnih elips v diagramu prikazuje stanje hidriranosti, skrajno zgornje območje pomeni dehidracijo, spodnje pa nakazuje edem. Krajša os elipse pa nakazuje več (leva stran) ali manj celične mase (desna stran) – in je ocena stanja prehranjenosti (Kyle in sod., 2004; Piccoli in sod., 1994; Buffa in sod., 2002).

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

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

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

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

Segal in sod. (1985)

$$FFM (kg) = 0,363 \cdot (TV^2/R) + 0,214 \cdot (TV) + 0,133 \cdot (TM) - 5,619 \cdot (spol) \quad \dots(13)$$

spol – za moške vrednost 1, za ženske vrednost 0

TV – telesna višina

TM – telesna masa

R – upornost

Xc – reaktanca

Lukaski in sod. (1986), primerna za ženske

$$FFM (kg) = 0,756 \cdot (TV^2/R) + 0,11 \cdot (TM) + 0,107 \cdot (Xc) + 5,463 \quad \dots(14)$$

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

Omejitve pri določanju sestave telesa z metodo BIA:

BIA metoda je dokaj neobčutljiva za ugotavljanje zelo majhnih sprememb v sestavi telesa. Hitre spremembe v količini telesnih tekočin pri novorojenčkih lahko povzročijo napačno oceno sestave telesa.

Nekateri avtorji dvomijo v zanesljivost in natančnost meritev električne impedance pri majhnih otrocih. Razdalja med elektrodama je tu lahko premajhna, kar povzroči polarizacijo elektrod in s tem napačno meritev impedance.

Pri ljudeh z motenim vodnim metabolizmom ali nenormalno porazdelitvijo elektrolitov v telesu, določitev sestave telesa z BIA metodo ni primerna.

Natančna meritev bioelektrične impedance je pri ekstremno debelih posameznikih omejena. Velika količina podkožnega maščevja deluje kot izolator in predstavlja prevelik upor izvirnemu toku (Baumgartner, 1996; Praprotnik, 2006).

Natančnost meritev bioelektrične impedančne analize

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

BIA meritve morajo biti standardizirane, če želimo dobiti ponovljive rezultate. Povprečni koeficienti variabilnosti pri zaporednih meritvah rezistence istega merjenca so 1-2 %. Napake pri ocenah se gibljejo okoli 3-8 % za TBW in 3,5-6 % za FFM.

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

Lastnosti merjenca niso zanemarljive, saj je vpliv stopnje hidracije tkiv velik. Spremembe le-te povzročijo do 3,9 % razlike v izmerjeni impedanci. Na vrednosti TBW in FFM vplivajo pitje tekočin, hranjenje, telesna aktivnost in dehidriranost (Zerbo-Šporin, 2002).

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

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

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

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

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

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

Primerjava metode BIA z drugimi metodami za določanje sestave telesa

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

Razmerje med FFM in TBW, določeno z BIA metodo, je pri zdravih odraslih osebah med 0,69 in 0,77. To razmerje so preverili tako, da so s podvodnim tehtanjem določili vrednost FFM, z dilucijsko metodo pa vrednost TBW. Dobljeno razmerje FFM/TBW je znašalo 0,86, kar kaže dobro primerljivost BIA metode z metodo podvodnega tehtanja in

dilucijsko metodo (Baumgartner, 1996). Segal s sodelavci je pokazal visoko povezanost med FFM, določenim z impedanco in denzitometrično metodo (Zerbo-Šporin, 2002).

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

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

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

2.5 INDEKS TELESNE MASE (ITM)

V epidemioloških raziskavah največkrat ugotavljamo prehransko stanje oseb z namenom, da določimo prevalenco debelosti in prevalenco podhranjenih oseb v določeni populaciji.

O debelosti lahko govorimo takrat, kadar je v telesu nakopičena prekomerna količina maščob.

Idealna metoda za merjenje deleža maščob v telesu mora biti zanesljiva, ustrezna mora biti za oba spola in za vse starosti in etične skupine. Količina telesnih maščob mora biti izražena kot odstotek telesne mase. Najpogosteje uporabljene metode so: merjenje kožnih gub, podvodno tehtanje, v zadnjem času pa se pojavlja nova metoda, ki temelji na absorpciometriji rentgenskih žarkov (dual-energy X-ray absorptiometry - DXA). Korelacijski koeficient med deležem maščob, določenih s podvodnim tehtanjem in med izračunanim ITM, je nižji, kot če primerjamo korelacijski koeficient med deležem maščob, določenim z DXA metodo, in izračunanim ITM. Razlika v korelaciji pokaže, da je podvodno tehtanje manj zanesljiva metoda za določanje deleža maščob v telesu otrok in mladostnikov kot absorpciometrija (Dietz, 1999 ; Goran, 1998).

Člani Mednarodne skupine za debelost (International Obesity Task Force - IOTF) so leta 1997 sprejeli izjavo, da je določanje ITM sprejemljiva metoda za ugotavljanje debelosti pri otrocih in adolescentih, čeprav ima tudi pomanjkljivosti (Dietz, 1999).

Pri izračunavanju ITM upoštevamo podatke o telesni teži in telesni višini, to pa sta antropometrični meri, ki se v času rasti in razvoja močno spreminjata. Telesna teža korelira s količino telesnih maščob, hkrati pa je visoka tudi korelacija s telesno višino, ki slabo korelira s količino telesnih maščob.

Teža je odvisna od spola, starosti in višine, višina pa je odvisna od spola in starosti. Na telesno težo in telesno višino ter na njuno medsebojno razmerje vplivajo še številni drugi dejavniki (narodnost, socialni status itd.). V času telesne rasti in razvoja se spreminjajo telesna razmerja, kot tudi količina kostne mase ter razmerje mišičnega in maščobnega

tkiva. Pri odraslih osebah je razmerje med telesno težo in telesno višino manj problematično, saj se telesna višina ne spreminja več.

Raziskave, ki so bile opravljene med otroci bele in črne rase, so pokazale, da imajo črnski otroci z enakim ITM kot otroci bele rase nižji delež telesnih maščob (Daniels in sod., 1997)

Podobna študija je pokazala, da imajo črnska dekleta v primerjavi z belkami statistično značilno nižji delež skupnih telesnih maščob ter manj visceralnega in subkutanega adipoznega tkiva (Deurenberg in sod., 1991).

Franklin s primerjavo podatkov o telesni teži in telesni višini ugotavlja, da je uporaba ITM za ugotavljanje debelosti sprejemljiva v starosti 6 do 7 let in v starosti 17 do 18 let, v starosti med 8. in 16. letom pa je potrebna večja previdnost (Franklin, 1999).

Določanje kritičnih vrednosti ITM za prekomerno težo in debelost

Na osnovi ITM lahko določimo kritične vrednosti ITM, ki služijo kot osnova za opredeljevanje prehranskega stanja, pri določenih vrednostih pa lahko tudi napovemo tveganja za nastanek in razvoj posameznih bolezni preiskovanih oseb. Kritične točke se določajo glede na starost, spol in etnično skupino, zato ni možno pripraviti univerzalnih standardov, ki bi veljali v vseh državah.

Primerjava ameriških in angleških centilnih vrednosti, ki veljajo za otroke in mladostnike, pokaže, da je določanje prevalence debelosti na osnovi centilnih vrednosti, ki veljajo za eno populacijo, neustrezna za drugo populacijo. Američani so za debele označili vse, ki so imeli ITM višji od 95. centila, Angleži pa vse, ki so imeli ITM višji od vrednosti 97.70 centila (Himes, 1994 ; Power, 1997).

Poleg razlik med populacijami je pri določanju kritičnih vrednosti pomemben tudi vpliv sekularnega trenda razvoja, kar pomeni, da bi morale kritične vrednosti temeljiti na referenčni populaciji, ki se s časom ne spreminja (Bellizzi, 1999).

Razmerje med težo in višino se s starostjo močno spreminja, zlasti je to opazno v obdobju rasti in razvoja otrok in mladostnikov, zato je pomembno, da določimo centilne vrednosti za ITM ločeno po starosti in spolu (Cole, 1991).

Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) je na osnovi različnih študij predlagala nekaj kritičnih vrednosti, ki določajo prehransko stanje posameznega adolescenta. Kritične vrednosti temeljijo na centilnih vrednostih, ki jih je določil Nacionalni center za zdravstveno statistiko v ZDA in veljajo za ITM. Pri določanju kritičnih vrednosti morajo biti upoštevani tudi dejavniki, ki so značilni za okolje, v katerem določena populacija mladostnikov živi in lahko pomembno vplivajo na prehransko stanje (Physical, 1995).

Preglednica 2: Priporočene kritične vrednosti nekaterih antropometričnih spremenljivk za ugotavljanje prehranskega stanja mladostnikov (Physical, 1995)

Zdravstveno stanje	Antropometrična spremenljivka	Kritična vrednost	Referenca
suhost ali nizek ITM glede na starost	ITM glede na starost	< 5. centil	Must, 1991 (a) Must, 1991 (b)
povečano tveganje za prekomerno težo	ITM glede na starost	≥ 85. centil	Must, 1991 (a) Must, 1991 (b)
debelost	ITM glede na starost	≥ 85. centil ITM in ≥ 90. centil-kožna guba na tricepsu in ≥ 90. centil-kožna guba subskapularno	Must, 1991 (a) Must, 1991 (b) Owen, 1982 Johnson, 1981

Enostavnejša od centilne klasifikacije ITM je razvrstitev vrednosti ITM v posamezne kategorije. WHO predlaga naslednjo klasifikacijo in interpretacijo posameznih vrednosti ITM, klasifikacija velja za odraslo populacijo (Physical, 1995):

ITM < 16,00	podhranjenost – 3. stopnja
ITM 16,00-16,99	podhranjenost – 2. stopnja
ITM 17,00-18,49	podhranjenost – 1. stopnja
ITM 18,5-24,99	normalna hranjenost
ITM 25,00-29,99	prekomerna teža – 1. stopnja
ITM 30,00-39,99	prekomerna teža – 2. stopnja
ITM ≥ 40,00	prekomerna teža – 3. stopnja

S predstavljeno klasifikacijo, ki velja tudi za odraslo populacijo, se strinjajo tudi člani Mednarodne skupine za debelost (IOTF) in označujejo mladostnike z ITM 25,00 ali več kot mladostnike s prekomerno telesno težo oziroma kot debele. Znanstvene raziskave, opravljene na odraslih ljudeh, so namreč pokazale, da se pri osebah z ITM, višjim od 25,00, poveča tveganje za nastanek določenih bolezni (Bellizzi, 1999; Dietz, 1999).

Debelost, indeks telesne mase in korekcija le tega

Debelost je postala pred kratkim predvsem epidemija v ZDA, v razred debelih je bilo leta 2000 uvrščenih kar 31 % vseh odraslih (indeks telesne mase $> 30 \text{ kg/m}^2$) in 68 % v razred s prekomerno težo (indeks telesne mase $> 25 \text{ kg/m}^2$). Glede na preiskave organizacije National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) se je razširjenost debelosti pri otrocih potrojila, iz 5 % v letu 1980 na 15 % v letu 2000. Obstajajo pa raziskave, ki kažejo da države Zahodne Evrope ne zaostajajo veliko. Torej debelost postaja svetovni problem, narašča v mnogih državah v razvoju, vključno s Kitajsko in Indijo.

Čeprav debelost prizadene otroke v vseh socialno-ekonomskih razredih, prevladuje predvsem v nižjih socialno-ekonomskih razredih v ZDA in razvitih državah. To kaže, da je nepravilna preskrba s hrano in slaba izbira hrane večji problem kot pomanjkanje zaradi revščine. Čeprav se samo 30 % debelosti začne v adolescenci, nekateri ocenjujejo, da bo 80 % debelih mladostnikov postalo tudi debelih v odrasli dobi in da je pri debelih mladostnikih veliko večje tveganje za razvoj diabetesa in drugih zdravstvenih zapletov kasneje v življenju. Ker je dolgoročno izgubo teže običajno zelo težko doseči in so pogosto neuspešni tudi poskusi kljub zelo razširjenim dietam, so pomembna prizadevanja za preprečevanje debelosti v zgodnjem življenju.

Nenazadnje pa rezultati pridobivanja telesne mase z vnosom prehranske energije presegajo bazalno presnovo in aktivnost. Le redko je to posledica nekaterih neznanih motenj v bazalnem metabolizmu npr. hipotiroidizma. Vendar pa je težko izmeriti prehranski vnos ali aktivnost z dovolj veliko natančnostjo, da bi preprečili relativno majhno napako in s tem večanje mase. Na primer, majhno povečanje vnosa za 200 kcal/dan bi lahko brez ustreznega povečanja obsega aktivnosti, teoretično povzročilo povečanje telesne mase za 8 kg v enem letu.

Čeprav je bila podedovanost debelosti ocenjena na 60-80 % na podlagi študij o dvojčkih in družinski preteklosti, je genetika debelosti zapletena in jo šele začnemo razumeti. Pri dvojnih študijah je ugotovljeno, da se debelost pri odraslih veliko bolj izrazi, če so starši biološki kot pa, če so posvojitelji. Znanih genetskih sindromov, ki povzročajo debelost pri ljudeh je malo, vendar jih je potrebno upoštevati in to so Downov sindrom, Prader-Willi sindrom, Bardet-Biedl sindrom in Beckwith-Wiedemann sindrom, hipotiroidizem ter sindrom policističnih jajčnikov. Maščobne celice niso samo pasivno skladišče ampak tudi endokrini aktivni sekretorji številnih snovi, kot so leptin, adiponektin in citokini, ki sodelujejo pri vnetnih odzivih in lahko posredujejo vrsto negativnih posledic, vključno z inzulinsko odpornostjo in diabetesom. Debelost je povezana s povečanim tveganjem za razvoj diabetesa tipa 2 in odpornostjo na inzulin, diabetesa mellitus, hiperlipidemije, bolezni srca, obstruktivne apnee spanja, astme in drugih težav z dihalo, bolečin v hrbtu in ortopedskih težav, zamaščenih jeter (nealkoholnega steatohepatitisa), žolčnih kamnov in depresije. Opaziti je vse pogostejši pojav diabetesa tipa 2 pri mladostnikih. Pri ocenjevanju 200 000 diabetikov v ZDA starih pod 20 let so ugotovili, da se je življenjsko tveganje za nastanek sladkorne bolezni povečalo za 33-39 % za tiste rojene leta 2000.

Zaradi hitrega povečanje debelosti so razvili standarde, ki temeljijo na populacijskih krivuljah, kar pa je nesmiselno saj je pri medicinski debelosti vključenih več kot samo najvišjih 5 % na grafu odvisnosti telesne mase od starosti. Namesto, da bi se opirali le na

preseke na grafih višine in telesne mase v odvisnosti od let, so razvili bolj veljaven kazalec debelosti, to je indeks telesne mase (ITM). Grafi indeksa telesne mase, ki jih je objavil Center za nadzor bolezni (Centers for Disease Control), omogočajo sledenje standardov ITM za mladostnike. Le ti bi naj imeli ITM manjši kot 20-25 kg/m², ki je pričakovan pri odraslih. Čeprav dolgoročnih podatkov validacije ni na voljo tako kot pri odraslih, se pri mladostnikih kot debelost šteje področje nad 95. krivuljo in tveganje za debelost področje nad 85. krivuljo. Indeks telesne mase je opredeljen kot telesna masa (v kilogramih) deljena z telesno višino (v metrih) na kvadrat in velja za najboljši antropometrični nadomestek za sestavo telesa (glej slike 7 in 8). Pri odraslih je pa lažje zasledovati obseg pasu, ki pa še posebej opredeljuje globinsko maščevje. Meritve obsega roke in kožne gube na tricepsu s trakom ali kaliprom so dokaj dobra korelacija (0,7-0,8) z dražjimi raziskovalnimi metodami kot so podvodno tehtanje in dvoenergijska absorpciometrija z rentgenskimi žarki, in so lahko še bolj točne, če vključimo še biceps, subskapular in suprailiac kožno gubo. Bioelektrična impedanca meri razliko v odpornosti med maščevjem in pustim tkivom, nanjo pa lahko vplivajo spremembe tekočin zlasti pri bolnikih.

Fizični pregled mora vključevati merjenje krvnega tlaka zaradi visokega odstotka dekompenzacije presnovnega sindroma (debelost, povišan tlak, dislipidemija in sladkorna bolezen).

Presnovni sindrom sestavljajo: trebušna debelost (obseg pasu večji od 40 palcev (100cm) pri moških ali 35 palcev (90cm) pri ženskah), povišana hipertrigliceridemija (<150 mg/dl), zelo povišana glukoza (več kot 110 mg/dl), nizka vsebnost holesterola z visoko gostoto (<40 mg/ml) in visok krvni tlak (>135/85 mm Hg). Do zdaj se je to pojavljalo večinoma kasneje v življenju (več kot 40% ljudi nad 60 let), zdaj pa se pomika tudi nižje (7 % od 20-29 let).

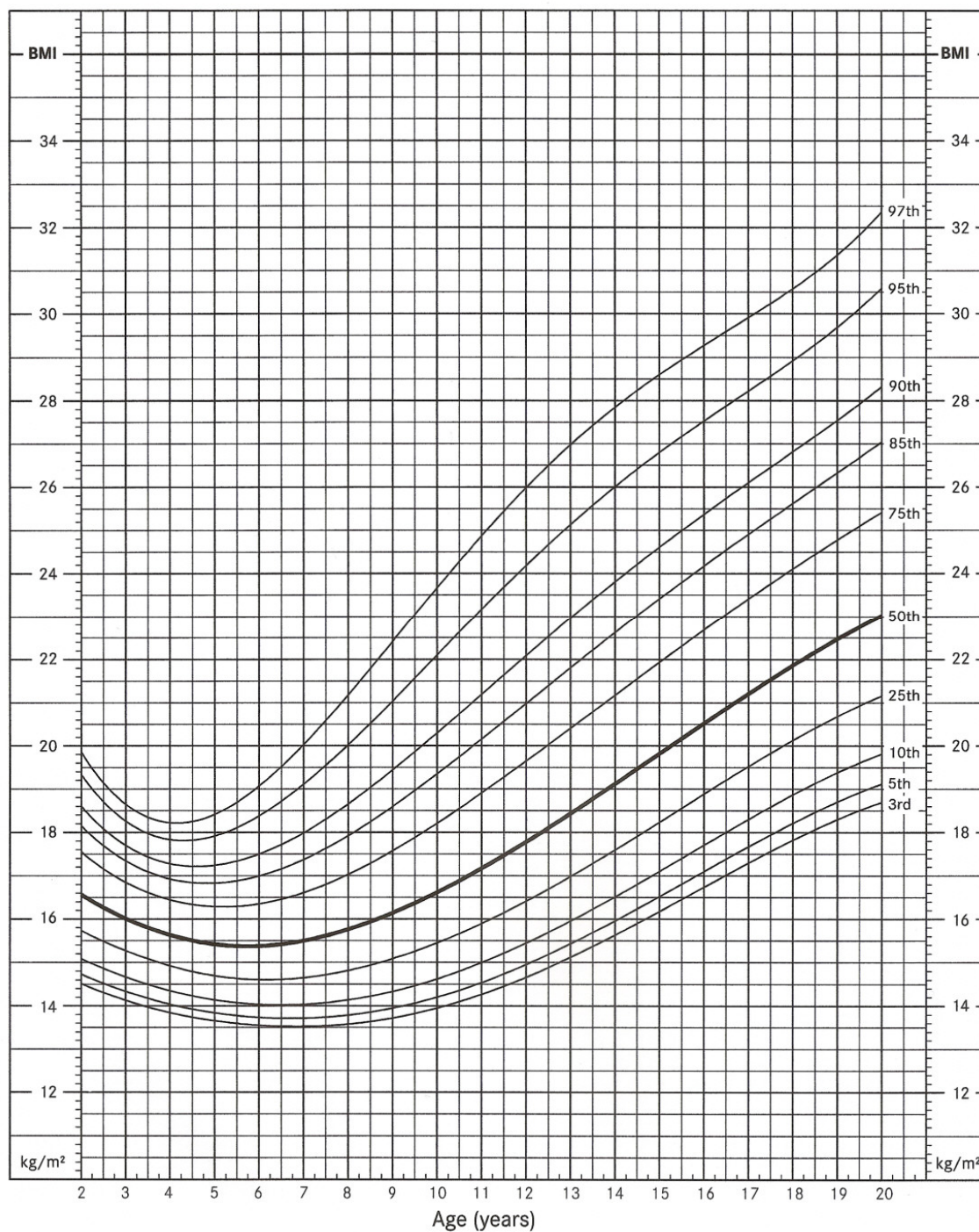
Acanthosis nigricans je hiperpigmentacija kože, predvsem okrog vratu, ki jo je opaziti pri približno 20 % debelih bolnikov, še posebej afroameričanov, ki kažejo odpornost proti inzulinu in to bi morali pokazati presejalni testi za sladkorno bolezen tipa 2. Laboratorijski presejalni testi pa lahko vključujejo ščitnico stimulirajoči hormon za hipotiroidizem, inzulin in glukozilirani hemoglobin (HbA1C) za sladkorno bolezen tipa 2.

Zgodovina prehrane in dietna opozorila so še zlasti pomembni prehranski oceni, vendar kvantitativno štetje kalorij je še posebej nezanesljivo pri debelih bolnikih zaradi razširjene zavestne in podzavestne realnosti. Običajno srečanje z dietetikom bi moralo vključevati tudi svetovanje glede zdrave izbire prehranjevanja. Priporočila glede dnevne aktivnosti bi morala vključevati tudi ure gledanja televizije na dan ali na teden, ker je to zelo povezano z debelostjo, ne samo zaradi zmanjšane aktivnosti, temveč tudi zaradi reklamnega oglaševanja živil.

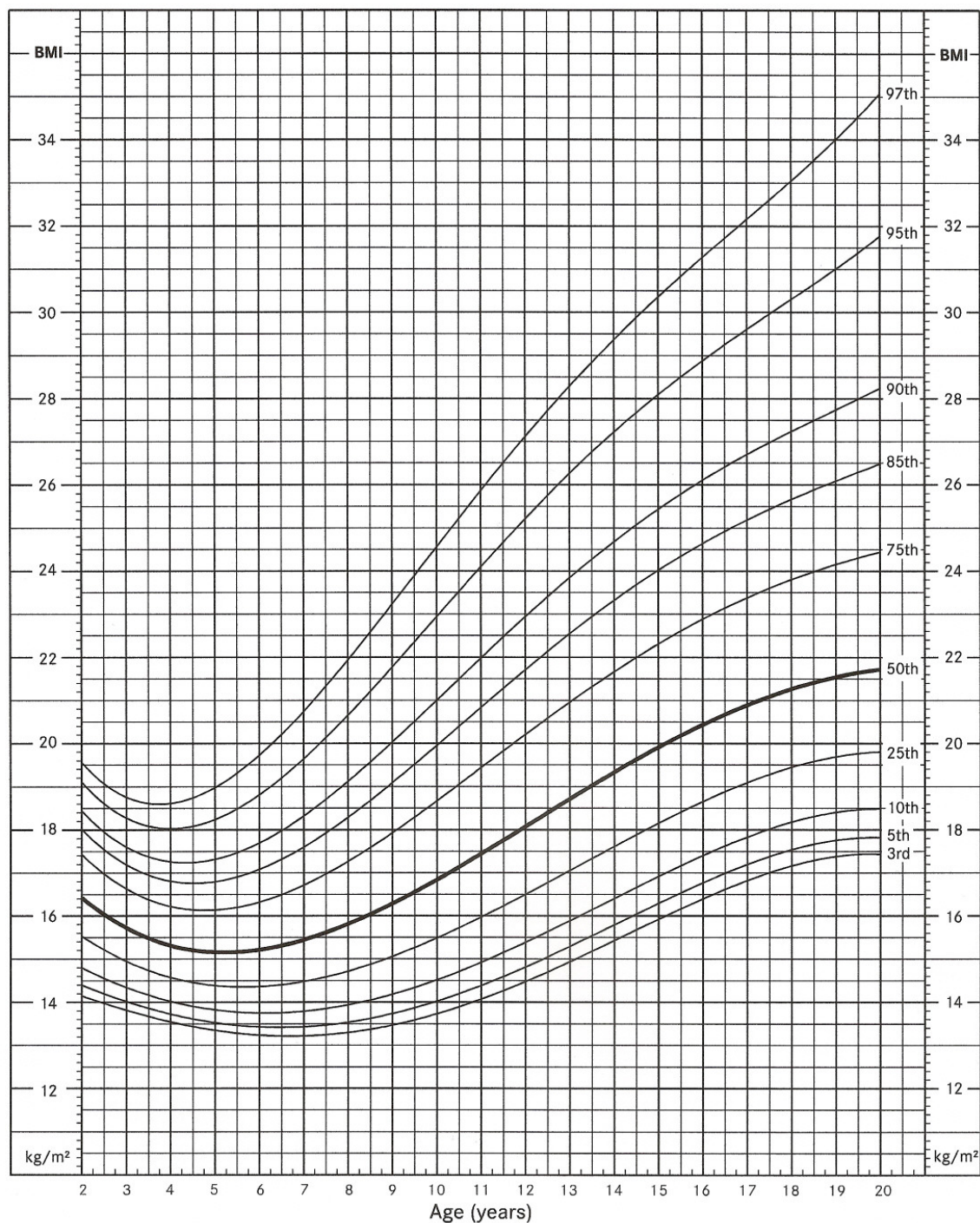
Zdravljenja v najboljšem primeru vključujejo multidisciplinarne skupine z dietetiki, socialnimi delavci, fizikalne terapevte in zdravnike. Tako so, s poudarkom na spremembi življenjskega sloga, zmerno omejitvijo kalorij in redno telovadbo dober pokazatelj verjetnosti uspeha. Nedavni uspeh diete z majhno vsebnostjo ogljikovih hidratov namesto tradicionalne diete z malo maščobami nam pokaže pomembno vlogo sitosti pri vzdrževanju omejenih kalorij. Večina prehranskih načrtov obljublja kratkoročno izgubo mase, vendar so dolgoročne študije pokazale, da jih le malo vodi k vzdrževanju mase za več kot 6-12 mesecev. Ker se pri

mladostnikih skozi puberteto naravno povečuje telesna masa z višino, je verjetno bolj pomembno, da se naučijo zdravih prehranjevalnih navad in aktivnosti skozi daljše obdobje in ne le hitrega hujšanja, pri katerem dobijo maso nazaj v nekaj mesecih.

