

KOMPARACE VÝSLEDKŮ ZASTOUPENÍ TĚLESNÉHO TUKU A VALIDITA MĚŘENÍ BIOIMPEDANČNÍMI ANALYZÁTORY S ROZDÍLNÝMI MĚŘÍCÍMI FREKVENCEMI U MLADÝCH ATLETŮ

Comparison of the results of body fat representation and validity of measurements of young athletes performed by bioimpedance analysers using various measuring frequencies

Petr Kutáč

Centrum diagnostiky lidského pohybu,
Katedra studií lidského pohybu, Pedagogická fakulta,
Ostravská univerzita, Ostrava, Česká republika

Abstract

The aim of the study is to use the DXA method as a criterion to validate results of measurements of body fat representation by bioimpedance analysers (BIA) with a different measuring frequency and to compare differences in the resulting values. The researched group included U19 athletes. The measurement of body fat representation was performed by BIA analysers Tanita BC 418 MA (A1) and InBody 770 (A2). The DXA method was used as a reference method. To assess validity we used the modelling of the relationship between the observed variables by means of various models of regression functions. To assess empirical validity, the Pearson correlation coefficient (r) and the standard error of the estimate ($S_{y/x} = SEE$) were used. When comparing average values of body fat representation obtained by BIA analysers, statistically significant differences were identified. Practical significance expressed by the Cohen d ranged between 0.7 and 0.8. The value of the Pearson coefficient (r) that expresses the degree of validity against the DXA method was shown by A1 analyser as 0.87–0.91 (% fat – kg fat) and 0.95–0.96 (% fat – kg fat) by A2 analyser. The values of d_{max} ($\pm 2S_{y/x}$) in case of values expressed in percentages ranged between 4.90–5.52 % and in kilograms 4.06–4.90 kg. Despite the relatively high value of the Pearson coefficient we cannot estimate sufficiently accurately the values of the DXA reference method from the measurement conducted by BIA analysers. The results are burdened with a high value of d_{max} . A higher measuring frequency does not, in case of measuring proportion of fat, ensure significantly greater validity of measurement.

Keywords: statistical significance, practical significance, dual X-ray absorptiometry, standard error of estimate, men playing sports

Úvod

Parametry tělesného složení bývají považovány za ukazatel zdravotního stavu jedince, úrovně výživy a jeho tělesné zdatnosti. Proto se analýza tělesného složení využívá jak

pro hodnocení zdravotně orientované zdatnosti (Cvejić, Pejović, & Ostojić, 2013; Sousa et al., 2013; Sofková, Přidalová, Mitáš, & Pelclová, 2013), tak je běžnou součástí funkční diagnostiky sportovců (Heyward & Gibson, 2014).

