

Změny parametrů tělesného složení po akutním zatížení

Changes of body composition after acute exercise

Iva Šeflová¹, Soňa Jandová², Eliška Kosová¹, Barbora Hanušová¹, Kristýna Mrázková¹

¹Katedra tělesné výchovy, Technická univerzita v Liberci

²Ústav zdravotnických studií, Technická univerzita v Liberci

Abstrakt

Pro správné určení parametrů složení těla metodami bioelektrické impedance je důležité dodržet řadu podmínek týkajících se měřených osob. Často uváděným omezením je také odstup měření od akutního fyzického zatížení minimálně 8–12 hodin. Cílem naší studie je stanovit velikost změn u hodnot parametrů tělesného složení měřené bioimpedančními metodami před zatížením a během procesů zotavení a specifikovat tak nutný časový odstup měření od zatížení.

Projektu se zúčastnilo 45 osob. Pro stanovení tělesného složení jsme využili zařízení BIA 2000 – M. Hodnoty tělesného složení jsme měřili před zátěžovým testem, bezprostředně po něm do 5 minut po ukončení testu a v 60. minutě po ukončení testu. Testované osoby absolvovaly zátěžový test VO_{2max} na běžecím ergometru.

Při měření tělesného složení bioimpedančními metodami po 60 minutách od zatížení testem VO_{2max} na běžecím ergometru nedošlo k statisticky ani věcně významným změnám u žádných hodnot tělesného složení a lze tedy tato měření absolvovat bez zkreslení výsledků vlivem např. ztráty nebo redistribuce tekutin jako reakčních změn na zatížení. U měření parametrů tělesného složení bezprostředně po zatížení byly zaznamenány změny u parametru odporu na 50 kHz. I přesto, že tato hodnota vstupuje následně do predikční rovnice pro výpočet % tělesného tuku, nezaznamenali jsme u proměnné % tělesného tuku a aktivní tělesné hmoty významné změny. Výsledky naší studie neprokázali nutný minimální 8hodinový odstup měření od zatížení testem VO_{2max} .

Abstract

For the correct designation of a body composition parameters by the bioimpedance methods it is important to keep all range of conditions relating to measured individuals. The often mentioned restriction is also the interval of measuring from the acute physical load for at least 8 hours.

The goal of our study is to find out the amount of changes at the parameters of the body composition by the bioimpedance method before and during the process of recovery and to specify the necessary time distance between measuring and the load.

Methods

45 people took part in our. For the designation of a body composition we used the device BIA 2000-M. We measured the values of the body composition right before the load test, instantly within 5 minutes after it and finally in 60th minute after the test. Tested individuals underwent the load test VO_{2max} at the treadmill ergometer.

While measuring of a body composition by the bioimpedance methods 60 minutes after the treadmill ergometer load test there werent any statistically or factually significant changes at any of the values of the body composition and so it is possible to undergo this measuring without distortion of results, e. g. by the influence of loss or redistribution of fluids as a reaction changes to the load. While measuring of parameters of body composition right after the load there were noticed significant changes on more parameters especially on resistance on 50 kHz. Despite the fact that this value comes subsequently to the prediction equation for calculating of % body fat there werent noticed any significant changes on

the variable of % body fat. The outcome of our study didnt prove the necessary minimal 8 hours gap between measuring and VO_{2max} load test.

Klíčová slova: tělesné složení, bioimpedanční analýza, zotavení.

Key words: body composition, bioimpedance analysis, recovery.

