



SLAGANJE ZRAČNE PLETIZMOGRAFIJE, MJERENJA KOŽNIH NABORA I BIOELEKTRIČNE IMPEDANCIJE U PROCJENI SASTAVA TIJELA VESLAČA NATJECATELJA

AGREEMENT OF AIR DISPLACEMENT PLETHYSMOGRAPHY, SKINFOLD MEASUREMENT AND BIOELECTRICAL IMPEDANCE IN ESTIMATION OF BODY COMPOSITION IN COMPETITIVE ROWERS

Ivan Mijat¹, Maroje Sorić², Zvonimir Šatalić¹, Pavle Mikulić², Marjeta Mišigoj Duraković²

¹Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu

²Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu

SAŽETAK

Procjena sastava tijela ima značajnu ulogu kod sportaša kako u određivanju optimalne tjelesne mase, tako i u optimiziranju prehrane i sportskog učinka, te u kontroli učinka trenaznog procesa. Cilj ovoga rada jest usporediti tri danas često korištene metode u određivanja sastava tijela veslača natjecatelja, i to metodu zračne pletizmografije (Bod-Podtm), metodu mjerenja kožnih nabora (KN) i metodu bioelektrične impedancije (BIA) te utvrditi postoji li mogućnost njihova izmjeničnog korištenja. U istraživanju je sudjelovalo 26 veslača i 6 veslačica iz kategorije seniora. Metode istraživanja obuhvaćale su mjerenje sastava tijela metodom zračne pletizmografije, metodom mjerenja kožnih nabora i metodom bioelektrične impedancije. Rezultati ovog istraživanja pokazali su da nema značajnih razlika u dobivenim prosječnim vrijednostima postotka masnog tkiva između korištenih metoda mjerenja (KN $11,2 \pm 6,8$; BIA $10,2 \pm 4,7$; Bod-Podtm $10,8 \pm 5,2$, $p=0,08-0,49$), no da su 95% granice slaganja svih metoda vrlo široke (KN i BIA -4,8 do 6,7%; KN i Bod-Podtm -5,5 do 6,3%; BIA i Bod-Podtm -7,6 do 6,5%). Sukladno rezultatima ovog istraživanja preporuča se korištenje jedne iste metode u svrhu komparativnog određivanja sastava tijela veslača.

Ključne riječi: sastav tijela, veslači, Bod-Pod, BIA, kožni nabori

SUMMARY

Estimation of body composition has a significant role in athletes, not only for purpose of determining optimal body weight, but also for optimizing nutrition and sports performance, and monitoring the effect of training process. The aim of this study is to compare three commonly used methods for estimation of body composition in competitive rowers, air displacement plethysmography (Bod-Podtm), skinfolds (SF) and bioelectrical impedance (BIA) and to determine whether they can be used interchangeably. The study included 26 male and 6 female rowers from senior category. Body composition was estimated with air displacement plethysmography, skinfolds and bioelectrical impedance. Results of this study showed no significant difference in obtained average values of body fat percentage between the methods (SF $11,2 \pm 6,8$; BIA $10,2 \pm 4,7$; Bod-Podtm $10,8 \pm 5,2$, $p=0,08-0,49$), but also very wide 95% limits of agreement for all methods (SF vs. BIA -4,8 to 6,7%; SF vs. Bod-Podtm -5,5 to 6,3%; SF vs. Bod-Podtm -7,6 to 6,5%). According to the results of this study it is recommended to use the same method for comparative estimation of body composition in rowers.

Keywords: body composition, rowers, Bod-Pod, BIA, skinfolds

UVOD

Procjena sastava tijela ima značajnu ulogu kod sportaša kako u određivanju optimalne tjelesne mase, tako i u optimiziranju prehrane i sportskog učinka, te u kontroli učinka trenažnog procesa. Iako je veslanje sport u kojemu masa tijela nije ograničavajući faktor, osim kod lakih veslača, i to zbog sjedećeg položaja čime se opterećenje prenosi na čamac, u ukupnoj tjelesnoj masi veslača veliki udio trebala bi predstavljati mišićna masa. Rezultati istraživanja Slatera i suradnika (15) provedenog na 107 lakih veslača pokazuju da su uspješniji laki veslači bili oni koji su imali manji udio masne mase i veći udio mišićne mase u sastavu tijela. Optimalan udio mišićne mase u ukupnoj masi veslača trebao bi iznositi oko 60%. Udio masne mase u različitim ispitivanjima kod veslača znao je biti i iznad 15%, odnosno iznad 25% kod veslačica (8), iako se u novije vrijeme ovaj postotak smanjuje. Kod veslača natjecatelja na olimpijskim igrama izmjereni udio masne mase iznosio je 8%, a kod veslačica 15% (8).