Pro odhad tělesného složení existuje řada metod, které můžeme rozdělit na metody laboratorní a terénní. Metody laboratorní (hydrostatické vážení, denzitometrie, DXA, TOBEC apod.) jsou považovány za přesnější. Proto jsou využívány jako metody referenční pro hodnocení validity ostatních metod. Tyto metody jsou však náročné na přístrojové vybavení i realizaci měření (Heymsfield, Lohman, Wang, & Going, 2005). V terénní praxi se proto využívají metody terénní. Mezi tyto metody patří i bioelektrická impedance (BIA). Přístroje využívající bioelektrickou impedanci (bioimpedanční analyzátoři) jsou méně náročné na obsluhu, měření je rychlé a jsou cenově dostupnější. O širokém používání BIA svědčí stále se rozšiřující nabídka BIA analyzátorů. I když tyto analyzátoři využívají pro měření stejnou metodu, která je založena na rozdílech v šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách, liší se v řadě parametrů. Mezi tyto parametry můžeme zařadit způsob vedení elektrického proudu jednotlivými částmi těla. Využívají se přístroje bipolární, které vedou proud pouze končetinami (horními nebo dolními) nebo tetrapolární, které vedou proud celým tělem. Dalším rozdílem je počet a použití elektrod, analyzátoři používají nejen různý počet elektrod pro měření, ale některé analyzátoři mají elektrody zabudovány a u některých se musí na tělo nalepovat. Dalším významným rozdílem je použití různých frekvencí pro měření. Jsou využívány jak monofrekvenční analyzátoři měřící na frekvenci 50 kHz, tak multifrekvenční analyzátoři využívající frekvence 100 až 1000 kHz. Z tohoto rozdílu plynou také rozdíly v parametrech, které nám mohou jednotlivé typy analyzátorů poskytnout. Analyzátoři využívající vyšší frekvence poskytují díky průchodu elektrického proudu do hlubších struktur více parametrů a poskytují tak více informací o tělesném složení sledovaného jedince. Tyto analyzátoři jsou ale finančně náročnější a je proto otázkou, zda jsou i validnější vzhledem k referenčním metodám než analyzátoři monofrekvenční. Pokud by tomu tak nebylo, byly by v případě pouhé analýzy podílu tělesného tuku dostačující analyzátoři monofrekvenční. V této studii jsme použili pro srovnání rozdílů naměřených hodnot zastoupení tělesného tuku a pro srovnání validity BIA analyzátorů 2 analyzátoři s rozdílnými frekvencemi. Jednalo se o monofrekvenční tetrapolární analyzátor měřící na frekvenci 50 kHz a multifrekvenční tetrapolární analyzátor měřící na frekvenci 1000 kHz. Zařazení použitých analyzátorů vycházelo z jejich rozšíření na odborných pracovištích.

I když již byla realizována řada studií, ve kterých byly srovnávány výsledné hodnoty parametrů tělesného složení a jejich validita k referenčním metodám, jednalo se o jiné typy analyzátorů a hodnocení nebylo zaměřeno na rozdílnost použitých frekvencí měření (Beeson et al., 2010; Dolezal, Lau, Abrizado, Storer, & Cooper, 2013; Gupta, Balasekaran, Victor Govindaswamy, Hwa, & Shun, 2011; Leahy, O'Neill, Sohun, & Jakeman, 2012; Rutherford, Diemer, & Scott, 2011). Rovněž ve studiích, které se zabývaly porovnáváním výsledků měření na úrovni různých měřících frekvencí, byly používány jiné typy analyzátorů (Kutáč, 2013; Kutáč & Kopecký, 2015).

Cíl

Cílem studie je využít metodu DXA jako kritérium validity výsledků měření zastoupení tělesného tuku u sportujících jedinců bioimpedančními analyzátoři s rozdílnou frekvencí měření a porovnat rozdíly ve výsledných hodnotách.

Byly stanoveny 3 výzkumné otázky:

- Liší se výsledky naměřené různými BIA analyzátory?
- Liší se validita naměřených výsledků u různých typů BIA analyzátorů?
- Je vyšší měřicí frekvence zárukou vyšší validity naměřených výsledků?

Metodika

Charakteristika souboru

Výzkumný soubor tvořilo 21 mužů, jejich věkový průměr byl $18,7 \pm 1,6$ let (věkové rozpětí bylo 17 až 21 let). Měřenými jedinci byli atleti, kteří se účastní nejvyšších soutěží v České republice v dané věkové kategorii ve skokanských a vrhačských disciplínách. Výzkumu se účastnili dobrovolně a byli předem informováni o postupu výzkumu. Všichni rovněž podepsali informovaný souhlas s účastí v tomto výzkumu. Výzkum byl schválen etickou komisí Ostravské univerzity a je v souladu s Helsinskou deklarací.