Zdravila, kot so fentermini in fenfluramini ter stimulansi, so v zadnjem času pridobili na slabem glasu zaradi nepredvidenih stranskih učinkov. Možna zdravljenja z leptinom in drugimi hormoni ter antagonisti imajo večje obljube za prihodnost, vendar so bila do sedaj uspešna le pri redkih bolnikih s posebnimi okvarami. Za najbolj uspešno dolgoročno terapijo pri zelo debelih odraslih pa se je izkazala kirurška gastroplastika, verjetno predvsem zaradi zaviranja delovanja hormona lakote grelina, večje sitosti in zmanjšanje lakote ampak uporabo večjih operacij pri mladostnikih je treba skrbno načrtovati in uporabiti v skrajni sili zaradi spremenljive obolevnosti in smrtnosti.



Slika 7: Indeks telesne mase v odvisnosti od let za fante, 2-20 let (National Center for Health Statistics, 2000)



Slika 8: Indeks telesne mase v odvisnosti od let za dekleta, 2-20 let (National Center for Health Statistics, 2000)

2.6 PREHRANJEVALNE NAVADE MLADOSTNIKOV

Pravilna in uravnotežena prehrana je izredno pomembna, še posebej pa to velja za mladostnike, saj je adolescence tudi obdobje intenzivne rasti ter fiziološkega, psihosocialnega in kognitivnega razvoja posameznika. Danes priporočajo strokovnjaki uživanje predvsem pestre mešane prehrane. Zdrave kombinacije v vsakem obroku dajejo prednost sadju in zelenjavi, polnovrednim žitom in žitnim izdelkom, kvalitetnim maščobam, zlasti oljem, in manj mastnemu mleku in mlečnim izdelkom. Priporočila so pomembna tako za mladostnike kot tudi za odrasle. Nepravilna in neurejena prehrana v adolescenci ima lahko namreč zelo negativne posledice v zrelejšem obdobju (Gabrijelčič Blenkuš, 2004: 24; Pavčič, Hlastan Ribič, 2004: 27).

Kochova in Kostanjevec (2004: 12) navajata naslednje kriterije zdrave prehrane in prehranjevalnih navad mladostnikov:

- vsaj trije redni dnevni obroki
- vsak obrok naj vsebuje sadje in/ali zelenjavo
- vsak dnevni obrok naj vsebuje živilo živalskega izvora
- dnevna prehrana naj vsebuje tudi mleko oziroma mlečni izdelek, predvsem zaradi pomena, ki ga ima kalcij pri zdravem razvoju mladostnika
- posebej se je treba posvetiti pravilni in uravnoteženi sestavi vegetarijanskih obrokov (Koch in Kostanjevec, 2004: 12)

Hrana v adolescenčnem obdobju ima tudi psihološki pomen in ne zadovoljuje samo fizioloških potreb. Lahko pa se poveže tudi s simboliko telesnega, duševnega in socialnega odraščanja (Gabrijelčič Blenkuš, 2004: 24). Adolescenčno obdobje pa zaznamujejo tudi enačenje z vrstniki, fizični, čustveni in duševni stres, modne diete, motnje hranjenja ter želja po eksperimentiranju drugih prehranskih vzorcev, zlasti vegetarijanstva (Koch in Kostanjevec, 2004: 11). Luptonova ob upoštevanju tudi drugih socialnih in psiholoških dejavnikov meni, da so vegetarijanstvo, hitra prehrana in motnje hranjenja načini, ki jih mladostniki uporabljajo za vzpostavljanje osebne avtonomije in kot sredstvo upora proti avtoriteti in nadzoru odraslih (Lupton, 1996: 58-59).

Ko govorimo o prehranjevalnih navadah mladostnikov, opozarjata Kochova in Kostanjevec, ne smemo prezreti dejstva, da njihove fizične in učne dejavnosti potekajo preko celega dne in zato nanje v veliki meri vplivajo daljši čas, ki ga preživijo zdoma, ter šolski urnik. Zato je še posebej pomembno, da mladostniki zaužijejo zadostno količino hranilnih in zaščitnih snovi ter poskrbijo za ustrezno energijsko vrednost celodnevne obroka (Koch in Kostanjevec, 2004: 11-12).

Rezultati raziskav (Lovše Perger, 1998, Gabrijelčič Blenkuš, 2000, Kostanjevec, 2004, Koch, Inštitut za varovanje zdravja RS, 2004) kažejo, da so prehranjevalne navade mladostnikov slabe. Zaužijejo manjše število obrokov od priporočenega ter se neredno prehranjujejo. Predvsem premalokrat zajtrkujejo. Tako dopoldanska malica vse prepogosto nadomesti, po mnenju mnogih strokovnjakov, najpomembnejši obrok dneva, zajtrk. Poleg tega se mladostniki tudi glede izbire živil prehranjujejo pretežno nezdravo. Uživajo premalo sadja in

zelenjave ter rib, dekleta pa tudi premalo mleka in mlečnih izdelkov ter mesa, pogosto pa posegajo po sladkih in slanih prigrizkih ter gaziranih pijačah.

Tivadar (2004: 36-37) je razvrstila dejavnike, ki ovirajo mladostnike, da bi sledili prehranskim priporočilom zdravega prehranjevanja, v naslednjih 5 skupin:

- **Preobremenjenost in pomanjkanje časa:** zaradi zgodnjega vstajanja mladi pogosto nimajo apetita, da bi zajtrkovali, zato jih veliko med njimi ta obrok tudi izpusti. Zaradi neorganiziranosti šolske malice, njene slabe izbire, prekratkih odmorov in gneče v kioskih in trgovinah v neposredni bližini šol, je precej tudi takih, ki izpustijo tudi dopoldansko malico. Kadar imajo po končanem pouku še kakšne druge dodatne aktivnosti, velikokrat izpustijo kosilo in si čas za prehranjevanje vzamejo šele zvečer. Razlog za velike intervale med posameznimi obroki je tudi neusklajenost urnikov otrok in njihovih staršev
- **Pomanjkljivosti nasvetov:** ne samo pomanjkljivi nasveti v zvezi z zdravo prehrano, ampak tudi njihova nasprotujoča si oziroma hitro manjkajoča se vsebina, vplivajo na to, da mladi strokovnim nasvetom pogosto ne zaupajo. Pri tem pa ima pomembno vlogo tudi verodostojnost vira sporočila. Mladi najbolj verjamejo in zaupajo nasvetom medicinskega osebja ter nasvetom svojih staršev in prijateljev.
- **Vseprisotnost tveganja v sodobni družbi:** prehrana kot dejavnik tveganja različnih obolenj je samo eno iz množice tveganj v sodobni družbi, zato mu mladi ne morejo posvetiti vse svoje pozornosti. Poleg tega pa menijo, da hrana, ki jo vnašajo v svoje telo, že sama po sebi vsebuje veliko škodljivih snovi, nad katerimi sami nimajo možnosti nikakršnega nadzora, zaradi česar menijo, da nima smisla obremenjevati se še s prehranjevalnimi navadami
- **Prizadevanje za užitek:** mladi se strinjajo, da so z disciplinirano prehrano korak bližje zdravju in vitkosti, vendar pa si je v življenju treba tudi privoščiti, četudi to pomeni kdaj zaužiti nezdravo hrano
- **Tiranija vitkosti in prepričanje o delovanju telesa:** mladi uporabljajo prepričanje, da naj bi se telo samo reguliralo in posamezniku sporočalo, kdaj je jedel prav ali narobe, tako za potrditev, da zdrava prehrana koristi njihovemu telesu, kot tudi za opravičilo, da ne sledijo prehranskim priporočilom zdravega prehranjevanja. Hkrati pa med mladimi dekleti postajajo velik problem obremenjenost z zunanjim izgledom in nezadovoljstvo s svojo telesno težo. Večina jih meni, da je le-ta previsoka. Posledično imajo mlada dekleta med vsemi skupinami prebivalstva zaradi stalnega odrekanja hrani najrevnejšo prehrano, pogoste pa so tudi motnje prehranjevanja

Slabe prehranske navade in razvade, je prepričan Pokorn, lahko spremenimo, za kar je potrebno učenje, in ne samo predpisana dieta. Da bi lahko spremenili prehranske navade v take, ki bodo ugodno vplivale na količino zaužite hrane in telesno maso, moramo ugotoviti, kaj, zakaj, kje in kako jemo (Pokorn, 2001: 119-120). Tivadar (2004: 40) pa vidi enega izmed načinov spreminjanja prehranjevalnih navad v dobri informiranosti, vendar dodaja, da bo mogoče "dobre strategije za učinkovito spodbujanje zdravega prehranjevanja pri mladih

oblikovati šele takrat, ko bomo natančno identificirali in dobro razumeli individualne in družbene zaviralne ter spodbujevalne dejavnike zdravega prehranjevanja.”

Največji vpliv na oblikovanje prehranskih navad otrok ima družina, z leti odraščanja in s socializacijo pa na oblikovanje prehranskih navad močno vpliva tudi širše okolje (vzgojno-izobraževalne ustanove, vrstniki, mediji) (Kostanjevec, 2000). Prehrana in prehranjevanje sta pomembna in močna dejavnika v kulturnem in socialnem okolju mladostnika. Mladostnik iz različnih skupin živil dobi hranila, ki so potrebna za izoblikovanje in vzdrževanje telesnega tkiva (beljakovine, železo, kalcij), energijo za fizično aktivnost in metabolizem (maščobe in ogljikovi hidrati) in hranila za vzdrževanje in reguliranje procesov, ki potekajo v organizmu (vitamini in minerali). Pravilna prehrana pripomore k boljšemu počutju mladostnika in njegovim sposobnostim za boljše učenje ter mu omogoča rast in preprečuje motnje pomanjkanja (Dixey in sod., 1998).

Promocija pravilne prehrane in fizične aktivnosti med otroštvom ne pripomore samo k boljšemu mentalnemu, socialnemu in fizičnemu stanju, ampak tudi priskrbi osnove za boljše prehranjevanje kasneje v življenju.

Pomembno je, da otrok že v ranem otroštvu oblikuje dobre prehranske navade, med katere uvrščamo uživanje hrane sede, redno prehrano (zajtrk, kosilo, večerja, 1-3 malice), uživanje hrane v miru in sproščenem okolju, počasno uživanje hrane, hrana naj bo dobro prežvečena, uživanje čim bolj pestre (raznovrstne) in ne preobilne hrane, nekaj minutni počitek po zaužitju hrane. Počasno uživanje hrane vzdraži parasimpatikus, hitro pa simpatikus, kar ima vpliv na počutje in prebavo (Pokorn, 1997).

S pojmom »zdrava prehrana« označujemo prehrano, ki je uravnotežena, varna in varovalna. Zdrava prehrana obsega v prvi vrsti varno in uravnoteženo prehrano s pravilnim režimom prehrane (Pokorn, 1998)

»Uravnotežena prehrana«, po Mitchellovi definiciji, vsebuje vse esencialne hranilne snovi v takih količinah in razmerjih, da zadoščajo za čim boljše delovanje vseh funkcij organizma in tako preprečuje nastanek deficitarnih bolezni, hkrati pa ne sme vsebovati nobene hranilne snovi v taki količini ali koncentraciji, da bi bilo kakorkoli zmanjšano ali ogroženo dobro počutje oziroma zdravje. Uravnotežena prehrana ne sme vsebovati nobenih škodljivih snovi ali vsaj ne toliko, da bi bile škodljive za organizem (Pokorn, 1997). Uravnotežena prehrana preprečuje nastanek deficitarnih bolezni in se nanaša na posameznika in ne na skupino. Neuravnotežena prehrana je lahko posledica različnih vzrokov, ki so lahko ekonomski, socialni, politični, psihosocialni, vzgojni, nezmožnost dobiti ali pripraviti hrano, kronični alkoholizem in zloraba uživanja prevelikih količin zdravil ter nepravilno pripravljena in sestavljena hrana (Pokorn, 1996a)

V razvitih družbah se je pojavil nov izraz v prehrani, to je »varovalna ali funkcionalna prehrana«. Z njim označujemo hrano, ki varuje organizem pred nastankom civilizacijskih bolezni. Kot vemo so te danes glavni vzrok umrljivosti. Med civilizacijske bolezni prištevamo srčno žilne bolezni, cerebrovaskularne bolezni, različne vrste raka, sladkorno bolezen, cirozo jeter, osteoporozo, bolezni zob, anemijo, golšo, debelost in hipertenzijo. Varovalna prehrana vsebuje 4 do 5 polnovrednih obrokov hrane (Pokorn, 1998).

Leta 2009 so naredili raziskave pri mladostnikih v 25 državah glede vnosa makrohranil in potrebnega vnosa energije (Simčič in sod., 2009). Pri tem so ugotovili:

- energijski vnos je bil med 9,5 in 14,5 MJ/dan pri moških in med 6,8 in 9,7 MJ/dan pri ženskah; priporočene vrednosti so 13,0 MJ/dan pri moških in 10,5 MJ/dan pri ženskah (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004)
- od skupnega energijskega vnosa je bil vnos beljakovin med 12,4 in 17,8 % pri moških in med 12 in 18 % pri ženskah kar je v mejah priporočenih vrednosti (WHO, 2003)
- energijski vnos ogljikovih hidratov je bil v celoti v mejah priporočenih vrednosti (WHO, 2003)
- od skupnega energijskega vnosa je bil vnos maščob med 28 in 40,4 % pri moških in med 25,5 in 41,9 % pri ženskah; vnos maščob je bil pri ženski populaciji manjši kot pri moški populaciji; vnos nasičenih maščobnih kislin je bil v vseh državah in pri obeh spolih v mejah priporočenih vrednosti (WHO, 2003)

2.7 BAZALNI METABOLIZEM IN ENERGIJSKE POTREBE MLADOSTNIKOV

2.7.1 Energijske potrebe

Dnevne energijske potrebe so razen od osnovnih fizioloških potreb odvisne tudi od telesne dejavnosti in drugih zunanjih dejavnikov. Poleg tega je treba v obdobju rasti upoštevati tudi potrebe po energiji in hranilih za razvoj telesne mase. Če dolgoročno vnašamo s hrano premalo ali preveč hranil, je lahko zdravje odraščajočih otrok in mladostnikov ogroženo.

Priporočeni dnevni energijski vnos pri mladostnikih starih od 15 do 19 let je:

- fantje: 13000 KJ/dan oz. 3100 kcal/dan
- dekleta: 10500 KJ/dan oz. 2500 kcal/dan

2.7.2 Bazalni metabolizem

Metabolizem ali presnova je seštevek vseh kemijskih in fizikalnih sprememb v telesu. Vse te spremembe zahtevajo energijo, ki jo telo dobi iz shranjenih zalog in iz hrane. Nekaj teh kemijskih in fizikalnih sprememb - ter s tem energije - je nujno potrebnih za življenje. Temu pravimo bazalni metabolizem. Bazalni metabolizem je torej minimalna količina energije (kalorij), ki je potrebna za vzdrževanje vseh življenjsko pomembnih funkcij v mirovanju. Po domače povedano je bazalni metabolizem energija, ki jo človek porabi, če ves dan prespi.

Kljub na videz majhnemu deležu bazalni metabolizem predstavlja kar do 70 % skupne porabe energije. To je energija, ki se porablja za dihanje, poganjanje krvi po telesu, delovanje živčnega sistema, ohranjanje telesne temperature, normalno delovanje prebavil, izdelavo novih krvnih celic, hormonov itd. Delež je odvisen od številnih dejavnikov, ki bodo predstavljeni v nadaljevanju. Preostala energija - okrog 30 % - se porabi za vse ostale »ekstra« aktivnosti.

Bazalni metabolizem je torej največji del energije, ki jo porabimo čez dan in je tako eden ključnih dejavnikov pri tem, koliko hrane moramo zaužiti če želimo shujšati, se zrediti ali telesno težo le ohranjati. Nanj vplivajo sledeči notranji in zunanji dejavniki:

- Dedni zapis

Kot pri večini drugih fizikalno-fizioloških lastnosti ima tudi pri bazalnem metabolizmu » glavno besedo« dedni zapis. Nekateri ljudje so rojeni s počasnejšim, drugi s hitrejšim metabolizmom.

- Spol

Moški imajo običajno več mišične in manj maščobne mase. To pomeni da imajo tudi hitrejši metabolizem.

- Starost

Hitrost bazalnega metabolizma z leti pada. Po dvajsetem letu se zmanjša za približno 2 % na 10 let.

- Telesna masa

Težji ljudje imajo višji bazalni metabolizem.

- Površina telesa

Ta dejavnik odvisen od višine in teže telesa. Ljudje z večjo površino imajo višji bazalni metabolizem.

- Odstotek telesne maščobe

Ljudje z manjšim odstotkom telesne maščobe imajo višji bazalni metabolizem.

- Prehrana

Vsako omejevanje vnosa kalorij ima za posledico tudi padec bazalnega metabolizma. Pri smiselno sestavljenih dietah lahko sčasoma pade za 10 % - 20 %, pri nesmiselnih, kamor spada večina popularnih diet, pa tudi za 30 %.

- Telesna temperatura

Povišanje telesne temperature (npr. zaradi bolezni) vodi do povišanja bazalnega metabolizma. Dvig telesne temperature za 0,5 °C povzroči povišanje bazalnega metabolizma za okoli 7 %. Vendar pa spremembe niso linearne; pri večjih spremembah temperature je sprememba metabolizma še bolj izrazita. Tako ima lahko bolnik, ki ima telesno temperaturo 42 °C metabolizem povečan tudi do 50 %.

- Zunanja temperatura

Izpostavljenost hladnemu okolju zvišuje bazalni metabolizem, saj mora telo samo proizvesti toploto za vzdrževanje normalne telesne temperature. Kratkotrajna izpostavljenost vročemu okolju na bazalni metabolizem ne vpliva, saj se spremembe izravnavajo s pomočjo hitrejšega odvajanja toplote. Daljša izpostavljenost vročini pa bazalni metabolizem lahko dvigne.

- Hormoni

Povišanje nivoja nekaterih hormonov pomembno vpliva na povečanje hitrosti bazalnega metabolizma. Najpomembnejši med njimi so T4, T3 (ščitnična hormona) in adrenalin.

- Telesna vadba

Visoko intenzivna telesna vadba zvišuje hitrost bazalnega metabolizma. Pri srednje in nizko intenzivni vadbi tega učinka žal ni. Lahko pa vadba zviša metabolizem tudi posredno, preko večje količine mišične mase. Ta je namreč energijsko precej bolj potrattna kot maščobno tkivo.

2.7.3 Metode določanja skupne celodnevne porabe energije

Prvi korak za določitev skupne celodnevne porabe energije (SCPE), na podlagi katere lahko nato oblikujemo prehranski režim, prilagojen specifičnim ciljem (izguba telesne maščobe, pridobivanje teže - mišične mase ali ohranjanje telesne mase), je izračun bazalnega metabolizma. Tega nato pomnožimo s količnikom telesne aktivnosti in dobimo SCPE.

Izračunane vrednosti veljajo za zdrave ljudi, ki se povprečno prehranjujejo. Za nekoga, ki je že nekaj časa na kalorično omejeni dieti, izračuni niso primerni, saj se bazalni metabolizem v takih primerih zniža zaradi določenih dejavnikov (npr. zmanjšana količina ščitničnih hormonov). Prav tako, kot je bilo že omenjeno, se metabolizem spremeni zaradi povišane telesne temperature, raznih poškodb in drugih bolezenskih stanj.

Za izračun bazalnega metabolizma se največkrat uporabljata Harris-Bendictova enačba in še nekoliko bolj natančna Katch-McArdleova enačba.

Harris-Bendictova enačba

Harris-Bendictova enačba za izračun bazalnega metabolizma temelji na telesni višini, teži, spolu in starosti. Edini parameter, ki ga ta enačba ne upošteva, je pusta telesna masa (skupna telesna masa - masa maščobnega tkiva). Zaradi tega je enačba primerna za vse razen za izredno mišičaste (enačba da premajhen rezultat) in izredno predebele (enačba da previsok rezultat) ljudi.

Za moške:

$$\text{Bazalni metabolizem} = 66 + (13,8 \times \text{masa (kg)}) + (5 \times \text{višina (cm)}) - (6,8 \times \text{starost (leta)})$$

Za ženske:

$$\text{Bazalni metabolizem} = 655 + (9,6 \times \text{masa (kg)}) + (1,8 \times \text{višina (cm)}) - (4,7 \times \text{starost (leta)})$$

Katch-McArdleova enačba

Katch-McArdle-ova enačba je natančnejša saj temelji na pusti telesni masi. To omogoča poenoten izračun za moške in ženske. Vse, kar je potrebno poznati, je natančen odstotek telesne maščobe.

$$\text{Bazalni metabolizem} = 370 + (21,6 \times \text{pusta telesna masa (kg)})$$

$$\text{pusta telesna masa} = \text{skupna telesna masa (kg)} - ((\text{skupna telesna masa (kg)} \times \text{odstotek telesne maščobe}) / 100)$$

Preglednica 3: Referenčne mere telesne višine in telesne mase za izračun bazalnega metabolizma pri mladostnikih (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004)

Starost	Telesna višina (cm)		Telesna masa (kg)	
	m	ž	m	ž
15 do manj kot 19 let	174,0	166,0	67,0	58,0

Preglednica 4: Bazalni metabolizem, izračunan z referenčnimi merami iz preglednice 3 ter z uporabo prediktivne formule FAO/WHO/UNU (upoštevanje spola, starosti in telesne mase) (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004)

Starost	Telesna masa (kg)		Bazalni metabolizem (MJ/dan)		Bazalni metabolizem (kcal/dan)	
	m	ž	m	ž	m	ž
15 do manj kot 19 let	67	58	7,6	6,1	1820	1460

Znaten del porabe energije temelji na potrebah po energiji za fizične aktivnosti. Mednarodno se je uveljavilo, da se navaja v večkratnikih bazalnega metabolizma (BMR) in ne več absolutno (v MJ ali kcal).

Preglednica 5 kaže nekaj primerov za eksperimentalno (DLW, indirektna kalorimetrija) določeno dnevno porabo energije pri različnih poklicnih dejavnostih in aktivnostih v prostem času. Ker je poraba energije zmanjšana zaradi mehanizacije in avtomatizacije delovnih mest, spadajo danes mnoge poklicne dejavnosti v nižjo skupino težavnosti poklica kot prej.

Pri mnogih zaposlenih s poklici, ki se pretežno opravljajo sede, se v prostem času ugotavlja večjo porabo energije kot med poklicno dejavnostjo. Za športne aktivnosti ali za druge naporne aktivnosti v prostem času (30-60 minut, 4-5-krat na teden) se lahko k dnevni porabi energije pri delu dodatno na dan prišteje 0,3 enote PAL.

Preglednica 5: Primeri za povprečno dnevno porabo energije pri različnih poklicnih dejavnostih v in aktivnostih v prostem času pri odraslih (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004)

Težavnost dela in preživljanje prostega časa	PAL^{1,2}	Primeri
izključno sedeč ali ležeč način življenja	1,2	stari, betežni ljudje
izključno sedeča dejavnost z malo ali brez naporne aktivnosti v prostem času	1,4 - 1,5	pisarniški uslužbenci, finomehaniki
sedeča dejavnost, občasno tudi večja poraba energije za hojo in stoječe aktivnosti ²	1,6 - 1,7	laboranti, vozniki, študenti delavci ob tekočem traku
pretežno stoječe delo ²	1,8 - 1,9	gospodinje, prodajalci, natakarji, mehaniki, obrtniki
fizično naporno poklicno delo ²	2,0 - 2,4	gradbeni delavci, kmetovalci, gozdni delavci, rudarji, tekmovalni športniki

¹ PAL = (physical activity level) povprečne dnevne potrebe po energiji za fizično aktivnost kot večkratnik bazalnega metabolizma

² Za športno udejstvovanje ali za naporne aktivnosti v prostem času (30-60 minut, 4-5-krat na teden) se lahko na dan doda še 0,3 enote PAL

Eksperimentalno je mogoče povprečno dnevno porabo energije (total energy expenditure, TEE) izmeriti z dvojno stabilno markirano vodo (doubly labelled water method, DLW) in pri istih osebah tudi določiti bazalni metabolizem (BMR) s pomočjo indirektna kalorimetrije (ali ga izračunati po prediktivnih formulah). V odvisnosti od poklicnih aktivnosti in obnašanja v prostem času dobimo iz kvocienta TEE/BMR povprečne dnevne potrebe po energiji. Za to vrednost se uporablja izraz stopnja telesne aktivnosti (physical activity level, PAL). V običajnih življenjskih razmerah lahko variira med 1,2 in 2,4 (Shetty in sod., 1996). Pri več kot 500 meritvah na poklicno aktivnih odraslih s pretežno sedečim delom se je PAL v povprečju gibala med 1,55-1,65 (Black, 1996). Zaradi splošno majhne fizične aktivnosti in pogoste prekomerne telesne mase naj bi se v posameznem primeru za referenčno vrednost energijskega vnosa raje uporabljala nižja vrednost PAL (Referenčne vrednosti, 2004).

