

VLIV POUŽITÉHO TYPU BIOIMPEDANČNÍHO ANALYZÁTORU A REŽIMU MĚŘENÍ NA VÝSLEDNÉ HODNOTY PARAMETRŮ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ U ADOLESCENTNÍ POPULACE

The effect of the used bioimpedance analyzer and measuring mode on the final values of the body composition parameters in adolescent population

Petr Kutáč

Centrum diagnostiky lidského pohybu, Pedagogická fakulta,
Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava, Česká republika

Abstract

The study compares the values of the body composition parameters that were measured by various devices and measuring modes using the BIA method. The objective of the study is to analyse the differences in the final values. The research included 79 soccer players with a high volume of training load and a low body fat representation ratio and 32 women representing regular population without any health issues. The measuring was executed using Tanita BC-418 MA and Nutriguard-MS analysers. The differences in the means of the monitored parameters were evaluated using a paired t-test. The Wilcoxon test was used for values with disruption of normality. In statistically significant differences in the mean, the practical significance was also verified using the effect of size.

The selection of the measuring mode using Nutriguard analysers had no effect on the final values. The differences between most of the monitored values found were not significant; if significance was demonstrated, then practical significance was not confirmed. The differences in the values measured were 0.12–0.17%, and for parameters in kilograms in the range from 0.04 to 0.30 kg. The Tanita analyser measurement method only affected resulting values for women who did not meet the condition of the volume of physical activity for using the Athletic regime. When comparing the resulting values measured using the Tanita analyser, significance was found in men for all compared parameters; substantive significance, however, was not demonstrated. The differences found did not exceed the optimal level of measurement error. For women, in addition to significance, a high substantive significance was also demonstrated. The differences in percentage values were for: body fat (BF) 4.75%, total body water (TBW) 3.49%, kilograms of BF 3.05 kg, TBW 2.23 kg and fat-free mass (FFM) 3.04 kg. The difference between the mean values measured using the Tanita and Nutriguard methods shows that Tanita estimates lower BF values, to which correspond higher values of TBW. The mean differences ascertained were significant in all cases, thus confirming high substantive significance. The differences in the values expressed in percentages ranged from 2.18 to 7.97%, and in kilograms from 3.55 to 6.12 kg, always depending on gender and the compared parameters. The substantive significance was moderate only in women when comparing the Standard mode with Nutriguard for values in kilograms. The differences ranged from 1.32 to 1.84 kg. It turns out that in the Nutriguard analyser reference file, they were probably not sporting individuals, and thus this analyser is not particularly suitable for measuring elite athletes with low fat percentage.

Key words: body fat, fat-free mass, total body water, difference final values, statistical significance, practical significance

Úvod

Hodnocení tělesného složení se hojně využívá nejen v populačních studiích (Siváková et al., 2013), klinické praxi (Bultink, Lems, Kostense, Dijkmans, & Voskuyl, 2005; McClung et al., 2006; Parikh et al., 2004), ale i v oblasti sportu, kde je v současnosti již nedílnou součástí funkční diagnostiky sportovců. Nejčastěji sledovanými parametry jsou podíl tělesného tuku, tělesné vody a tukuprosté hmoty (Gil, Ruiz, Irazusta, Gil, & Irazusta, 2007; Perez-Gomez et al., 2008; Rahimi, 2006; Roelants, Delecluse, Goris, & Verschueren, 2004; Silvestre et al., 2006). Jedná se o složky tělesné hmotnosti, jejichž hodnoty a změny mohou sloužit nejen jako ukazatele zdravotního stavu jedince, ale v oblasti sportu umožňují sledovat vliv tréninku na organismus nebo připravenost organismu na zátěž (McArdle, Katch, & Katch, 2007). V terénní praxi a tedy i v diagnostice sportovců se velmi často používají přístroje využívající princip bioelektrické impedance (BIA). Nabídka těchto přístrojů je velmi široká a neustále se rozšiřuje. I když všechny tyto přístroje využívají pro měření stejnou metodu (BIA), liší se v řadě parametrů. Pro měření využívají rozdílné frekvence, rozdílný počet elektrod a elektrický proud může procházet různými částmi těla (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Je tedy zřejmé, že i výsledky naměřené různými přístroji se s velkou pravděpodobností mohou lišit. Znalost rozdílu výsledných hodnot je velmi důležitá zejména při srovnání naměřených hodnot s výsledky jiných studií nebo s tzv. normovými hodnotami. Tyto bývají prezentovány v odborné literatuře, kdy jedinou informací o získaných hodnotách je použití metody BIA (Heyward & Wagner, 2004; Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004; McArdle, Katch, & Katch, 2007). Jelikož jsou jak rovnice použité v softvarech přístrojů, tak informace o referenčních souborech nedostupné, jedinou možností jak porovnat výsledky a postihnout případné rozdíly mezi analyzátory, je realizovat takové srovnávací měření v praxi.

Mezi běžně užívané analyzátory patří Tanita BC-418 MA a Nutriguard-MS. Tyto přístroje se liší nejen v použitých frekvencích pro měření, ale výrobci u těchto přístrojů nabízejí i různé režimy měření. U přístroje Tanita se jedná o režim Athletic, který je určen pro sportující jedince starší 17 let, jejichž týdenní objem pohybové aktivity dosáhl 10 a více hodin. Pro jedince, jejichž objem týdenní pohybové aktivity této hodnoty nedosáhl nebo jsou mladší 17 let, je určen režim Standard. Jelikož výrobce neuvádí způsob a rozdíly ve výpočtu v jednotlivých režimech, není možné případné rozdíly odvodit. V diagnostické praxi pak nastává problém při zvýšení objemu pohybové aktivity nebo věku měřené osoby. Když měřená osoba při opakovaném měření splní kritéria pro použití režimu Athletic místo Standard, nevíme, zda můžeme naměřené hodnoty porovnat a zda zjištěné rozdíly jsou způsobeny vnější intervencí (např. tréninkovým programem) nebo jen změnou režimu měření. U přístroje Nutriguard-MS jsou nabízeny rovněž dva režimy měření (Normal, Ideal). Problémem je nejen chybějící způsob výpočtu výsledků, ale také velmi nejasná specifikace pro výběr vhodného režimu měření. Výrobce pouze uvádí, že režim Ideal je vhodný pro sportující jedince.

Cíl

Cílem studie je analýza rozdílů výsledných hodnot tělesného složení mezi různými režimy měření stejných analyzátorů a mezi analyzátory s rozdílnou frekvencí.