Realizace výzkumu

Účastníci měření byli v dostatečném předstihu informováni o podmínkách, které musí před měřením dodržet. Měření probíhala vždy v ranních hodinách (7.30–9.30 hod.) ve stejný den v týdnu. Byly dodrženy všechny zásady pro měření metodou BIA (Riegerová et al., 2006). Při všech měřeních byli účastníci ve spodním prádle. Měření bylo realizováno vždy stejným týmem výzkumníků, kteří mají v realizovaných měřeních několika letou praxi. Každý účastník absolvoval měření na jednotlivých analyzátoch ve stejném pořadí. Abychom vyloučili případné ovlivnění výsledných naměřených hodnot v důsledku prodlev mezi měřeními (např. požitím tekutin nebo potravin), byla jednotlivá měření realizována bezprostředně po sobě a účastníci byli neustále pod dohledem. Vedle podílu tělesného tuku byly měřeny i základní antropometrické parametry (tělesná výška a hmotnost). Tělesná výška byla měřena antropometrickým měřidlem P 226 (Trystom, Česká republika), tělesná hmotnost byla měřena použitými analyzátory.

Použité BIA analyzátory pro diagnostiku podílu tělesného tuku a jejich základní charakteristika:

- A1_(50 kHz): Tanita BC 418 MA (Tanita corporation, Japonsko) jedná se tetrapolární monofrekvenční bioelektrický analyzátor, který pro měření využívá 50 kHz. Pro měření jsou využívány osmibodové dotykové elektrody, které jsou zabudovány v madlech a nášlapné plošině přístroje. Analyzátor je zároveň digitální váhou.
- A2_(1000 kHz): InBody 770 (Biospace, Jižní Korea) jedná se o tetrapolární multifrekvenční bioelektrický analyzátor, který pro měření využívá 1000 kHz. Pro měření jsou využívány osmibodové dotykové elektrody, které jsou zabudovány v madlech a nášlapné plošině přístroje. Analyzátor je zároveň digitální váhou.
- A3_(DXA) referenčním přístrojem byl Denzitometr Holgic QDR (Hologic, USA) využívající metodu duální rentgenové absorpciometrie (DXA).

Statistické zpracování

Normalita rozdělení byla ověřena Shapiro-Wilk testem. Pro hodnoty u kterých nedošlo k narušení normality rozdělení, byl pro ověření statistické významnosti použit párový t-test.

U hodnot, kde byly zjištěny statisticky významné rozdíly, byl pro posouzení věcné významnosti použit Effect of Size (Cohenovo *d*) (Cohen, 1988). K posouzení validity jsme použili modelování vztahu mezi sledovanými proměnnými pomocí různých modelů regresních funkcí. Nezávisle proměnnou tvořila měření bioimpedančních analyzátorů a závisle proměnnou

měření pomocí DXA. K posouzení empirické validity byl použit Pearsonův korelační koeficient (*r*) a standardní chyba odhadu ($S_{y/x} = SEE$). Statistické zpracování výsledků bylo provedeno pomocí programu PASW SPSS 21.0. Hladina statistické významnosti byla zvolena u všech použitých testů na hladině $\alpha = 0,05$. Doporučení pro Cohenovo *d*: 0,2 = malá změna, 0,5 = střední změna, 0,8 = velká změna podle Cohena (1988).

Výsledky

Ve výsledkové části jsou prezentovány průměrné hodnoty základních antropometrických parametrů, jako základní charakteristika sledované skupiny probandů (Tabulka 1). Vedle naměřených hodnot zastoupení tělesného tuku (Tabulka 2) jsou zde prezentovány také rozdíly mezi těmito hodnotami (Tabulka 3). Vzhledem k tomu, že u žádných hodnot nebylo zjištěno narušení normality rozdělení, mohlo být posouzení statistické významnosti provedeno mezi všemi BIA analyzátory pomocí párového t-testu. K odhadu regresní funkce jsme využili modely lineární, kvadratický, logaritmický a exponenciální a jejich R Square uvádí tabulka 4.

