

TELESNÉ ZLOŽENIE A INDEXY OBEZITY U SLOVENSKÝCH ŠTUDENTOV VO VEKU OD 16 DO 25 ROKOV

The Body Composition and Obesity Indices in Slovak Students Aged from 16 to 25 Years

Zuzana Danková¹, Marta Cvičelová¹,
Daniela Siváková¹

¹Katedra antropológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita
Komenského v Bratislave, Bratislava, Slovenská republika

Abstract

The characteristics of body composition are very useful determinants of health and nutrition status and sensible predictors of obesity. The aim of this study was to analyze body composition differences of students to detect individuals with obesity risk, subjects with an altered tissue electric properties using bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) and to calculate correlations between anthropometric and bioelectric impedance analysis (BIA) parameters. We studied 293 healthy individuals (140 males in age 21.0 ± 2.6 years, 153 females in age 19.5 ± 2.8 years). The whole sample was analysed considering sex and type of school (secondary schools and universities).

The results of vector analysis showed significantly different tissue electric properties in male and female students, confirmed by Hotelling T^2 -test (males: $T^2 = 35.6$, $p = 0.0000$; females: $T^2 = 29.7$, $p = 0.0000$). The overall nutrition status of both male and female university students was better than secondary school students. Mean values of BMI, WHR, FMI (fat mass index) and FFMI (fat free mass index) were within the categories of normal values in all studied groups. However, after the distribution of these indices into categories we detected on average 26.16% males and 36.24% females with increased obesity risk. The mean values of BCMI (body cell mass index) in both females groups indicated malnutrition, which was detected in 3.6% of males and 8.5% of females by the method combining BMI and FMI. Direct masked obesity was found among 9.2% of males and 22.89% of females what underlined the importance of examination of body composition mostly in cases if BMI values are optimal. Strong correlation coefficient was found between BMI and FM%, BMI and FMI in both sexes.

Key words: bioelectrical impedance analysis, fat mass, fat mass index, BIVA

Úvod

Detekcia obezity je možná pomocou viacerých antropometrických metód. Od jednoduchých meraní telesnej výšky, hmotnosti a obvodových mier po meranie hrúbky kožných rias, či stanovenie nutričného stavu a rizika obezity pomocou indexov BMI, WHR alebo podľa obvodu pásu. V posledných rokoch je predmetom záujmu vývinových, športových, epidemiologických a zdravotných výskumov analýza celkového telesného zloženia jedincov (Amir & Rakhshanda, 2009; Withers et al., 1998). Jednou z metód určovania telesného zloženia je BIA metóda založená na bioelektrickej impedancii a vodivosti tkanív. Získané údaje slúžia ako diagnostický nástroj pri rôznych poruchách a ochoreniach (anorexia, obezita, zlyhanie obličiek,

poruchy pečene, rakovina, srdcové zlyhanie, poranenia miechy, osteoporóza a iné) a ako markery na sledovanie účinnosti diét a cvičenia (Amir & Rakhshanda, 2009; Gába & Přidalová, 2013; Přidalová & Gába, 2011; Withers et al., 1998). Ako výsledky viacerých štúdií naznačujú, údaje telesného zloženia sú vhodným determinantom zdravotného, funkčného a nutričného stavu organizmu (Přidalová et al., 2011) a citlivejším prediktorom rizikových faktorov ako BMI (Kyle et al., 2003; Amir & Rakhshanda, 2009). Index BMI sa tak viac používa ako hrubý odhad klasifikácie obezity, nakoľko nedokáže presne stanoviť podiel tukovej zložky organizmu a v niektorých prípadoch (starí ľudia, siloví športovci, jedinci s krátkymi nohami, pacienti so schizofréniou) dokonca nesprávne indikuje nadváhu (DeLorenzo et al., 2003; Garn et al., 1986; Sharpe et al., 2008; Talluri et al., 2003;). Na limity BMI ako markera obezity poukazujú aj štúdie sledujúce detskú populáciu a adolescentov (Freedman et al., 2005; Widhalm et al., 2001). V klinickej praxi sa preto odporúča nahradiť BMI buď stanovením percenta tuku (Moreno et al., 2006; Widhalm et al., 2001), indexom BCMI (Talluri et al., 2003), alebo hodnotiť množstvo tukovej a beztukovej hmoty prepočítané na telesnú výšku – tzv. FMI (index tukovej hmoty) a FFMI (index beztukovej hmoty) (Shutz et al., 2002; Wells, 2000).

Cieľ

Cieľom našej štúdie bolo vyhodnotiť telesné zloženie študentov a študentiek vo veku 16 až 25 rokov, stanoviť počet rizikových jedincov vo vzťahu k obezite podľa zaužívaných ukazovateľov obezity, ako aj podľa percenta tuku, FMI (index tukovej hmoty) a FFMI (index beztukovej hmoty) a zistiť korelácie ukazovateľov obezity (BMI, WHR, percento tuku podľa kožných rias, obvod pásu) s vybranými BIA parametrami.

Metodika

Sledovaný súbor tvorilo 293 zdravých jedincov: 140 mužov a 153 žien vo veku 16 až 25 rokov. Vyšetrovaní jedinci, dobrovoľníci, boli študenti ($n = 59$) a študentky ($n = 77$) gymnázia v Partizánskom a v Topoľčanoch a študenti ($n = 81$) a študentky ($n = 76$) vysokých škôl v Bratislave (Univerzita Komenského v Bratislave, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Akadémia Policajného zboru) pochádzajúci z rôznych miest Slovenska. Výskum prebiehal v rokoch 2009–2010.