Novi način merjenja dnevnega TEE z dvojno stabilno markirano vodo je natančnejši kot dosedanja z indirektno kalorimetrijo, ustreza pa tudi mednarodnemu standardu (SCF, 1993). S to metodo doseženi rezultati niso primerljivi s prejšnjimi vrednostmi in so zaradi direktnega in konstantnega merjenja celodnevne porabe energije višji kot doslej.

2.8 POTREBE PO ORGANSKIH SNOVEH OZ. MAKROHRANILIH PRI MLADOSTNIKI

2.8.1 Potrebe po beljakovinah

Beljakovine so sestavljene iz aminokislin. Nekaterih telo ne more izgraditi samo, zato jih moramo nujno vnesti s hrano. Največ teh t.i. bistvenih aminokislin se nahaja v jajcih, mesu, ribah, perutnini, mleku in mlečnih izdelkih. Vendar so ta živila pogosto tudi bogat vir holesterola, zato se priporoča, da vnašamo v telo več beljakovin rastlinskega izvora: žita in stročnice. Vsaka od 22 znanih aminokislin ima značilno kemijsko zgradbo in svoje ime. Med njimi je precej takšnih, ki jih telo nujno potrebuje. Imenujemo jih esencialne aminokisline. Za otroke je esencialnih 10, za odrasle pa 8 aminokislin. Beljakovine, ki vsebujejo vse esencialne aminokisline, imajo visoko biološko vrednost. To so mesne, jajčne, sirove in mlečne beljakovine – torej vse, ki jih dobimo z uživanjem živil živalskega izvora. Če imajo nizko biološko vrednost, so nepopolne beljakovine (vse so rastlinskega izvora) in jih moramo dopolnjevati z visokovrednimi beljakovinami (Lajovec, 1997; Barzell in sod., 1998).

Beljakovine oskrbujejo organizem z aminokislinami, ki so pomembni gradniki telesa. Referenčne vrednosti za otroke in mladostnike priporočajo minimalen dnevni vnos med 0,9 in 1,0 g beljakovin na kilogram telesne teže glede na starost. Vnos beljakovin naj predstavlja od 10 do 15 % dnevnega energijskega vnosa glede na starostno skupino, toda ne več kot 20 % dnevnega energijskega vnosa. 1 g beljakovin je 17 kJ (4 kcal) energije. Prekomerno uživanje živalskih beljakovin je povezano tudi z večjim vnosom nasičenih maščob. Prekomeren delež beljakovin v prehrani lahko preobremenjuje presnovo in vpliva tudi na slabo izkoriščanje kalcija.

Preglednica 6: Priporočeni vnosi beljakovin za mladostnike (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004)

Starost	Beljakovine				g/MJ ² (hranilna gostota)	
	g/kg/dan		g/dan			
	m	ž	m	ž	m	ž
15 do manj ko 19 let	0.9	0.8	60	46	5.7	5.4

2.8.2 Potrebe po maščobah

Hrana, ki je bogata z maščobami (predvsem z nasičenimi maščobnimi kislinami) in holesterolom, je pogosto vzrok za povečano tveganje za nastanek bolezni srca in ožilja. Vir nasičenih maščob so predvsem živila živalskega izvora, zato priporočajo:

- uživanje manj mastnih vrst mesa in perutnine brez kože;
- obrezovanje mesa pred pričetkom toplotne obdelave;
- vsaj dvakrat tedensko zamenjavo mesnega obroka z ribjim;
- opuščanje drobovine in omejevanje uživanja jajc na 1-2 jajci tedensko;
- poseganje po manj mastnih mesnih in mlečnih izdelkih;
- omejevanje porabe masla, margarine, mastnih namazov (kremni sirovi namazi...) ter živil pripravljenih z omenjenimi izdelki;

- pripravljanje jedi s pomočjo kuhanja, dušenja, parjenja ter pečenja v suhem zraku, namesto cvrtja, praženja ter pečenja v maščobi;
- nakupovanje živil z manjšo vsebnostjo skupnih maščob, nasičenih maščob, holesterola

Zaradi nenasičenih maščobnih kislin (oleinska, linolna, linolenska) priporočajo rabo rastlinskih olj v zmernih količinah, zaradi dobre sestave nenasičenih maščob še zlasti olivnega olja in olja oljne ogrščice. Prav tako je pomembno pravilno razmerje pri vnosu omega-6 (rastlinska olja, oreški, žitna semena) in omega-3 poli-nenasičenih maščobnih kislin (ribe, morski sadeži, v manjših koncentracijah tudi v rastlinskih oljih). To naj bo 4:1 v korist omega-6 maščobnih kislin.

Maščobe v krvi (maščobne kisline, holesterol in trigliceridi) se prenašajo na beljakovinskih nosilcih, v tako imenovanih lipoproteinih. LDL (lipoproteini nizke gostote) prenašajo večino krvnega holesterola (60-70 %). HDL (lipoproteini visoke gostote) pa prenašajo le 20-30 % krvnega holesterola in imajo zato varovalno vlogo pred nastankom aterosklerotičnih bolezni. Cilj vsakega posameznika bi moral biti čim bolj znižati nivo celotnega in LDL holesterola ter povišati nivo HDL holesterola v krvi. To lahko dosežemo že s primarno preventivo, ki zajema splošne ukrepe kot so redna telesna aktivnost, prenehanje kajenja, zmanjšanje prevelike telesne teže, zmanjševanje stresa in zdrava prehrana (hrana bogata z nasičenimi maščobnimi kislinami močno poveča koncentracijo LDL in celokupnega holesterola v krvi). Poglavitni prehranski dejavniki tveganja za razvoj ateroskleroze ter drugih bolezni srca in ožilja so maščobe neustrezne sestave in zaužite v prevelikem deležu v vsakodnevni prehrani (Bjereve in sod., 1989).

Prisotnost določenega deleža maščob v hrani je pomembna predvsem zaradi esencialnih maščobnih kislin in razpoložljivosti v maščobah topnih vitaminov ter okusa, ki ga maščobe dajejo hrani. Poleg tega imajo maščobe veliko energijsko vrednost, saj sprosti 1 g maščob 37 kJ (9 kcal) energije.

Skupen vnos maščob naj znaša največ 30 do 40 % dnevnega energijskega vnosa za otroke od prvega do dopolnjenega četrtega leta starosti, največ 30 do 35 % dnevnega energijskega vnosa v starosti od četrtega do petnajstega leta ter pri starejših starostnih skupinah do največ 30 % dnevnega energijskega vnosa, toda ne manj kakor 20 % dnevnega energijskega vnosa.

Deleža maščob ne povečujemo preko priporočenih vrednosti, ker je znano, da že v otroški dobi obstajajo tesne povezave med prevelikim deležem maščob v prehrani in prekomerno telesno maso. Prevelik delež nasičenih in trans maščobnih kislin pa povečuje tveganje za nastanek bolezni srca in ožilja v poznejših življenjskih obdobjih. Zdravi otroci naj od četrtega leta starosti naprej počasi (predvidoma do vstopa v šolo) preidejo na energijski vnos maščob, ki velja za ostalo populacijo.

Nenasičene maščobne kisline, med katere spadajo večkrat nenasičene in enkrat nenasičene maščobne kisline, zmanjšujejo tveganje za nastanek bolezni srca in ožilja, zato naj predstavljajo 2/3 vseh vnesenih maščob in lahko dosežajo 20 % dnevnega energijskega vnosa. Večkrat nenasičene maščobne kisline naj predstavljajo okoli 7 % dnevnega energijskega vnosa ali največ 10 %. Ker jih telo ne more samo proizvesti, so posebno pomembne v prehrani. Tako naj predstavljajo omega-6 maščobne kisline vsaj 2,5 % dnevnega energijskega vnosa, medtem ko naj omega-3 maščobne kisline predstavljajo med 1 in 3 % dnevnega energijskega vnosa.

Enkrat nenasičene maščobne kisline naj predstavljajo večino vnosa nenasičenih maščobnih kislin, zlasti kot oleinska kislina. Ker imajo pomembno vlogo pri preprečevanju bolezni srca in ožilja, je njihov priporočen vnos večji od 10 % dnevnega energijskega vnosa.

Nasičene maščobe se nahajajo predvsem v živilih živalskega izvora, s čimer je povezan tudi večji vnos holesterola. Delež nasičenih maščobnih kislin naj dosega največ 1/3 vseh vnesenih maščob ali manj kakor 10 % dnevnega energijskega vnosa.

Trans maščobne kisline vsebujejo v nizkih deležih nekatera živila živalskega izvora, sicer pa nastajajo pri delnem hidrogeniranju rastlinskih olj (npr. pri proizvodnji margarin) ter pri fizikalnem rafiniranju olj in cvrtju. Zaradi njihovega neugodnega vpliva na zdravje naj njihov vnos ne presega 1 % dnevnega energijskega vnosa.

Preglednica 7: Priporočeni vnosi maščob za mladostnike (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004)

Starost	Maščobe (% energije)
15 do manj kot 19 let	30 ¹

¹ Delavci s težkimi fizičnimi deli lahko potrebujejo večji odstotek

2.8.3 Potrebe po ogljikovih hidratih in vlakninah ter glikemični indeks (GI)

Ogljikovi hidrati so glavno energijsko hranilo in naj predstavljajo večino energijskega vnosa. Skupaj naj ogljikovi hidrati predstavljajo več kot 50 % dnevnega energijskega vnosa. 1 g ogljikovih hidratov sprosti 17 kJ (4 kcal) energije. Priporočljiva so ogljikohidratna živila, ki vsebujejo esencialne hranilne snovi in prehransko vlaknino ter počasi dvigujejo raven krvnega sladkorja. Kompleksni ogljikovi hidrati praviloma ugodno vplivajo na energijsko gostoto hrane.

Enostavni sladkorji naj ne prispevajo več kot 10 % dnevnega energijskega vnosa, kar tudi ugodno vpliva na upadanje pojavnosti zobne gnilobe.

Ogljikovi hidrati so potrebni za potek presnovnih procesov v celicah, za opravljanje prav posebnih nalog v telesu, nekatere celice, na primer možganske pa lahko pridobivajo energijo samo iz ogljikovih hidratov. Prav tako so ogljikovi hidrati potrebni pri izgradnji nekaterih telesnih sestavin, npr. hrustančevine, kostnine, izvlečkov sluznic (Guarnieri in sod., 2001).

Ogljikovi hidrati oskrbujejo telo predvsem z energijo, vendar so sami vključeni tudi v vsako telesno celico. Nastajajo predvsem v rastlinah s fotosintezo, zato so glavna sestavina živil rastlinskega izvora. Skupino ogljikovih hidratov sestavlja izredno veliko število različnih snovi, ki jih po kemijski zgradbi na splošno delimo v tri skupine: monosaharide (enostavne sladkorje), disaharide (dvojne sladkorje) in polisaharide (sestavljene ogljikove hidrate). Med prebavo se ogljikovi hidrati v telesu razgradijo na enostavne sladkorje, ti pa v glukozo, edini sladkor, ki prehaja v kri. Presežek glukoze v telesu se shranjuje kot rezerva v obliki glikogena v mišicah in jetrih. Monosaharidi izmed vseh sestavin hrane najmanj obremenijo prebavila. Monosaharide in disaharide imenujemo sladkorji, ker so sladkega okusa. Mednje uvrščamo kuhinjski sladkor in sladkorje, ki so naravne sestavine mleka, sadja in zelenjave. Med polisaharidi so pomembni predvsem škrob in snovi, ki se med prebavo ne razgradijo in jih imenujemo vlaknine (balastne snovi). Največ vlaknin vsebujejo žitni izdelki, sadje in zelenjava (Lajovec, 1997).

Prehranska vlaknina praviloma nima izkoristljive energijske vrednosti, ima pa celo vrsto različnih pomembnih funkcij v prebavnem traktu in ugodno vpliva na presnovo. V dnevni prehrani naj vlaknina predstavlja 10 g na 4,18 MJ (1000 kcal) energijskega vnosa. Vlaknina sodi med varovalne snovi, zmanjšuje energijsko gostoto hrane, upočasni praznjenje želodca, hkrati pa pospešuje prebavo v tankem in debelem črevesju. Zavira nastanek številnih bolezni in funkcijskih motenj. Najpomembnejše so: zaprtost, divertikuloza debelega črevesa, rak na

debelem črevesu, žolčni kamni, prekomerna telesna masa, povišan holesterol v krvi, sladkorna bolezen in arterioskleroza (Referenčne vrednosti ... , 2004).

Glikemični indeks (GI) razvršča posamezna hranila na lestvici od 0-100. Ogljikovi hidrati, ki se razgradijo v telesu zelo hitro, imajo najvišji GI. Po njihovem zaužitju pride zelo hitro do spremembe krvnega sladkorja v telesu, ki se hitro poveča. Hrana z visokim glikemičnim indeksom povzroča lakoto in posledično debelost, ker že po nekaj urah nivo sladkorja v krvi zelo pade, zato postanejo ljudje zopet lačni in posledično pojedjo preveč. Ogljikovi hidrati, ki se v telesu razgrajujejo počasi in postopno sproščajo glukozo v krvni obtok imajo nizek GI, vendar to ne pomeni, da so slabi. Ravno nasprotno imajo pozitiven učinek in ugodno vplivajo na zdravstveno stanje in formo telesa nasploh (Jenkins in sod., 1981).

Preglednica 8: Glikemični indeks nekaterih živil (Jenkins in sod., 1981)

Glikemični indeks (GI) za različne skupine živil					
živilo	visok GI (>60)	živilo	srednje visok GI (60>GI>40)	živilo	nizek GI (GI<40)
glukoza	100	pomarančni sok	57	jabolko	36
francoski kruh	95	testo za pico	57	hruška	36
pečen krompir	85	marmelada	55	čokoladno mleko	34
koruzni kosmiči	84	krompirjev čips	54	jogurt (sladkan)	33
pomfri	76	banana	52	posneto mleko	32
med	73	čokolada	49	mleko	27
korenček	71	riž (bel)	47	breskve	25
bel kruh	70	pomaranča	43	slive	24
sladkor	65	puding	43	češnje	22
rdeča pesa	64	špageti	41	soja	18
sladoled	61	jabolčni sok	41	nemasten jogurt	14

Preglednica 9: Priporočeni dnevni energijski vnosi in vnosi ogljikovih hidratov za mladostnike (15-19 let) (Referenčne vrednosti za vnos hranil, 2004)

Hranila	Ogljikovi hidrati	Enostavni sladkorji	Prehranske vlaknine
Energijski vnosi	> 50%	< 10%	> 10 g nad 4,18 MJ
Količina (g)	> 346	< 69	> 28

3 VZOREC IN METODE DELA

3.1 VZOREC

V raziskavi je sodelovalo 42 srednješolcev iz Škofijske klasične gimnazije v Ljubljani. Raziskava, v kateri so dijaki beležili podatke o svojem prehranjevanju, je potekala od ponedeljka 18.05.2009 do nedelje 24.05.2009. Tehtanje s pomočjo impedančne tehtnice je potekalo od ponedeljka 18.05.2009 do petka 22.05.2009.

3.2 METODE DELA

Za zbiranje podatkov o prehranskih navadah srednješolcev, smo uporabili metodo prehranskega dnevnika, ki smo jo izvedli s 42 dijaki. Anketa oz. prehranski dnevniki so bili anonimni. Dijake, ki so bili vključeni v raziskavo, smo seznanili o samem namenu dela s kratkim uvodom na začetku ankete. Dijaki so bili pozvani, da so en teden dosledno zapisovali vse, kar so zaužili tekoči dan. Istočasno pa je pet dni potekalo tehtanje teh in pa tudi ostalih dijakov s pomočjo impedančne tehtnice TANITA BC-418 MA. Od tega vzorca 42 dijakov se je tehtanja udeležilo le 32 dijakov. Med preiskovanci je bilo 27 dijakinj in 5 dijakov, razmerje ženske : moški torej 5 : 1, kar precej odstopa od običajne populacije dijakov, kjer je razmerje ženske : moški enako 2 : 1. Pri tehtanju smo zaradi natančnejših rezultatov odbili 1 kg zaradi obleke, ki so jo dijaki imeli na sebi.

Nato smo podatke obdelali z računalniškim programom za strokovno načrtovanje prehrane Prodi 5.0 in PASW Statistics 18, s katerim smo opravili statistično obdelavo.

Prav tako smo podatke o telesni sestavi, ki smo jih dobili s pomočjo tehtanja z impedančno tehtnico, obdelali s pomočjo programa PASW Statistics 18 za statistično obdelavo.

Program Prodi 5.0 je program firme Nutri-Science GmbH s sedežem v Nemčiji (Prodi 5.0, 2008). Program je zasnovan na bazi podatkov in na osnovi referenčnih vrednosti za vnos hranil (Nemčija (D), Avstrija (A) in Švica (CH)). Referenčne vrednosti za vnos hranil so za vse tri države izdali Nemško prehransko društvo, Avstrijsko prehransko društvo, Švicarsko prehransko društvo za raziskovanje prehrane in Švicarsko združenje za prehrano (Referenčne vrednosti..., 2004).

Podatke smo analizirali s standardnimi statističnimi metodami. Pri tem smo uporabili program PASW Statistics 18 z analizami korelacije po Pearsonu. S statistično obdelanimi numeričnimi podatki smo predstavili korelacijo oz. povezavo med vnosom makrohranil in telesno sestavo.

Parametri opisne statistike

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

Izmed statističnih mer ocene variacije in mer srednje vrednosti smo izračinali: variacijske razmike (VR) – za hitro ocenitev mere variacije, povprečja (Xs) in standardne odklone (standardne deviacije – SD) ter koeficiente variabilnosti (KV %).

Standardna deviacija je opisni parameter variacije in predstavlja kvadratni koren variance. Varianca pa je osnovna mera variacije in predstavlja povprečje kvadratov odklonov posameznih vrednosti od aritmetične sredine.

Koeficient variabilnosti (KV %) prikazuje mero variacije v odnosu na ustrezno srednjo vrednost, zato ga uporabljamo takrat, kadar želimo primerjati znake z različnimi srednjimi vrednostmi.

Izračunali smo standardne napake aritmetične sredine (SE_{x_s}).

Koeficient korelacije po Pearsonu

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

4 REZULTATI

Podatke, ki smo jih pridobili s prehranskimi dnevniki, smo obdelali s pomočjo programa Prodi 5.0. Osredotočili smo se predvsem na obdelavo in prikaz zaužite količine naslednjih komponent: beljakovin, maščob, ogljikovih hidratov.

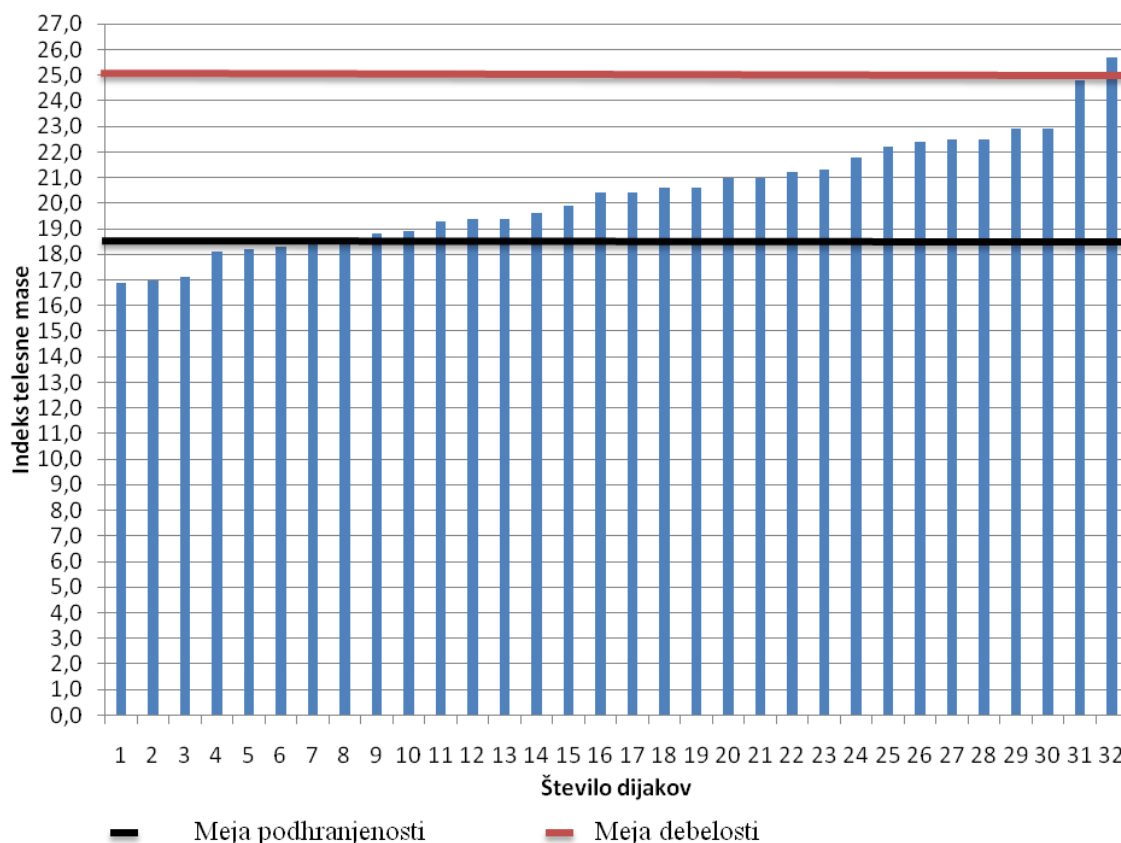
Podatke, ki smo jih pridobili s pomočjo impedančne tehtnice TANITA BC-418 MA, smo obdelali s pomočjo programov Microsoft Office Excel 2007 ter PASW Statistics 18.

Za primerjavo smo potem obdelane podatke primerjali z referenčnimi vrednostmi.

4.1 REZULTATI PRIDOBLENI S POMOČJO IMPEDANČNE TEHTNICE

V tem poglavju so prikazani podatki s pomočjo impedančne tehtnice za merjenje telesne sestave. Raziskava je zajela 32 dijakov starih od 15 do 18 let.

4.1.1 Indeks telesne mase (ITM)



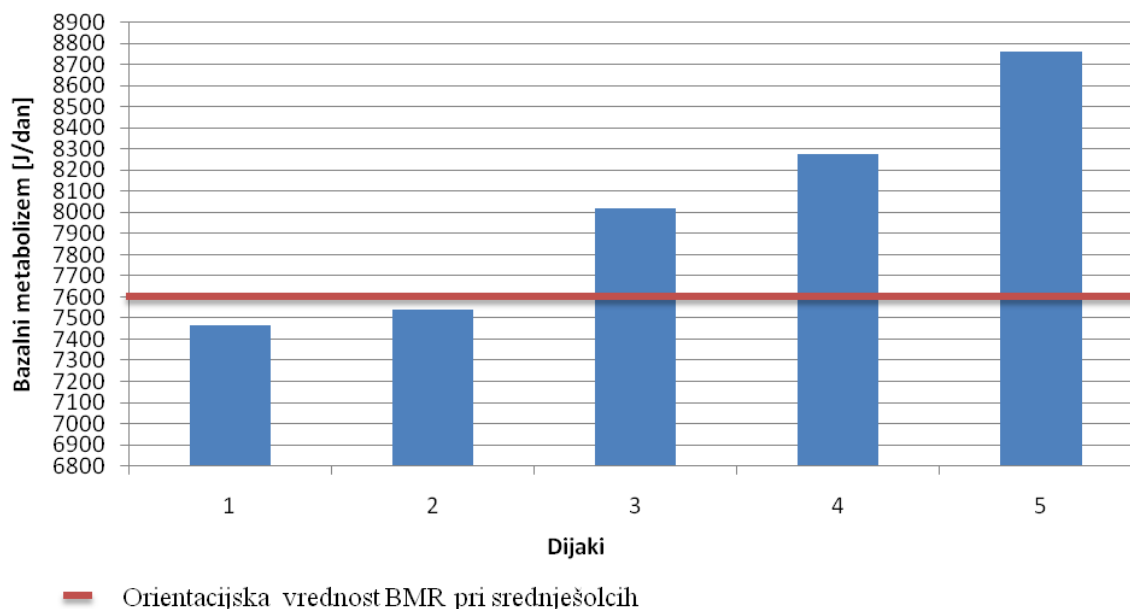
Slika 9: Prikaz indeksa telesne mase dijakov in dijakinj

Iz slike 9 je razvidno, da je bilo od 32 dijakov kar 6 dijakov nekoliko podhranjenih, 2 sta bila na meji podhranjenosti, 23 normalno hranjenih, samo eden pa je imel prekomerno težo 1. stopnje.

Po opravljeni korekciji (slika 7 in slika 8) pa ugotovimo, da so bili samo trije dijaki nekoliko podhranjeni, eden pa je imel prekomerno težo 1. Stopnje.