Tabulka 1. Základní antropometrické parametry

Parametr	M	SD
Tělesná výška (cm)	181,2	4,8
Tělesná hmotnost (kg) A1 _(50kHz)	76,7	11,0
Tělesná hmotnost (kg) A2 _(1000 kHz)	76,7	11,0
Tělesná hmotnost (kg) A3 _(DXA)	76,4	10,9

Poznámka: A1 – Tanita BC 418 MA; A2 – InBody 770; A3 – Denzitometr Holgic QDR; M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka

Tabulka 2. Hodnoty zastoupení tělesného tuku naměřené všemi přístroji

Parametr	Analyzátory		
	A1 _(50 kHz) M ± SD	A2 _(1000 kHz) M ± SD	A3 _(DXA) M ± SD
Tuk (%)	15,0 ± 4,3	11,0 ± 5,2	17,4 ± 5,6
Tuk (kg)	11,8 ± 4,9	8,7 ± 5,1	13,5 ± 6,1

Poznámka: A1 – Tanita BC 418 MA; A2 – InBody 770; A3 – Denzitometr Holgic QDR; M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka

Tabulka 3. Rozdíly mezi průměrnými hodnotami zastoupení tělesného tuku naměřenými BIA analyzátory

Analýzátor	Parametr	Rozdíl	<i>d</i>
A1 _(50kHz) – A2 _(1000 kHz)	Tuk (%)	4,0***	0,8
	Tuk (kg)	3,1***	0,6
A1 _(50kHz) – A3 _(DXA)	Tuk (%)	-2,4**	0,5
	Tuk (kg)	-1,7**	0,3
A2 _(1000 kHz) – A3 _(DXA)	Tuk (%)	-6,4***	1,2
	Tuk (kg)	-4,8***	0,9

Poznámka: A1 – Tanita BC 418 MA; A2 – InBody 770; A3 – Denzitometr Holgic QDR; **p* < 0,05; ***p* < 0,01; ****p* < 0,001

Mezi BIA analyzátory (A1 vs A2) byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,001$), byla potvrzena i věcná významnost. V procentuálním zastoupení tuku se jednalo o velkou změnu a v kilogramech střední. Rozdíl mezi zastoupením tuku naměřeným mezi BIA analyzátory a metodou DXA byl rovněž zjištěn statisticky významný rozdíl (A1 vs A3 $p < 0,01$ a A2 vs A3 $p < 0,001$). Věcná významnost v procentuálním zastoupení tuku byly mezi A1 a A3 střední a mezi A2 a A3 velká. V kilogramech nebyla věcná významnost mezi A1 a A3 prokázána (d : 0,3 = malá změna), ale mezi A2 a A3 prokázána byla, zjištěná změna je velká.

Tabulka 4. R Square zvolených regresních funkcí

Analyzátor	Parametr	Regresní funkce			
		Lineární	Logaritmická	Kvadratická	Exponenciální
A1 _(50 kHz)	Tuk (%)	0,706	0,682	0,712	0,601
	Tuk (kg)	0,847	0,823	0,852	0,755
A2 _(1000 kHz)	Tuk (%)	0,863	0,854	0,867	0,655
	Tuk (kg)	0,902	0,880	0,913	0,712

Poznámka: A1 – Tanita BC 418 MA; A2 – InBody 770

Tabulka 5. Charakteristiky empirické validity měření použitých BIA analyzátorů vzhledem k DXA

Analyzátor	Parametr	<i>r</i>	<i>S</i> _{y/x}	<i>d</i> _{max}
A1 _(50 kHz)	Tuk (%)	0,84	2,49	4,98
	Tuk (kg)	0,92	2,00	4,00
A2 _(1000 kHz)	Tuk (%)	0,93	2,02	4,04
	Tuk (kg)	0,96	1,62	3,24

Poznámka: A1 – Tanita BC 418 MA; A2 – InBody 770; *r* – Pearsonův korelační koeficient; *S*_{y/x} – standardní chyba odhadu (SEE); *d*_{max} ($\pm 2S_{y/x}$) – mezní chyba odhadu

Z vybraných regresních funkcí (Tabulka 4) vytváří nejlepší podmínky pro odhad model kvadratický. U analyzátoru A1 vysvětluje 71–85 % rozptylu a u analyzátoru A2 87–91 % rozptylu. Rozdíly mezi modelem kvadratickým, logaritmickým a lineárním jsou však zanedbatelné. Nejhorší podmínky vytváří u obou analyzátorů model exponenciální.