U každého probanda sme zmerali 8 antropometrických parametrov: telesná výška, telesná hmotnosť, obvod pásu, obvod bokov a 4 kožné riasy. Hrúbku kožnej riasy nad tricepsom, nad bicepsom, pod lopatkou a na boku sme merali kaliperom značky SOMET. Následne sme vypočítali indexy BMI, WHR, CI a tuku z hrúbky kožných rias podľa Kleinwachterovej a Brázdovej (1992). Klasifikáciu hodnôt BMI sme robili podľa WHO (2004), kategorizáciu WHR a obvodu pásu podľa WHO (2008). Index FMI sme vypočítali ako $(FM/telesná\ výška^2 \text{ v kg/m}^2)$, index FFMI ako $(FFM/telesná\ výška^2 \text{ v kg/m}^2)$ podľa Hattori, Tatsumi a Tanaka (1997). Výskyt skrytej obezity sme hodnotili na základe Fukuoka a kol. (2012), s úpravami kategórií FM podľa BIA 101 pre všetky vekové kategórie nasledovne: muži BMI < 25 a FM $\geq 22\%$, ženy BMI < 25 a FM $\geq 30\%$.

Parametre zloženia tela sme zisťovali bioelektrickou impedančnou metódou pomocou monofrekvenčného prístroja BIA 101 (Akern-RJL, Taliansko) a vyhodnocovali programom Bodygram pre Windows v.1.3 (Akern-RJL) a bioelektrickou impedančnou vektorovou analýzou (BIVA) (Picolli & Pastori, 2002). Na kategorizáciu optimálnych hodnôt sledovaných parametrov sme použili BIA manuál pre príslušnú vekovú kategóriu do 30 rokov: optimálne hodnoty FM muži 15–18 %, FM ženy 16–20 %; BCMI > 8,0 kg/m².

V štatistickej analýze sme hodnotili každú skupinu zvlášť. Následne sme porovnávali mužov aj ženy podľa typu

navštevovanej školy. Na tieto analýzy bol použitý program SPSS pre Windows v. 17.0. Na testovanie normálneho rozdelenia hodnôt sme použili Kolmogorovov-Smirnovov test. Na porovnanie dát sme pri nie normálnom rozdelení použili Mann-Whitneyov test, pri normálnom rozdelení T-test. Korelačné analýzy sme robili Pearsonovým testom v prípade dát s normálnym rozdelením a Spearmanovým neparametrickým testom v prípade dát s nie normálnou distribúciou. Heterogenita súborov v BIVA diagramoch bola testovaná Hotellingovým T²-testom.

Výsledky

Tabuľka 1 uvádza základné antropometrické charakteristiky sledovaných skupín. Študenti vysokých škôl (VŠ) boli štatisticky významne vyšší, ťažší, mali väčší obvod hrudníka, pása a bokov v porovnaní so študentmi stredných škôl (SŠ). Študentky VŠ mali štatisticky významne väčší obvod hrudníka a obvod bokov ako stredoškolské študentky. Celkový súčet kožných rias

a percento tuku z hrúbky kožných rias boli však u týchto študentiek štatisticky významne nižšie v porovnaní so ženami na SŠ.

Aj pri parametroch telesného zloženia sme zistili štatisticky významné rozdiely medzi jedincami študujúcimi na strednej a vysokej škole. Vzhľadom na odlišný vek porovnávaných skupín sme následne porovnanie parametrov telesného zloženia adjustovali na vek (Tabuľka 2). Súbor študentov sa tak štatisticky významne líšil v hodnotách bunkovej hmoty (BCM), objemu tekutín (TBW a ICW) a množstva svalovej hmoty (MM) v prospech vysokoškolských študentov. V skupine žien nebol zaznamenaný žiadny štatisticky významný rozdiel.

Konfidenčný BIVA diagram (Obrázok 1) názorne zobrazuje rozdiely v priemerných impedančných vektoroch SŠ a VŠ študentov sledovaného súboru. Veľkosť konfidenčných elips je ovplyvnená variabilitou vektorových komponentov a veľkosťou súboru (menšie elipsy z väčšieho počtu jedincov s podobnou SD). Neprekrývajúce sa 95% konfidenčné elipsy zna-

Tabuľka 1. Základné antropometrické charakteristiky sledovaných skupín

Parametr	Muži			Ženy		
	SŠ	VŠ	p	SŠ	VŠ	p
	(n = 59)	(n = 81)		(n = 77)	(n = 76)	
	priemer ± SD	priemer ± SD		priemer ± SD	priemer ± SD	
Vek (roky)	17,49 ± 0,75	21,98 ± 1,67	≤ 0,001	17,03 ± 0,71	22,09 ± 1,35	≤ 0,001
TV (cm)	178,98 ± 6,02	181,64 ± 7,14	≤ 0,05	167,47 ± 5,51	168,25 ± 6,88	ns
TH (kg)	72,38 ± 10,57	78,70 ± 12,53	≤ 0,01	57,45 ± 7,17	58,28 ± 6,89	ns
Obvod hrudníka (cm)	90,30 ± 6,59	97,45 ± 9,19	≤ 0,001	83,45 ± 4,50	86,17 ± 4,43	≤ 0,001
Obvod pása (cm)	82,69 ± 6,67	88,23 ± 8,69	≤ 0,001	77,07 ± 5,67	77,25 ± 5,92	ns
Obvod bokov (cm)	93,08 ± 5,79	98,72 ± 6,33	≤ 0,001	92,55 ± 5,47	95,94 ± 4,92	≤ 0,001
Súčet HKR (mm)	33,22 ± 14,18	34,00 ± 12,68	ns	48,44 ± 13,06	41,75 ± 10,09	≤ 0,001
% tuku HKR	14,07 ± 4,26	14,49 ± 3,88	ns	27,30 ± 3,59	25,38 ± 3,11	≤ 0,001