Metodika

Charakteristika souboru

Do studie bylo zařazeno 80 mužů ($22,82 \pm 2,86$ let) a 32 žen ($21,19 \pm 1,38$ let). U mužů se jednalo o hráče kopané hrající

ci nejvyšší juniorskou soutěž a 1. a 2. ligu dospělých. Všichni jedinci splňovali podmínku objemu tréninkového zatížení pro použití režimu Athletic u přístroje Tanita BC-418 MA. Objem se pohyboval v rozmezí 11–14 hodin za týden. Zjištěné hodnoty vycházejí z rozpisu tréninkových plánů jednotlivých testovaných týmů. Ženy byly vysokoškolské studentky bez zdravotních obtíží. U žen nebyla splněna podmínka objemu tréninkového zatížení v rozsahu 10 více hodin za týden (nejednalo se vrcholové sportovce) pro použití režimu měření Athletic.

Realizace měření

U všech probandů bylo realizováno měření tělesného složení bioimpedančním analyzátelem Nutriguard-MS (DataInput, Německo) a Tanita BC-418 MA (Tanita corporation, Japonsko). Nutriguard-MS je tetrapolární bioimpedanční analyzátor, využívající pro měření frekvenci 100 kHz. Pro měření se využívají 4 nalepovací elektrody, 2 se nalepují na ruku (zápěstí – mezi processus styloideus ulnae et radii hlavička 3. metacarpu) a 2 na nohu (mezi kotníky – malleolus lateralis et medialis, hlavička 2. metatarsu). Měření probíhá vleže. Tanita BC-418 MA je tetrapolární bioimpedanční váha využívající pro měření frekvenci 50kHz. Bodové dotykové elektrody jsou umístěny pro horní končetiny v madlech a pro dolní končetiny v platformách, na které se měřený postaví. Měření probíhá ve stoji. Všichni probandi byli u obou analyzátorů měření všemi režimy měření. Měření probíhalo za striktního dodržení všech zásad pro standardní měření, vždy v ranních hodinách. Nejprve byl proband opakovaně změřen analyzátelem Tanita BC-418 MA a poté analyzátelem Nutriguard-MS. Při opakovaném měření přístrojem Nutriguard nebyly probandům přelepovány elektrody, aby nedošlo k případnému zkreslení výsledku. Všechna měření realizoval stejný pracovník s dlouholetou praxí. Analyzátelem Tanita byly měřeny a hodnoceny všechny parametry, které tento analyzátor umožňuje měřit. Jednalo se o podíl zastoupení tělesného tuku (BF), celkové tělesné vody (TBW) a tukuprosté hmoty (FFM), z BIA parametrů celková impedance (Z). Analyzátelem Nutriguard byly měřeny stejné parametry, navíc jednotlivé složky TBW (extracelulární a intracelulární voda) a FFM (extracelulární a intracelulární hmota). Z BIA pa-

rametrů to byly vedle celkové impedance (Z) rovněž rezistence (R), reaktance (Xc) a fázový úhel (ϕ).

Statistické zpracování dat

Odlehlá pozorování byla identifikována pomocí boxplotů. Zjištěná odlehlá pozorování byla ze souboru vyřazena. Jednalo se o 1 muže. S tímto probandem již nebylo ve studii počítáno a není tedy uveden ani v četnostech. Normalita rozdělení byla posouzena pomocí Shapiro-Wilk testu. U parametrů, kde nebylo zjištěno narušení normality rozdělení, byla u každé metrické hodnoty charakterizována míra polohy (aritmetický průměr) a míra variability (směrodatná odchylka). Pro posouzení rozdílů průměrů byl použit párový t-test. U statisticky významných rozdílů byla pro posouzení věcné významnosti výsledků průměrů a směrodatných odchylek použita velikost účinku podle

$$\text{Cohena: } d = \frac{M_1 - M_2}{SD}, \text{ kde } SD = \sqrt{\frac{n_1 \times SD_1 + n_2 \times SD_2}{n_1 + n_2}}$$

(M_1, M_2 – průměrné hodnoty souborů, n_1, n_2 – četnosti souborů, S_1, S_2 – směrodatné odchylky souborů).

Doporučení pro velikost účinku podle Cohena d :

0,2 = malá změna;

0,5 = střední změna;

0,8 = velká změna (Cohen, 1988).

U parametrů, kde bylo zjištěno narušení normality rozdělení, byl pro vyjádření míry polohy použit medián. Pro posouzení rozdílů mediánů byl použit neparametrický Wilcoxonův párový test. U statisticky významných rozdílů mediánů nebyla věcná významnost posuzována. Pro vyjádření míry korelace mezi výsledky jednotlivých měření u sledovaných parametrů byl použit Pearsonův korelační koeficient (r) (Thomas, Nelson, & Silverman, 2005). Hladina statistické významnosti byla zvolena u všech použitých testů na hladině $\alpha = 0,05$. Statistické zpracování výsledků bylo provedeno pomocí programu SPSS Statistic 21.0.

Výzkum byl schválen etickou komisí Pedagogické fakulty Ostravské univerzity v Ostravě. Všichni účastníci výzkumu (jejich zákonní zástupci) podepsali informovaný souhlas.

Tabulka 1. Základní antropometrické parametry

Parametr	Muži (n = 79) M ± SD	Ženy (n = 32) M ± SD
Tělesná výška (cm)	181,00 ± 5,63	170,61 ± 7,23
Tělesná hmotnost (kg)	77,38 ± 6,93	62,19 ± 6,44
BMI (kg/m ²)	23,58 ± 2,11	21,49 ± 1,37

Poznámka: BMI – body mass index, n – četnost souboru, M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka

Výsledky

Ve výsledkové části jsou prezentovány vedle zjištěných hodnot sledovaných parametrů, také jejich rozdíly včetně výsledků signifikance a věcné významnosti. Pozornost je věnována rovněž korelaci mezi výslednými hodnotami.

Z výsledků Shapiro-Wilk testu je zřejmé, že normalita rozdělení byla narušena pouze u hodnot fázového úhlu ($p < 0,05$). U všech ostatních parametrů bylo zjištěno normální rozdělení naměřených hodnot.

Průměrné hodnoty základních antropometrických parametrů a z nich odvozený body mass index u námi sledovaných probandů prezentuje tabulka 1. Hodnoty tělesné hmotnosti byly použity z měření na Tanitě BC-418 MA. Naměřená hodnota tělesné hmotnosti není závislá na režimu měření.

Námi sledované muže i ženy můžeme s ohledem na průměrné hodnoty BMI označit za proporcionální jedince. Jejich průměrné hodnoty BMI jsou podle WHO (Global Database

on Body Mass Index, 2006) v normě a ukazují, že průměrné hodnoty tělesné hmotnosti odpovídají průměrným hodnotám jejich tělesné výšky.

Muži

Průměrné hodnoty sledovaných parametrů naměřené jednotlivými analyzáteři a režimy měření jsou prezentovány v tabulce 3. Součástí je rovněž porovnání rozdílů naměřených hodnot mezi různými režimy měření téhož analyzátoru.