Stejně jako při využití regresních funkcí je odhad kritéria přesnější u A2 než u A1. Tuto skutečnost potvrzují také hodnoty standardní chyby odhadu (*S*_{y/x}) a mezní chyby odhadu (*d*_{max}). Rozdíly jsou však velmi malé.

Diskuse

Při posouzení difference mezi průměrnými hodnotami zastoupení tělesného tuku naměřenými dvěma celotělovými BIA analyzátorů s rozdílnou měřicí frekvencí byl zjištěn nižší rozdíl než při srovnání výsledků naměřených celotělovým a bipolárním analyzátořem. Při srovnání celotělového analyzátoru s analyzátořem ruka-ruka byl zjištěn rozdíl 6,42 % tuku a při srovnání s analyzátořem noha-noha 7,46 % (Chin, Kiew, & Girandola, 2006; Trutschnigg et al., 2008). Nižší rozdíl uvádějí ve své studii Sigmund, Psotta a Agricola (2015). U sportujících chlapců ve věku 7–18 let byly zjištěny rozdíly mezi hodnotami bipedního a celotělového analyzátoru rozdíly v rozpětí 3,1–4,7 %. Při srovnání bipolárních analyzátořů ruka-ruka a noha-noha mezi sebou byl zjištěn rozdíl v průměrných hodnotách 5,7 % tuku (Velazquez-Alva, Irigoyen-Camacho, Huerta-Huerta, & Delgado-Velazquez, 2014). Ukazuje se tedy, že jako významný faktor výsledků měření se jeví nejen měřicí frekvence, ale i způsob vedení elektrického proudu lidským tělem.

Při posouzení přesnosti měření BIA analyzátořů bychom mohli vycházet z hodnot optimální velikosti chyby přístroje. Za hraniční hodnotu pro optimální velikost chyby analyzátořu je považováno 2 % tělesného tuku (Heyward & Wagner, 2004). Analyzátořy, které měří s touto chybou, jsou pak považovány za velmi přesné. Rozdíly průměrných hodnot procentuálního podílu obou BIA analyzátořů (A1, A2) k metodě DXA (A3) byly vyšší než 2 % (Tabulka 3). Nižší rozdíl byl zjištěn u analyzátořu A1, proto by měl být tento analyzátoř přesnější, hodnoty empirické validity (Tabulka 5) to však nepotvrzují. Na základě zjištěných hodnot Pearsonova korelačního koeficientu *r* (Tabulka 5) musíme za přesnější považovat analyzátoř A2. Jeho *r* mělo hodnotu 0,93 (tuk %) a 0,96 (tuk kg), což znamená, že vysvětluje 86,5 až 92 % rozptylu. Taková závislost je považová-

vána velmi vysokou (Westgard, 2008). Hodnota *r* analyzátořu A1 (0,84 a 0,92) vysvětluje 76 až 84 % rozptylu, což můžeme považovat za vysokou až velmi vysokou závislost. Srovnání našich výsledků s výsledky jiných autorů je poměrně obtížné, neboť autoři zabývající se obdobnou problematikou používají rozdílné BIA analyzátořy, v nichž mohou být použity rozdílné softwary a rovnice. I přesto můžeme konstatovat, že námi zjištěné výsledky jsou v intencích hodnot prezentovaných v řadě studií. Hodnoty Pearsonova koeficientu se pohybují při použití celotělových analyzátořů v rozmezí 0,81–0,98 v závislosti na použitém analyzátořu a výběrovém souboru (Dolezal, Lau, Abrazado, Storer, & Cooper, 2013; Duz, Kocak, & Korkusuz, 2009; Karelis, Chamberland, Aubertin-Leheudre, Duval, & Ecological mobility in Aging and Parkinson (EMAP) group, 2013; Kutáč, Gajda, Pridalová, & Šmajstrla, 2008; Loenneke et al., 2013; Wang et al., 2013). U bipolárního analyzátořu noha-noha byla zjištěna hodnota korelačního koeficientu 0,85 a u analyzátořu ruka-ruka 0,74 (Esco, Olson, Williford, Lizana, & Russel, 2011).