U današnje vrijeme postoji veliki broj dostupnih laboratorijskih i terenskih metoda za određivanje sastava tijela. Postmortalna analiza jedina je direktna metoda mjerenja sastava tijela i kao takva predstavlja zlatni standard, dok in vivo metode ne mjere sastav tijela direktno, već ga procjenjuju mjereći druge fizikalne karakteristike tijela. Zbog toga su sve in vivo metode podložne dvojakom tipu grešaka i to metodološkim greškama kada se prikupljaju podaci, te greškama u procjeni po kojoj se prikupljeni podaci pretvaraju u završne vrijednosti. Raspon varijacija ovih grešaka varira između pojedinih metoda mjerenja sastava tijela (17). Prijašnja istraživanja validirala su najčešće korištene metode upotrebom četverekomponentnog modela kao referentne metode (5,9).

Od laboratorijskih metoda za određivanje sastava tijela razlikujemo dvokomponentne modele koji razlučuju nemasnu i masnu komponentu tijela, gdje se najčešće upotrebljavaju hidrogenzimetrija (podvodno vaganje), pletizmografija i hidrometrija, te višekomponentne modele koji razlučuju mast, minerale te nemasnu masu (trokomponentni modeli), odnosno mast, bjelančevine, minerale te vodu (četverekomponentni modeli) (10).

Općenito govoreći, prednost laboratorijskih metoda je u većoj preciznosti dobivenih rezultata, pa se tako višekomponentni modeli sastava tijela uzimaju kao referentna metoda u određivanju sastava tijela te mogu poslužiti i u evaluaciji ostalih metoda. No, ove metode zbog svoje cijene i masivne opreme nisu lako dostupne velikom broju istraživača, niti se ne mogu upotrebljavati u terenskim uvjetima što ih čini nepraktičnim za svakodnevnu upotrebu. Za razliku od njih, pojedine su druge metode zbog prihvatljive cijene, jednostavne primjene, neinvazivnosti te prihvatljive točnosti rezultata našle svoju svakodnevnu praktičnu primjenu u sportskoj medicini i kineziologiji. Tu prije svega ubrajamo metodu mjerenja kožnih nabora, mjerenja ostalih antropometrijskih mjera koje ne uključuju kožne nabore, te metodu bioelektrične impedancije (BIA) (16).

Cilj ovoga rada jest usporediti tri danas često

korištene metode u određivanju sastava tijela vrhunskih veslača, i to metodu zračne pletizmografije (Bod-Pod), antropometrijsku metodu mjerenja kožnih nabora i metodu bioelektrične impedancije (BIA) te utvrditi postoji li mogućnost njihova izmjeničnog korištenja.

ISPITANICI I METODE

Ovaj rad obuhvatio je 26 veslača i 6 veslačica iz kategorije seniora, u dobi između 18 i 36 godina, sa područja grada Zagreba i grada Osijeka. Veslači koji bi bili obuhvaćeni istraživanjem članovi su klupskih i nacionalnih veslačkih posada, aktivno u sustavu veslačkih treninga bez prekida posljednjih 5 godina, te prosječno broje 7 i više treninga tjedno.

Svi ispitanici potpisali su suglasnost za sudjelovanje u istraživanju nakon pročitane obavijesti o detaljima istraživanja. Istraživanje je odobreno od etičkog povjerenstva Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Udio masnog tkiva u ukupnoj masi mjeren je metodom zračne pletizmografije Bod-Pod[™] (Cosmed, Italija), uz upotrebu Sirijeve jednadžbe za određivanje postotka masti (14).

Nadalje, udio masnog tkiva u ukupnoj masi mjeren je metodom mjerenja kožnih nabora po Jacksonu i Pollocku (7). Mjerenje svih kožnog nabora izvedeno je tri puta u nizu mjerenja. Za analizu je uzet medijan, a za procjenu postotka masnog tkiva koristila se jednadžba sa 7 nabora za muškarce odnosno 4 nabora za žene.

Treća metoda kojom je mjeren udio masnog tkiva u ukupnoj masi ispitanika je metoda bioelektrične impedancije (BIA), uređajem Tanita BC – 418. Ovaj uređaj primjenjuje integrirane formule kojima se na temelju dobivenih vrijednosti impedancije procjenjuje sastav tijela.

METODOLOGIJA I PLAN ISTRAŽIVANJA

Mjerenje udjela masnog tkiva u ukupnoj masi ispitanika provedeno je u pripremnom periodu godišnjeg ciklusa treninga veslača (ožujak/travanj). Mjerenja svih ispitanika su provedena u približno istom dijelu dana, te se pazilo da je od posljednjeg obroka te treninga ispitanika prošlo minimalno dva sata. Mjerenja svih triju metoda za jednog ispitanika bila su odrađena unutar 30 minuta.

Usporedba slaganja pojedinih metoda na individualnoj razini prikazana je pomoću Bland-Altmanovih grafičkih prikaza. Sustavne razlike između metoda procijenjene su pomoću jednosmjerne ANOVE, uz Bonferronijev post-hoc test.

REZULTATI

Prosječna dob 32 ispitanika u istraživanju bila je $21,2 \pm 3,7$ godina (veslači $21,5 \pm 3,9$; veslačice $20,2 \pm 2,6$), raspon dobi od 17 do 34 godine. Prosječna visina ispitanika bila je $184,0 \pm 8,2$ cm (raspon 161,6 do 196,5 cm), a prosječna težina $80,65 \pm 10,6$ kg (raspon 62,9 do 99,6 kg).