Poznámka: SŠ – stredná škola, VŠ – vysoká škola, TV – telesná výška, TH – telesná hmotnosť, súčet HKR – súčet hrúbky kožných rias, % tuku HKR – percento tuku z hrúbky kožných rias

Tabuľka 2. Parametre telesného zloženia získané metódou BIA

Parametr	Muži			Ženy		
	SŠ	VŠ	p*	SŠ	VŠ	p*
	(n = 59)	(n = 81)		(n = 77)	(n = 76)	
	priemer ± SD	priemer ± SD		priemer ± SD	priemer ± SD	
Rz (ohm)	500,53 ± 45,10	464,95 ± 62,16	ns	670,53 ± 53,68	622,43 ± 65,18	ns
Xc (ohm)	60,90 ± 5,87	62,81 ± 9,68	ns	74,01 ± 8,29	73,16 ± 9,67	ns
PA	6,97 ± 0,69	7,74 ± 1,01	ns	6,31 ± 0,70	6,71 ± 0,69	ns
Rz/TV	279,88 ± 26,29	256,26 ± 35,19	ns	400,66 ± 32,67	370,78 ± 43,89	ns
Xc/TV	34,09 ± 3,78	34,69 ± 5,90	ns	44,26 ± 5,33	43,56 ± 6,09	ns
Na/K	1,02 ± 0,11	0,97 ± 0,12	ns	0,96 ± 0,10	0,96 ± 0,09	ns
BCM (kg)	30,16 ± 2,95	31,61 ± 4,46	0,013	19,81 ± 1,94	21,38 ± 2,65	ns
BCM (%)	49,21 ± 1,98	50,71 ± 2,34	ns	48,11 ± 2,92	48,30 ± 2,27	ns
TBW (l)	43,69 ± 4,73	46,30 ± 6,06	0,049	30,88 ± 3,61	32,48 ± 3,45	ns
TBW (%)	60,55 ± 3,18	59,17 ± 4,09	ns	53,00 ± 6,02	54,87 ± 0,05	ns
ECW (l)	16,17 ± 2,45	17,45 ± 2,94	ns	12,82 ± 1,22	13,02 ± 1,63	ns
ECW (%)	36,89 ± 2,50	37,67 ± 3,68	ns	41,91 ± 2,03	39,74 ± 0,04	ns
ICW (l)	27,52 ± 2,68	28,84 ± 4,08	0,013	17,70 ± 2,09	19,46 ± 2,36	ns
ICW (%)	63,11 ± 2,50	62,33 ± 3,68	ns	58,09 ± 2,03	59,88 ± 3,00	n.s.
FM (kg)	11,25 ± 5,17	16,37 ± 7,51	ns	16,76 ± 6,90	14,21 ± 4,97	ns
FM (%)	14,88 ± 4,77	20,19 ± 7,16	ns	27,60 ± 6,33	23,92 ± 6,70	ns
FFM (kg)	61,34 ± 5,92	62,33 ± 8,23	ns	41,17 ± 3,19	44,21 ± 4,68	ns
FFM (%)	85,12 ± 4,77	79,81 ± 7,16	ns	72,10 ± 7,14	75,21 ± 8,64	ns
MM (kg)	36,70 ± 3,62	38,54 ± 5,30	0,016	24,43 ± 2,30	26,24 ± 3,15	ns
MM (%)	50,99 ± 3,82	49,34 ± 4,79	ns	42,89 ± 3,68	45,08 ± 3,99	ns
BMR (kcal)	1723,29 ± 119,34	1849,92 ± 159,35	ns	1334,41 ± 82,16	1411,56 ± 110,81	ns

Poznámka: Rz – rezistencia, Xc – reaktancia, PA – fázový uhol, Rz/TV – rezistencia/telesná výška, Xc/TV – reaktancia/telesná výška, BCM – bunková hmotnosť, TBW – celková telová voda, ECW – mimobunková tekutina, ICW – vnútroobunková tekutina, FM – tuková hmotnosť, FFM – hmotnosť bez tuku, MM – svalová hmotnosť, BMR – hladina bazálneho metabolizmu, * – adjustované na vek