Zjištěné hodnoty mezní chyby (*d*_{max}) jsou však poměrně vysoké (Tabulka 5). Takové chyby se nám jeví věcně významné s ohledem na změny ve složení těla, které potřebujeme evidovat. Například v oblasti sportu je odborníky takový rozdíl považován za významný. V jednotlivých sportovních odvětvích je velmi často uváděno rozmezí procentuálního zastoupení tuku, ve kterém se sportovci pohybují od 2 do 5 % (Arroyo, Gonzalez-de-Suso, Sanchez, Ansotegui, & Rocandio, 2008; Ostojic, Stojanovic, Jukic, & Jourkesh, 2009; Papapanagiotou et al., 2011; Sigmund & Dostálová, 2011; Soric, Misigoj-Durakovic, & Pedisic, 2008). V případě použití rozdílných analyzátořů nebo jiné metody (např. DXA), tak může v důsledku již uvedených rozdílných výsledků naměřených hodnot dojít k jejich chybným interpretacím.

Omezení studie

Jsmo si vědomi toho, že námi získané výsledky mohou být ovlivněny výběrovým souborem. A to jak jeho rozsahem, tak složením. Sledovaní jedinci jsou specifickou skupinou – závodníci v lehkootletických disciplínách. Jejich výsledky je však možno využít pro sportovce v řadě jiných sportů a disciplín.

Omezení se vztahuje také na použité analyzátořy. Z nabídky BIA analyzátořů byly použity 2 typy s rozdílnou frekvencí, které považujeme za velmi často používané na našich pracovištích.

Závěr

Zjištěné rozdíly mezi hodnotami zastoupení tělesného tuku použitými BIA analyzátory ukázaly, že případná zastupitelnost BIA analyzátorů je nevhodná. V případě použití jiného analyzátoru při opakovaném měření, může dojít k zavádějící interpretaci zjištěných rozdílů.

Vyšší validitu měření zastoupení tělesného tuku k metodě DXA měl BIA analyzátor, který měří s vyšší frekvencí. To se potvrdilo nejen v hodnotách Pearsonova korelačního koeficientu, ale také v hodnotách standardní chyby a mezní chyby odhadu. Rozdíly mezi těmito parametry však mezi multifrekvenčním a monofrekvenčním analyzátozem (A2 vs A1) nebyly výrazné. U obou analyzátorů jsou naměřené výsledky zatíženy vysokou hodnotou d_{\max} ($\pm 2S_{y/x}$). V případě pouhé analýzy zastoupení tělesného tuku vyšší měřicí frekvence není zárukou výrazně vyšší validity měření. I monofrekvenční celotělový analyzátor nám může poskytnout srovnatelně relevantní výsledky.

Poděkování

Tato studie byla financována z projektů pod č. SGS 6167/PdF/2015-2016.