4.1.2 Bazalni metabolizem (BM)

4.1.2.1 Bazalni metabolizem (BM) za dijake



Slika 10: Prikaz bazalnega metabolizma za dijake

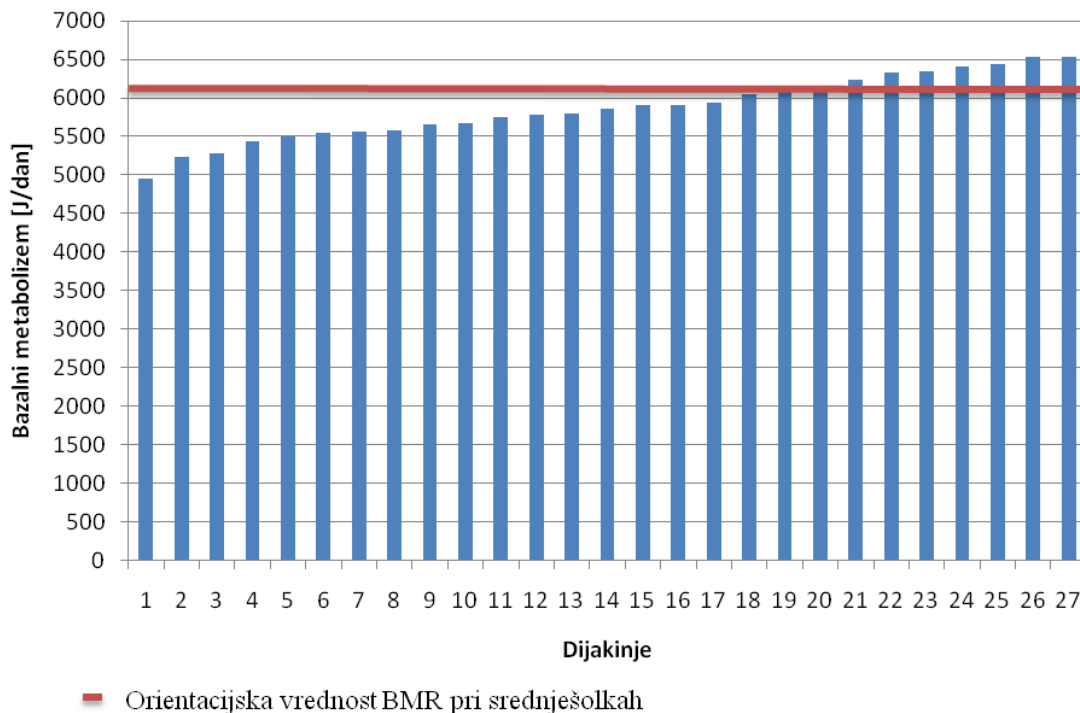
Orientacijska vrednost bazalnega metabolizma za moške (Referenčne vrednosti..., 2004) je 7600 J/dan. Iz slike 10 pa je razvidno, da sta imela od petih dijakov dva prenizek bazalni metabolizem, ostali trije pa previsokega.

Preglednica 10: Statistika bazalnega metabolizma za moške

	N	Minimum [J/dan]	Maksimum [J/dan]	Povprečna vrednost [J/dan]	Standardna deviacija
BM	5	7464	8761	8011	537

S pomočjo programa PASW ugotovimo, da je bila povprečna vrednost za BM pri dijakih 8011 J/dan kar je precej višje kot je orientacijska vrednost in tudi standardna deviacija je precej visoka, kar pomeni, da so vrednosti precej razpršene.

4.1.2.2 Bazalni metabolizem (BM) za dijakinje

**Slika 11: Prikaz bazalnega metabolizma za dijakinje**

Orientacijska vrednost bazalnega metabolizma za dijakinje (Referenčne vrednosti..., 2004) je bila 6100 J/dan. V raziskavi je bilo merjenih 27 dijakinj, od tega je imelo 18 kandidatk prenizek bazalni metabolizem, 2 ravno pravnj, pri 7 dijakinjah je bil bazalni metabolizem previsok.

Preglednica 11: Statistika bazalnega metabolizma za dijakinje

	N	Minimum [J/dan]	Maksimum [J/dan]	Povprečna vrednost [J/dan]	Standardna deviacija
BM	27	4954	6540	5967	418

S pomočjo programa PASW ugotovimo, da je bila povprečna vrednost BM za dijakinje 5968 J/dan, kar je nekoliko nižji od orientacijske vrednosti. Standardna deviacija je nekoliko manjša kot pri moških ampak še vedno visoka, kar pomeni, da so meritve precej razpršene.

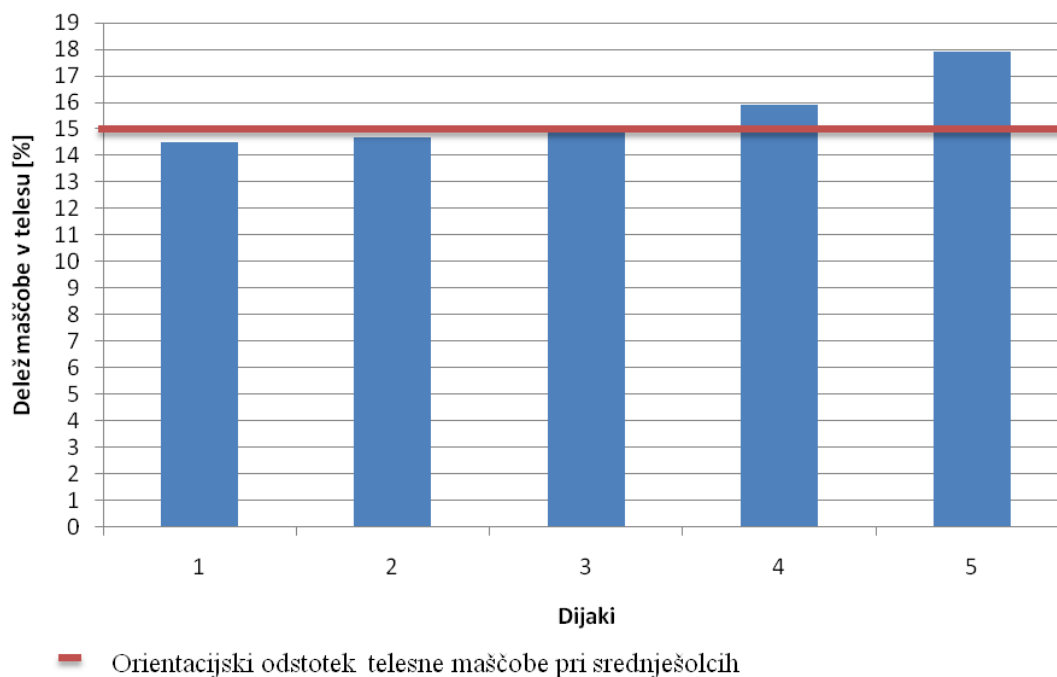
4.1.3 Delež telesne maščobe (FATP)

Priporočen odstotek telesne maščobe pri povprečnih osebah je razviden iz tabele (<http://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.htm>):

Preglednica 12: Priporočen delež telesne maščobe (FATP) pri povprečni populaciji

Priporočen odstotek maščobe pri povprečni populaciji			
Leta	do 30	od 30 do 50	nad 50
Ženske	14-21 %	15-23 %	16-25 %
Moški	9-15 %	11-17 %	12-19 %

4.1.3.1 Delež telesne maščobe (FATP) pri dijakih



Slika 12: Prikaz deleža telesne maščobe za dijake

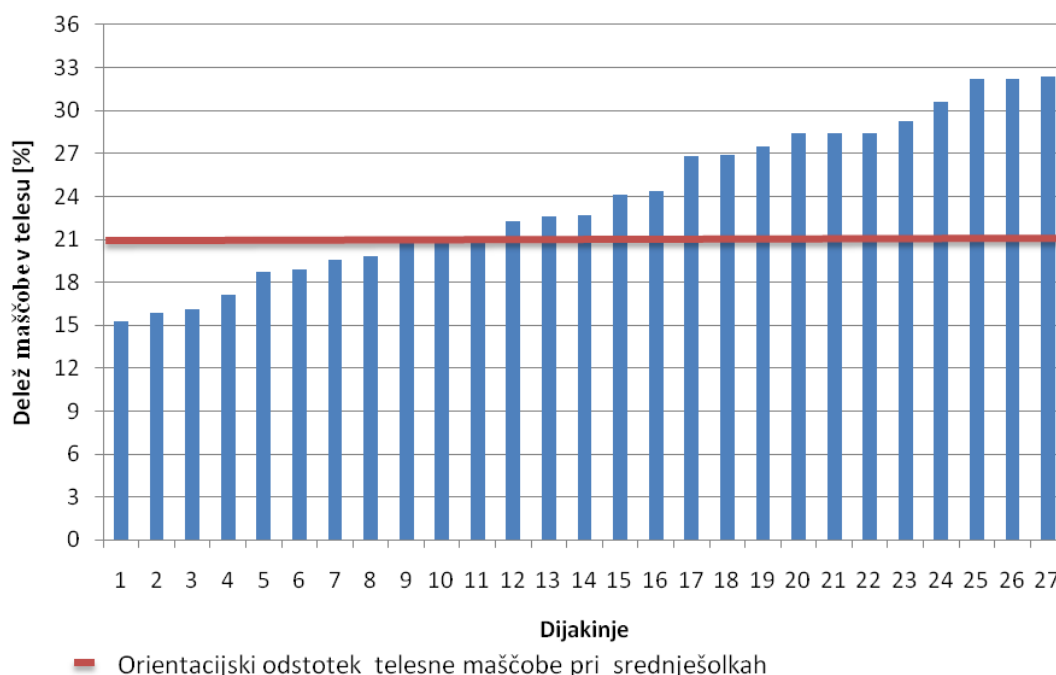
Orientacijski odstotek maščobe v telesu za moške v starosti do 30 let je 15 %. Med obravnavanimi dijaki je bila ta vrednost ugotovljena pri enem kandidatu, medtem ko sta dva dijaka imela nižjo, dva pa višjo vrednost.

Preglednica 13: Statistika deleža telesne maščobe (FATP) v telesu za moške

	N	Minimum [%]	Maksimum [%]	Povprečna vrednost [%]	Standardna deviacija
FATP	5	14,5	17,9	15,6	1,4

S pomočjo programa PASW ugotovimo, da je bila povprečna vrednost odstotka maščob v telesu 15,6 % kar je nekoliko višja od priporočene vrednosti. Pa tudi standardna deviacija je majhna, kar pomeni, da so odstopanja majhna in imajo dijaki skoraj idealen odstotek maščobe.

4.1.3.2 Delež telesne maščobe (FATP) pri dekletih



Slika 13: Prikaz deleža telesne maščobe za dijakinje

Orientacijski odstotek maščobe za ženske v starosti do 30 let je 21 %. V raziskavi pa ugotovimo, da so to vrednost imele le 3 od 27 dijakinj, 8 je imelo nižjo vrednost, 16 pa višjo vrednost. To bi lahko pomenilo, da je precej deklet predebelih, čeprav ITM ni kazal na to.

Preglednica 14: Statistika deleža telesne maščobe (FATP) v telesu za dekleta

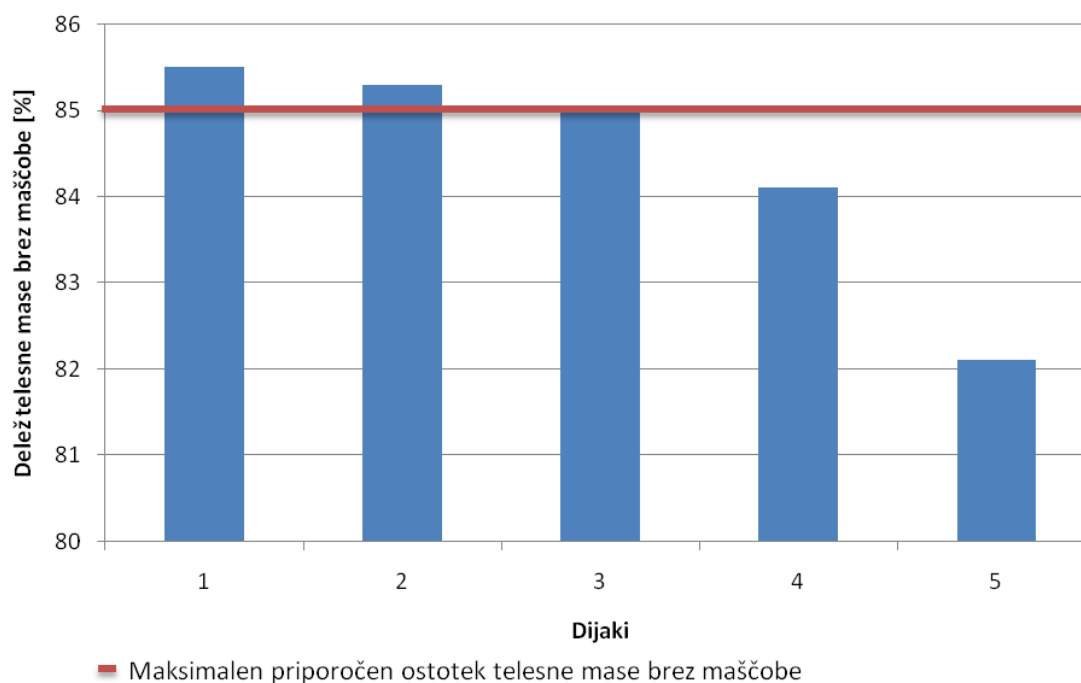
	N	Minimum [%]	Maksimum [%]	Povprečna vrednost [%]	Standardna deviacija
FATP	27	15,3	32,4	23,9	5,3

S pomočjo programa PASW ugotovimo, da so imela dekleta povprečno 23,85 % maščob v telesu, kar je za 2,85 % več kot je priporočena zgornja vrednost. Iz tega ugotovimo, da je pri ženskah večji problem pri vsebnosti maščob v telesu, ker so vrednosti višje od maksimalnih priporočenih. Pa tudi standardna deviacija je višja kot pri moških, kar pomeni, da gre za večja nihanja in odstopanja od priporočene vrednosti.

4.1.4 Delež telesne mase brez maščobe (FFM)

Telesno maso brez maščobe v odstotkih izračunamo tako, da od skupne telesne mase (100 %) odštejemo delež telesne maščobe (FATP). To je masa, ki vsebuje tudi maso kosti.

4.1.4.1 Delež telesne mase brez maščobe (FFM) pri dijakih



Slika 14: Prikaz deleža telesne mase brez maščobe za dijake

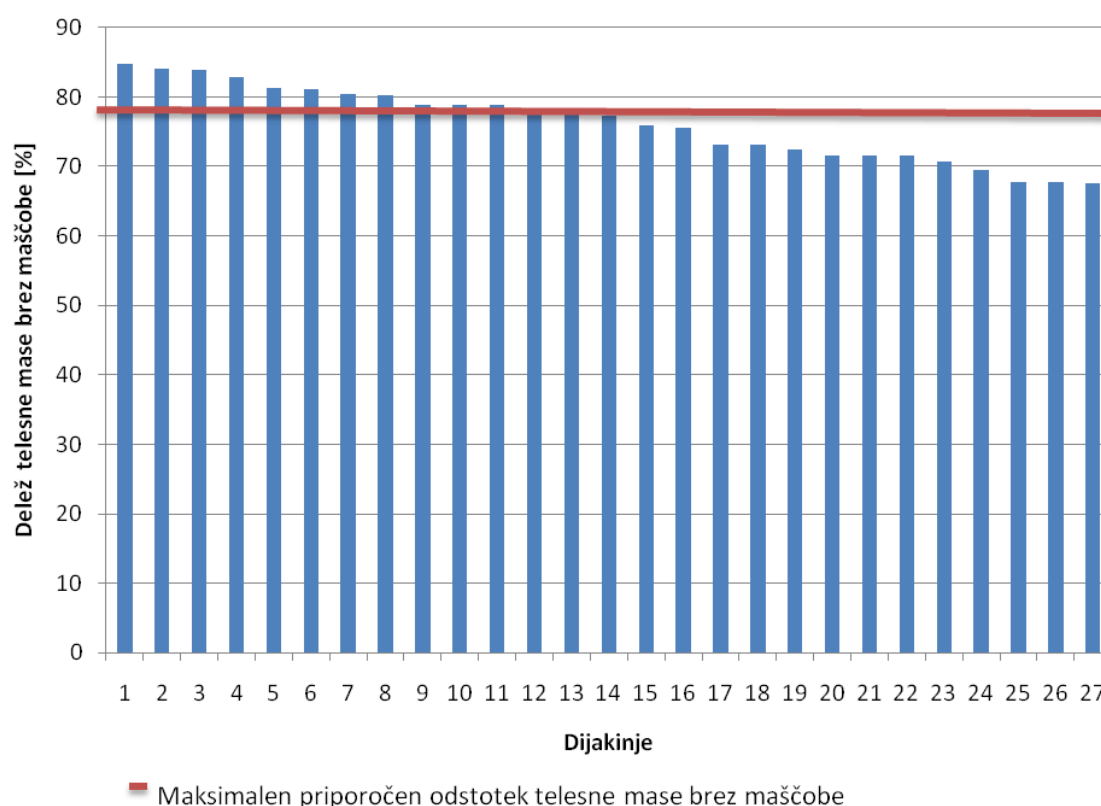
Orientacijski odstotek telesne mase brez maščobe pri moških od 15 do 19 let je 85 %. Naši podatki se gibajo od 82 % do 85,5 %, kar pomeni, da so v normalnih mejah.

Preglednica 15: Statistika deleža telesne mase brez maščobe za dijake

	N	Minimum [%]	Maksimum [%]	Povprečna vrednost [%]	Standardna deviacija
FFM	5	82,1	85,5	84,3	1,3

S pomočjo programa PASW ugotovimo, da je povprečna vrednost deleža telesne mase brez maščobe 84,32 %, kar je za 0,68 % manj kot je maksimalna priporočena vrednost. To pomeni, da se telesna masa dijakov giba v normalnih mejah. Pa tudi standardna deviacija je majhna, kar pomeni, da so odstopanja majhna in imajo dijaki skoraj idealen odstotek telesne mase.

4.1.4.2 Delež telesne mase brez maščobe (FFM) pri dijakinjah



Slika 15: Prikaz deleža telesne mase brez maščobe za dijakinje

Orientacijski odstotek telesne mase brez maščobe pri ženskah od 15 do 19 let je 79 %. Naši podatki se gibajo od 67 % do 85 % in nam pokažejo, da je pri osmih ženskah precej nizek, pri ostalih se giba nekje okrog priporočenega odstotka.

Preglednica 16: Statistika deleža telesne mase brez maščobe za dijakinje

	N	Minimum [%]	Maksimum [%]	Povprečna vrednost [%]	Standardna deviacija
FFM	27	67,6	84,7	75,8	5,2

S pomočjo programa PASW ugotovimo, da je povprečna vrednost deleža telesne mase brez maščobe 75,85 %, kar je za 3,15 % manj kot je maksimalna priporočena vrednost. To pomeni, da je telesna masa dijakinj nekoliko pod normalno mejo. Standardna deviacija je visoka, kar kaže, da so odstopanja od priporočene vrednosti velika.

4.1.5 Masa kosti

Raziskave kažejo, da sta fizična aktivnost in razvoj mišičnega tkiva povezana z močnejšimi, zdravimi kostmi. Kljub temu, da v strukturi kosti v kratkem obdobju običajno ni opaznih sprememb, je pomembno, da s pomočjo uravnotežene prehrane in redne fizične aktivnosti razvijamo in ohranjamo zdrave kosti.

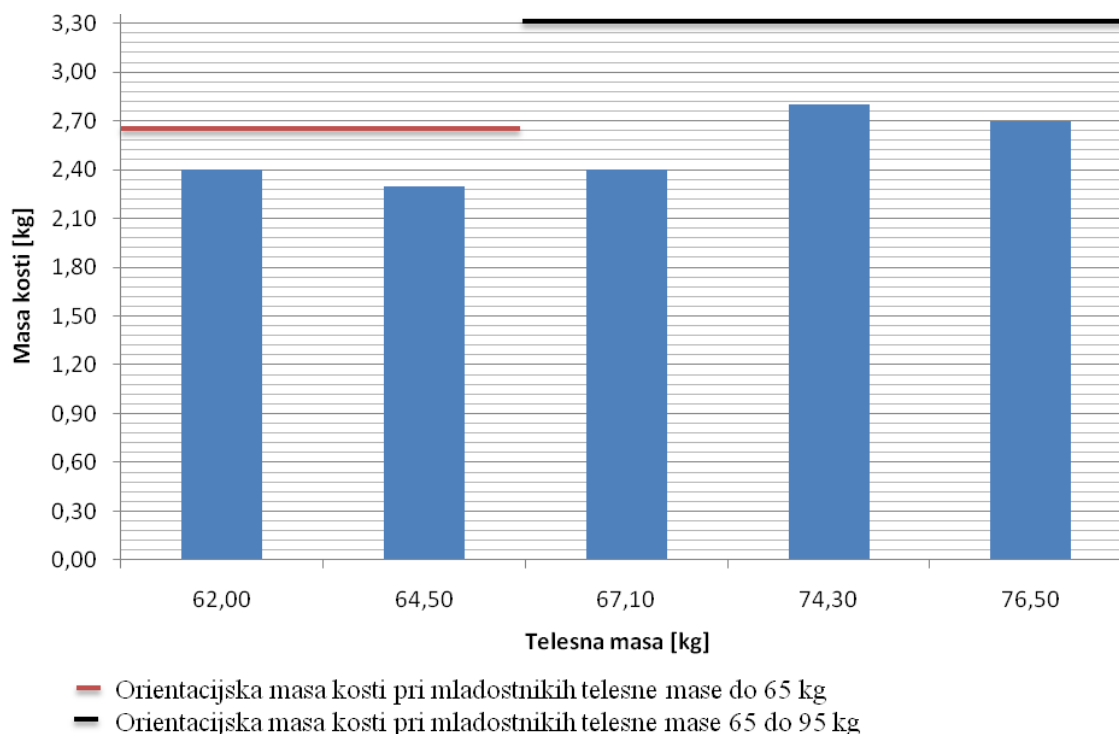
Maso kosti izračunamo tako, da od telesne mase brez maščobe (FFM) odštejemo ocenjeno mišično maso (PMM). Masa kosti je odvisna od spola in od mase človeka.

4.1.5.1 Masa kosti pri dijakih

V preglednici 17 so rezultati ocenjene mase kosti moških med 15-im in 40-im letom starosti glede na tri kategorije telesne mase (vir: Inštitut Tanita).

Preglednica 17: Povprečje ocenjene mase kosti (kg) pri moških starih 15-40 let

Telesna masa (kg)	pod 65	65 – 95	95 in več
masa kosti (kg)	2,66	3,29	3,69



Slika 16: Prikaz mase kosti dijakov glede na priporočene vrednosti

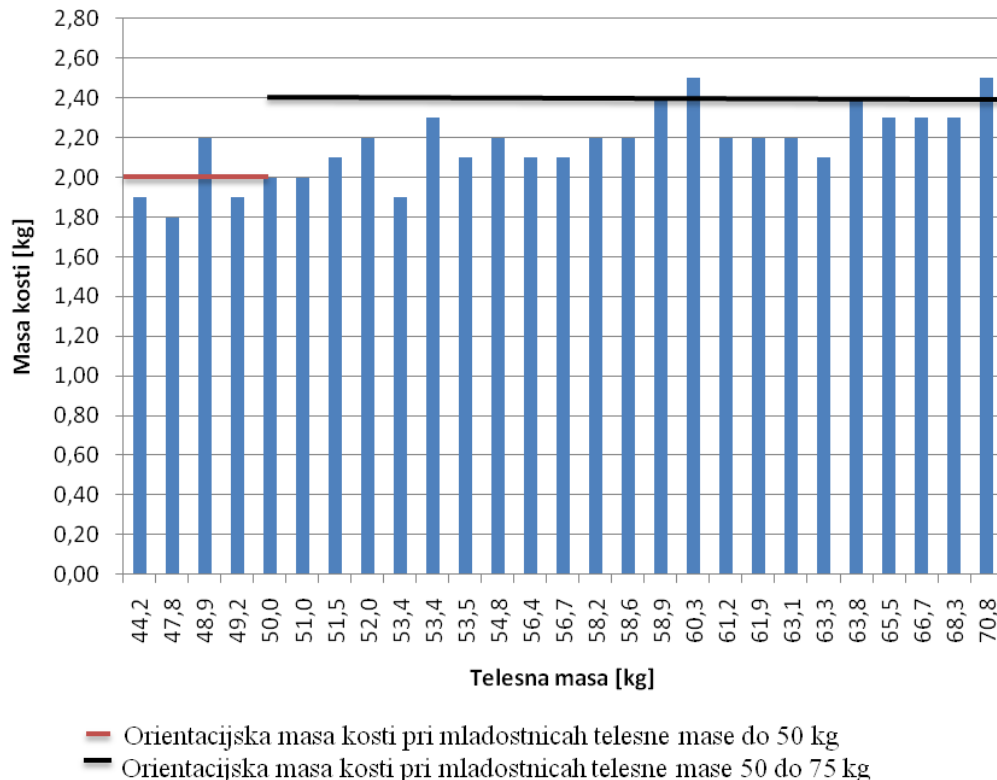
Iz grafa je razvidno, da je pri dijakih, ki smo jih tehtali, bila masa kosti pod priporočeno vrednostjo. Menimo, da je to posledica nepravilne prehrane ali zaradi premalo gibanja.

4.1.5.2 Masa kosti pri dijakinjah

V preglednici 18 so rezultati ocenjene mase kosti za ženske med 15-im in 40-im letom starosti glede na tri kategorije telesne mase (vir: Inštitut Tanita).

Preglednica 18: Povprečje ocenjene mase kosti (kg) pri ženskah starih 15-40 let

Telesna masa (kg)	pod 50	50 – 75	75 in več
masa kosti (kg)	1,95	2,40	2,95



Slika 17: Prikaz teže kosti dijakinj glede na priporočene vrednosti

Iz grafa je razvidno, da je pri večini dijakinj, ki smo jih tehtali, teža kosti precej pod priporočeno vrednostjo. Razen pri treh je teža nad priporočeno vrednostjo, pri štirih pa je izmerjena vrednost enaka priporočeni. Menimo, da so ta odstopanja tudi pri dekletih posledica nepravilne prehrane ali zaradi premalo gibanja.