Tabuľka 3. Priemerné hodnoty indexov obezity v jednotlivých skupinách

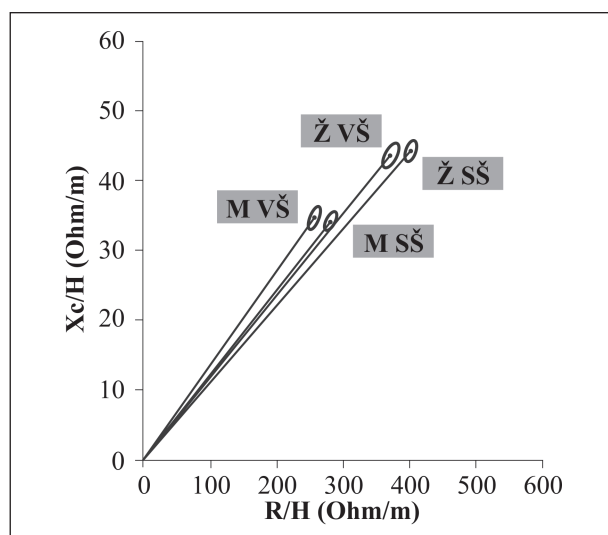
Parametr	Muži			Ženy		
	SŠ	VŠ	p	SŠ	VŠ	p
	(n = 59) priemer ± SD	(n = 81) priemer ± SD		(n = 77) priemer ± SD	(n = 76) priemer ± SD	
BCMI	9,38 ± 0,79	9,57 ± 1,16	ns	7,03 ± 0,56	7,49 ± 0,75	≤ 0,001
FMI	3,48 ± 1,55	4,96 ± 2,25	≤ 0,001	5,96 ± 2,42	5,03 ± 1,77	≤ 0,05
FFMI	19,13 ± 1,45	18,87 ± 1,99	ns	14,68 ± 0,87	15,67 ± 1,86	≤ 0,001
BMI	22,55 ± 2,76	23,82 ± 3,29	≤ 0,05	20,49 ± 2,41	20,56 ± 1,85	ns
WHR	0,89 ± 0,04	0,89 ± 0,05	ns	0,81 ± 0,13	0,81 ± 0,05	ns

Poznámka: BCMI – index bunkovej hmoty, FMI – index tukovej hmoty, FFMI – index beztukovej hmoty, BMI – body mass index, WHR – waist to hip ratio

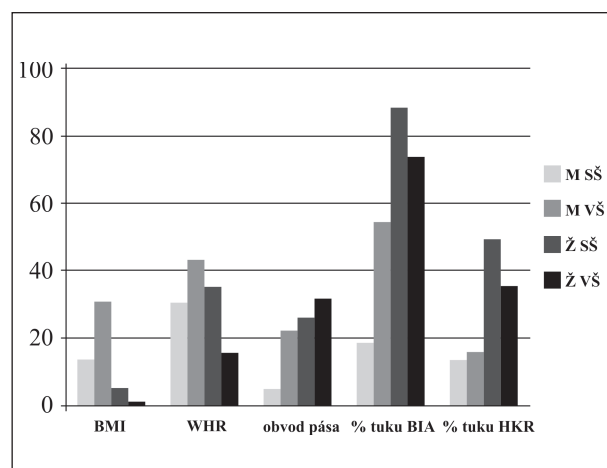
Tabuľka 4. Korelácie ukazovateľov obezity a vybraných BIA parametrov u mužov a žien

Muži		BMI	% HKR	Rz	Xc	PA	FM %	BCMI	FMI	FFMI
BMI	r	–	0,546 ***	–0,579 ***	–0,255 **	0,269 **	0,729 ***	0,666 ***	0,829 ***	0,696 ***
WHR	r	0,316 ***	0,461 ***	ns	ns	ns	0,296 ***	ns	0,324 ***	ns
% HKR	r	0,546 ***	–	ns	–0,175 *	ns	0,541 ***	ns	0,564 ***	0,285 **
Obvod pásu	r	0,728 ***	0,686 ***	–0,350 ***	–0,197 *	ns	0,744 ***	0,450 ***	0,769 ***	0,526 ***
Ženy		BMI	% HKR	Rz	Xc	PA	FM %	BCMI	FMI	FFMI
BMI	r	–	0,450 ***	–0,205 *	ns	ns	0,519 ***	ns	0,547 ***	0,177 *
WHR	r	0,266 **	0,180 *	ns	–0,178 *	–0,165 *	0,266 **	ns	0,160 **	ns
% HKR	r	0,450 ***	–	ns	ns	ns	0,334 ***	ns	0,330 ***	ns
Obvod pásu	r	0,667 ***	0,417 ***	–0,214 **	ns	ns	0,419 ***	ns	0,356 ***	ns

Poznámka: BMI – body mass index, WHR – waist to hip ratio, % HKR – percento tuku podľa hrúbky kožných rias, Rz – rezistencia, Xc – reaktancia, PA – fázový uhol, FM % – percento tuku, BCMI – index bunkovej hmoty, FMI – index tukovej hmoty, FFMI – index beztukovej hmoty, r – korelačný koeficient, *** = ≤ 0,001, ** = < 0,01, * = < 0,05

Obrázok 1. Priemerné imedančné vektory s 95% konfidenčnými elipsami sledovaných súborov

Poznámka: R/H – rezistencia štandardizovaná telesnou výškou, Xc/H – reaktancia štandardizovaná telesnou výškou, SŠ – stredná škola, VŠ – vysoká škola, M – muži, Ž – ženy

Obrázok 2. Percento mužov a žien v rizikových kategóriách sledovaných indexov obezity