Souhrn

Cílem studie je využití metody DXA jako kritéria validity výsledků měření zastoupení tělesného tuku bioimpedančními analyzátory (BIA) s rozdílnou frekvencí měření a porovnání rozdílů ve výsledných hodnotách. Výzkumný soubor tvořili atleti U19. Pro měření zastoupení tělesného tuku byly použity BIA analyzátory Tanita BC 418 MA (A1), a InBody 770 (A2). Jako referenční metoda byla použita DXA. K posouzení validity jsme použili modelování vztahu mezi sledovanými proměnnými pomocí různých modelů regresních funkcí. K posouzení empirické validity byl použit Pearsonův korelační koeficient (r) a standardní chyba odhadu ($S_{y/x} = \text{SEE}$). Při srovnání průměrných hodnot zastoupení tělesného tuku naměřených BIA analyzátory byly zjištěny statisticky významné rozdíly. Věcná významnost vyjádřena Cohenovým d se pohybovala v rozmezí 0,7 až 0,8. Hodnota Pearsonova koeficientu (r), která vyjadřuje míru validity k metodě DXA byla u analyzátoru A1 0,87–0,91 (% tuk – kg tuk), u A2 0,95–0,96 (% tuk – kg tuk). Hodnoty d_{\max} ($\pm 2S_{y/x}$) se pohybovaly u hodnot vyjádřených v procentech v rozmezí 4,90–5,52 % a v kilogramech 4,06–4,90 kg. I přes poměrně vysokou hodnotu Pearsonova koeficientu nemůžeme z měření BIA analyzátorů odhadovat dostatečně přesně hodnoty referenční metody DXA. Výsledky jsou zatíženy vysokou hodnotou d_{\max} . Vyšší měřicí frekvence není u měření podílu tuku zárukou výrazně vyšší validity měření.

Klíčová slova: statistická významnost, věcná významnost, duální rentgenová absorpciometrie, standardní chyba odhadu, sportující muži

Literatura

Arroyo, M., Gonzalez-de-Suso, J. M., Sanchez, C., Ansoategui, L., & Rocandio, A. M. (2008). Body Image and Body Composition: Comparisons of Young Male Elite Soccer Players and Controls. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 18(6), 628–638.

Beeson, W. L., Batech, M., Schultz, E., Salto, L., Firek, A., Deleon, M., ... Cordero-Macintyre, Z. (2010). Comparison of body composition by bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry in Hispanic diabetics. *Int J Body Compos Res*, 8(2), 45–50.

Chin, M. K., Kiew, O. F., & Girandola, R. N. (2006). A Comparison of Body Fat Measurement by BodPod, Skinfolts, and Three Bioelectrical Impedance Analysis Techniques in Chinese College Student. *Int J Phys Ed*, 43(2), 77–85.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Cvejić, D., Pejović, T., & Ostojić, S. (2013). Assessment of physical fitness in children and adolescents. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 11(2), 135–145.

Dolezal, B. A., Lau, M. J., Abrazado, M., Storer, T. W., & Cooper, Ch. B. (2013). Validity of Two Commercial Grade Bioelectrical Impedance Analyzers for Measurement of Body Fat Percentage. *Journal of Exercise Physiology Online*, 16(4), 74–83.

Duz, S., Kocak, M., & Korkusuz, F. (2009). Evaluation of body composition using three different methods compared to dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Sport Sci*, 9(3), 181–190.

Esco, M. R., Olson, M. S., Williford, H. N., Lizana, S. N., & Russel, A. R. (2011). The accuracy of hand-to-hand bioelectrical impedance analysis in predicting body composition in college-age female athletes. *J Strength Cond Res*, 25(4), 1040–1044.

Gupta, N., Balasekaran, G., Victor Govindaswamy, V., Hwa, C. 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), 33–37.

Heymsfield, S. B., Lohman, T. G., Wang, Z., & Going, S. B. (2005). *Human body composition*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied Body Composition Assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Heyward, V. H., & Gibson, A. L. (2014). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Karelis, A. D., Chamberland, G., Aubertin-Leheudre, M., Duval, C., & Ecological mobility in Aging and Parkinson (EMAP) group. (2013). Validation of a portable bioelectrical impedance analyzer for the assessment of body composition. *Appl Physiol Nutr Metab*, 38(1), 27–32.

Kutáč, P., Gajda, V., Přidalová, M., & Šmajstrla, V. (2008). Validity of measuring body composition by means of the BIA Metod. *New Medicine*, 12(4), 89–93.