4.1.6 Delež vode v telesu

Delež vode v telesu je pri vsakem posamezniku različen. Zgolj kot referenca so spodaj navedeni povprečni odstotki vode v telesu za zdrave osebe:

Ženska: 45–60 %

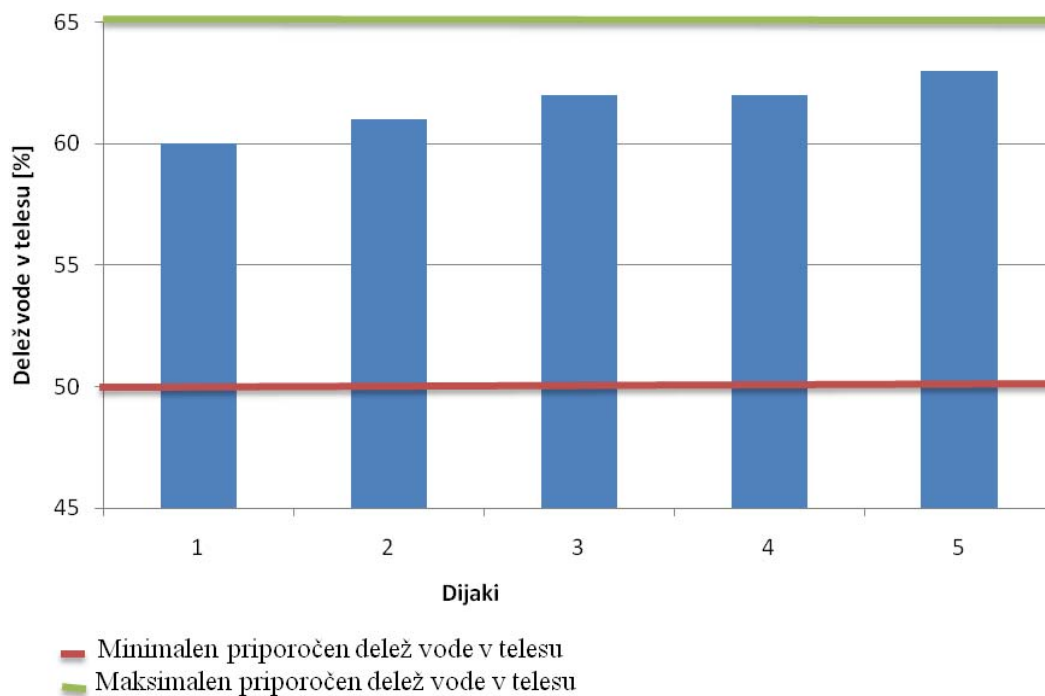
Moški: 50–65 %

(Vir: Tanita interna raziskava)

Delež vode v telesu se zmanjša z večjim deležem telesne maščobe. Oseba z visokim deležem telesne maščobe ima lahko delež vode v telesu pod povprečjem. Z izgubo telesne maščobe se delež vode v telesu postopoma večja proti povprečni vrednosti, ki je podana zgoraj.

Delež vode v telesu pa dobimo tako, da maso vode v telesu (TBW) delimo s maso telesa in pomnožimo s 100.

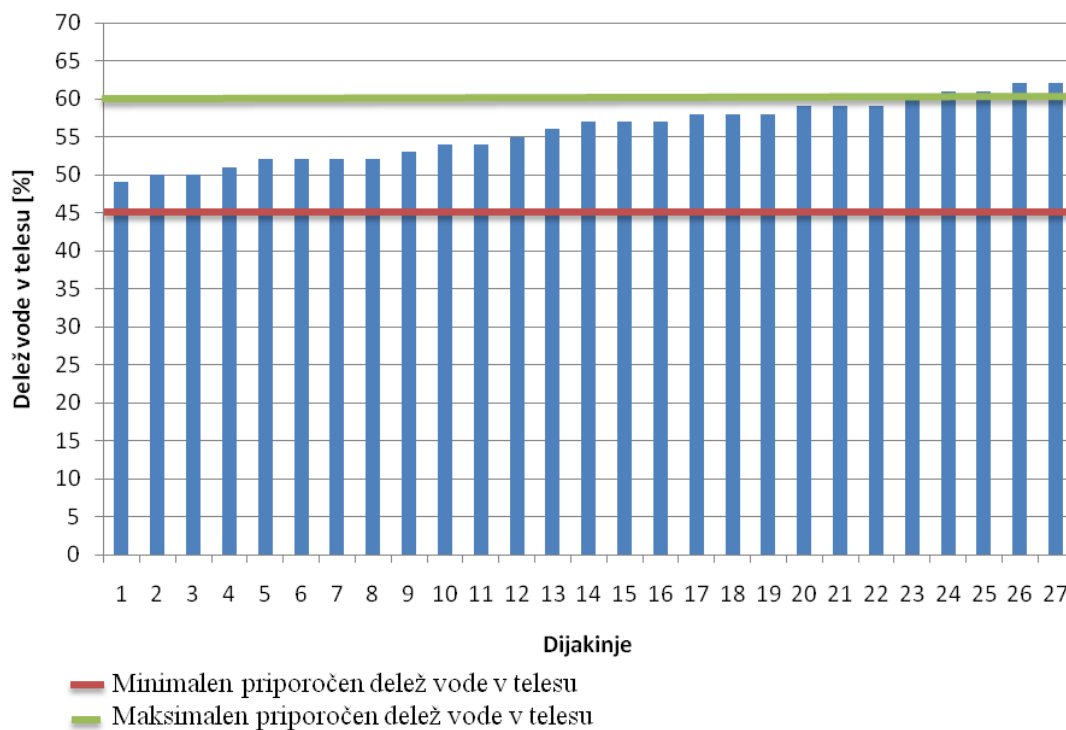
4.1.6.1 Delež vode v telesu pri dijakih



Slika 18: Delež vode v telesu posameznega dijaka in priporočeni vrednosti

Iz grafa je razvidno, da je pri vseh dijakih delež vode v mejah priporočenih vrednosti.

4.1.6.2 Delež vode v telesu pri dijakinjah



Slika 19: Delež vode v telesu posamezne dijakinje in priporočeni vrednosti

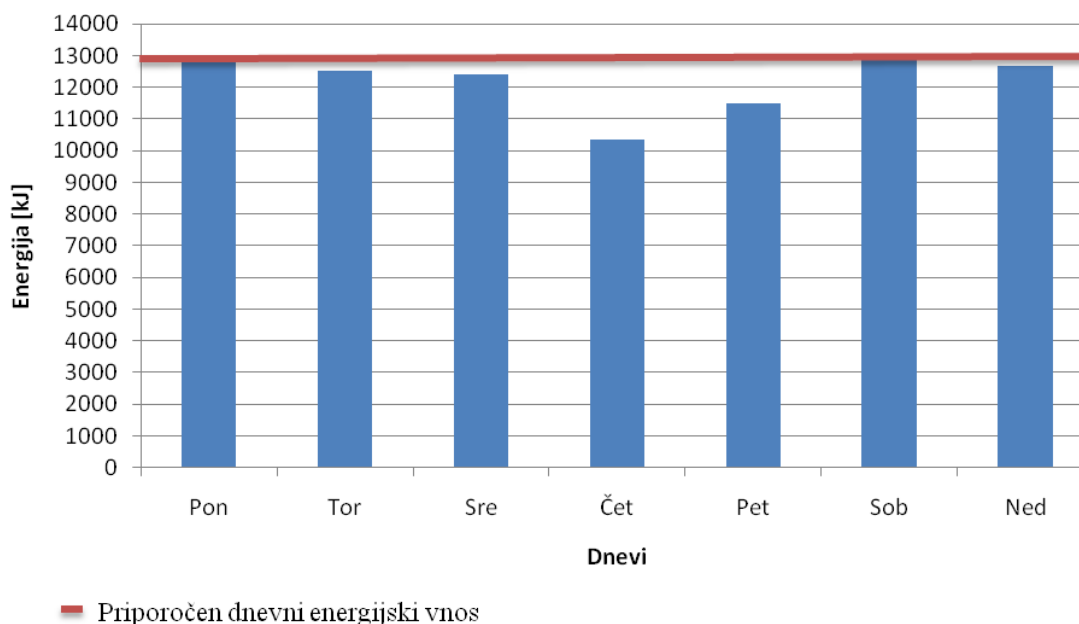
Iz grafa je razvidno, da je pri večini dijakinj delež vode v telesu v mejah priporočenih vrednosti. Pri štirih je delež nekoliko višji od maksimalne priporočene vrednosti, kar pomeni, da je pri teh dekletih manjši delež telesne maščobe.

4.2 REZULTATI PRIDOBLENI S POMOČJO PREHRANSKIH DNEVNIKOV

V tem poglavju so prikazani podatki pridobljeni s pomočjo prehranskih dnevnikov in obdelani s pomočjo programa Prodi 5.0. Raziskava, ki je potekala 7 dni, je zajela 42 srednješolcev starih od 15 do 19 let. Od tega je bilo 7 fantov in 35 deklet.

4.2.1 Potrebe po energiji

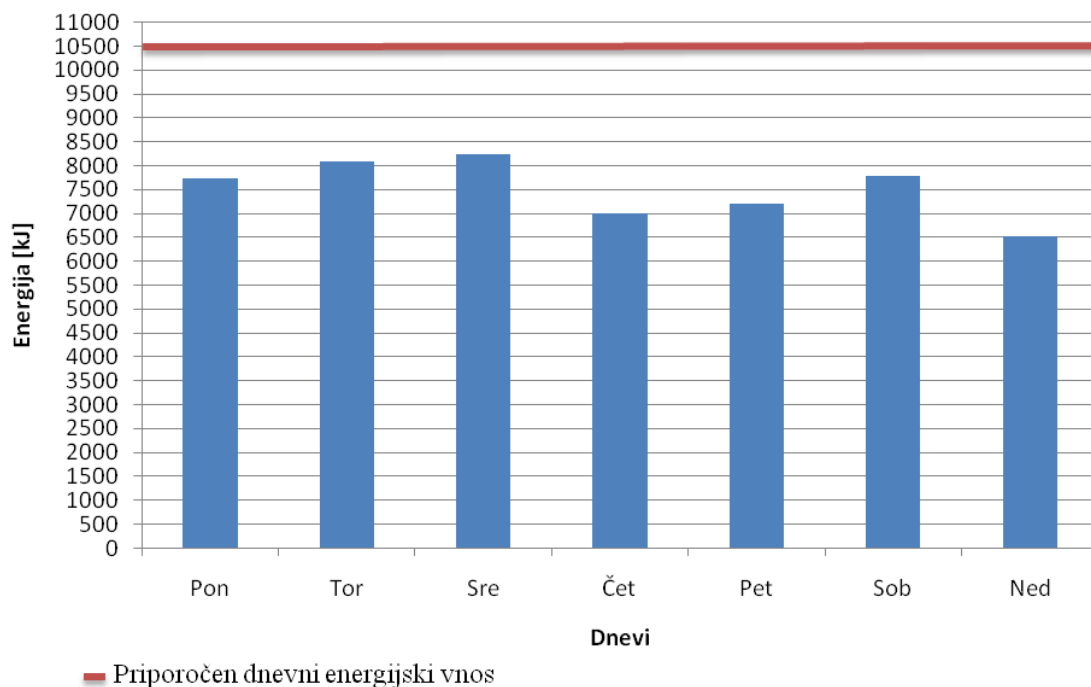
4.2.1.1 Povprečni dnevni energijski vnosi pri dijakih



Slika 20: Povprečni dnevni energijski vnosi pri dijakih

Na sliki 20 je prikazana povprečna zaužita količina energije za 5 obravnavanih dijakov. Povprečen vnos zaužite energije za celoten teden je 12193 kJ. Priporočen dnevni energijski vnos je pa 13000 kJ. Torej iz raziskave ugotovimo, da dijaki ne presegajo priporočenega vnosa in, da se prehranjujejo skoraj idealno. Samo dva dneva sta bila povprečna energijska vnosa premajhna.

4.2.1.2 Povprečni dnevni energijski vnos pri dijakinjah



Slika 21: Povprečni dnevni energijski vnosi pri dijakinjah

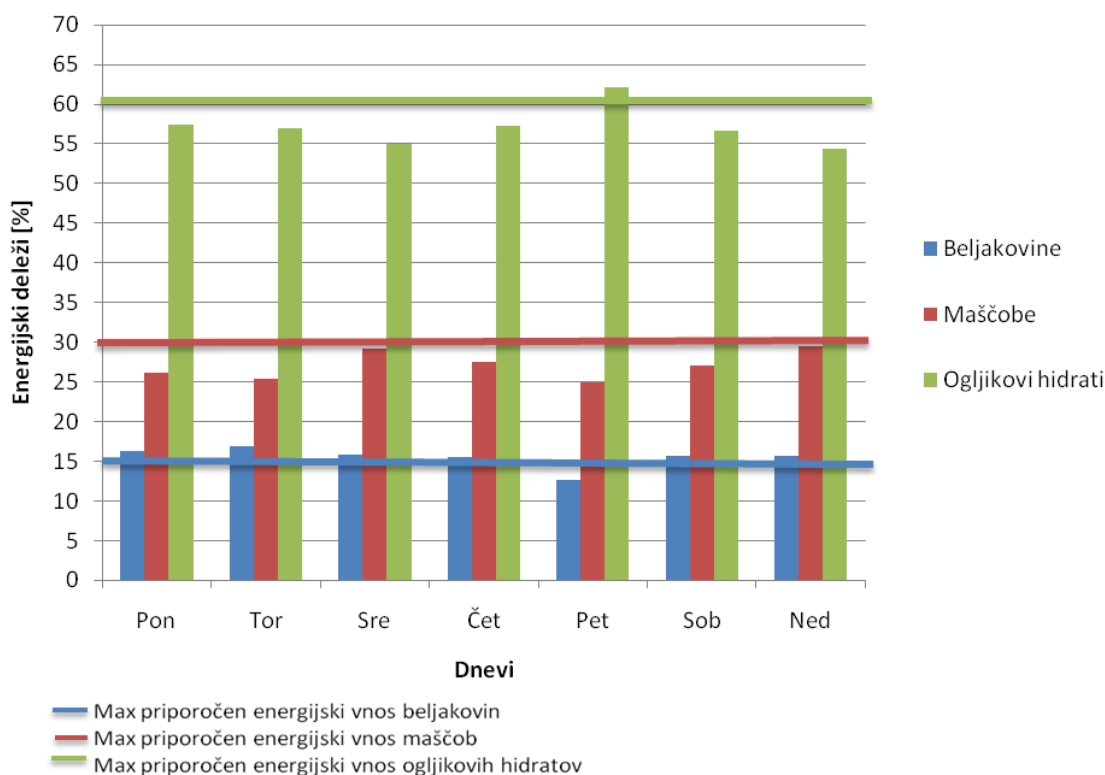
Na sliki 21 je prikazana povprečna zaužita količina energije za 27 v raziskavo vključenih dijakinj. Povprečen vnos zaužite energije za celoten teden je 7512 kJ. Priporočen dnevni energijski vnos je pa 10500 kJ. Torej iz raziskave ugotovimo, da dijakinje ne dosegajo priporočenega dnevnega vnosa. To pa lahko pomeni, da dijakinje bolj pazijo na to, kako se prehranjujejo ali pa, da ne potrebujejo toliko energije, kot jo priporočajo. Po teh podatkih bi temu vzorcu dijakinj zadostovalo v povprečju 7500 kJ energije na dan.

4.2.2 Količine makrohranil v ponujeni hrani

Referenčne vrednosti za vnos hranil navajajo, da naj bi bili deleži energije posameznih hranilnih snovi naslednji: 15 % beljakovin, manj kot 30 % maščob in več kot 50 % ogljikovih hidratov (Referenčne vrednosti...,2004).

4.2.2.1 Povprečni energijski deleži zaužitih makrohranil za obravnavano skupino srednješolcev

V tem poglavju je prikazana povprečna količina zaužitih makrohranil (beljakovin, maščob, ogljikovih hidratov) po dnevih pri vseh 42 dijakih.



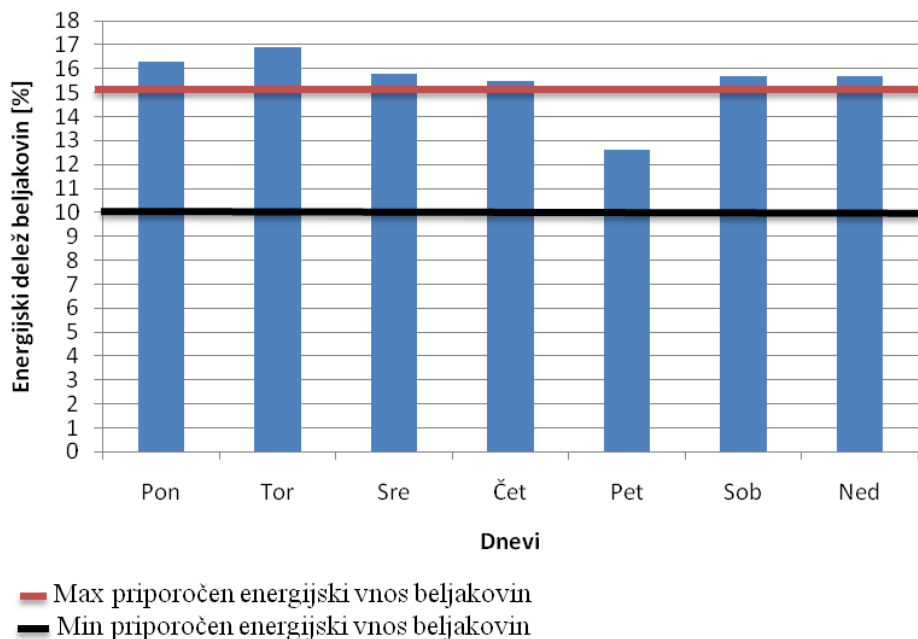
Slika 22: Povprečna dnevna količina zaužitih makrohranil v hrani za obravnavano skupino

Iz slike 22 je razvidno, da se povprečna zaužita količina makrohranil povsod giba nekje okrog priporočenih vrednosti. Količina zaužitih beljakovin je skoraj idealna in nikjer ne odstopa od priporočenih vrednosti za več kot 2 %. Količina zaužitih maščob nikjer ne presega priporočenih vrednosti in nikjer ne odstopa od teh vrednosti za več kot 5 %. Pa tudi količina zaužitih ogljikovih hidratov nekoliko presega priporočene vrednosti samo v petek, nikjer pa odstopanje ni večje kot 6 %.

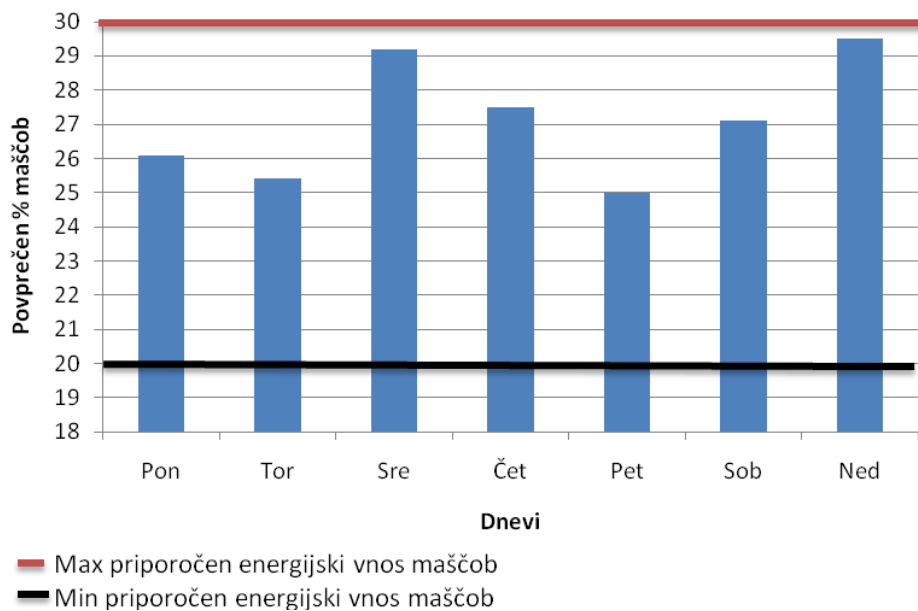
Iz tega je razvidno, da je slika pri povprečnih vrednostih čisto drugačna kot pa, če gledamo vsakega dijaka posebej. V povprečju se obravnavana skupina dijakov prehranjuje skoraj idealno, zato je tudi njihova telesna sestava v poprečju skoraj idealna.

4.2.2.2 Povprečni energijski deleži zaužitih makrohranil

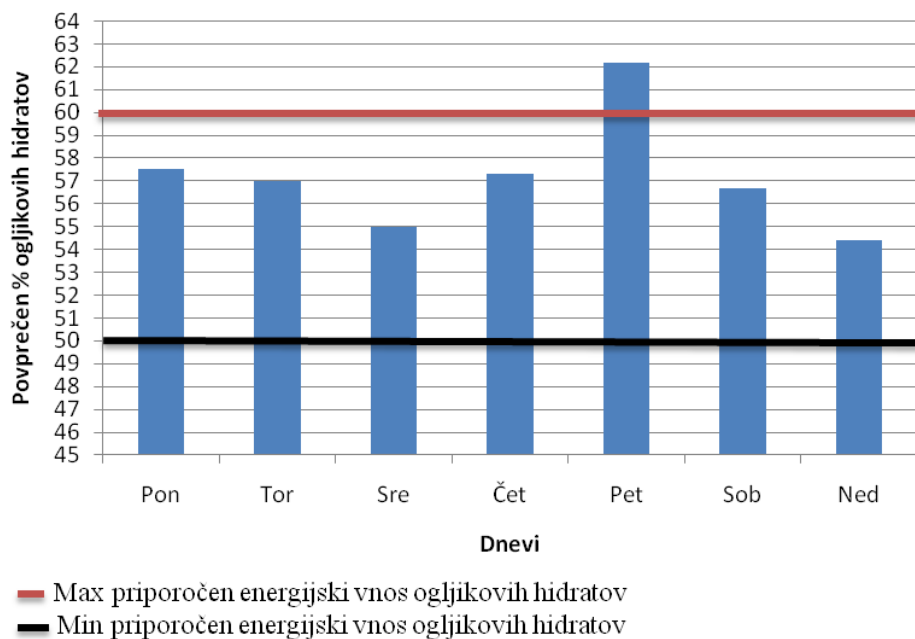
V tem poglavju je podobno kot v prejšnjem vendar na drugačen način prikazana povprečna količina zaužitih makrohranil (beljakovin, maščob, ogljikovih hidratov) po dnevih pri 42 dijakih.



Slika 23: Povprečni energijski delež beljakovin v zaužiti hrani za obravnavano skupino



Slika 24: Povprečni energijski delež maščob v zaužiti hrani za obravnavano skupino



Slika 25: Povprečni energijski delež ogljikovih hidratov v zaužiti hrani za obravnavano skupino

Iz slik 23 - 25 je razvidno, da se povprečne količine zaužitih makrohranil gibljejo nekje okrog priporočenih vrednosti. Razen pri beljakovinah so nekoliko povečani vnosi, vendar le za 2%. Maščobe so v mejah priporočenih vrednosti. Ogljikovi hidrati pa so samo v petek nekoliko povečani, ko je bila za kosilo ješprenova juha in so dijaki popili preveč sokov, drugače so v mejah normale. Zanimivost: v petek na jedilniku ni bilo mesa, zato je opazen povečan vnos ogljikovih hidratov in najmanjši vnos beljakovin in maščob.

4.3 STATISTIČNE METODE OBDELAVE PODATKOV

Podatke smo analizirali s standardnimi statističnimi metodami. Pri tem smo uporabili program PASW Statistics 18 z analizami korelacije po Pearsonu. S statistično obdelanimi numeričnimi podatki smo predstavili povezavo med vnosom makrohranil in telesno sestavo.

4.3.1 Opisna statistika izmerjenih in izračunanih parametrov

V preglednici 19 so prikazane najmanjše in največje vrednosti parametrov izmerjenih s pomočjo impedančne tehtnice, starost (STA), variacijski razmik (VR), povprečne vrednosti (X_s), standardni odkloni (SD), koeficienti variabilnosti (KV%) in standardna napaka povprečja (SE_{X_s})

Preglednica 20 predstavlja parametre, ki so bili pridobljeni s pomočjo prehranskih dnevnikov in obdelani s pomočjo programa Prodi 5.0: povprečen vnos maščob, beljakovin in ogljikovih hidratov. Za te parametre so v preglednici navedene vrednosti opisne statistike: najmanjše in največje vrednosti, povprečne vrednosti, standardni odkloni, koeficienti variabilnosti ter standardne napake povprečij.

Preglednica 19: Opisna statistika starosti in parametrov izmerjenih s pomočjo impedančne tehtnice

Parameter	N	min	max	X_s	SE_{X_s}	SD	KV%
STA (leta)	32	15,	18	16,8	0,2	0,97	5,8
TV (cm)	32	157	191	170,1	1,5	8,2	4,8
TM (kg)	32	44,2	76,5	59,0	1,4	8,0	13,5
BM (kJ/dan)	32	4,9	8,8	6,2	0,2	0,9	14,5
FATP (%)	32	14,5	32,4	22,6	1,0	5,8	0,3
FATM (kg)	32	7,1	22,8	13,4	0,8	4,3	32,3
FFM (kg)	32	37,1	63,4	45,6	1,2	6,5	14,3
TBW (kg)	32	27,2	46,4	33,4	0,8	4,7	14,2
PMM (kg)	32	35,2	60,6	43,3	1,1	6,3	14,5
IMP (Ω)	32	549	914	717,0	14,7	83,2	11,6
ITM	32	16,9	25,7	20,4	0,4	2,2	10,6

Preglednica 20: Opisna statistika parametrov določenih s programom Prodi 5.0

Parameter	N	min	max	X_s	SE_{X_s}	SD	KV%
Mašč. (g)	42	21,9	34,6	27,1	0,5	3,1	11,3
Beljak. (g)	42	9,7	20,7	15,5	0,3	2,1	13,7
Oglj.hid. (g)	42	49,0	63,7	57,2	0,5	3,4	6,0

Dijaki in dijakinje v obravnavanem vzorcu so bili v poprečju stari 16,8 let, s standardno deviacijo 0,97 let.