Při srovnání naměřených hodnot sledovaných parametrů naměřenými režimy měření Athletic a Standard analyzáteřem Tanita (Tabulka 2) byly u všech parametrů zjištěny signifikantní rozdíly (u impedance $p < 0,05$, u ostatních parametrů $p < 0,001$). Vzhledem k nízkým hodnotám věcné významnosti ($d = 0,02–0,25$) však tyto rozdíly nepovažujeme za významné.

Při srovnání výsledných hodnot naměřených režimy měření Ideal a Normal analyzáteřem Nutriguard (Tabulka 2) byly sig-

Tabulka 2. Srovnání výsledných hodnot sledovaných parametrů mezi různými režimy měření stejného přístroje a popisná charakteristika – muži ($n = 79$)

Tanita BC-418 MA					
Parametr	Athletic M ± SD	Standard M ± SD	Dif (Athletic – Standard)	d	r
BF (kg)	8,66 ± 3,46	9,33 ± 3,66	-0,67***	0,18	0,970
BF (%)	10,95 ± 3,47	11,86 ± 3,80	-0,91***	0,25	0,950
TBW (kg)	50,31 ± 4,90	49,84 ± 5,10	+0,47***	0,09	0,993
TBW (%)	65,19 ± 2,54	64,53 ± 2,77	+0,66***	0,24	0,949
FFM (kg)	68,73 ± 6,68	68,08 ± 6,97	+0,65***	0,09	0,993
Z (Ω)	537,89 ± 50,68	539,39 ± 52,12	-1,50*	0,02	0,994
Nutriguard-MS					
Parametr	Ideal M ± SD	Normal M ± SD	Dif (Ideal – Normal)	d	r
BF (kg)	14,78 ± 4,08	15,08 ± 4,70	-0,30 ^{ns}	–	0,982
BF (%)	18,92 ± 3,84	19,09 ± 4,11	-0,17 ^{ns}	–	0,977
TBW (kg)	45,84 ± 4,77	45,72 ± 4,61	+0,12 ^{ns}	–	0,990
ECW (kg)	18,52 ± 2,90	18,37 ± 2,72	+0,15 ^{ns}	–	0,928
ICW (kg)	27,18 ± 2,53	27,22 ± 2,31	-0,04 ^{ns}	–	0,947
TBW (%)	59,36 ± 2,82	59,24 ± 3,03	+0,12 ^{ns}	–	0,977
FFM (kg)	62,62 ± 6,52	62,45 ± 6,30	+0,17 ^{ns}	–	0,991
ECM (kg)	26,90 ± 3,03	26,78 ± 2,89	+0,12*	0,04	0,990
BCM (kg)	35,59 ± 4,11	35,57 ± 3,90	+0,02 ^{ns}	–	0,913
ECM/BCM	0,76 ± 0,06	0,75 ± 0,06	+0,01*	0,16	0,987
Z (Ω)	471,77 ± 49,10	473,53 ± 49,53	-1,30*	0,02	0,997
R (Ω)	468,87 ± 49,20	470,13 ± 49,57	-1,26*	0,02	0,998
Xc (Ω)	52,10 ± 6,19	52,45 ± 6,64	-0,35 ^{ns}	–	0,921
Medián					
φ (°)	7,20	7,20	M0,00 ^{ns}	–	0,986

Poznámka: BF – tělesný tuk; TBW – celková tělesná voda; ECW – extracelulární voda; ICW – intracelulární voda; FFM – tukuprostá hmota; ECM – extracelulární hmota; BCM – intracelulární hmota; Z – impedance; R – rezistence; Xc – reaktance; φ – fázový úhel; M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka; Dif – rozdíl průměru (^MMediánu); d – věcná významnost (Cohenovo d); r – Pearsonův korelační koeficient; * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$; ^{ns} – statisticky nevýznamný rozdíl

Tabulka 3. Srovnání výsledných hodnot sledovaných parametrů mezi analyzátory a popisná charakteristika – muži ($n = 89$)

Analýzátor	Parametr	Dif	d	r
Tanita Athletic – Nutriguard Ideal	BF (%)	-7,97***	2,17	0,884
	BF (kg)	-6,12***	1,61	0,940
	TBW (%)	+5,83***	2,17	0,884
	TBW (kg)	+4,47***	0,92	0,978
	FFM (kg)	+6,11***	0,92	0,978
	Z (Ω)	+66,12***	1,32	0,969
Tanita Standard – Nutriguard Ideal	BF (%)	-7,06***	1,84	0,893
	BF (kg)	-5,45***	1,40	0,934
	TBW (%)	+5,17***	1,84	0,890
	TBW (kg)	+4,00***	0,81	0,979
	FFM (kg)	+5,46***	0,80	0,979
	Z (Ω)	+67,62***	1,36	0,967

Poznámka: BF – tělesný tuk; TBW – celková tělesná voda; FFM – tukuprostá hmota; Z – impedance; Dif – rozdíl průměru; d – věcná významnost (Cohenovo d); r – Pearsonův korelační koeficient, *** – $p < 0,001$

nifikanční rozdíly zjištěny pouze u ECM, ECM/BCM, impedance a rezistence ($p < 0,05$). S ohledem na nízké hodnoty věcné významnosti ($d = 0,02$ – $0,16$) ani u těchto parametrů nebyly rozdíly významné. Signifikanční rozdíl v hodnotách impedance je odrazem signifikantního rozdílu rezistence, neboť platí rovnice pro výpočet impedance: $Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$ (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). U fázového úhlu (ϕ) jsme s ohledem na narušení normality rozdělení, srovnávali pomocí neparametrického Wilcoxonova testu mediány. Rozdíl se ukázal statisticky nevýznamný.

Korelační závislost vyjádřena r mezi výslednými hodnotami naměřenými režimy měření Athletic – Standard a Ideal – Normal (Tabulka 2) je vysoká a ve všech případech překračuje hodnotu 0,9 ($r = 0,913$ – $0,998$). Tyto hodnoty vysvětlují 83–99 % variability výsledků. Na náhodnost tak zůstává pouze 17–1 %.

Takovouto těsnost můžeme označit za velmi vysokou (Triola, 1989).

Pro srovnání naměřených hodnot mezi analyzátory jsme mohli použít pouze ty parametry, které měří oba analyzátory (BF, TBW, FFM a impedance). Vzhledem k tomu, že u srovnávaných parametrů nebyly mezi režimy měření přístroje Nutriguard zjištěny žádné signifikantní rozdíly (kromě impedance), srovnávali jsme výsledky naměřené režimy měření z Tanity pouze z režimem měření Ideal přístroje Nutriguard. Tento režim byl vybrán z důvodu doporučení výrobce pro sportující jedince (i když je toto doporučení velmi obecné).