ÚVOD

Určení tělesného složení bioimpedančními metodami (BIA) je v současnosti často využívané nejen pro relativně snadné, neinvazivní stanovení množství tělesného tuku a aktivní tělesné hmoty, ale i pro možnost stanovení dalších relevantních proměnných popisujících složení těla (Lukaski et al., 1985; Deurenberg et al., 1989) a stav výživy (Hengstermann et al., 2007). Zjišťovanými proměnnými jsou celková buněčná hmota (BCM), mimobuněčná hmota (ECM), celková tělesná voda (TBW), mimobuněčná voda (ECW) a voda uvnitř buňky (ICW) (Van Loan et al., 1993). Četné studie dokazují, že metody BIA lze využít u zdravých jedinců i vybraných skupin pacientů se stabilní rovnováhou vody a elektrolytů při použití platných predikčních rovnic a při zohlednění věku, pohlaví a rasy (Kyle et al., 2004a). Rutinní použití BIA není doporučováno u osob s extrémními hodnotami body mass indexu (BMI) a s abnormálními stavy hydratace organismu (Das et al., 2003). Podobně je požadováno další ověření validity BIA např. ve stavech akutního onemocnění (Faisy et al., 2000), extrémních hodnotách tělesné hmotnosti (Deurenberg et al., 1996, Vansant et al., 1994, Leal et al., 2011) a při neobvyklém abnormálním tvaru těla (Driskel et al., 2011).

Pro správné určení parametrů složení těla je důležité dodržet řadu podmínek týkajících se měřených osob (Kyle et al., 2004b). Měření hmotnosti a výšky by mělo probíhat v ten samý časový okamžik jako měření BIA. Měly by být dodrženy standardizované podmínky týkající se polohy těla, polohy elektrod na stále stejné straně těla s minimálním odstupem elektrod 5 cm, udržení odstupu od konzumace alkoholu 24 hodin, jídla v časovém odstupu 8 hodin a normální teploty končetin. Neměříme v období menstruace u žen, před měřením požadujeme vyprázdněný močový měchýř. Často uváděným omezením je také měření 8 i více hodin po akutním fyzickém zatížení v období zotavení a regenerace. Data Input (2009) doporučují časový odstup od cvičení nejméně 12 hodin. Tento časový odstup souvisí zejména s možnou změnou v objemu a distribuci tekutin, kdy nižší hydratace indikuje nižší hodnoty reaktance a resistance a i naopak vyšší příjem tekutin o každých 100 ml oproti normálnímu stavu indukuje vyšší hodnoty reaktance a resistance (Kyle et al., 1988, Khaled et al., 1988). Otağ et al. (2011) sledovali řadu změn před a po zatížení Astrandovým testem na bicyklovém ergometru u žen v celkové tělesné vodě, % tělesného tuku a aktivní tělesné hmotě v souvislosti s fázemi menstruačního cyklu spojenými s hormonálními změnami a stavem hydratace.

Cílem naší studie je stanovit velikost změn u hodnot parametrů tělesného složení měřené bioimpedančními metodami před zatížením a během procesů zotavení a specifikovat tak nutný časový odstup měření od zatížení po testu maximální spotřeby kyslíku (VO_{2max}).

METODIKA

Našeho projektu se zúčastnilo 45 osob – sportovců věnujících se pravidelně sportovním aktivitám 6–8× týdně (Základní charakteristika v tabulce 1).

Tabulka 1: Základní charakteristika testovaných osob (aritmetický průměr ± SD)

| Počet | Věk [roky] | Výška [cm] | Hmotnost [kg] | Tělesný tuk [%] | VO_{2max} [ml/kg/min] |
|-------|--------------|---------------|---------------|-----------------|-------------------------|
| 45 | 16,21 ± 1,09 | 176,58 ± 6,14 | 66,9 ± 7,90 | 9,80 ± 1,76 | 66,65 ± 5,56 |

Parametry tělesného složení jsme určovali metodami bioelektrické impedance. Použili jsme zařízení BIA 2000 – M, které měří celkovou impedanci při použití frekvencí 1, 5, 50 a 100 kHz. Měření se provádí pomocí tetrapolárních elektrod v konfiguraci ze 4 svodů na končetinách stejné strany těla v supinačním postavení (střed metakarpálních kůstek, zápěstí, střed metatarzálních kůstek, kotník). Přístroj BIA 2000 – M stanovuje na základě vstupních proměnných věku, hmotnosti a tělesné výšky fázový úhel, celkovou tělesnou vodu a její složky intracelulární ICW a extracelulární ECW. Dále umožňuje stanovit hodnoty BCM (hodnota charakterizuje množství buněk schopných využívat kyslík, buněk bohatých na kalcium a buněk schopných oxidovat cukry), extracelulární hmotnost ECM (část tukuprosté hmoty mimo buňky) a jejich vzájemný poměr (Data Input, GmbH.).