Kutáč, P. (2013). Vliv použitého typu bioimpedančního analyzátoru a režimu měření na výsledné hodnoty parametrů tělesného složení u adolescentní populace. *Česká antropologie*, 63(2), 19–26.

Kutáč, P., & Kopecký, M. (2015). Comparison of body fat using various bioelectrical impedance analyzers in university students. *Acta Gymnica*, 45(4), 177–186.

Leahy, S., O'Neill, C., Sohun, R., & Jakeman, P. (2012). A comparison of dual energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis to measure total and segmental body composition in healthy young adults. *Eur J Appl Physiol*, 112(2), 589–595.

Loenneke, J. P., Wray, M. E., Wilson, J. M., Barners, J. T., Kearney, M. L., & Pujol, T. J. (2013). Accuracy of Field Methods in Assessing Body Fat in Collegiate Baseball Players. *Res Sports Med*, 21(3), 286–291.

Ostojic, S. M., Stojanovic, M., Jukic, I., & Jourkesh, M. (2009). The effects of six weeks of training on physical fitness and performance in teenage and mature top-level soccer players. *Biology of Sports*, 26(4), 379–387.

Papapanagiotou, A., Gissis, I., Papadopoulos, C., Souglis, A., Bogdanis, G. C., Giosos, I., & Sotiropoulos, A. (2011).

- Changes in Homocysteine and 8-iso-PGF2a Levels in Football and Hockey Players After a Match. *Research in Sports Medicine*, 19(2), 118–128.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.
- 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.
- Sofková, T., Přidalová, M., Mitáš, J., & Pelclová, J. (2013). The level of neighborhood walkability in a place of residence and its effect on body composition in obese and overweight women. *Cent. Eur. J. Public Health*, 21(4), 184–192.
- Sigmund, M., & Dostálová, I. (2011). Základní morfologické charakteristiky, tělesné složení a segmentální analýza u vybraných vrcholových hráčů ledního hokeje nejvyšší ruské soutěže. *Česká antropologie*, 61(1), 25–31.
- Sigmund, M., Psotta, R., & Agricola, A. (2015). Hodnocení zastoupení tělesného tuku metodou bioelektrické impedance u sportujících chlapců ve věku 7–18 let s ohledem na typ použitého analyzátoru. *Tělesná kultura*, 38(2), 49–62.
- Soric M., Misigoj-Durakovic M., & Pedisic Z. (2008). Dietary Intake and Body Composition of Prepubescent Female Aesthetic Athletes. *Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab.*, 18(3), 343–354.
- Sousa, N., Mendes, R., Silva, S., Garrido, N., Abrantes, C., & Reis, V. (2013). Effects of resistance and multicomponent training on body composition and physical fitness of institutionalized elderly women. *British Journal of Sports Medicine*, 47(10), 21–23.
- 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.
- Velazquez-Alva, M. C., Irigoyen-Camacho, M. E., Huerta-Huerta, R., & Delagadillo-Velazquez, J. (2014). A comparison of dual energy x-ray absorptiometry and two bioelectrical impedance analyzers to measure body fat percentage and fat-free mass index in a group of Mexican young women. *Nutr Hosp*, 29(5), 1038–1046.
- Wang, J. G., Zhang, Y., Chen, H. E., Li, Y., Cheng, X. G., Xu, L., ... Li, B. (2013). Comparison of two bioelectrical impedance analysis devices with dual energy X-ray absorptiometry and magnetic resonance imaging in the estimation of body composition. *J Strength Cond Res*, 27(1), 236–243.
- Westgard, J. O. (2008). *Basic Method Validation*. Madison: Westgard Q.C.

Kutáč, P. (2016). Komparace výsledků zastoupení tělesného tuku a validita měření bioimpedančními analyzátory s rozdílnými měřicími frekvencemi u mladých atletů. *Česká antropologie*, 66(2), 15–19.