Eden izmed najbolj variabilnih parametrov je gotovo impedanca (IMP) s standardnim odklonom 83,2 Ω . Zelo variabilne mere so še: telesna višina (TV), telesna masa (TM), delež telesne mase brez maščobe (FFM) in ocenjena mišična masa v kilogramih.

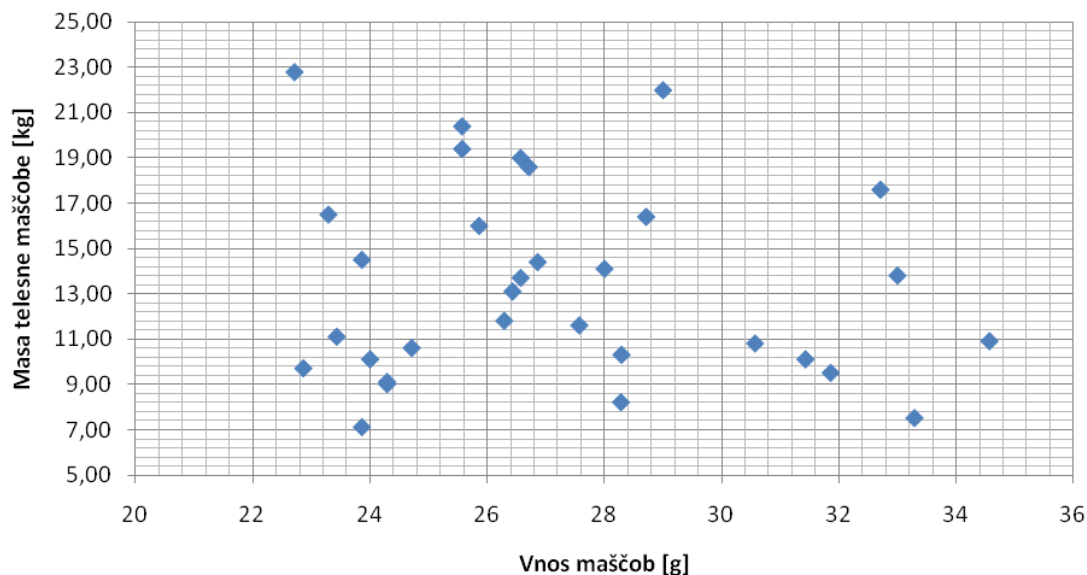
Izmed parametrov, ki jih izmeri impedančna tehnika, ima največjo standardno deviacijo impedanca, med makrohranili pa vnos ogljikovih hidratov.

Najbolj variabilne so vse vrednosti, ki so povezane s telesno višino in skupno telesno maso, poleg impedance seveda. Najmanj variabilne pa so vrednosti povezane s starostjo in bazalnim metabolizmom.

4.3.2 Povezava med telesno sestavo in vnosom makrohranil

V tem poglavju so prikazane zveze kolikšna med telesno sestavo in vnosom makrohranil (beljakovin, maščob in ogljikovih hidratov), ki jih pridobimo s hrano. Primerjali smo lahko samo 32 dijakov od 42, ker se jih je samo toliko odzvalo na tehtanje.

4.3.2.1 Povezava med maso telesne maščobe in vnosom maščob s hrano



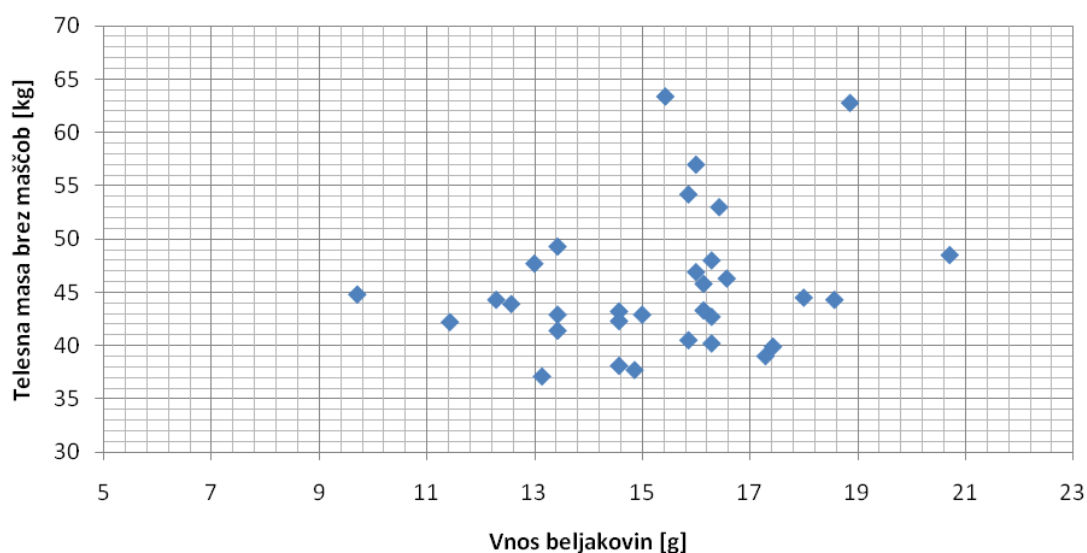
Slika 26: Povezava med maso telesne maščobe in vnosom maščob

		Maščoba	Masa telesne maščobe
Maščoba	Pearsonov koeficient korelacije	1	- 0,13
	Signifikanca		0,48
	N	32	32
Masa telesne maščobe	Pearsonov koeficient korelacije	- 0,13	1
	Signifikanca	0,48	
	N	32	32

Slika 27: Izpis povezave med vnosom maščob in maso telesne maščobe s pomočjo programa PASW Statistics 18.0

S slikama 26 in 27 smo prikazali povezavo med maso telesne maščobe in vnosom maščobe s hrano. Pri tem smo ugotovili, da je korelacija negativna in zelo nizka. Vrednosti povezave so med -1 in 1. Čim bolj je blizu -1 ali 1, tem bolj sta spremenljivki povezani. Naša vrednost je pa bližje vrednosti 0 in s tem sklepamo na to, da med spremenljivkama ni statistično značilne povezave. To nam pove tudi signifikanca, ki mora biti 0,05 ali nižja, ker takšno je namreč tveganje. Naše tveganje je pa previsoko, saj znaša vrednost 0,48, zato lahko zagotovo trdimo, da med spremenljivkama ni statistično značilne povezave. Glede na to bi lahko sklepali, da pri preiskovani skupini srednješolcev količina zaužite maščobe ni vplivala na delež telesne maščobe.

4.3.2.2 Povezava med telesno maso brez maščob in vnosom beljakovin s hrano



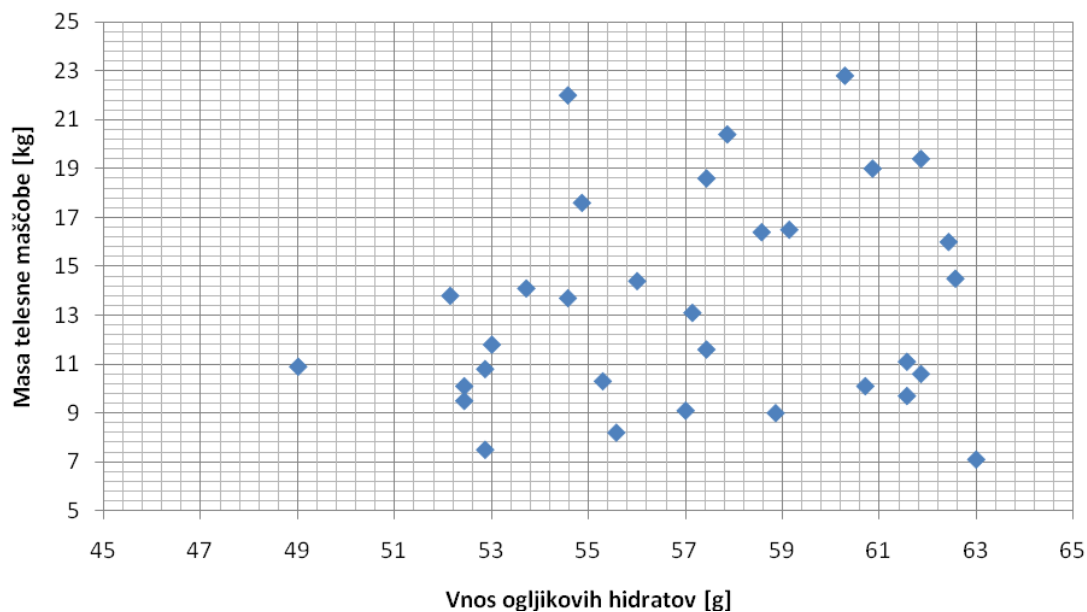
Slika 28: Povezava med telesno maso brez maščob in vnosom beljakovin

		Telesna masa brez maščob	Beljakovine
Telesna masa brez maščob	Pearsonov koeficient korelacije	1	0,26
	Signifikanca		0,15
	N	32	32
Beljakovine	Pearsonov koeficient korelacije	0,26	1
	Signifikanca	0,15	
	N	32	32

Slika 29: Izpis povezave med telesno maso brez maščob in vnosom beljakovin s pomočjo programa PASW Statistics 18.0

Sliki 28 in 29 prikazujeta povezavo med telesno maso brez maščob in vnosom beljakovin s hrano. Pri tem smo ugotovili, da je korelacija 0,26 in ta vrednost je spet bližje 0 kot 1. S tem sklepamo, da med spremenljivkama ni statistično značilne povezave. Na kar nam kaže tudi signifikanca, ki je spet večja kot 0,05 in s tem lahko z gotovostjo trdimo, da med spremenljivkama ni statistično značilne povezave. Glede na to bi lahko sklepali, da pri preiskovani skupini srednješolcev količina zaužitih beljakovin ni vplivala na telesno maso brez maščob.

4.3.2.3 Povezava med maso telesne maščobe in vnosom ogljikovih hidratov s hrano



Slika 30: Povezava med maso telesne maščobe in vnosom ogljikovih hidratov

		Masa telesne maščobe	Ogljikovi hidrati
Masa telesne maščobe	Pearsonov koeficient korelacije	1	0,18
	Signifikanca		0,32
	N	32	32
Ogljikovi hidrati	Pearsonov koeficient korelacije	0,18	1
	Signifikanca	0,32	
	N	32	32

Slika 31: Izpis povezave med maso telesnih maščob in vnosom ogljikovih hidratov s pomočjo programa PASW Statistics 18.0

Na slikah 30 in 31 smo prikazali povezavo med vnosom ogljikovih hidratov s hrano in telesnimi maščobami. Pri tem smo ugotovili, da je korelacija 0,18, tudi ta vrednost je bližje 0 kot 1. S tem sklepamo, da med spremenljivkama ni statistično značilne povezave. To kaže tudi signifikanca, ki je večja od 0,05, tako lahko z gotovostjo trdimo, da med spremenljivkama ni statistično značilne povezave. S tem pa pridemo do sklepa, da v našem primeru vnos ogljikovih hidratov ne vpliva na količino telesne maščobe.

V diplomu smo prikazali samo metodo za primerjavo telesne sestave in vnosa makrohranil. Število preiskovancev obravnavanih v naši raziskavi je bilo znatno premajhno, da bi lahko iz opisanega podali zaključke.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Telesna sestava preiskovancev

V diplomski nalogi smo s pomočjo impedančne tehtnice izmerili telesno sestavo 32 dijakov in dijakinj Škofijske klasične gimnazije v Ljubljani, ki so se prostovoljno odločili za sodelovanje. Povprečna starost merjencev je bila 16,8 let s standardno deviacijo 0,97. Povprečna telesna višina je bila 170,1 cm s standardno deviacijo 8,2 in koeficientom variabilnosti 4,8. Telesna višina je bila eden izmed najmanj variabilnih parametrov obravnavanih v naši raziskavi. Povprečna telesna masa je bila 59,0 kg, s standardno deviacijo 8,0 in koeficientom variabilnosti 13,5. Telesna masa je bila najbolj variabilen parameter v vzorcu.

Na osnovi antropometrijskih meritev nam impedančna tehtnica določi telesno sestavo na osnovi štirikomponentnega modela. Telesno maso nam razdeli na maščobno in brezmaščobno maso, nato pa brezmaščobno maso na vodo in ostale topne snovi (proteine in minerale). Na ta način nam lahko izmeri tudi kostno gostoto. Mi smo se osredotočili samo na meritve: FATP (delež telesne maščobe), FATM (masa telesne maščobe), PMM (ocenjena mišična masa), IMP (impedanca), FFM (telesna masa brez maščob) in TBW (skupna telesna voda).

Najprej smo grafično prikazali ITM (indeks telesne mase). Pri tem smo ugotovili, da je od 32 dijakov 23 normalno hranjenih, 6 jih je nekoliko pod spodnjo mejo normalne hranjenosti in 1 je nekoliko nad zgornjo mejo normalne hranjenosti. Po teh podatkih lahko sklepamo, da ima proučevani vzorec dijakov normalno telesno težo.

Pri prikazu bazalnega metabolizma smo merjence razdelili na dijake in dijakinje. Pri tem smo ugotovili, da je priporočena vrednost bazalnega metabolizma pri moških 7600 J/dan, naši preiskovanci so pa imeli povprečni bazalni metabolizem višji, in sicer 8011 J/dan. Priporočena vrednost bazalnega metabolizma za ženske pa je 6100 J/dan, naše preiskovanke so imele nekoliko nižjega, v povprečju 5968 J/dan. Da je pri moških toliko višji, je verjetno posledica tega, da so precej aktivni in imajo normalno telesno težo, ker namreč pri povečani telesni teži pride do znižanja bazalnega metabolizma.

Sledil je grafični prikaz deleža telesne maščobe (FATP). Pri tem smo spet preiskovance razdelili na dijake in dijakinje. Pri dijakih so bili rezultati skoraj idealni saj je priporočen odstotek maščob pri dijakih 15 %, naši preiskovanci so imeli 15,6 %. Pri dijakinjah je priporočena vrednost maščob okrog 21 %, pri naših preiskovankah pa je bil delež kar pri 16 od 27 dijakinj višji. To naj bi kazalo na debelost, čeprav indeks telesne mase ne kaže na to. Je pa tudi res, da smo pri dijakinjah za oceno vzeli precej nizek odstotek telesnih maščob (21 %), saj je ta lahko tudi do 30 %.

Telesna masa brez maščob (FFM) predstavlja maso mišic in kosti. Grafični prikaz tega parametra razdelimo na dva dela, na dijake in dijakinje. Pri tem ugotovimo, da je priporočena

vrednost pri dijakih 85 %, pri naših preiskovancih pa je bila 84,3 %, kar je skoraj idealno. Pri dijakinjah je pa nekoliko nižja, saj je priporočena vrednost 79 %, naše preiskovanke so imele v povprečju 75,8 %. Samo glede na to, da se maščobe lahko gibajo do 30 %, je lahko tudi telesna masa brez maščob za ženske še nekje okrog 70 %. Iz tega spet sklepamo, da je teža dijakinj in dijakov v vzorcu normalna.

Grafični prikaz teže kosti nam pokaže, da je teža kosti pod priporočeno vrednostjo za oba spola. To je možno tudi zaradi premalo kalcija v hrani.

Kar se tiče vode v telesu je iz grafov razvidno, da so vse vrednosti v mejah priporočenih vrednosti.

Vnos makrohranil in potrebe po energiji preiskovancev

Z metodo prehranskega dnevnika smo analizirali obroke, ki so jih dijaki zaužili v šoli in doma v 7 dneh. Povprečen energijski vnos pri 5 dijakih je bil 12193 kJ, medtem ko priporočen dnevni vnos 13000 kJ. Iz tega lahko sklepamo, da je bil vnos energije pri njih zadovoljiv. Povprečen energijski vnos pri 27 dekletih je bil 7512 kJ, priporočen dnevni vnos pa je 10500 kJ. Ugotovimo lahko, da so dekleta vnesla precej manj energije kot je priporočena vrednost, kljub temu njihova telesna teža ni bila premajhna.

Glede vnosa makrohranil pri posamezniku za posamezni dan v enem tednu ugotavljamo, da so bili vnosi precej različni. Če pa pogledamo povprečne vrednosti, vidimo da se le te gibljejo okrog priporočenih vrednosti in nobena ne odstopa od priporočenih vrednosti za več kot 5 %.

Iz prehranskih dnevnikov vidimo, da so bila za previsok energijski vnos maščob kriva predvsem naslednja živila: maslo, mleko, piškoti, čokolada, čevapčiči, jajca, ocvrta hrana, suha salama, bolonjska omaka, lazanja, majoneza in sir. Vso to hrano, razen bolonjske omake, so dijaki zaužili doma.

Previsok energijski vnos ogljikovih hidratov je bil posledica uživanja naslednjih živil: kruha, testenin, kosmičev, sadnega jogurta, sladoleda, meda, čokolina, sadnih sokov iz trgovine in ješprenove juhe. Vso to hrano, razen ješprenove juhe, so dijaki zaužili doma.

Za previsok energijski vnos beljakovin so bili krivi predvsem: meso, mlečni izdelki, jajca, riže in jetra. Tudi to hrano so dijaki v večini pojedli doma.

Iz tega lahko sklepamo, da je v tem primeru šolska prehrana dobra, saj je za previsok energijski vnos makrohranil kriva predvsem domača prehrana. Doma pojedjo dijaki predvsem prevelike porcije.

5.2 SKLEPI

Rezultate raziskave lahko povzamemo z naslednjimi sklepi:

- obravnavana skupina dijakov se prehranjuje uravnoteženo,
- obravnavana skupina dijakov ima normalno telesno maso in primerno telesno sestavo,
- za prehrano v šoli je dobro poskrbljeno,
- hrana v šoli vsebuje vsa potrebna makrohranila v priporočenih količinah,
- dijaki bi morali nekoliko spremeniti prehrano v domačem okolju,
- adolescenti morajo morebitno povečanje vnosa makrohranil s hrano uravnotežiti s primerno telesno aktivnostjo

6 POVZETEK

V diplomski nalogi smo v raziskavi zajeli 42 srednješolcev iz Škofijske klasične gimnazije v Ljubljani starih od 15 do 18 let.

Osredotočili smo se na ovrednotenje prehranskega statusa dijakov s pomočjo naslednjih parametrov: vnos skupne energije, vnos energije v obliki maščob, vnos energije v obliki beljakovin in vnos energije v obliki ogljikovih hidratov. Ovrednotili smo tudi telesno sestavo s pomočjo impedančne tehtnice z naslednjimi parametri: indeks telesne mase, bazalni metabolizem, telesna maščoba v odstotkih, telesna masa brez maščobe v odstotkih, teža kosti in voda v telesu v odstotkih.

Za zbiranje podatkov smo uporabili dve metodi: metodo tehtanja z uporabo impedančne tehtnice in metodo prehranskih dnevnikov. Dobljene rezultate smo analizirali s pomočjo računalniškega programa Prodi 5.0.

Program Prodi 5.0 je računalniški program firme Nutri-Science GmbH s sedežem v Nemčiji (Prodi 5.0, 2005). Razvijati so ga začeli že leta 1981 in je zasnovan na bazi podatkov in na prehranskih smernicah DACH (Nemčija (D), Avstrija (A) in Švica (CH)).

Tako obdelane podatke smo primerjali z referenčnimi vrednostmi za vnos hranil DACH.

Podatke smo obdelali še s pomočjo programa PASW Statistics 18 za statistično obdelavo, s katerim smo ugotavljali korelacijo med telesno sestavo in vnosom makrohranil.

Opravljen raziskava nam daje grob vpogled v način prehranjevanja in telesno sestavo dijakov iz izbrane srednje šole. Celodnevna količina zaužite energije je v skladu s priporočili. Rezultati kažejo, da dijaki večjo količino energije in makrohranil zaužijejo v popoldanskem času doma, kar z vidika zdravega načina prehranjevanja ni ustrezno. Pri prikazu vnosa makrohranil za posamezni dan v enem tednu smo za vsakega posameznika posebej videli, da so vnosi precej različni. Če pogledamo povprečne vrednosti, pa se le te gibljejo okrog priporočenih vrednosti.

Pri ugotavljanju povezave med telesno sestavo in vnosom makrohranil ugotovimo, da le te ni. Je pa število preiskovancev znatno premajhno, da bi lahko iz opisanega podali zaključke.

Modelni poskus je pokazal, da je uporaba programa Prodi 5.0 za obdelavo podatkov primeren način za hitro in grobo ovrednotenje prehranskega statusa preiskovane populacije. Bistvene pomanjkljivosti programa pa so:

- nedodelana baza podatkov, program ne vsebuje določenih živil, ki so v našem kulturnem območju značilne, a jih v širšem evropskem prostoru ne uživajo (npr. ajdova kaša...),
- ne omogoča hitrega in enostavnega prenosa podatkov v druge računalniške programe.

Dobljeni rezultati predstavljajo samo hiter in grob pogled. Število vključenih dijakov v raziskavo je bilo premajhno. Večjo resnost so pokazale punce, ker se jih je v raziskavo vključilo 5-krat več kot fantov.

7 VIRI

Adamič Š. 1989. Temelji biostatistike. 2. izd. Ljubljana, Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani: 116-157

Barzell U.S., Massey L.K. 1998. Exscsess dietary protein can adversely affect bone. *Journal of Nutrition*, 128: 1051-1053

Baumgartner R.N. 1996. Electrical impedance and total body conductivity. V: *Human body composition*. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (eds.). Champaign, Human Kinetics Publishing Company: 79-107

Bellizzi M.C., Dietz W.H. 1999. Workshop on childhood obesity: Summary of discussion. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70: 123-169

Bjerve K.S., Fischer S., Wammer F., Ege1and T. 1989. Alpha-linolenic acid and long-chain omega-3 fatty-acid supplementation in 3 patients with omega-3 fatty-acid deficiency: Effect on lymphocyte function, plasma and red-cell lipids, and prostanoid forrnation. *American Journal of Clinical Nutrition*, 49: 290 – 300

Black A.E., Coward W.A., Cole T.J., Prentice A.M. 1996. Human energy expenditure in affluent societies: An analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *European Journal of Clinical Nutrition*, 50: 72-92

Brodie D., Moscrip V., Hutcheon R. 1998. Body composition measurement: A review of hydrodensitometry, anthropometry and impedance methods. *Nutrition*, 14: 296-310

Brownt, B.H., Karatzast T., Makielny R., Clarke R.G. 1988. Determination of upper arm muscle and fat areas using electrical impedance measurements. *Clinical Physics and Physiological Measurement*, 9: 47-55

Buffa R., Floris G., Marini E. 2002. Bioelectrical impedance vector in pre- and postmenarcheal females. *Nutrition*, 18: 474-478

Cole T.J. 1991. Weight-stature indices to measure underweight, overweight and obesity. V: *Anthropometric assessment of nutritional status*. Himes J.H. (ed.). New York, Wiley-Liss: 83-111

Daniels S.R., Khoury P.R., Morrison J.A. 1997. The utility of body mass index as a measure of body fatness in children and adolescents: differences by race and gender. *Pediatrics*, 99: 804-807

Deurenberg P., Weststrate J.A., Seidell J.C. 1991. Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. *British Journal of Nutrition*, 65: 105-114

Dietz W.H., Willett W.C., Colditz G.A. 1999. Guidelines for healthy weight. *New England Journal of Medicine*, 341: 427-434

Dixey R., Heindl I., Lourerio I., Perez Rodrigo C., Snel J., Warnking P. 1998. Healthy eating for young people in Europe, A school-based nutrition education guide. Copenhagen, International Planning Committee: 86 str.
<http://www.euro.who.int/Document/E69846.pdf> (feb.2004)

Ellis K.J. 2000. Human body composition: *In vivo* methods. *Physiological Reviews*, 80 : 649-680

Fraklin M.F. 1999. Comparison of weight and height relations in boys from 4 countries. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70: 157-162

Gabrijelčič Blenkuš M. 2000. Prehrabene navade ljubljanskih srednješolcev. Ljubljana, Medicinska fakulteta Univerze v Ljubljani, Katedra za socialno medicino in higieno: 66 str.

Gabrijelčič Blenkuš M. 2004. Primerjava med prehranjevalnimi navadami odraslih in mladostnikov. V: Prehrana mladostnikov – srednješolcev, strokovni seminar, 27.01.2004. Zbornik. Vombergar B., Nidorfer M. (ur.). Maribor, Živilska šola Maribor: 24-27

Gabrijelčič Blenkuš M. 2001. Smernice za zdravo prehrano otrok. V: Bilten slovenske mreže zdravih šol. Ljubljana, Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije: 17-23

Gabrijelčič Blenkuš M., Pograjc M., Gregorčič M., Adamič M., Čampa A. 2005. Smernice zdravega prehranjevanja v vzgojno-izobraževalnih ustanovah. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 4-12, 18-18

Goran M.I. 1998. Measurement issues related to studies of childhood obesity: assessment of body composition, body fat distribution, physical activity, and food intake. *Pediatrics*, 101: 505-518

Heymsfield S.B. 1993. Body composition: Research and clinical advances. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 18: 91-103

Heyward V.H., Stolarczyk L.M. 1996. Applied body composition assesment. Champaign, Human Kinetics: 2-20

Himes J.H., Deitz W.H. 1994. Guidelines for overweight in adolescents preventive service: recommendation for an expert committee. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59: 307-316

Hortobagyi T., Israel R.G., Houmard J.A., McCammon M.R., O'Brien K.F. 1992. Comparison of body composition assessment by hydrodensitometry, skinfolds, and multiple site near-infrared spectrophotometry. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46: 205-211

Jackson A. S., Pollock M. L. 1978. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40: 497-504

Jackson A. S., Pollock M. L., Ward A. 1980. Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12: 175-182

Janssen I., Heymsfield S.B., Baumgartner R.N., Ross R. 2000. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *Journal of Applied Physiology*, 89: 465-471

Jenkins D.J., Wolever T.M., Taylor R.H., Barker H., Fielden H., Baldwin J.M. 1981. Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of Clinical Nutrition*, 34: 362-366

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. Vancouver, Simon Fraser University: 31-33

Kluthe B. 2004. Prodi 5.0 Euro Software für Ernährungs und Diätherapie: Funktionsbeschreibung. Hausach, Nutri-Science: 35 str.