Následně jsme vypočítali podle predikčních rovnic dle Bunce et al. (1999) pro danou věkovou kategorii % tělesného tuku a množství aktivní tělesné hmoty.

Parametry tělesného složení jsme stanovili těsně před zatížením, bezprostředně po ukončení zatížení do 5. minuty a dále 60 minut po ukončení testového zatížení.

Testované osoby absolvovaly test VO_{2max} na běžecím ergometru. Ten spočíval v celkem 2×4 minutách submaximálního zatížení na rychlostech 8 a 10 km/h s nulovým sklonem běhacího koberce. Následoval stupňovaný test do vita maxima na 5% sklonu běhacího koberce se startovní rychlostí 10 km/h a zrychlením o 1 km/h každou minutu.

Pro vyhodnocování změn v tělesném složení před zatížením a v pozátěžové fázi jsme použili párový t-test pro střední hodnotu (podle Studenta). V tomto projektu porovnáváme tzv. párové hodnoty a hovoříme o závislých výběrech (opakovaná měření u jednoho souboru). Základní podmínkou pro použití t-testu je normální rozložení výběrových souborů. Pro orientační ověření rozložení všech sledovaných dat naměřených na souboru 45 osob jsme využili program NCSS a funkce ověření normality rozložení jako předpokladu pro použití t-testu.

Pro všechny proměnné jsme stanovili hranice spolehlivosti p následujícím způsobem dle tab. 3.

Tabulka 2: Hranice signifikantnosti pro určení statistické významnosti

| | | |
|--------------------|---|-----------|
| p > 0,05 | nesignifikantní (statisticky nevýznamný) | symbol - |
| p ≤ 0,05 | signifikantní (statisticky významný) | symbol * |
| p ≤ 0,01 | vysoce signifikantní (statisticky velmi významný) | symbol ** |

Pro posouzení věcné významnosti jsme uvažovali tyto hodnoty: u parametrů tělesného složení jako % tělesného tuku, 0,50 %, u ATH 0,5 kg a u poměru ECM/BCM 0,03. U hodnot odporu na 50 kHz jsme za věcně významné považovali změny vyšší než 10 Ω, u TBW 0,851, u ICW 0,521, u ECW 0,421. Technická chyba přístroje BIA 2000 udaná výrobcem (Data Input GmbH.) se pohybuje do 2 %, do jednotlivých měřených parametrů tělesného složení se promítá také chyba měření hmotnosti a stav organismu ve smyslu hydratace a výživy.

K hodnocení věcné významnosti jsme použili také relativní Haysův koeficient ω^2 , který doporučuje Blahuš (2000) při dvojím zhodnocení věcné významnosti, a to jednak v absolutní reálné velikosti v jednotkách měření a jednak ve vysvětleném procentu rozptylu. Pro náš projekt jsme si stanovili hranici významnosti $\omega^2 > 0,40$. Relativní Haysův koeficient se vypočítá podle vzorce

$$\omega^2 = \frac{t^2}{t^2 + (n-1)}, \text{ kde } t \text{ je hodnota t-testu a } n \text{ počet prvků.}$$

VÝSLEDKY

Tabulka 3: Výsledky měření tělesného složení před zátěží (měření 1), po zátěži do 5 minut (měření 2), v 60 minutě po zátěži (měření 3) s označením statistické významnosti změn

| | Měření 1 | | Měření 2 | | Měření 3 | |
|--------------|----------|-------|-------------------|-------|---------------------|-------|
| | Průměr | SD | Průměr | SD | Průměr | SD |
| Odpor 50 kHz | 492,91 | 36,25 | 482,49** | 37,21 | 489,91 ⁻ | 38,70 |
| Fázový úhel | 7,10 | 0,64 | 7,20 ⁻ | 1,21 | 7,27 ⁻ | 1,21 |
| TBW | 42,63 | 4,45 | 43,21** | 4,71 | 42,77 ⁻ | 4,61 |
| ECW | 16,68 | 2,52 | 17,10** | 2,70 | 16,79 ⁻ | 2,62 |
| ICW | 25,95 | 1,99 | 26,12* | 2,12 | 25,98 ⁻ | 2,05 |
| ECM | 25,17 | 2,97 | 25,59** | 3,07 | 25,18 ⁻ | 2,99 |
| BCM | 33,06 | 3,87 | 33,45** | 4,07 | 33,26 ⁻ | 4,00 |
| ECM/BCM | 0,77 | 0,08 | 0,77 ⁻ | 0,08 | 0,76 ⁻ | 0,08 |
| % TT | 9,08 | 1,78 | 8,99** | 1,77 | 9,05 ⁻ | 1,77 |
| ATH | 60,71 | 6,33 | 60,77** | 6,37 | 60,73 ⁻ | 6,36 |