Poznámka: BMI – body mass index (kg/m²); WHR – waist to hip ratio; % HKR – percento tuku podľa hrúbky kožných rias; SŠ – stredná škola, VŠ – vysoká škola; M – muži; Ž – ženy; muži: BMI ≥ 25; WHR ≥ 0,90, obvod pásu ≥ 94; % tuku > 18 %; % tuku HKR > 18 %; ženy: BMI ≥ 25, WHR ≥ 0,85, obvod pásu ≥ 80, % tuku > 20 %, % tuku HKR > 26 %

menajú štatisticky signifikantné rozdiely medzi priemernými vektormi na grafe. To indikuje heterogenitu súborov, ktorá bola potvrdená Hotellingovým T^2 -testom (muži: $T^2 = 35,6$; $F = 17,7$; $p = 0,0000$; $D = 1,02$; ženy: $T^2 = 29,7$; $F = 14,7$; $p = 0,0000$; $D = 0,88$). Muži majú kratší impedančný vektor a väčší fázový uhol, čo sa potvrdilo aj v našom súbore, nakoľko majú viac svalovej hmoty a lepší hydratačný status v porovnaní so ženami rovnakého veku. Väčší fázový uhol u mužov a žien študujúcich na vysokých školách poukazuje na viac bunkovej hmoty, lepšiu bunkovú integritu a teda lepši nutričný stav jedincov v týchto skupinách.

Priemerné hodnoty indexov obezity – BMI, WHR, FMI a FFMI (Tabuľka 3) nenaznačujú zdravotné riziko vyplývajúce z nadhmotnosti či obezity v sledovaných skupinách. Študenti VŠ mali štatisticky významne vyššie hodnoty FMI a BMI ako študenti SŠ, čo korešponduje s vyššie uvedenými antropometrickými a BIA charakteristikami. FMI a aj FFMI u študentiek VŠ potvrdzujú, že táto skupina má v porovnaní so študentkami SŠ menej tukovej hmoty a viac beztukovej hmoty. Podľa priemerných hodnôt BCMI majú však obidve skupiny žien sklon k podvýžive (BCMI nižšie ako $8,0 \text{ kg/m}^2$).

Kategorizácia hodnôt sledovaných indexov obezity však zachytila priemerne 26,16 % mužov a 36,24 % žien so zvýšenými hodnotami indexov (Obrázok 2). Najviac rizikových študentov na SŠ a VŠ zachytáva WHR index a % tuku zistené BIA metódou. Najviac rizikových žien na SŠ a VŠ je podľa % tuku (BIA), nasleduje % tuku podľa hrúbky kožných rias, pričom najmenej rizikových žien označuje index BMI.

Nakoľko percento zachytených jedincov podľa BMI indexu a podľa percenta tuku získaného BIA metódou sa značne lišilo, zamerali sme sa na kategorizáciu podľa metodiky Kyle a kol. (2004), ktorá hodnotí hodnoty BMI a zároveň aj hodnoty indexu tukovej hmoty (FMI) a indexu beztukovej hmoty (FFMI). Podľa BMI a FMI sme zachytili v našom súbore 12,1 % mužov s vysokým rizikom a 2,9 % mužov s veľmi vysokým rizikom vyplývajúcim z nadhmotnosti. U žien sme zachytili iba 1,96 % s vysokým rizikom. Pri kategorizácii hodnôt FFMI podľa prislúchajúcej BMI hodnoty sme našli 10 % mužov a žiadne ženy s vysokým rizikom. Z hľadiska nutričného stavu sme však podľa tejto metodiky detekovali v súbore 3,6 % mužov a 8,5 % žien s nízkymi hodnotami BMI a zároveň s nízkymi hodnotami FMI, teda s náznakom podvýživy. Pri hodnotení podvýživy iba podľa BMI sme našli v súbore 3,6 % mužov a 16,3 % žien s nízkymi hodnotami tohto indexu, pričom viac jedincov s podvýživou bolo v súbore stredoškolských študentov.

Pri tejto metóde hodnotenia však zostalo nezaraďených 20 % resp. 35 % mužov a 24,2 % resp. 45 % žien (FMI a FFMI resp.), ktoré nespĺňali kritéria ani jednej z tried a mali hodnoty BMI a FMI alebo FFMI v iných kategóriách (napr. BMI v kategórii optimálnych hodnôt, avšak FMI ako rizikovú hodnotu).

Časť týchto jedincov, 19 % študentov VŠ, 29,9 % študentiek SŠ a 15,8 % študentiek VŠ, malo skrytú obezitu [$\text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$ a $\text{FM} \geq 22 \%$ (muži)/ $\text{FM} \geq 30 \%$ (ženy)]. Ak sme však ako rizikovú hranicu použili referenčné hodnoty pre náš BIA prístroj, ktorý hodnotí aj príslušnú vekovú kategóriu (muži $\text{FM} \geq 18 \%$; ženy $\text{FM} \geq 20 \%$), výrazne vzrástlo percento rizikových jedincov nasledovne: študenti SŠ: 5,1 %, študenti VŠ 24,7 %, študentky SŠ 83,1 % a študentky VŠ 72,4 %, čo je už porovnateľnejšie s výsledkami na obrázku 1 pre % tuku podľa BIA.

Medzi ukazovateľmi obezity a vybranými BIA parametrami (Tabuľka 4) bola zistená u mužov štatisticky významná korelácia s najvyšším korelačným koeficientom medzi hodnotami BMI a FMI ($r = 0,829$; $p < 0,001$), BMI a FM% ($r = 0,729$; $p < 0,001$), obvodom pásu a FM% ($r = 0,744$; $p < 0,001$) a s obvodom pásu a FMI ($r = 0,769$; $p < 0,001$). Najvyššie hodnoty korelačných koeficientov u žien boli zistené medzi parametra-

mi BMI a obvodom pásu ($r = 0,667$; $p < 0,001$), medzi BMI a FM% ($r = 0,519$; $p < 0,001$) a medzi BMI a FMI ($r = 0,547$; $p < 0,001$).