Koch V., Kostanjevec S. 2004. Poznavanje prehranjevalnih navad slovenskih srednješolcev in analiza stanja organiziranosti šolske prehrane v Sloveniji. V: Prehrana mladostnikov – srednješolcev, strokovni seminar, 27.01.2004. Zbornik. Vombergar B., Nidorfer M. (ur.). Maribor, Živilska šola Maribor: 11-24

Kostanjevec S. 2000. Prehransko stanje in prehranske navade gorenjskih srednješolcev. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 1-8

Kyle U.G., Bosaeus I., De Lorenzo A.D., Deurenberg P., Elia M., Gomez J.M., Heitmann B.L., Kent-Smith L., Melchior J.-C., Pirlich M., Scharfetter H., Schols A.M.W.J., Pichard C. 2004. Bioelectrical impedance analysis - part 1: Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23: 1226-1243

Lajovec J. 1997. Prehrana vir zdravja. Ljubljana, Društvo za zdravje srca in ožilja: 298 str.

Liedtke A.J. 1997. The changing metabolic role of fatty acids in increasingly complex organisms: an evolutionary perspective. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*: 116-120

Lohman T.G. 1996. Anthropometry and body composition. V: Human body composition. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (eds.). Champaign, Human Kinetics Publishing Company: 125-127

Lovše Perger E. 2004: Prehranjenost mariborskih srednješolcev. V: Vombergar B., Nidorfer M. (ur.). Prehrana mladostnikov – srednješolcev, strokovni seminar, 27.01.2004. Zbornik. Maribor, Živilska šola Maribor: 60-65

Lupton D. 1996. Food, the body and the self. London, Sage Publications: 184 str.

Lukaski H.C. 1996. Estimation of muscle mass. V: Human body composition. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (eds.) Champaign, Human Kinetics Publishing Company: 109-125

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

McArdle W., Katch F., Katch V. 1996. Exercise physiology: Energy, nutrition and human performance. 4th ed. Donna B. (ed.). Maryland, William & Wilkins Publishing Company: 541-575

National Center for Health Statistics, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. 2000. Body mass index-for-age percentiles: Boys, 2 to 20 years. Atlanta, Centers for Disease Control and Prevention: 138 str. <http://www.cdc.gov/growthcharts/data/set1clinical/cj411023.pdf>

National Center for Health Statistics, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. 2000. Body mass index-for-age percentiles: Girls, 2 to 20 years. Atlanta, Centers for Disease Control and Prevention: 138 str. <http://www.cdc.gov/growthcharts/data/set1clinical/cj411024.pdf>

Pavčič M., Hlastan Ribič C. 2004. Prehrana srednješolcev v prehranski politiki. V: Prehrana mladostnikov – srednješolcev, strokovni seminar, 27.01.2004. Zbornik. Vombergar B., Nidorfer M. (ur.). Maribor, Živilska šola Maribor: 27-33

Pichard C., Kyle U. G., Bracco D., Slosman D. O., Morabia A., Schutz Y. 2000. Reference values of fat-free and fat masses by bioelectrical impedance analysis in 3393 healthy subjects. *Nutrition*, 16: 245-254

Piccoli A., Rossi B., Pillon L. 1994. Operational equivalence between segmental and whole-body bioelectrical impedance in renal patients. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59: 675-676

Pokorn D. 1996. S prehrano do zdravja. Hrana čudežno zdravilo II – Recepti in diete. Ljubljana, EWO d.o.o.: 528 str.

Pokorn D. 1997. Zdrava prehrana in dietni jedilniki: priročnik za praktično predpisovanje diet. *Zdravstveno varstvo*, 36, 8: 22-23, 42-43

Pokorn D. 1998. Zdrava prehrana in razvoj prehranjevalnih navad pri otroku. *Zdravstveno varstvo*, 37, 9/10: 404-405

Pokorn D. 2001. Zdrava slovenska kuhinja. Ljubljana, Marbona: 540 str.

Pokorn D. 2001. Oris zdrave prehrane: priporočena prehrana. Ljubljana, Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije: 61 str.

Power C., Lake J.K., Cole T.J. 1997. Body mass index and height from childhood to adulthood in the 1958 British born cohort. *American Journal of Clinical Nutrition*, 66: 1094-1101

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

Referenčne vrednosti za vnos hranil. 2004. 1.izd. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 215 str.

Scientific Committee for Food: Commission of the European Communities. 1993. Nutrient and energy intakes for the European Community. Luxembourg, Office for the Official Publications of the European Communities: 249 str.

Shetty P.S., Henry C.J.K., Black A.E., Prentice, A.M. 1996 Energy requirements of adults: An update on basal metabolic rates (BMRs) and physical activity levels (PALs). *European Journal of Clinical Nutrition*, 50, Suppl. 1: S11-S23

Simčič M., Podgrajšek K. 2009. Slovenia. V: European nutrition and health report 2009. Ibrahim E. (ed.). Basel, Karger: 362-366

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

Strokovno združenje nutricionistov in dietetikov. 2006. Oblikovanje celostnega pristopa k ohranjanju in krepitvi zdravja: Prehrana, gibanje in pozitivna samopodoba. Pandel Mikuš R., Kvas A. (ur.). Ljubljana, Strokovno združenje nutricionistov in dietetikov: 66 str.

Svendsen O.L., Haarbo J., Heitmann B.L., Gotfredsen A., Christiansen C. 1991. Measurement of body fat in elderly subjects by dual-energy- x-ray absorptiometry, bioelectrical impedance, and anthropometry. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53: 1117-1123

Škerlj B. 1959. Splošna antropologija v osnovnih potezah. 2.izd. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 80-99

Talluri T. 1998. Qualitative human body composition assessed with bioelectrical impedance. *Collegium Antropologicum*, 22, 2: 427-432

Tivadar B. 2004: Zaviralni dejavniki zdravega prehranjevanja mladih. V: Prehrana mladostnikov – srednješolcev, strokovni seminar 27.01.2004. Zbornik. Vombergar B., Nidorfer M. (ur.). Maribor, Živilska šola Maribor: 36-40

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

Tomazo-Ravnik T. 1998. Studies of body composition in Slovenia. *Collegium Antropologicum*, 22, 2: 403-409

Tomazo-Ravnik T. 1999. Auxologija. Veda o rasti in razvoju človeka. Priročnik za vaje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 12-14

Tomazo-Ravnik T. 2000. Antropometrija. Priročnik za vaje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 23 str.

Van Loan M.D. 1996. Total body composition: Birth to old age. V: Human body composition. Roche A.F., Heymsfield S.B., Lohman T.G. (eds.). Champaign, Human Kinetics Publishing Company: 2005-2015

Wang J., Mazariegos M., Kral J.G., Waki M., Heymsfield S.B., Pierson R.N., Thornton J.C., Yasumura S. 1992. Body composition and surgical treatment of obesity. Effects of weight loss on fluid distribution. *Annals of Surgery*, 216: 69-73

Weltman, A., Levine, S., Seip, R. L., Tran, Z. V. 1988. Accurate assessment of body composition in obese females. American Journal of Clinical Nutrition, 48: 1179-1183.

WHO. 1985. Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Geneva, World Health Organization, 724: 1-206

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

V prvi vrsti gre zahvala mentorju prof. dr. Marjanu Simčiču za vso podporo, Kseniji Podgrajšek za pomoč in veliko koristnih napotkov pri pisanju diplomske naloge, ter recenzentki prof. dr. Tereziji Golob.

Posebej bi se zahvalil mojim staršem in sestri ter vsem sorodnikom, ki so me vsa ta leta vzpodbujali pri študiju.

Za pomoč pri iskanju literature se zahvaljujem gospem Barbari Slemenik, Ivici Hočevnar in Lini Burkan.

Zahvala gre tudi vsem zaposlenim in učencem Škofijske klasične gimnazije v Ljubljani, ki so mi pomagali pri izvedbi diplomskega dela.

Nenazadnje bi se zahvalil vsem, ki so kakorkoli prispevali k mojemu študiju in pisanju diplomskega dela.

PRILOGE

Priloga A: Vnos makrohranil v 7 dneh pri posameznem srednješolcu

ŠT. DUJAKA	vnos beljakovin (%)							vnos maščob (%)							vnos ogljikovih hidratov (%)						
	PON	TOR	SRE	ČET	PET	SOB	NED	PON	TOR	SRE	ČET	PET	SOB	NED	PON	TOR	SRE	ČET	PET	SOB	NED
1	13	13	13	15	12	12	14	21	36	22	18	27	22	21	66	51	65	67	61	66	65
2	19	23	18	19	10	14	13	32	38	28	23	14	34	34	49	39	55	58	76	52	53
3	15	15	13	22	13	16	18	26	19	34	31	27	22	28	59	48	53	66	60	62	54
4	13	8	7	8	11	12	9	46	21	45	14	49	15	11	40	71	48	78	40	54	79
5	19	12	18	22	14	20	9	28	16	28	27	24	37	19	53	72	54	50	62	43	71
6	16	18	16	14	21	11	17	24	27	34	40	27	26	20	60	55	51	46	51	64	62
7	18	15	13	10	13	10	15	23	18	30	21	30	14	31	58	67	57	69	58	75	54
8	10	19	16	16	11	9	10	15	20	33	33	37	34	14	76	61	51	52	53	57	76
9	17	15	25	16	16	11	12	29	18	24	38	35	44	32	54	68	51	46	49	44	55
10	17	13	16	14	10	17	17	26	18	36	22	20	23	23	57	68	48	63	69	61	59
11	14	14	14	13	14	13	6	21	29	33	21	25	28	22	64	57	53	66	61	60	72
12	16	13	18	11	11	20	13	22	32	23	30	29	22	6	62	54	60	58	59	57	81
13	9	15	16	11	9	20	14	14	23	23	29	20	37	27	77	63	61	60	71	42	59
14	14	15	15	15	13	18	12	33	34	28	28	17	21	32	52	51	56	56	70	61	56
15	24	27	16	25	10	26	17	19	28	27	38	12	29	31	57	45	57	37	78	45	52
16	16	12	13	19	16	10	22	40	33	34	40	24	33	38	44	49	52	41	60	57	40
17	19	14	18	14	20	20	14	33	32	30	22	21	23	38	48	53	51	64	59	57	45
18	18	20	15	15	12	14	17	33	26	28	26	34	20	31	49	53	56	58	53	66	52
19	17	16	11	9	12	11	18	35	39	40	34	21	32	32	48	44	49	57	67	56	49
20	11	18	13	14	15	15	16	22	18	29	28	36	24	42	67	65	59	58	49	61	42
21	15	15	14	12	14	22	10	22	33	29	21	24	12	19	63	51	56	67	62	66	66
22	15	15	19	12	15	22	13	30	27	38	35	29	24	40	55	57	44	53	57	55	46
23	12	20	18	13	10	15	13	32	21	20	18	23	13	26	56	59	63	69	67	72	60
24	15	14	17	22	11	18	19	21	22	26	38	21	32	26	64	63	57	40	67	49	55
25	19	30	17	14	13	17	22	14	26	26	35	20	31	34	67	45	57	51	67	52	43
26	11	18	21	16	12	20	17	30	23	28	20	23	19	27	58	59	50	64	65	60	56
27	14	19	15	15	13	11	27	11	25	21	21	13	37	31	75	55	63	63	73	52	41
28	16	11	17	14	14	23	16	9	24	31	16	40	42	21	75	65	52	70	46	36	63
29	12	14	18	22	15	19	22	15	34	18	30	19	21	26	73	52	64	48	66	59	52
30	17	13	10	14	13	11	12	18	22	26	30	28	36	36	65	65	64	56	59	53	52
31	21	22	19	21	13	17	17	18	25	28	31	26	39	17	61	53	53	47	60	43	67
32	15	16	21	23	10	19	22	25	15	32	33	25	30	36	59	69	46	44	65	51	42
33	14	13	14	12	8	11	14	30	36	31	33	34	23	42	56	50	56	55	57	67	43
34	23	20	18	17	13	11	11	29	13	20	18	25	48	32	47	67	62	64	61	42	57
35	13	15	17	13	12	24	20	39	36	34	27	20	29	29	48	49	48	60	67	47	51
36	19	29	13	22	10	13	19	36	21	20	15	10	21	56	45	50	67	63	80	65	24
37	23	27	22	14	15	12	17	23	18	25	21	29	19	35	54	55	52	65	56	69	48
38	20	17	13	13	11	15	16	26	21	38	28	22	44	52	54	62	49	59	67	41	33
39	18	26	13	11	10	25	18	40	18	24	35	14	15	26	42	56	63	54	76	60	56
40	16	13	11	15	11	13	12	46	27	38	26	13	20	30	38	60	51	59	77	67	58
41	19	13	15	17	10	10	18	18	26	31	33	32	30	28	64	62	54	50	57	60	54
42	21	15	19	18	14	13	21	21	28	32	28	30	13	36	58	58	50	54	55	74	43

Priloga B: Dnevni vnos energije za dijakinje

Zap. št. dijakinje	Dnevno zaužita energija (kJ)						
	Pon	Tor	Sre	Čet	Pet	Sob	Ned
1	7912	11502	8756	3442	4599	2283	5205
2	7471	6505	5771	4322	5434	4445	4997
3	7257	16538	5365	4982	2965	5598	5867
4	7547	5267	6055	3163	8217	9718	3769
5	5398	14176	7386	5233	8355	8489	10479
6	5991	5823	6043	5257	4422	7116	5828
7	6718	8017	7736	6093	6896	9501	5666
8	8052	7392	6415	7776	5838	17253	8317
9	11347	16592	11248	6063	8382	8922	11248
10	8754	8381	6349	7092	4645	5469	4662
11	7751	8735	7617	8094	4344	9561	2888
12	6107	5100	5805	4607	4380	5864	5372
13	9171	8364	11661	7365	7988	5399	9784
14	7807	5591	7316	7327	5614	7171	7302
15	11130	11326	9146	7689	5066	6018	8975
16	6926	7194	14914	11372	10138	10553	10042
17	7623	15791	22085	15476	11094	15855	4262
18	7320	5910	10766	8298	10078	9142	5263
19	9328	7664	6827	7134	6746	10280	5761
20	8772	6962	12102	7989	9748	9268	5603
21	8083	6109	8213	5095	6509	4804	4974
22	9116	10571	6217	7418	9717	7580	4892
23	4537	4157	5479	4882	4512	3965	4937
24	8139	7366	6652	7529	5501	7801	6867
25	8290	7375	11978	8400	10739	7494	3245
26	7751	8825	10371	9468	7401	12807	8820
27	3274	6100	4597	5109	8237	4996	3867
28	11529	7953	11325	9499	10621	5583	6270
29	8230	6233	4365	3276	4264	9417	8428
30	8200	4011	6216	9679	13009	10573	4505
31	7016	9334	7387	6291	8554	4913	8886
32	5738	1790	1682	6494	4655	5515	4508
33	9693	8291	10925	8807	7110	10635	13364
34	6873	8769	9469	9228	11859	5307	7487
35	5701	3102	4509	5469	4421	3120	6076
povprečje	7730	8081	8250	7012	7202	7783	6526

Priloga C: Dnevni vnos energije za dijake

	Dnevno zaužita energija (kJ)						
Zap. št. dijaka	Pon	Tor	Sre	Čet	Pet	Sob	Ned
1	13077	13064	8312	6220	13124	15722	18489
2	10520	15615	14355	9950	9458	20759	13508
3	11391	16396	14878	12691	14453	11787	9309
4	13708	10104	16136	15713	10812	11367	16095
5	17586	9565	9641	9849	9361	12205	12370
6	10863	13409	9117	5509	10075	8791	10023
7	13386	9525	14356	12626	13197	10084	8911
povprečje	12933	12525	12399	10365	11497	12959,29	12672

Priloga D: Jedilnik v šoli za 5 dni

	Kosilo 1	Kosilo 2	Večerja
PONEDELJEK	korenčkova juha perutninski paprikaš vodni vlivanci solata	korenčkova juha sojino meso v zelenjavni omaki vodni vlivanci solata	testeninska solata pekovsko pecivo jogurt
TOREK	cvetačna juha svinjska pečenka zelenjavni riž solata	beluši z jajci solata	jabolčni ali skutni zavitek jogurt s svežimi jagodami
SREDA	porova juha s proseno kašo ocvrt puranji zrezek pire krompir solata	porova juha s proseno kašo ocvrti sir pire krompir solata	lazanja z mesom ali lazanja z zelenjavo sok ali sadje
ČETRTEK	porova juha z rižem testenine z bolonjsko omako solata sok ali voda	porova juha z rižem testenine z grahovo omako solata sok ali voda	file postrvi s tržaško omako blitva s krompirjem sadje
PETEK	ješprenova zelenjavna juha biskvit z višnjami čokoladno mleko sadje		

Priloga E: Količina makrohranil v ponujeni hrani po dnevih

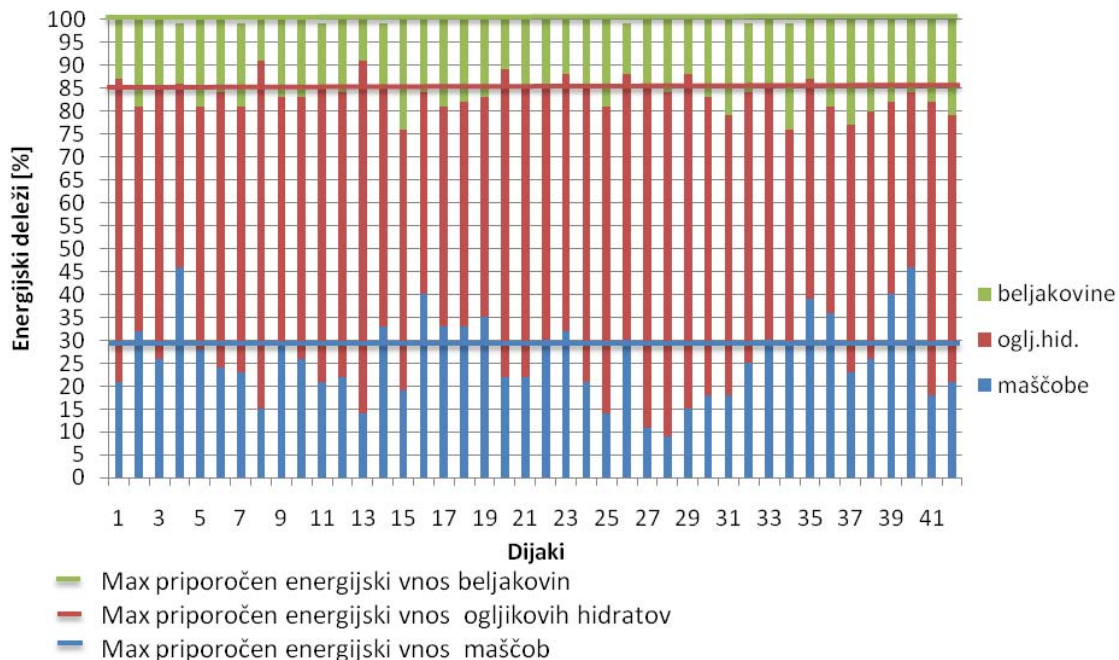
V tej prilogi je prikazan energijski vnos makrohranil (beljakovin, maščob in ogljikovih hidratov) v zaužiti hrani za 42 dijakov in dijakinj, za posamezni dan v enem tednu.

Priporočeni energijski vnosi so:

- beljakovine: 10-15 %
- ogljikovi hidrati: 50-60 %
- maščobe: do 30 %

Prikazano je tudi kdo je prekorachil priporocene vnose in v oklepaju možni vzrok za prekoračitev.

Ponedeljek



Slika A: Količina makrohranil v hrani za ponedeljek

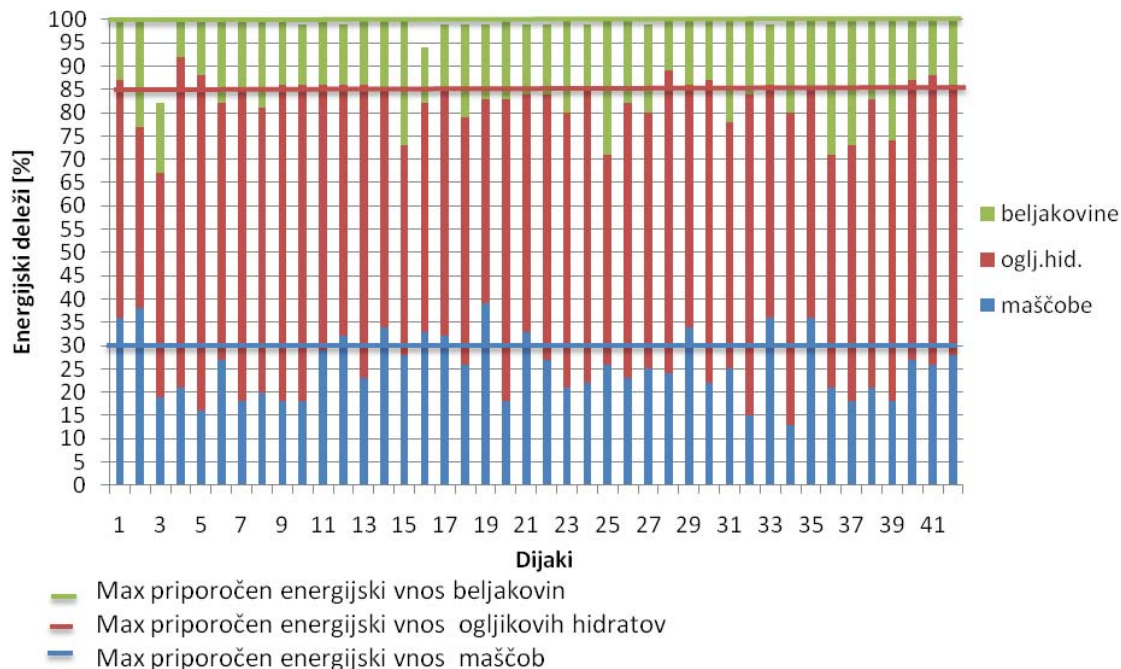
Povečan ali previsok vnos maščob je bil pri dijakih: št. 2 (masleni piškoti), št. 4 (čokoladna torta, orehi), št. 14 (nutela, pica, čokolada), št. 16 (masleni piškoti, maslo), št. 17 (sladoled, ocvrti piščanec), št. 18 (ocvrt sir, maslo), št. 19 (piškoti z orehi), št. 23 (mleko, ribja pašteta), št. 35 (maslo), št. 36 (čevapčiči), št. 39 (hrenovka), št. 40 (čevapčiči). Iz tega je razvidno, da so za previsok energijski vnos maščob na ta dan krivi predvsem: maslo, mleko, piškoti, čokolada in čevapčiči, ki vsebujejo še posebej veliko količino maščob.

Previsok energijski vnos ogljikovih hidratov je bil pri dijakih: št. 1 (sirova štručka, testenine, kosmiči), št. 8 (riževi kosmiči, sadni sladoled, špageti, ledeni čaj), št. 11 (sadni sladoled, sirova štručka, vlivanci), št. 12 (ananasov in pomarančni sok, rženi kruh in pečen krompir), št. 13 (cedevita, kosmiči, ribana kaša), št. 20 (bobi palčke, čokolino in vlivanci), št. 21 (kosmiči, kruh in rezanci), št. 24 (kosmiči, bombeta, ribana kaša), št. 25 (kruh, pecivo, kokakola), št. 27 (kosmiči, sadni jogurt), št. 28 (sirova štručka, sadni jogurt), št. 29 (vlivanci, kruh), št. 30

(sirova štručka, sadni jogurt), št. 41 (riž, vlivanci). Za previsok vnos ogljikovih hidratov pri velikem številu dijakov so krivi predvsem: kruh, testenine, kosmiči in kupljene pijače ter sadni jogurt in sladoled.

Previsok energijski vnos beljakovin je bil pri dijakih: št. 2 (piščančji file, masleni piškoti), št. 5 (testeninska solata, goveja juha), št. 7 (piščančje bedro), št. 9 (sirov zavitek, pečeni piščanec), št. 10 (pečeni piščanec, mleko, jetna pašteta), št. 15 (goveji zrezek, dunajski zrezek), št. 17 (ocvrti piščanec, svinjski zrezek), št. 18 (ocvrt sir, sadni jogurt), št. 19 (puranov zrezek, sir), št. 25 (kruh, perutninski paprikaš, kokakola), št. 30 (goveja juha, sirova štručka), št. 31 (piščančje prsi, skuta, sirova štručka), št. 34 (pečeni piščanec), št. 36 (pečeni piščanec, čevapčiči), št. 37 (kuhan pršut, špageti z mesom), št. 38 (pečeni piščanec, jetra), št. 39 (hrenovka), št. 41 (svinjski file), št. 42 (pečen piščanec). Za previsok energijski vnos beljakovin je krivo predvsem preveliko zaužitje mesa in mlečnih izdelkov.