Při srovnání naměřených hodnot mezi režimy měření analyzátoru Tanita a analyzátozem Nutriguard (Tabulka 3) byly u všech parametrů zjištěny statisticky významné rozdíly ($p < 0,001$). Rovněž věcná významnost vyjádřena Cohenovým

Tabulka 4. Srovnání výsledných hodnot sledovaných parametrů mezi různými režimy měření stejného přístroje a popisná charakteristika – ženy ($n = 32$)

Tanita BC-418 MA					
Parametr	Athletic M $\pm$ SD	Standard M $\pm$ SD	Dif (Athletic – Standard)	d	r
BF (kg)	11,91 $\pm$ 2,52	14,96 $\pm$ 3,50	-3,05***	1,00	0,935
BF (%)	19,03 $\pm$ 2,89	23,78 $\pm$ 3,60	-4,75***	1,45	0,857
TBW (kg)	36,81 $\pm$ 3,51	34,58 $\pm$ 2,59	+2,23***	0,72	0,983
TBW (%)	59,27 $\pm$ 2,11	55,78 $\pm$ 2,61	+3,49***	1,47	0,855
FFM (kg)	50,29 $\pm$ 3,54	47,25 $\pm$ 3,54	+3,04***	0,72	0,983
Z (Ω)	667,52 $\pm$ 44,97	663,33 $\pm$ 42,74	+4,19 ^{ns}	–	0,876
Nutriguard-MS					
Parametr	Ideal M $\pm$ SD	Normal M $\pm$ SD	Dif (Ideal – Normal)	d	r
BF (kg)	16,90 $\pm$ 3,41	16,76 $\pm$ 3,37	+0,14 ^{ns}	–	0,982
BF (%)	26,96 $\pm$ 3,40	26,79 $\pm$ 3,53	+0,17 ^{ns}	–	0,967
TBW (kg)	33,16 $\pm$ 2,81	33,26 $\pm$ 3,06	-0,10 ^{ns}	–	0,990
ECW (kg)	12,34 $\pm$ 1,92	12,40 $\pm$ 2,05	-0,06 ^{ns}	–	0,988
ICW (kg)	20,81 $\pm$ 0,93	20,87 $\pm$ 1,03	-0,06 ^{ns}	–	0,977
TBW (%)	53,46 $\pm$ 2,51	53,60 $\pm$ 2,60	-0,14 ^{ns}	–	0,966
FFM (kg)	45,30 $\pm$ 3,84	45,41 $\pm$ 4,15	-0,11 ^{ns}	–	0,990
ECM (kg)	21,44 $\pm$ 2,02	21,49 $\pm$ 2,31	-0,05 ^{ns}	–	0,937
BCM (kg)	23,87 $\pm$ 2,54	23,94 $\pm$ 2,46	-0,07 ^{ns}	–	0,995
ECM/BCM	0,90 $\pm$ 0,09	0,90 $\pm$ 0,09	0,00 ^{ns}	–	0,926
Z (Ω)	601,93 $\pm$ 45,99	600,80 $\pm$ 43,07	+1,13 ^{ns}	–	0,969
R (Ω)	599,00 $\pm$ 47,05	597,76 $\pm$ 44,1	+1,24 ^{ns}	–	0,966
Xc (Ω)	59,00 $\pm$ 6,99	60,14 $\pm$ 5,79	-1,14 ^{ns}	–	0,901
Medián					
φ ($^\circ$)	6,10	6,10	M0,00 ^{ns}	–	0,912

Poznámka: BF – tělesný tuk; TBW – celková tělesná voda; ECW – extracelulární voda; ICW – intracelulární voda; FFM – tukuprostá hmota; ECM – extracelulární hmota; BCM – intracelulární hmota; Z – impedance; R – rezistence; Xc – reactance; φ – fázový úhel; M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka; Dif – rozdíl průměru (^{nl}Mediánu); d – věcná významnost (Cohenovo d); r – Pearsonův korelační koeficient; * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$; ^{ns} – statisticky nevýznamný rozdíl

Tabulka 5. Srovnání výsledných hodnot sledovaných parametrů mezi analyzátory a popisná charakteristika – ženy ($n = 32$)

Analýzátor	Parametr	Dif	d	r
Tanita Athletic – Nutriguard Ideal	BF (%)	-7,76***	2,40	0,842
	BF (kg)	-4,81***	1,62	0,943
	TBW (%)	+5,67***	2,39	0,854
	TBW (kg)	+3,55***	1,07	0,943
	FFM (kg)	+4,88***	1,08	0,944
	Z (Ω)	+66,72***	1,51	0,898
Tanita Standard – Nutriguard Ideal	BF (%)	-3,01***	0,84	0,884
	BF (kg)	-1,80***	0,52	0,954
	TBW (%)	+2,18***	0,83	0,883
	TBW (kg)	+1,32***	0,51	0,975
	FFM (kg)	+1,84***	0,51	0,975
	Z (Ω)	+62,53***	1,45	0,915

Poznámky: BF – tělesný tuk; TBW – celková tělesná voda; FFM – tukuprostá hmota; Z – impedance; Dif – rozdíl průměru; d – věcná významnost (Cohenovo d); r – Pearsonův korelační koeficient; *** – $p < 0,001$

d byla vysoká. Ve všech případech dosáhla nebo překročila hodnotu 0,8 ($d = 0,80$ – $2,17$).

Hodnoty korelační závislosti vyjádřené r byly vysoké (Tabulka 3). U parametrů vyjádřených v kilogramech a u impedance se pohybovaly v rozmezí 0,934–0,979, což představuje velmi vysokou těsnost, neboť vysvětlují 87–95 % rozptylu výsledků. U hodnot vyjádřených v procentech (BF a TBW) je těsnost nižší, stále ji však můžeme označit za velkou, je vysvětleno 78–79 % rozptylu výsledků ($r = 0,884$ – $0,893$).

Ženy

Průměrné hodnoty sledovaných parametrů, které byly naměřeny jednotlivými režimy měření, včetně srovnání výsledků v rámci měření stejnými analyzátory prezentuje tabulka 4.

Při srovnání naměřených hodnot sledovaných parametrů,

které byly naměřeny režimem měření Athletic a Standard analyzátozem Tanita (Tabulka 4), byly stejně jako u mužů zjištěny u všech parametrů signifikantní rozdíly ($p < 0,001$). Jediný nesignifikantní rozdíl byl zjištěn u impedance. Na rozdíl od mužů (Tabulka 2) však i ověření věcné významnosti, potvrdilo významný rozdíl ($d = 0,72$ – $1,47$).

I u srovnání rozdílů výsledných hodnot mezi režimy měření Ideal a Normal analyzátozem Nutriguard (Tabulka 4) byly výsledky signifikance obdobné jako u mužů (Tabulka 3). Ani u jednoho parametru nebyly zjištěny signifikantní rozdíly. Proto jsme již neprováděli ověření věcné významnosti.