Diskusia

Výsledky tejto štúdie poukazujú na odlišné antropometrické a bioimpedančné charakteristiky slovenských jedincov študujúcich na strednej a vysokej škole. Nakoľko sme v práci hodnotili aj skupinu adolescentov, v ktorej môže ešte dochádzať k proporčným zmenám, vyššie hodnoty telesnej výšky a ostatných parametrov u študentov VŠ mohli byť spôsobené neukončeným rastom. V súbore žien sme zaznamenali rovnaké priemerné hodnoty telesnej výšky, telesnej hmotnosti a aj indexu BMI u všetkých študentiek. Nakoľko vplyv veku na jednotlivé parametre bol štatisticky významný, jednotlivé hodnoty sme porovnávali medzi SŠ a VŠ po adjustácii na vek, čím sa výrazne znížil počet parametrov, v ktorých sa skupiny lišili.

V porovnaní so súborom študentov rovnakého veku a telesnej výšky, sledovaných v roku 2008 v Bratislave (Rodinová, 2008), boli nami sledovaní muži štatisticky významne ťažší o 3,2 kg, mali viac tukovej a menej svalovej hmoty (o 2,66 %). Tiež mali väčší obvod pásu, bokov a vyššie hodnoty indexov BMI a CI. Pri porovnaní antropometrických parametrov s mužmi z Českej republiky s priemerným vekom 20,10 rokov (Riegerová et al., 2010), boli nami sledovaní študenti VŠ štatisticky významne ťažší o 3,6 kg, mali vyššie hodnoty BMI a viac tukovej hmoty o 9 %. Porovnanie s europoidnou populáciou vo veku 18–39 rokov (Kyle et al., 2003) poukázalo, že študenti VŠ z nášho súboru boli štatisticky významne vyšší a ťažší, avšak rozdiel v hodnotách BMI nebol zaznamenaný. Aj porovnanie údajov telesného zloženia s týmto súborom poukazuje na štatisticky vyššie hodnoty FM, FFM, ako aj FMI u nami sledovaných študentov VŠ. Z týchto porovnaní by sa dalo predpokladať, že za posledných niekoľko rokov došlo u mladých slovenských mužov k nárastu priemerných hodnôt spomínaných parametrov, čo pri FM a FMI nie je veľmi pozitívne vzhľadom na celosvetovo sa zvyšujúcu prevalenciu obezity. Pri porovnaní priemerných hodnôt percenta tuku s hodnotami udávanými pre bežnú populáciu v príslušnej vekovej skupine (Heyward & Wagner, 2004) sa zaraďujú naši stredoškolskí študenti do kategórie priemerných hodnôt, študenti VŠ do kategórie vysokých hodnôt.

V súbore žien sme zaznamenali medzi študentkami SŠ a VŠ štatisticky významný nárast obvodových mier – obvodu hrudníka a obvodu bokov a pokles hodnôt hrúbky kožných rias a tukovej hmoty. V porovnaní so súborom Rodinovej (2008), ktorá sledovala ženy s priemerným vekom $21,1 \pm 1,61$ rokov, sa výsledky našich študentiek VŠ štatisticky významne nelíšili v parametroch telesná výška, telesná hmotnosť, BMI a ani WHR indexu, hoci hodnoty obvodu pásu a bokov boli v našom súbore štatisticky významne vyššie. Pri porovnaní BIA parametrov mali nami sledované študentky VŠ nižšie hodnoty rezistancie, percenta tuku a množstva tuku a vyššie hodnoty fázového uhla, reaktancie, ako aj viac BCM a MM. Pri porovnaní s europoidnou populáciou (Kyle et al., 2003) boli nami sledované študentky VŠ štatisticky významne vyššie, pričom hodnoty indexu BMI mali štatisticky významne nižšie. Rovnako mali nižšie hodnoty FM a FMI, a vyššie hodnoty FFM. Porovnaním množstva tukovej hmoty v percentách s kategorizáciou podľa Heywarda a Wagnera (2004) pre príslušnú vekovú kategóriu a pohlavie, sú priemerné hodnoty FM % stredoškolských študentiek v kategórii stredných hodnôt, vysokoškolských študentiek v kategórii stredných až nízkych hodnôt.

Výsledky BIVA analýzy sme mohli porovnať iba so súborom vysokoškolských študentov vo veku 20–30 rokov zo Sardínie (Buffa et al., 2004). Hotellingov T^2 -test poukázal, rovnako ako neprekrývanie sa 95% elips, na odlišnosť medzi našimi študentmi a študentkami VŠ a študentmi zo Sardínie (Hotellingov

T^2 -test pre mužov: $T^2 = 100,1$; $F = 49,8$; $P = 0,000$; $D = 1,5$; pre ženy $T^2 = 43,8$; $F = 21,8$; $P = 0,000$; $D = 1$). Priemerný impedančný vektor talianskych študentov bol dlhší a fázový uhol menší v obidvoch skupinách. To poukazuje na väčšiu dehydratáciu a horší nutričný stav jedincov v porovnaní s našimi súbormi.