Torek



Slika B: Količina makrohranil v hrani za torek

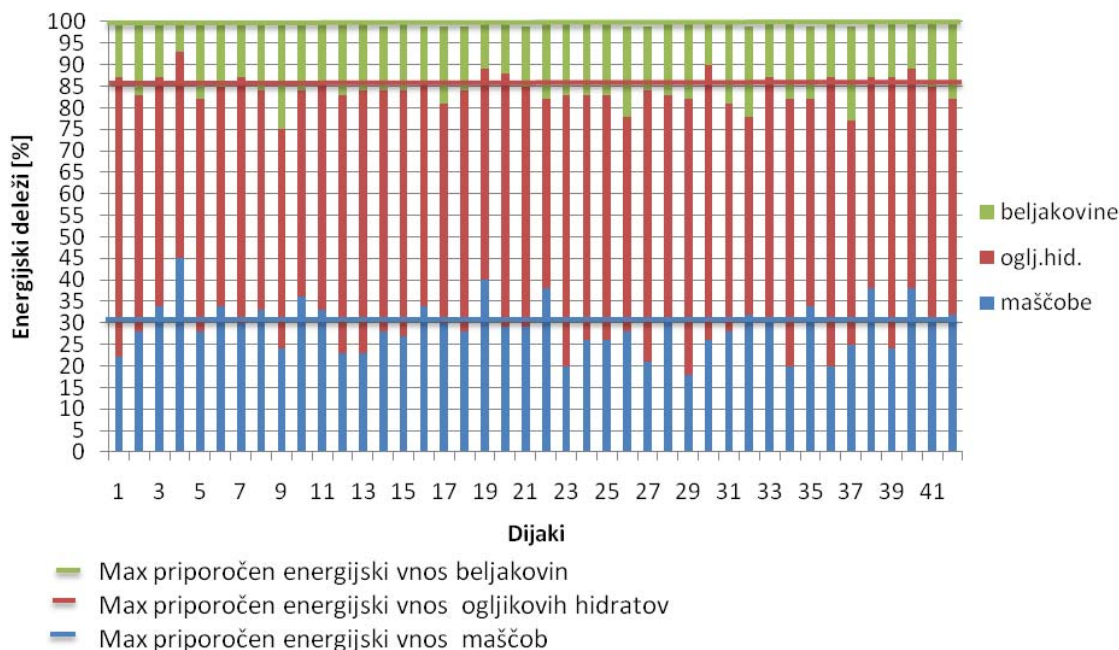
Previsok energijski vnos maščob je bil pri dijakih: št. 1 (orehi, solata z oljem), št. 2 (maslo, šunka), št. 12 (beluši z jajci), št. 14 (čokolada, hrenovka), št. 16 (čokoladna torta), št. 17 (pica burek), št. 19 (čokolada, piškoti z orehi), št. 21 (beluši z jajci), št. 29 (ocvrti sir), št. 33 (čokolada), št. 35 (maslo). Za previsok energijski vnos maščob so na ta dan krivi: orehi, jajca, čokolada in maslo.

Previsok energijski vnos ogljikovih hidratov je bil pri dijakih: št. 4 (tortilje), št. 5 (pica), št. 7 (ovseni kosmiči, banane, med), št. 9 (pica, slanik), št. 10 (pica, grozdni in jabolčni sok), št. 13 (jabolčni zavitek, cedevita), št. 20 (sadni sladoled, riž, kruh), št. 24 (pica, jabolčni zavitek), št.

28 (piškoti, rižev narastek, cedevita, grozdni sok), št. 30 (med, čokolino, sadni jogurt), št. 32 (riž, pica, jabolčni zavitek), št. 34 (kosmiči, zelenjavni riž), št. 38 (makaroni, čokolino, rižev narastek), št. 41 (mlečni griz, kruh, lazanja). Za previsok energijski vnos ogljikovih hidratov so krivi: kruh, testenine, kosmiči, med, pica in najrazličnejši sokovi.

Previsok energijski vnos beljakovin je bil pri dijakih: št. 2 (svinjski kotlet, sir), št. 6 (svinjska pečenka), št. 8 (svinjska pečenka, makaroni, jogurt), št. 15 (svinjski file, sir, jogurt), št. 18 (svinjski zrezek, makaroni), št. 20 (telečja pečenka, svinjski zrezek, kruh), št. 23 (puranji zrezek, svinjska pečenka, pica), št. 25 (goveje meso, svinjska pečenka, trdo kuhano jajce), št. 26 (pica, svinjska pečenka), št. 27 (svinjski file), št. 31 (svinjska pečenka, jogurt), št. 34 (svinjska pečenka, jogurt), št. 36 (postrv, svinjska pečenka), št. 37 (svinjski file, rižev narastek), št. 39 (jogurt). Za previsok energijski vnos beljakovin je krivo predvsem preveliko zaužitje mesa, rib in mlečnih izdelkov.

Sreda



Slika C: Količina makrohranil v hrani za sredo

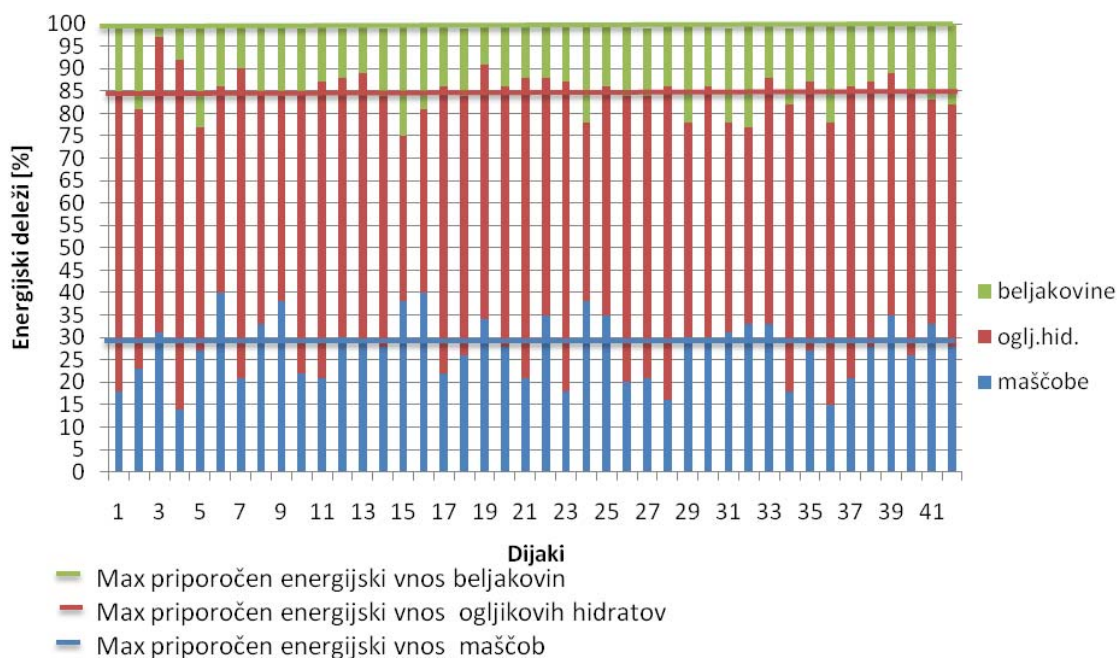
Previsok energijski vnos maščob je bil pri dijakih: št. 3 (piškoti s čokolado), št. 4 (čokoladna torta, bučno olje), št. 6 (suha salama, ocvrt svinjski zrezek), št. 8 (mesni polpet, čokolada), št. 10 (olje, mleko, suha salama), št. 11 (lzanja z mesom), št. 16 (masleni rogljički, mleko), št. 19 (čokolada, masleni piškoti), št. 22 (ocvrti sir), št. 32 (lzanja, suha salama, ocvrt piščanec), št. 35 (ocvrti jajčevci, maslo, ocvrt piščanec), št. 38 (kumarična omaka, ocvrt sir), št. 40 (ledena kava, majoneza, krof), št. 42 (ocvrt sir). Za previsok energijski vnos maščob so bili krivi predvsem: ocvrta hrana, suha salama in mleko.

Previsok energijski vnos ogljikovih hidratov je bil pri dijakih: št. 1 (kosmiči, pecivo), št. 23 (pica, kosmiči), št. 27 (kosmiči, banane, jabolčni sok), št. 29 (pica), št. 30 (kruh, jagodni sok,

čokolino), št. 34 (kosmiči), št. 36 (sadni sladoled, kruh), št. 39 (nektarine). Za previsok energijski vnos ogljikovih hidratov so bili krivi: kosmiči, čokolino, kruh in sokovi. Iz tega je tudi razvidno, da otroška hrana vsebuje precej ogljikovih hidratov.

Previsok energijski vnos beljakovin je bil pri dijakih: št. 2 (dunajski zrezek), št. 5 (ocvrt svinjski zrezek), št. 9 (svinjski file in dunajski zrezek), št. 12 (ocvrt sir), št. 17 (dunajski zrezek, polnozrnat kruh), št. 22 (ocvrti sir), št. 23 (pica, puranji zrezek, kebab), št. 24 (ocvrt puranji zrezek, suha salama), št. 25 (puranji zrezek), št. 26 (puranji zrezek, sirova štručka), št. 28 (ocvrt sir), št. 29 (pica, jajce), št. 31 (skuta, ocvrt puranji zrezek), št. 32 (ocvrt puranji zrezek, lazanja), št. 34 (slanik v paradižnikovi omaki), št. 35 (ocvrt puranji zrezek, piščančji file), št. 37 (dunajski zrezek, špageti z mesom), št. 42 (ocvrt sir). Za previsok energijski vnos beljakovin so bili krivi: meso, mlečni izdelki, jajca.

Četrtek



Slika D: Količina makrohranil v hrani za četrtek

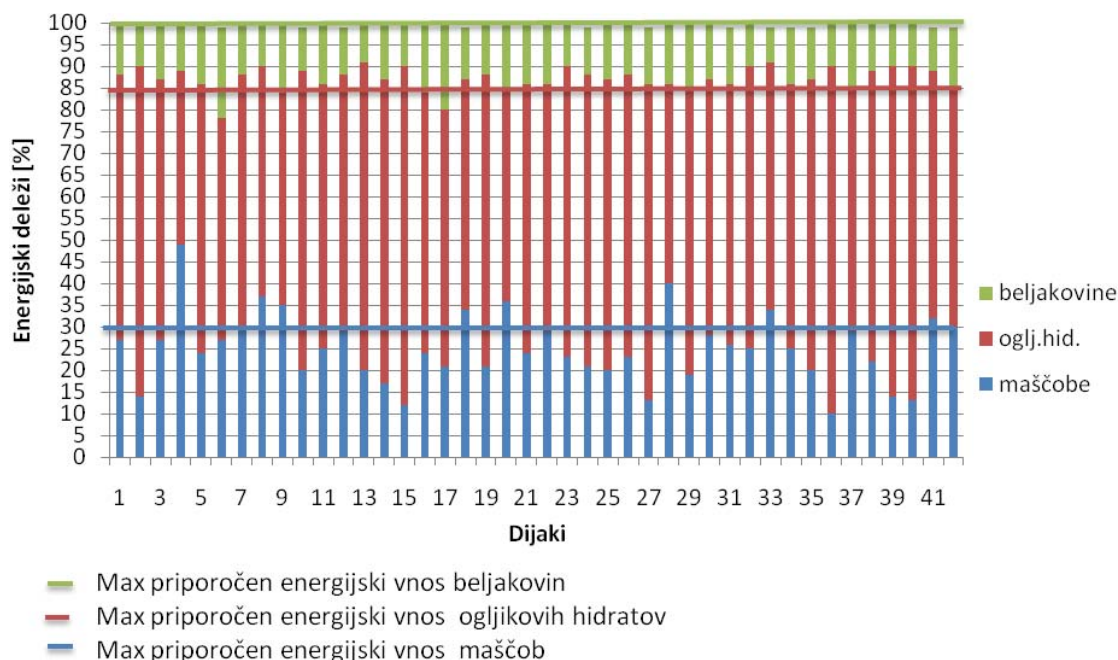
Previsok energijski vnos maščob je bil pri dijakih: št. 6 (maslo, piščančji zrezek), št. 8 (jogurtov mousse), št. 9 (jajce na oko, mleko), št. 15 (hrenovka), št. 16 (špageti carbonara, suha salama, jajce), št. 19 (čokolada, majoneza), št. 22 (maslo), št. 24 (blitva s krompirjem, file postrvi), št. 25 (bolonjska omaka, kakav), št. 32 (lasanja, file postrvi), št. 33 (maslo, svinjska pečenka), št. 39 (Kinder Pingvin, lazanja), št. 41 (napolitanke, hrenovka). Za previsok energijski vnos maščob so bili krivi: jajca, maslo, bolonjska omaka, lazanja.

Previsok energijski vnos ogljikovih hidratov je bil pri dijakih: št. 1 (seitan, pecivo), št. 3 (sadni jogurt, ravioli), št. 4 (jabolko, banana), št. 7 (banana, med, jabolčni sok), št. 10 (grozdni sok, pomarančni sirup, marelični sok), št. 11 (mešano sadje, sadni puding), št. 17 (kosmiči, polnozrnat kruh), št. 21 (kosmiči, kruh), št. 23 (pica, kosmiči), št. 26 (mlečni gris, kruh), št.

27 (hruška, čokolino), št. 28 (grozdni sok, čokolino), št. 34 (češnje, toast, marmelada), št. 36 (višnjev sok), št. 37 (pica). Za previsok energijski vnos ogljikovih hidratov so bili krivi: sadje, sadni sokovi, kosmiči in kruh.

Previsok energijski vnos beljakovin je bil pri dijakih: št. 2 (špageti, jogurt), št. 3 (sadni jogurt, ravioli), št. 5 (špageti z mesom, oslič), št. 15 (goveji zrezek, hrenovka), št. 16 (svinjska pečenka, jajce), št. 24 (file postrvi, kuhan pršut), št. 29 (obara, jogurt), št. 31 (bolonjska omaka, file postrvi), št. 32 (file postrvi, lasanja), št. 36 (špageti z mesom), št. 41 (hrenovka, špageti z mesom), št. 42 (špageti z mesom). Za previsok vnos beljakovin so bili krivi: špageti z mesom, file postrvi, mlečni izdelki, meso.

Petek



Slika E: Količina makrohranil v hrani za petek

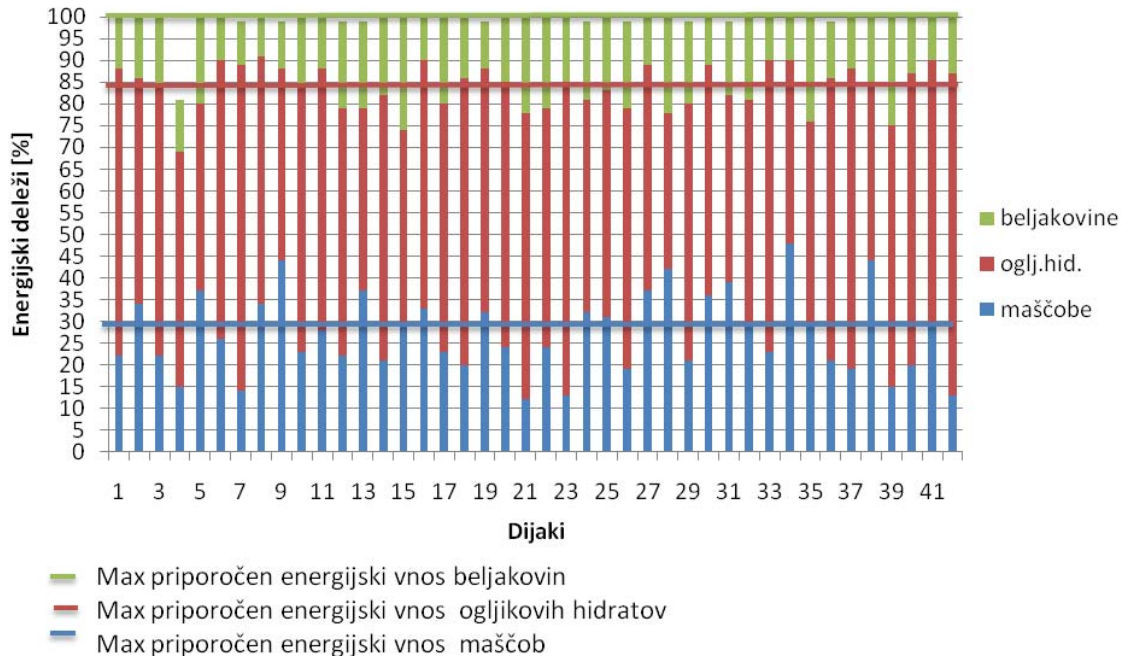
Previsok energijski vnos maščob je bil pri dijakih: št. 4 (lešniki), št. 8 (jogurtov musse), št. 9 (som, makovka, čokolada), št. 18 (jajce, makovka, maslo), št. 20 (magdalenice, šunka), št. 28 (lešniki, čokolada), št. 33 (čokolada, višnjeva pita), št. 41 (maslo, mesni polpet). Za previsok energijski vnos maščob so bili krivi: maslo, lešniki, čokolada, jajce, som.

Previsok energijski vnos ogljikovih hidratov je bil pri dijakih: št. 2 (pica, ješprenova juha), št. 5 (kruh, rižev narastek), št. 10 (pita, ješprenova juha, puding), št. 13 (kosmiči, kruh), št. 14 (jagodni sok, kapučino), št. 15 (ješprenova juha), št. 19 (ješprenova juha, piškoti, čokolada), št. 21 (kosmiči, biskvit z višnjami), št. 23 (kosmiči), št. 24 (ribezov sok, kosmiči, sendvič s tuno), št. 25 (kompot, ješprenova juha), št. 26 (kosmiči, makovka), št. 27 (kosmiči, ješprenova juha), št. 29 (ješprenova juha, krompirjevi svaljki), št. 32 (ribezov sok, jabolčni zavitek), št. 35 (kolač), št. 36 (sadni sladoled, ješprenova juha), št. 38 (biskvit, ješprenova juha), št. 39 (pecivo, jagodni sok, ješprenova juha), št. 40 (jagodni sok, rižev narastek). Za previsok

energijski vnos ogljikovih hidratov so krivi predvsem: ješprenova juha, kosmiči, pecivo in sokovi.

Previsok energijski vnos beljakovin je bil pri dijakih: št. 6 (sir), št. 17 (svinjski zrezek). Na ta dan je bil energijski vnos beljakovin v mejah normale, le dvakrat je bil nekoliko previsok. Za to sta bila pa kriva sir in svinjska pečenka.

Sobota



Slika F: Količina makrohranil v hrani za soboto

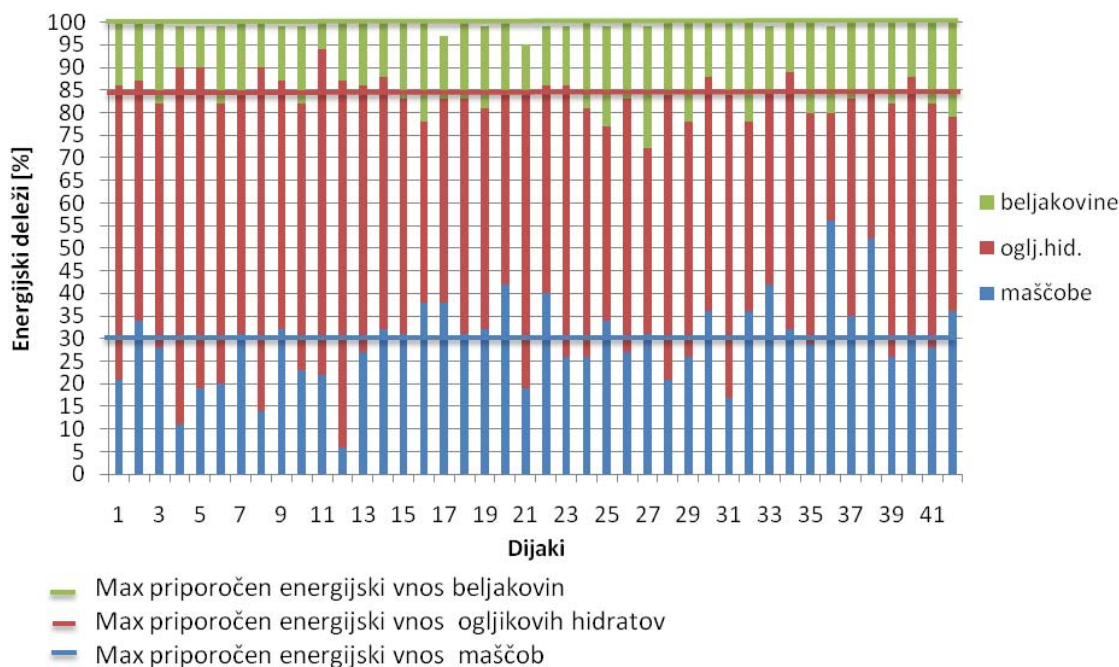
Previsok energijski vnos maščob je bil pri dijakih: št. 2 (piščančji zrezek, šunka), št. 5 (bučno olje, suha salama), št. 8 (maslo, čevapčiči), št. 9 (čokoladna potica, žganci, mandeljni), št. 13 (kurje bedro), št. 16 (potica, pecivo-breskvice), št. 19 (čokolada, špageti z mesom), št. 24 (čokolada, margarina), št. 27 (muffin), št. 28 (čevapčiči), št. 30 (ledena kava), št. 31 (pašteta), št. 34 (maslo), št. 38 (hrenovka). Za previsok energijski vnos maščob so bili krivi predvsem: maslo, potica, čevapčiči, piščanec, salama in čokolada.

Previsok energijski vnos ogljikovih hidratov je bil pri dijakih: št. 1 (kosmiči, sladoled), št. 3 (med, kruh, toast), št. 6 (mlečni griz, kruh), št. 7 (jabolčni žepček, kosmiči), št. 18 (pecivo, rolada, kruh), št. 21 (kruh, sadni jogurt), št. 23 (kosmiči, makaroni), št. 33 (slane palčke, kruh), št. 36 (pica, kokakola), št. 37 (pica, sladoled), št. 40 (pica, jagodno sok), št. 42 (sadna kupa, kruh). Za previsok energijski vnos ogljikovih hidratov so bili krivi predvsem: kruh, pecivo, kosmiči, testenine, pica in sladoled.

Previsok energijski vnos beljakovin je bil pri dijakih: št. 5 (puranji zrezek, sir), št. 10 (pečen piščanec, mleko), št. 12 (piščančji file, makaroni), št. 13 (kurje bedro), št. 14 (dunajski zrezek, piškoti), št. 15 (riba, hrenovka), št. 17 (sirni namaz), št. 21 (burritos, kruh), št. 22 (sojini zrezki), št. 24 (postrv), št. 25 (hrenovka), št. 26 (jetrci), št. 28 (piščančji file), št. 29 (sir), št.

31 (puranji zrezek, pašteta), št. 32 (kotlet), št. 35 (pečen piščanec), št. 39 (golaž). Za previsok energijski vnos beljakovin so krivi predvsem: preveč zaužitega mesa, rib in jeter.

Nedelja



Slika G: Količina makrohranil v hrani za nedeljo

Previsok energijski vnos maščob je bil pri dijakih: št. 2 (čokoladni sladoled), št. 9 (čokoladna potica, žganci), št. 14 (ocvrte banane), št. 16 (čevapčiči, svinjska pečenka), št. 17 (margarina, jajce na oko), št. 19 (piškoti, špageti z mesom), št. 20 (mesni polpet), št. 22 (čokoladni žepček, sir), št. 25 (napolitanke), št. 30 (ledena kava), št. 32 (sir za mazanje), št. 33 (čokoladna torta, čokoladna rolada), št. 34 (majoneza), št. 36 (čevapčiči, pečena hrenovka), št. 37 (mleko), št. 38 (potica), št. 42 (ocvrti piščanec). Za previsok energijski vnos maščob so krivi predvsem: čevapčiči, pečena hrenovka, majoneza, sladoled, potica, sir in mleko.

Previsok energijski vnos ogljikovih hidratov je bil pri dijakih: št. 1 (kruh, štručka, kosmiči), št. 4 (banane), št. 5 (ješprenova juha, ribezov sok), št. 6 (mlečni griz), št. 8 (ledeni čaj, pica), št. 11 (kompot, jabolko), št. 12 (kruh, rižota), št. 21 (kosmiči), št. 28 (kruh), št. 31 (kruh). Za previsok energijski vnos ogljikovih hidratov so krivi predvsem: kruh, kosmiči, sadje in sok.

Previsok energijski vnos beljakovin je bil pri dijakih: št. 3 (sir), št. 5 (pečen piščanec, mlečni griz), št. 10 (goveje meso, mleko), št. 15 (ocvrt piščančji zrezek), št. 16 (svinjska pečenka, goveja juha, jogurt), št. 18 (špageti z mesom, jajce), št. 19 (sir, solata z lečo), št. 24 (pečen piščanec, goveja juha), št. 25 (goveja pečenka, pariški zrezek), št. 26 (piščančji medaljoni, toast), št. 27 (goveje meso, sirova štručka), št. 29 (dunajski zrezek), št. 31 (kruh, šunka), št. 32 (sir za mazanje), št. 35 (hamburger, piščanec), št. 36 (ocvrt piščančji zrezek, čevapčiči), št. 37 (skuta, mleko), št. 39 (zrezek v smetanovi omaki), št. 41 (pečen piščanec), št. 42 (ocvrt piščanec). Za previsok energijski vnos beljakovin so krivi predvsem: preveč zaužitega mesa, goveja juha in mlečni izdelki.