U analyzátozem Nutriguard byla korelační závislost velmi vysoká u všech sledovaných parametrů. Hodnota r se pohybovala v rozmezí 0,901–0,995 (Tabulka 4) a vysvětlovala tak 81–99 % variability výsledků, což je velmi vysoká těsnost. U analyzátozem

Tanita se hodnoty r procentuálního podílu BF, TBW a u hodnot impedance pohybují v rozmezí 0,855–0,876 (Tabulka 4) a vysvětlují tak 73–76 % variability rozptylů, což je označováno jako těsnost velká (Triola, 1989). U ostatních parametrů, které jsou vyjádřeny v kilogramech, byla hodnota r (0,935–0,983) opět velmi vysoká, vyjadřující velmi vysokou těsnost výsledků (87–96 % variability výsledků).

Vzhledem k tomu, že u srovnávaných parametrů nebyly mezi režimy přístroje Nutriguard zjištěny žádné signifikantní rozdíly, srovnávali jsme výsledky naměřené režimy měření z Tanity pouze s režimem měření Normal analyzátoru Nutriguard. Tento režim byl vybrán z důvodu doporučení výrobce pro nesportující jedince (i když je toto doporučení velmi obecné).

Stejně jako u mužů (Tabulka 4) byly i u žen zjištěné rozdíly mezi výslednými hodnotami sledovaných parametrů ve všech případech signifikantní ($p < 0,001$) (Tabulka 5). U mužů však byly rozdíly mezi průměrnými hodnotami při srovnání režimů měření analyzátoru Tanita (Athletic a Standard) s analyzátozem Nutriguard obdobné, o čemž svědčí i hodnoty Cohenova d (Tabulka 3). U žen byly rozdíly mezi výsledky režimu měření Athletic (Tanita) a analyzátoru Nutriguard výrazně vyšší ($d = 1,08$ – $2,40$) než při srovnání s režimem měření Standard (Tanita) (Tabulka 5). Při srovnání výsledků naměřených režimem Standard a analyzátozem Nutriguard, se hodnoty Cohenova d pohybovaly v rozmezí 0,51–0,84. Za vysokou věcnou významnost tak můžeme považovat jen rozdíl v průměrných hodnotách procentuálního podílu BF a TBW. Rozdíly průměrných hodnot u ostatních parametrů byly s ohledem na velikost Cohenova d jen střední. Jedinou výjimkou byly hodnoty impedance. V obou případech byly na stejné úrovni ($d = 1,45$ – $1,51$).

Stejně jako u mužů byla zjištěna u parametrů vyjádřených v kilogramech a u impedance vysoká těsnost. Hodnoty r (0,898–0,975) vysvětlují 80–95 % rozptylů výsledků. Hodnoty vyjádřené v procentech (BF, TBW) vysvětlují 70–78 % rozptylu výsledků ($r = 0,842$ – $0,884$), což je považováno za velkou těsnost (Triola, 1989).

Diskuse

Při posuzování zjištěných rozdílů hodnot sledovaných parametrů naměřených různými přístroji je nutné vycházet jak ze znalosti chyby měření používané metody, tak rozpětí hodnot sledovaných parametrů u dané skupiny probandů. Pokud tyto rozdíly nepřekračují uvedenou chybu měření nebo nevedou k rozdílným interpretacím výsledků, nemusíme je pak považovat za významné. Při hodnocení procentuálního zastoupení tělesného tuku je u metody bioelektrické impedance jako optimální velikost chyby uváděna hodnota do 2 %. Přístroje s touto chybou měření jsou považovány za velmi přesné (Heyward & Wagner, 2004). Při posuzování rozdílů průměrných hodnot, při opakovaném měření stejným analyzátozem v různých režimech měření, byla tato mezní hodnota optimální velikosti chyby překročena pouze u žen mezi režimy měření analyzátoru Tanita (Athletic – Standard). I když u mužů rozdíl v průměrných hodnotách naměřených režimem Athletic a Standard (Tanita) uvedenou hranici 2 % nepřekročil, při podrobné analýze bylo překročení této hodnoty zjištěno u 9 (11,39 %) z nich. Rozdíly mezi průměrnými hodnotami naměřenými analyzátozem Tanita a Nutriguard překročily tuto hranici u všech sledovaných probandů. Sledovaní muži byli hráči kopané. U hráčů kopané je v odborných studiích uváděno rozpětí zastoupení tělesného tuku v úrovni 8–12 % v závislosti na použité metodě a postu hráče (Arroyo, Gonzalez-de-Suso, Sanchez, Ansotegui, & Ro-candio, 2008; Osotojic, 2003; Rico-Sanz, 1998; Silvestre, West, Maresh, & Kraemer, 2006). Hranice 12 % tuku byla překročena při použití režimu měření Athletic (Tanita) u 29 sledovaných mužů (36,70 %), režimu měření Standard (Tanita) u 37 mužů (46,83 %) a při použití analyzátoru Nutriguard u 75 mužů

(94,93 %). Z výsledků je patrné, že v případě interpretace získaných výsledků by došlo k výrazně rozdílnému hodnocení. Podle přístroje Tanita by hodnoty většiny hráčů odpovídaly hodnotám elitních hráčů kopané, které jsou uváděny v odborných studiích, zatímco podle hodnot přístroje Nutriguard by se téměř u všech hráčů jednalo o zvýšený podíl tukové složky. Sledované ženy byly vysokoškolské studentky bez zdravotních obtíží. V odborné literatuře je uváděna střední hodnota podílu tukové složky pro mladé ženy v úrovni 25 % (McCardle, Katch, & Katch, 2007). Těto hodnotě odpovídají i průměrné hodnoty mladých žen ve studiích zabývajících se tělesným složením této skupiny populace při použití metody BIA (Daňková, Cvičelová, & Siváková, 2013; Görner, Boraczyński, & Štihec, 2009; Nazmi, Irfan, Osman, & Serdar, 2011; Weaver, Hill, Andreacci, & Dixon, 2009). S ohledem na tyto hodnoty budeme považovat za mezní hodnotu pro optimální podíl tuku hranici 25 %. Tato hodnota nebyla překročena u žádné ženy při použití režimu měření Athletic (Tanita). Při použití měřicího režimu Standard (Tanita) byla překročena u 13 žen (40,62 %) a při použití analyzátoru Nutriguard u 21 žen (65,62 %). I u žen je tedy patrné, že podle analyzátoru Tanita je u více žen hodnocen podíl tukové složky jako optimální. Velikosti rozdílů v průměrných hodnotách procentuálního podílu BF, které byly zjištěny mezi použitými analyzátozem a u žen dokonce mezi režimy měření stejného analyzátoru (Tanita), nebyl nalezen mnohdy ani při komparaci průměrných hodnot, při měření různými metodami. Při srovnání hodnot podílu tuku mezi metodou BIA a DXA rozdíly průměrných hodnot nepřekročily 2,7 % (Gupta, Balasekaran, Victor, Hwa, & Shun, 2011; Kutáč, Gajda, Přidalová, & Šmajstrla, 2008; Mojtahedi, Valentine, & Evans, 2009; Trutschnigg et al., 2008). Při srovnání BIA s antropometrickými metodami nepřekročily rozdíly průměrných hodnot 7,7 % (Kutáč & Gajda, 2009; Mojtahedi, Valentine, & Evans, 2009; Rutherford, Diemer, & Scott, 2011).