SD - směrodatná odchylka, TBW - celková tělesná voda, BCM - celková buněčná hmota, ECM - mimobuněčná hmoty, ECW - mimobuněčná voda a ICW - intracelulární voda, % TT - procento tělesného tuku, ATH - aktivní tělesná hmota. Symbol: ⁻ - změny nesignifikantní, * změny signifikantní, ** změny vysoce signifikantní.

Odpor na 50 kHz

Nejvyšší hodnoty byly naměřeny před zátěžovým testem, nejnižší bezprostředně po skončení zatížení. Signifikantní změny nastaly pouze mezi 1 a 2. měřeními a to statisticky velmi významně. Z hlediska věcné významnosti se pohybují rozdíly v odporu na 50 kHz na hranici věcné významnosti 10 Ω. Hodnoty relativního Haysova koeficientu jsou ve všech obdobích měření nevýznamné.

Rozdíl mezi 1. měřeními a po 60 minutách zotavení, tedy 3. měřeními nejsou statisticky ani věcně významné.

Fázový úhel

U hodnoty fázového úhlu nenastaly statisticky ani věcně významné změny během všech 3 měření.

TBW

U hodnot celkové tělesné vody nastaly statisticky velmi významné změny pouze mezi 1. a 2. měřeními, kdy došlo ke zvýšení hodnot během 2. měření. Z hlediska věcné významnosti rozdíl mezi 1. a 2. měřeními 0,571 nepřekročil námi stanovenou hodnotu 0,851 a ani hodnoty relativního Haysova koeficientu nejsou významné.

ECW a ICW

U hodnot ECW i ICW nastaly statisticky velmi významné změny pouze mezi 1. a 2. měřeními, kdy došlo ke zvýšení hodnot během 2. měření. Věcně významný rozdíl nepřekročil ani v jednom z měřených případů stanovenou hladinu významnosti, stejně tak hodnoty relativního Haysova koeficientu poukazují ve všech fázích měření na nevýznamné změny.

ECM a BCM

U hodnot nastaly statisticky velmi významné změny mezi 1. a 2. měřeními, kdy došlo ke zvýšení hodnot během 2. měření ve fázi zotavení. Tyto změny nebyly věcně významné ani při zhodnocení námi stanovené hladiny věcné významnosti u jednotlivých proměnných ani při hodnocení relativním Haysovým koeficientem.

U hodnot poměru ECM/BCM nedošlo během všech měření ke statisticky ani věcně významným změnám.

Tělesný tuk

Nejvyšší hodnoty % tělesného tuku byly naměřeny během měření 1., nejnižší během měření 2. Rozdíl v aritmetických průměrech byl 0,09%, což je hodnota nižší než námi stanovená hodnota věcné významnosti. Stejně tak hodnota relativního Haysova koeficientu poukazuje na nevýznamné změny.

Aktivní tělesná hmotnost

Nejvyšší hodnota ATH byla naměřena během měření 1., nejnižší během měření 2. Rozdíl v aritmetických průměrech byl 0,06 kg. Z hlediska věcné významnosti se pohybují rozdíly pod námi stanovenou hladinou věcné významnosti a také hodnoty relativního Haysova koeficientu jsou ve všech obdobích měření nevýznamné.