Porovnaním viacerých metód určovaní a rizikovosti nadhmotnosti a obezity sme zistili, že najviac rizikových jedincov identifikuje percento tuku (FM) získané BIA metódou. Podľa referenčných hodnôt tejto metodiky je potrebné rozlíšiť aj vekovú kategóriu sledovaných jedincov, pričom rozdiel v rizikových hodnotách predstavuje aj 10 %. V súbore žien sme teda ako rizikovú hranicu počítali percento tuku vyššie ako 20 %, u mužov vyššie ako 18 %. Ak by sme robili kategorizáciu bez špecifikácie vekovej skupiny a použili by sme hraničné hodnoty udávané v literatúre pre ženy 30 % a pre mužov 20% (Kyle et al., 2004), počet rizikových jedincov by klesol v našom súbore nasledovne: muži SŠ: 8,50 %, muži VŠ 44,45 %, ženy SŠ 35,06 % a ženy VŠ 15,79 %. Tieto údaje už bližšie korešpondujú s ostatnými indexmi obezity, ako aj s kombinovanou metodikou (Kyle a kol. 2004), ktorá hodnotí BMI a zároveň aj FMI alebo FFMI. Nevýhodou tejto klasifikácie však je nedostatočné rozdelenie všetkých jedincov do kategórií. Zdá sa, že pre náš súbor táto klasifikácia nebola veľmi vhodná, aj keď súčasné hodnotenie BMI a percenta tuku sa nám javilo ako najlepšia možná kombinácia pre hodnotenie rizika vyplývajúceho z nadhmotnosti až obezity.

Záver

V sledovanom súbore sme zaznamenali štatisticky významný vplyv veku na antropometrické a bioimpedančné parametre a odlišné bioelektrické charakteristiky tkanív v jednotlivých skupinách. Aj keď priemerné hodnoty indexov obezity nenaznačujú riziko vyplývajúce z nadhmotnosti či obezity, podľa kategorizácie hodnôt týchto indexov je v súbore priemerne 26,16 % rizikových mužov a 36,24 % rizikových žien. Najviac rizikových jedincov označila hodnota percenta tuku získaného BIA metódou, čo však bolo spôsobené klasifikáciou skupín nielen podľa pohlavia, ale aj podľa vekovej kategórie BIA manuálu. V sledovanom súbore bola zároveň zistená aj skrytá obezita (9,20 % mužov a 22,89 % žien), čo poukazuje na nevyhnutnú potrebu detailnejšieho poznania telesného zloženia a to aj v prípade, ak hodnoty BMI sú optimálne. Ako výsledky tejto práce naznačujú, na stanovenie obezity by bolo vhodné používať nielen klasické hodnotenie indexu BMI, ale zamerať sa aj na analýzu telesného zloženia. Vhodné by však bolo realizovať ďalšie štúdie s väčším počtom jedincov vo viacerých vekových kategóriách, ktoré by sa zamerali nielen na posúdenie vhodnosti metodiky na detekciu obezity, ale aj na skutočné kardiovaskulárne riziko jedincov s vyššími hodnotami tukového tkaniva a jedincov so skrytou obezitou.

Súhrn

Parametre telesného zloženia sú významným ukazovateľom zdravotného a nutričného stavu jedincov a vhodným ukazovateľom obezity. Zámerom predloženej štúdie bolo vyhodnotiť telesné zloženie študentov s cieľom zistiť počet jedincov s rizikom obezity, vyhodnotiť odlišné vodivé vlastnosti tkanív pomocou bioelektrickej impedančno-vektorovej analýzy (BIVA) a sledovať korelácie medzi antropometrickými a bioimpedančnými parametrami. Sledovaný súbor pozostával z 293 zdravých jedincov (140 mužov s priemerným vekom $21,0 \pm 2,6$ rokov a 153 žien s priemerným vekom $19,5 \pm 2,8$ rokov), ktorý bol následne rozdelený podľa pohlavia a navštevovanej školy (stredná škola, vysoká škola).

Výsledky vektorovej analýzy poukázali na štatisticky odlišné vodivé vlastnosti tkanív študentov a študentiek, čo potvrdil aj Hotellingov T^2 -test (muži: $T^2 = 35,6$; $p = 0,0000$; ženy:

$T^2 = 29,7$; $p = 0,0000$). Celkový nutričný stav študentov a študentiek na vysokých školách bol lepší ako stredoškolských študentov. Priemerné hodnoty BMI, WHR, FMI (index tukovej hmoty) a FFMI (index beztukovej hmoty) boli v kategórii normálnych hodnôt vo všetkých štyroch sledovaných skupinách. Po zadelení hodnôt týchto indexov do kategórií sme zistili, že priemerne 26,16 % mužov a 36,24 % žien malo zvýšené riziko obezity. Priemerné hodnoty BCMI (index bunkovej hmoty) v obidvoch skupinách študentiek naznačovali podvýživu, ktorá bola zistená aj metódou spájajúcou BMI a FMI a to u 3,6 % mužov a 8,5 % žien. Priama skrytá obezita bola zaznamenaná u 9,2 % mužov a 22,89 % žien, čo potvrdilo význam hodnotenia telesného zloženia a to aj v prípadoch, ak BMI hodnoty sú optimálne. Najväčší korelačný koeficient bol zistený medzi hodnotami BMI a FM % (percento tuku) a medzi BMI a FMI (index tukovej hmoty) a to u mužov aj u žien.