U zastoupení tukuprosté hmoty (FFM) je za optimální chybu měření považováno rozmezí 2,0–2,5 kg (Heyward & Wagner, 2004). Při posouzení rozdílů průměrných hodnot, při opakovaném měření stejným analyzátozem v různých režimech měření, byla mezní hodnota 2,5 kg překročena pouze u žen mezi režimy měření analyzátoru Tanita (Athletic – Standard). V ostatních případech byly rozdíly výrazně nižší, o čemž svědčí i nízké hodnoty Cohenova d (Tabulka 2, 4). Při srovnání rozdílů průměrných hodnot mezi různými analyzátozem nebyla uvedena hodnota překročena pouze u žen mezi režimem měření Standard (Tanita) a analyzátozem Nutriguard. I přesto bylo při podrobné analýze výsledků zjištěno překročení této hodnoty u 4 žen (12,50 %). Stejně jako u podílu BF jsou zjištěné rozdíly výrazně vyšší než uvádějí studie zabývající se komparací výsledných hodnot tělesného složení při použití různých metod. Na příklad rozdílů v podílu FFM při srovnání metody BIA a DXA nepřekročily hodnotu 2,16 kg (Gupta, Balasekaran, Victor, Hwa, & Shun, 2011; Trutschnigg et al., 2008).

Třetím srovnávaným parametrem je podíl celkové tělesné vody (TBW) na celkové tělesné hmotnosti jedince. Dostatečná hydratace organismu je podmínkou pro zachování fyziologických funkcí člověka a má tedy bezprostřední vliv na zdraví jedince. Nedostatek tělesné vody (dehydratace organismu) je proto příčinou snížení výkonnosti jedince a v extrémních případech vede dokonce ke smrti. Již při poklesu o 2 až 3 % dochází podle odborné literatury k výraznému snížení výkonnosti u pohybových aktivit (García-Jiménez, Yuste, & García-Pellicer, 2011; Hamouti, Del Coso, Estevez, & Mora-Rodriguez, 2010; Maughan & Shirreffs, 2010; Wilmore, Costill, & Kenney, 2008). Při poklesu v rozmezí 3–5 % se objevují záživací obtíže při cvičení, svalové křeče a při hodnotách překračujících 7 % dokonce nebezpečí kolapsu (Beachle & Earle, 2008; Burke, 2007; Oppiliger & Bartok, 2003; Montain, 2008). Dostatečné hod-

noty zastoupení tělesné vody je v literatuře u mužů uváděno v úrovni 59–63 % a u žen 51–53 % (Ganong, 1995; Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004; McArdle, Katch, & Katch, 2007; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Z tohoto pohledu můžeme konstatovat, že průměrné hodnoty naměřené oběma přístroji u mužů i žen odpovídají těmto normovým hodnotám. Při podrobné analýze se ukázalo, že u mužů se při měření analyzátozem Tanita pod hodnotu 59 % nedostal ani jeden proband, ale při měření analyzátozem Nutriguard se jednalo o 37 jedinců (46,83 %). U žen při měření analyzátozem Tanita stejně jako u mužů nebyla nižší než normová hodnota (51 %) zjištěna u žádné probandky a u analyzátozu Nutriguard se jednalo jen o 6 žen (18,75 %). Při srovnání průměrných hodnot naměřených stejnými analyzátozy v různých režimech měření byl rozdíl větší než 3 % zjištěn pouze u žen. Jednalo se o režimy měření analyzátozu Tanita. Úroveň rozdílu 3 % byla překročena u 18 žen (56,25 %), 5 procentní rozdíl byl překročen u 6 žen (18,75 %). Při srovnání průměrných hodnot, které byly naměřeny rozdílnými analyzátozy, byl zjištěn rozdíl větší než 5 %. Výjimkou bylo srovnání průměru u žen mezi režimem měření Standard (Tanita) a analyzátozem Nutriguard, který byl pod úrovní 3 %. Detailní analýza výsledků ukázala, že rozdíl 3 % TBW byl překročen při srovnání měření Athletic (Tanita) – Nutriguard u 78 mužů (98,73 %) a 29 žen (90,62 %), u měření Standard (Tanita) – Nutriguard u 74 mužů (93,67 %) a 6 žen (18,75 %). Rozdíl 5 % TBW byl překročen při srovnání měření Athletic (Tanita) – Nutriguard u 62 mužů (78,48 %) a 26 žen (81,25 %), u měření Standard (Tanita) – Nutriguard u 42 mužů (53,16 %) a u žádné ženy. Větší rozdíl než 7 % TBW byl zjištěn mezi měřením režimem Athletic (Tanita) – Nutriguard u 15 mužů (18,98 %) a u 7 žen (21,87 %), u měření Standard (Tanita) – Nutriguard se jednalo pouze o 2 muže (2,53 %). Jak je z výsledků patrné, u řady probandů se ukazuje, že v případě záměny analyzátozu nebo dokonce jen režimu měření (v případě Tanity) bychom se mohli dopustit velmi zavádějícího hodnocení výsledných hodnot.

Zjištěné hodnoty korelačních koeficientů r korespondují s hodnotami, které jsou uváděny ve studiích zabývajících se reliabilitou měření tělesného složení metodou BIA (Kettaneh et al., 2005; Kilduff, Lewis, & Kingsley, 2007; Lubans et al., 2011; Macfarlane, 2007).

Omezení studie

Jsme si vědomi toho, že výsledky této studie mohou být ovlivněny zejména počtem diagnostikovaných osob. Proto považujeme tuto studii za pilotní, jejíž výsledky by mohly být jak podkladem pro širší výzkum u námi sledovaných skupin populace, tak také impulsem pro výzkum i u jiných skupin populace. Výsledky jsou platné pro konkrétní populační skupiny adolescentů.

Závěry

Volba režimu měření u analyzátozu Nutriguard-MS neměla vliv na výsledné hodnoty sledovaných parametrů. Zjištěné rozdíly jak u mužů, tak u žen nebyly statisticky ani věcně významné.