Tabulka 4: Výsledky testu VO_{2max}

| Počet | Výkon | SF _{max} | VO _{2max} | VO _{2max} | Ventilace _{max} | La v 5' | VO _{2ANP} | ANP | SF _{anp} | SF _{anp} |
|---------------|--------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|---------|--------------------|-------|-------------------|-------------------|
| | W | tep/min | ml/min | ml/min/kg | l | mmol/l | ml/min | % | tep/min | % |
| Průměr | 203,33 | 199,67 | 4423,67 | 66,66 | 120,67 | 12,75 | 3307,00 | 74,67 | 178,33 | 89,33 |
| SD | 22 | 8 | 428 | 5,17 | 16 | 3,51 | 302 | 4 | 6 | 1 |

SF_{max} - maximální srdeční frekvence, Ventilace_{max} - maximální naměřená ventilace, La v 5' - koncentrace laktátu v 5. minutě po zátěži, VO_{2ANP} - hodnota anaerobního prahu a v %maxima VO_{2max}, SF_{anp} - hodnota anaerobního prahu vyjádřená srdeční frekvencí a v % maximální srdeční frekvenci

Z tabulky 4 je zřejmé, že výsledky tělesného složení byly naměřeny u testovaných osob po zatížení smíšeného aerobně - anaerobního charakteru. Hodnoty výkonu, maximální spotřeby kyslíku, ventilace jsou nad populační normou (Seliger a Bartůněk, 1976) a hodnoty na úrovni anaerobního prahu ukazují na nadprůměrné výsledky (Heller, Vodička, 2011).

DISKUZE

Námi sledované proměnné tělesného složení se při porovnání předzátěžových a pozátěžových hodnot nezměnily.

Při porovnání dat 1. předzátěžového a 2. měření bezprostředně po zátěžovém testu došlo z hlediska věcné i statistické významnosti ke změně u odporu na 50 kHz nedoprovázené změnou Haysova relativního koeficientu. Hodnota odporu na 50 kHz vstupuje kromě věku, výšky, hmotnosti a pohlaví do predikční rovnice pro výpočet % tělesného tuku a aktivní tělesné hmoty. Vyšší předzátěžové hodnoty odporu se však nepromítnou do změny procenta tělesného tuku a aktivní tělesné hmoty.

U ostatních proměnných nedošlo k významným změnám. Jednalo se o parametry tělesného složení kvantitativně popisující množství a distribuci tělesné tekutiny a buněčné hmoty, tělesného tuku a aktivní tělesné hmoty. Stejně tak nedošlo k významným změnám u proměnné kvalitativního charakteru jako ECM/BCM, která dle odborné studie Deurenberga et al. (1992) vyjadřuje stupeň trénovanosti jedince a podle Bunce (2008) je ukazatelem kvality svalové hmoty ve smyslu korelace hodnot s pravidelným pohybovým programem.

Celkový stav tělesných tekutin a jejich redistribuce během zatížení testem VO_{2max} neměl v našem testu vliv na změny parametrů tělesného složení. Nedošlo ke snížení TBW a následnému snížení hodnot odporu a % tělesného tuku, jak popisuje ve své studii Khaled et al. (2004).

Stejně tak nedošlo ke změnám v hodnotách tělesného složení ani po 60 minutách zotavení.

Výsledky % tělesného tuku a množství aktivní tělesné hmoty byly během všech třech měření téměř nezměněny. V intraindividuálním porovnání se lišily nejčastěji o 0,1 %. Tato hodnota je velmi nízká a věcně nevýznamná. Stejně tak u množství aktivní tělesné hmoty zůstaly výsledky 1., 2. a 3. měření téměř stejné a lišily se nejčastěji o 0,1 kg. V intraindividuálním porovnání tak došlo k nevýznamným změnám.

ZÁVĚRY

Výsledky naší studie neprokázaly nutný minimální 8hodinový odstup měření od zatížení testem VO_{2max} . Ve fázi zotavení nedošlo ke změnám v jednotlivých proměnných ani bezprostředně po zatížení ani po 60 minutách po ukončení testu. Změny parametrů tělesného složení po zatížení jiného charakteru než je test VO_{2max} , zejména pak po dlouhodobých vytrvalostních výkonech, a širší použití výsledků studie je třeba ověřit v dalších studiích.