KLúčové slová: bioelektrická impedančná analýza, tuková hmota, index tukovej hmoty, BIVA

Literatúra

- Amir, H. S., & Rakshanda, B. (2009). Body composition, its Significance and Models for Assessment, *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(2), 198–202.
- Buffa, R., Marini, E., & Floris, G. (2004). Bioelectrical Impedance Vector Analyses (BIVA) in the Sardinian population, *Biennial Books of EAA*, 3, 99–109.
- De Lorenzo, A., Deurenberg, P., Pietrantuono, M., Di Daniele, N., Cervelli, V., & Andreoli, A. (2003). How fat is obese? *Acta Diabetologica*, 40, 254–257.
- Freedman, D. S., Wang, J., Maynardi, L. M., Thornton, J. C., Mei, Z., Pierson, R. N. Jr., Deitz, W. H., & Horlick, M. (2005). Relation of BMI to fat and fat-free mass among children and adolescents. *International Journal of Obesity*, 29, 1–8.
- Fukuoka, Y., Ueoka, H., Koya, N., Fujisawa, Y., & Ishii, M. (2012). Anthropometric Method for Determining “Masked Obesity” in the Young Japanese Female Population, *Journal of Anthropology*, DOI:10.1155/2012/595614-x.
- Gába, A., & Přidalová, M. (2013). Age-related changes in body composition in a sample of Czech women aged 18–89 years: a cross-sectional study, *European Journal of Nutrition*, DOI: s00394-013-0514-x.
- Garn, S. M., Leonard, W. R., & Hawthorne, W. M. (1986). Three Limitations of the Body Mass Index, *American Journal of Clinical Nutrition*, 44, 996–997.
- Hattori, K., Tatsumi, N., & Tanaka, S. (1997). Assessment of body composition by using a new chart method, *American Journal of Human Biology*, 9, 573–578.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied Body Composition Assessment*, 2. vyd. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kleinwächterová, H., & Brázdová, Z. (1992). *Výživový stav člověka a způsoby jeho zjišťování*. Brno, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Kyle, U. G., Schutz, Y., Dupertuis, Y. M., & Pichard, C. (2003). Body Composition Interpretation: Contributions of the Fat-Free Mass Index and the Body Fat Mass Index, *Nutrition*, 19, 597–604.
- Kyle, U. G., Morabia, A., Schutz, Y., & Pichard, C. (2004). Sedentarism Affects Body Fat Mass Index and Fat-Free Mass Index in Adults Aged 18 to 98 Years, *Nutrition*, 20, 255–260.
- Moreno, L. A., Blay, M. G., Rodriguez, G., Blay, V. A., Mesana, M. I., Olivares, J. L., Fleta, J., Sarria, A., Bueno, M., & the AVENA-Zaragoza Study Group. (2006). Screening Performances of the International Obesity Task Force Body Mass Index - Cut-Off Values in Adolescents, *Journal of the American College of Nutrition*, 25(5), 403–408.
- Piccoli, A., & Pastori, G. (2002). *BIVA software 2002: Depart-*

- ment of Medical and Surgical Sciences [Computer software]. Padova: University of Padova.
- Přidalová, M., & Gába, A. (2011). Zdravotní ukazatelé tělesného složení determinující obezitu u hospitalizovaných schizofreniků, *Česká Antropologie*, 62(1), 34–39.
- Přidalová, M., Sofková, T., Dostálová, I. & Gába, A. (2011). Výbrané zdravotní ukazatele u žen s nadváhou a obezitou ve věku 20–60 let, *Česká antropologie*, 61(1), 32–38.
- Riegerová, J., Kapuš, O., Gába, A., & Ščotka, D. (2010). Rozbor tělesného složení českých mužů ve věku 20 až 80 let (Hodnocení tělesné výšky, hmotnosti, BMI, svalové a tukové frakce), *Česká antropologie*, 60(1), 20–23.
- Rodinová, M. (2008). *Variabilita parametrov telesného zloženia 18- až 28- ročných jedincov zo Slovenska*. Diplomová práce. Bratislava: Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského.
- Sharpe, J. K., Byrne, N. M., Stedman, T. J., & Hills, A. P. (2008). Bioelectric impedance is a better indicator of obesity in men with schizophrenia than body mass index, *Psychiatry Research*, 159, 121–126.
- Talluri, A., Liedtke, R., Mohamed, E. I., Mailolo, C., Martinoli, R., & De Lorenzo, A. (2003). The application of body cell mass index for studying muscle mass changes in health and disease conditions, *Acta Diabetologica*, 40, 286–289.
- Wells, J. C. K. (2000). A Hattori chart analysis of body mass index in infants and children, *International Journal of Obesity*, 24, 325–329.
- WHO (2004). *BMI classification*. Retrieved 6.3.2013 from the World Wide Web: http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html.
- WHO (2008). *Waist Circumference and Waist-Hip Ratio. Report of a WHO Expert Consultation, Geneva*. Retrieved 16.10.2012 from the World Wide web: http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241501491_eng.pdf.
- Widhalm, K., Schonegger, K., Huemer, C., & Auterith, A. (2001). Does the BMI reflect body fat in obese children and adolescents? A study using the TOBEC method, *International Journal of Obesity*, 25, 279–285.
- Withers, R. T., La Forgia, J., Pillans, R. K., Shipp, N. J., Chatterton, B. E., Schultz, C. G., & Leaney, F. (1998). Comparison of two-, three-, and four- compartment models of body composition analysis in men and women, *Journal of Applied Physiology*, 85, 238–245.