U analyzátozu Tanita BC-418 MA se vliv použitého režimu projevil zejména u žen, které nesplňovaly podmínku (objem pohybové aktivity) pro volbu režimu Athletic. Statisticky významné rozdíly mezi průměrnými hodnotami byly zjištěny i u mužů, ale věcná významnost byla prokázána jen u žen. U mužů rozdíly v průměrných hodnotách nepřekročily doporučenou optimální chybu měření pro přístroje využívající pro měření metodu BIA. U mužů i žen se však ukázalo, že režim měření Athletic odhaduje nižší hodnoty zastoupení tělesného tuku, čemuž odpovídají i vyšší hodnoty zastoupení celkové tělesné vody. Velikost rozdílů výsledných hodnot u žen by v pří-

padě záměny použitého režimu měření mohl vést k chybným interpretacím výsledků.

Rozdíly mezi průměrnými hodnotami námi sledovaných mužů mezi režimy měření analyzátozem Tanita BC-418 MA a Nutriguardem-MS jsou na stejné úrovni, což odpovídá podobnosti výsledků mezi režimy analyzátozu Tanita. Zjištěné rozdíly byly nejen signifikantní, ale byla potvrzena i vysoká věcná významnost. Při srovnání naměřených hodnot analyzátozu Tanita a Nutriguard u žen se ukázalo, že výraznější rozdíly byly při srovnání Nutriguardu s režimem měření Athletic než Standard. I když byly ve všech případech, rozdíly průměrů signifikantní, lišily se jak v samotných hodnotách diferencí, tak i ve věcné významnosti vyjádřené Cohenovým d . Analyzátoz Nutriguard ve všech případech odhaduje vyšší podíl zastoupení tělesného tuku, čemuž odpovídají nižší hodnoty celkové tělesné vody. S ohledem na velikost rozdílu mezi průměrnými hodnotami naměřenými u mužů oběma režimy analyzátozu Tanita a u žen režimem Athletic se ukazuje, že referenční soubory u analyzátozu Nutriguard zřejmě nebyli sportující jedinci. Analyzátoz Nutriguard proto není příliš vhodný pro měření vrcholových sportovců s nízkým podílem tuku.

Oba použité analyzátozy měří dostatečně přesně, jejich vzájemné výsledky jsou však posunuty. Vysoké hodnoty r umožňují předvídatelnost výsledků jednotlivých měření.

Poděkování

Tato studie byla financována z projektu SGS 6136/PdF/2013.

Souhrn

Studie se zabývá srovnáním hodnot parametrů tělesného složení, které byly naměřeny různými analyzátozy a režimy měření metodou BIA. Cílem studie je analyzovat rozdíly ve výsledných hodnotách. Do výzkumu bylo zařazeno 79 hráčů kopané s vysokým objemem tréninkového zatížení a nízkým podílem zastoupení tělesného tuku a 32 žen běžné populace bez zdravotních obtíží. Měření bylo realizováno analyzátozy Tanita BC-418 MA a Nutriguard-MS. Rozdíly průměrů sledovaných parametrů byly posouzeny párovým t -testem. U hodnot s narušením normality rozdělení byl použit Wilcoxonův test. U statisticky významných rozdílů průměru byla rovněž ověřena věcná významnost.

Volba režimu měření u analyzátozu Nutriguard neměla na výsledné hodnoty vliv. Rozdíly mezi většinou sledovaných hodnot nebyly signifikantní, pokud byla signifikance prokázána, nebyla prokázána věcná významnost. Rozdíly mezi parametry vyjádřenými v procentech se pohybovaly v rozmezí 0,12–0,17 % a u parametrů v kilogramech v rozmezí 0,04–0,30 kg. Volba režimu měření u analyzátozu Tanita měla na výsledné hodnoty vliv pouze u žen, které nesplňovaly podmínku objemu pohybové aktivity pro použití režimu Athletic. U signifikantních rozdílů byla prokázána i vysoká věcná významnost. Rozdíly hodnot v procentech byly u tělesného tuku (BF) 4,75 % a u celkové tělesné vody (TBW) 3,49 %, v kilogramech u BF 3,05 kg, u TBW 2,23 kg a u tukuprosté hmoty (FFM) 3,04 kg. U mužů volba režimu měření analyzátozu Tanita vliv neměla, protože i když signifikance mezi naměřenými hodnotami zjištěna byla, věcná významnost prokázána nebyla. Zjištěné rozdíly nepřekročily úroveň optimální chyby měření. Z rozdílů průměrných hodnot naměřených režimy měření Tanity a Nutriguardu se ukazuje, že Tanita odhaduje nižší hodnoty BF, čemuž odpovídají vyšší hodnoty TBW. Zjištěné rozdíly průměrů byly ve všech případech signifikantní a potvrdila se vysoká věcná významnost. Rozdíly u hodnot vyjádřených v procentech se pohybovala v rozmezí 2,18–7,97 % a v kilogramech 3,55–6,12 kg, vždy v závislosti na pohlaví a srovnávaných parametrech. Pouze u žen při srovnání režimu Standard s Nutriguardem u hodnot v kilogramech byla věcná význam-

nost střední. Rozdíl se pohybovaly v rozmezí 1,32–1,84 kg. Ukazuje se, že v referenčním souboru u analyzátoru Nutriguard zřejmě nebyli sportující jedinci, a proto tento analyzátor není příliš vhodný pro měření vrcholových sportovců s nízkým podílem tuku.

Klíčová slova: tělesný tuk, tukuprostá hmota, celková tělesná voda, rozdíl výsledných hodnot, statistická významnost, věcná významnost