Literatura

- BUNC, V., HELLER, J., ZAHÁLKA, F. et al. Závěrečná zpráva grantu 316/1997/C/FTVS [online].
- DAS, SK., ROBERTS, SB., KEHAYIAS, JJ., WANG, J., HSU, LK., SHIKORA, SA., SALTZMAN, E., MCCRORY, MA. Body composition assessment in extreme obesity and after massive weight loss induced by gastric bypass surgery. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* Jun 2003, vol. 284, no. 6, s 1080–8.
- DATA INPUT. Das BIA-Kompendium [online]. 2009, [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: <www.data-input.de/.../Kompendium_III_Ausgabe>.
- DEURENBERG, P, VAN DER KOOY, K., LEENE, NR., WESTSTRATE, JA., SEIDELL, JC. Differences in body impedance when measured with different instruments. *European Journal of Clinical Nutrition*, vol. 43, s. 885–886.
- DEURENBERG, P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1996, vol. 64, no. 3, supplement, s. S449–S452.
- DRISKELL, JA., WOLINSKY, I. *Nutritional Assessment of Athletes*, Second Edition, CRC: Boca Raton Press, 2011, ISBN 13: 978-1-4398-1822-0.
- FAISY, C., RABBAT, A., KOUCHAKJI, B., J.-P. LAABAN, JP. Bioelectrical impedance analysis in estimating nutritional status and outcome of patients with chronic obstructive pulmonary disease and acute respiratory failure. *Intensive Care Medicine*, May 2000, Vol. 26, Issue 5, s. 518–525.
- HELLER, J., VODIČKA, P. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2011. 115 s. ISBN 978-80-246-1976-7.
- HENGSTERMANN, S., FISCHER, A., STEINHAGEN-THIESSEN, E., SCHULZ, RJ. Nutrition Status and Pressure Ulcer: What We Need for Nutrition Screening *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, July – August 2007, vol. 31, no. 4, s. 288–294.
- KHALED, M. J., CUTCHEON, M. J., REDDY, S. et al. Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method. *Am J Clin Nutr*, May 1988, vol. 47, no. 5, s.789–792.
- KYLE, U. G., BOSAEUS, I., DE LORENZO, AD. et al., Bioelectrical impedance analysis. Part I: review of principles and methods, *Clinical Nutrition*, 2004a, vol. 23, no. 5, s. 1226–1243.
- KYLE, U.G., BOSAREUS, I., DE LORENZO, AD. et al. Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, December 2004b, vol. 23, no. 6, s. 1430–1453.
- KYLE, UG., GENTON, L., HANS, D. et al. Total body mass, Fat Mass, Fat-Free Mass and skeletal muscle in older people, *New Medicine*, 2008, vol. 12, no. 4, s. 89–93.
- LEAL, A. A., FAINTUCH, J., MORAIS, AA. et al., Bioimpedance analysis: should it be used in morbid obesity? *American Journal of Human Biology*, 2011, vol. 23, no. 3, s. 420–422.
- LUKASKI, HC., BOLONCHUK, WW., HALL, CB., SIDERS, WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. United States Department of Agriculture, [online]. [cit. 2014-12-07]. Dostupné z <http://jap.physiology.org/content/jap/60/4/1327.full.pdf>.
- OTAĞ, A., TURAÇLAR, T. U., OTAĞ, I. Evaluation of body composition and basal metabolic rate after acute exercise in menstrual phases in sports women [online]. [cit. 2014-12-07]. Dostupné z <2011http://dergi.cumhuriyet.edu.tr/cumucmj/article/viewFile/492/1008000709>.
- SELIGER, V., BARTŮNĚK, Z. *Mean values of various indices of physical fitness in the investigation of Czechoslovak population aged 12–55 years*. Praha: ČSTV, 1976.
- VAN LOAN MD. et al. Use of bioimpedance spectroscopy (BIS) to determine extracellular fluid (ECF), intracellular fluid (ICF), total body water (TBW), and fatfree mass (FFM). pp. 6770. In Ellis, K. (ed.) *Human Body Composition: In Vivo Measurement and Studies*. New York: Plenum Publishing Co., 1993.
- VANSANT, G., VAN GAAL, L., DE LEEUW, I. Assessment of Body Composition by Skinfold Anthropometry and Bioelectrical Impedance Technique: A Comparative Study. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 1994, vol. 18, s. 427–429.