Literatura

- Arroyo, M., Gonzalez-de-Suso, J. M., Sanchez, C., Ansotegui, L., & Rocandio, A. M. (2008). Body Image and Body Composition: Comparisons of Young Male Elite Soccer Players and Controls. In *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18(6), 628–638.
- Beachle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Champaign: Human Kinetics.
- Bultink, I. E., Lems, W. F., Kostense, P. J., Dijkmans, B. A., & Voskuyl, A. E. (2005). Prevalence of and risk factors for low bone mineral density and vertebral fractures in patients with systemic lupus erythematosus. *Arthritis Rheum*, 52(7), 2044–2050.
- Burke, L. (2007). *Practical sport nutrition*. Champaign: Human Kinetics.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Daňková, Z., Cvičelová, M., & Siváková, D. (2013). Tělesné zloženie a indexy obezity u slovenských študentov vo veku od 16 do 25 rokov. *Česká antropologie*, 63(1), 9–14.
- Ganong, W. F. (1995). *Přehled lékařské fyziologie*. Jinočany: H & H.
- García-Jiménez, J. V., Lucas, J. L. Y., & García-Pellicer, J. J. (2011). Fluid balance and dehydration in futsal players: goalkeepers vs. field players. *International Journal of Sport Science*, 7(22), 3–13.
- Gil, S., Ruiz, F., Irazusta, A., Gil, J., & Irazusta, J. (2007). Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *J Sport Med Phys Fit*, 47(1), 25–32.
- Global Database on Body Mass Index. (2006). *World Health Organization* [online]. Retrieved from <http://apps.who.int/bmi/index.jsp>
- Görner, K., Boraczyński, T., & Štihec, J. (2009). Physical activity, body mass, body composition and the level of aerobic capacity among young, adult women and men. *Sport Scientific & Practical Aspects*, 6(2), 7–14.
- Gupta, N., Balasekaran, G., Victor G. V., Hwa, Ch. Y., & Shun, L. M. (2011). Comparison of body composition with bioelectric impedance (BIA) and dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) among Singapore Chinese. *J Sci Med Sport*, 14(1), 33–35.
- Hamouti, N., Del Coso, J., Estevez, E., & Mora-Rodriguez, R. (2010). Dehydration and sodium deficit during indoor practice in elite European male team players. *Eur J Sport Sci*, 10(5), 329–336.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment*. Champaign IL, Human Kinetics.
- Kettaneh, A., Heude, B., Lommez, A., Borys, J. M., Ducimetière, P., & Charles, M. A. (2005). Reliability of bioimpedance analysis compared with other adiposity measurements in children: The FLVS II Study. *Diabetes & Metabolism*, 31(6), 534–541.
- Kilduff, L. P., Lewis, S., & Kingsley, M. I. (2007). Reliability and Detecting Change Following Short-Term Creatine Supplementation: Comparison of Two-Component Body Composition Methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 378–384.
- Kutáč, P., Gajda, V., Přidalová, M., & Šmajstrla, V. (2008). Validity of measuring body composition by means of the BIA Method. *New Medicine*, 12(4), 89–93.
- Kutáč, P., & Gajda, V. (2009). Importance of measuring the body composition by means of the BIA and skinfold method in male population who perform physical activities regularly. *Scientific review of physical culture of university Rzeszów*, 91(2), 142–146.
- Lubans, D. R., Morgan, P., Callister, R., Plotnikoff, R. C., Eather, N., Riley, N., & Smith, C. J. (2011). Test-retest reliability of a battery of field-based health-related fitness measures for adolescents. *Journal of Sports Sciences*, 29(7), 685–693.
- Macfarlane, D. J. (2007). Can bioelectric impedance monitors be used to accurately estimate body fat in Chinese adults? *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 16(1), 66–73.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign: Human Kinetics.
- Maughan R. J., & Shirreffs, S. M. (2010). Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high-intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*, 20(Suppl 2), 59–69.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2007). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, & Human Performance*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- McClung, M. R., Lewiecki, E. M., Cohen, S. B., Bolognese, M. A., Woodson, G. C., Moffett, A. H. ... Bekker, P. J. (2006). Denosumab in Postmenopausal Women with Low Bone Mineral Density. *N Engl J Med*, 354(8), 821–831.
- Mojtahedi, M. C., Valentine, R. J., & Evans, E. M. (2009). Body composition assessment in athletes with spinal cord injury: comparison of field methods with dual-energy X-ray absorptiometry. *Spinal Cord*, 47(9), 698–704.
- Montain, S. J. (2008). Hydration Recommendations for Sport 2008. *Curr Sports Med Rep*, 7(4), 187–192.
- Nazmi, S., Irfan, Ö., Osman, P., & Serdar, B. (2011). Evaluation Of Body Fat Percentage Of Female University Students According To Three Different Methods. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport / Science, Movement & Health*, 11(2), 244–249.
- Oppliger, R. A., & Bartok, C. (2002). Hydration Testing of Athletes. *Sports Medicine*, 32(15), 959–971.
- Ostojic, S. M. (2003). Seasonal alterations in body composition and sprint performance of elite soccer players. *Journal of Exercise Physiology*, 6(3), 24–27.
- Parikh, S. J., Edelman, M., Uwaifo, G. I., Freedman, R. J., Semega-Janneh, M., Reynolds, J., & Yanovski, J. A. (2004). The relationship between obesity and serum 1,25-dihydroxyvitamin D concentrations in healthy adults. *J Clin Endocrinol Metab*, 89(3), 1196–1199.
- Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Delgado-Guerra, S., Ara, I., Vicente-Rodriguez, G., Ortiz, R. A., ... Calbet, J. A. (2008). Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33(3), 501–510.
- Rahimi, R. (2006). Effect of moderate and high intensity weight training on the body composition of overweight men. *Acta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 4(2), 93–101.
- Rico-Sanz, J. (1998). Body composition and Nutritional Assessments in Soccer. *Int J Sport Nutr*, 8(2), 113–123.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: příručka funkční antropologie*. Olomouc: Hanex.
- Roelants, M., Delecluse, C., Goris, M., & Verschueren, S. (2004). Effects of 24 Weeks of Whole Body Vibration Train-

- ning on Body Composition and Muscle Strength in Untrained Females. *Int J Sports Med*, 25(1), 1-5.
- Rutherford, W.J., Diemer, G.A., & Scott, E.D. (2011). Assessment of Body Composition in Healthy Young Adults. *Journal of Research in Health, Physical Education, Recreation, Sport & Dance*, 6(2), 56-61.
- Silvestre, R., Kraemer, W. J., West, C., Judelson, D. A., Spiering, B. A., Vingren, J. L., ... Maresch, C. M. (2006). Body Composition and Physical Performance During a National Collegiate Athletic Association Division I Men's Soccer Season. *J Strength Cond Res*, 20(4), 962-970
- Silvestre, R., West, C., Maresch, C. M., & Kraemer, W. J. (2006). Body composition and physical performance in men's soccer: a study of national collegiate athletic association division I team. *J Strength Cond Res*, 20(1), 177-183.
- Siváková, D., Vondrová, D., Valkovič, P., Cvíčelová, M., Danková, Z., & Luptáková, L. (2013). Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) in Slovak population: application in a clinical sample. *Central European Journal of Biology*, 8(11), 1094-1101.
- Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2005). *Research methods in physicalactivity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Triola, F. M. (1989). *Elementary statistics*. New York: The Benjamin/Cumming Publishing Company.
- Trutschnigg, B., Kilgour, R. D., Reinglas, J., Rosenthal, L., Hornby, L., Morais, J. A., & Vigano, A. (2008). Precision and reliability of strength (Jamar vs. Biodex handgrip) and body composition (dual-energy X-ray absorptiometry vs. bioimpedance analysis) measurements in advanced cancer patients. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33(6), 132-140.
- Weaver, A. M., Hill, A. C., Andreacci, J. L., & Dixon, C. B. (2009). Evaluation of Hand-to-Hand Bioelectrical Impedance Analysis for Estimating Percent Body Fat in Young Adults. *International Journal of Exercise Science*, 2(4), 254-263.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2008). *Physiology of Sports and Exercise*. Champaign: Human Kinetics.