U tablici 1. prikazane su prosječne vrijednosti postotka masnog tkiva za svaku pojedinu metodu izmjerene u pripremnom periodu, a u tablici 2. prikazana je prosječna razlika vrijednosti postotka masnog tkiva izmjerenih u pripremnom periodu između pojedinih metoda. Iz tablice 2. vidljivo je da nisu uočene značajne razlike u prosječnim vrijednostima postotka masnog tkiva između pojedinih metoda.

Tablica 1. Prosječne vrijednosti % masnog tkiva i pripadajuće standardne devijacije izmjerene različitim metodama za procjenu sastava tijela u pripremnom periodu

Table 1. Average Values of body fat % and corresponding standard deviation measured with various methods for estimation of body composition in the preparation period

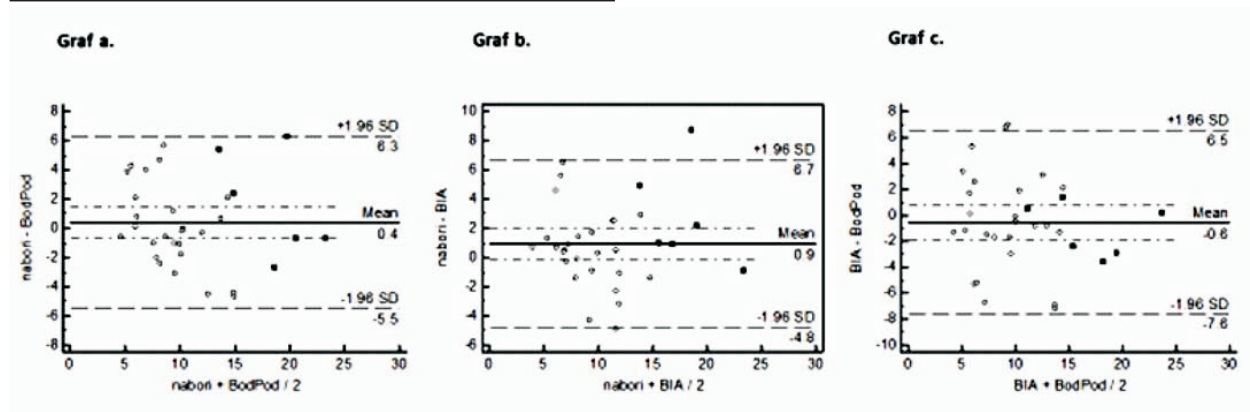
Metoda	Aritmetička sredina ± SD	Minimum	Maksimum
KN	11,2 ± 4,8	4,3	22,9
BIA	10,2 ± 4,7	3,5	23,8
Bod-Pod tm	10,8 ± 5,2	3,3	23,6

Tablica 2. Prosječne razlike (95% interval pouzdanosti) između vrijednosti % masnog tkiva izmjerenih različitim metodama za procjenu sastava tijela u pripremnom periodu

Table 2. Average difference (95% confidence interval) between the value of body fat % measured with various methods for estimation of body composition in the preparation period

Metode	Aritmetička sredina (95% CI)	P vrijednost
KN - BIA	0,9 (-0,1 - 2,0)	0,08
KN - BodPod	0,4 (-0,7 - 1,5)	0,49
BIA - BodPod	-0,6 (-1,9 - 0,7)	0,39

Slika 1. prikazuje Bland-Altmanov grafički prikaz slaganja metoda. Iz prikaza su vidljive vrlo široke granice slaganja svih korištenih metoda. Granice slaganja između metode KN i Bod-Podtm iznosile su -5,5 do 6,3 %, između KN i BIA od -4,8 do 6,7 % te između BIA i Bod-Podtm od -7,6 do 6,5 %.



Slika 1. Bland-Altmanov grafički prikaz slaganja metoda mjerenja: Graf a. KN i Bod-Podtm; Graf b. KN i BIA; Graf c. BIA i Bod-Podtm

Figure 1. Bland-Altman graphical presentation of method agreement: Graph a. SF and Bod-Podtm; Graph b. SF and BIA; Graph c. BIA and Bod-Podtm

DISKUSIJA

Glavni nalaz ovog istraživanja je da nema značajnih razlika u dobivenim prosječnim vrijednostima postotka masnog tkiva između korištenih metoda mjerenja (KN 11,2 ± 6,8; BIA 10,2 ± 4,7; Bod-Podtm 10,8 ± 5,2), ali su granice slaganja svih metoda vrlo široke (KN i BIA -4,8 do 6,7%; KN i Bod-Podtm -5,5 do 6,3%; BIA i Bod-Podtm -7,6 do 6,5%).

Dosadašnja istraživanja većinom govore u prilog dobivenim rezultatima, pa tako u pojedinim od njih nije bilo značajnih razlika u dobivenim prosječnim vrijednostima postotka masnog tkiva između metoda KN, BIA i Bod-Podtm (4,13), Bod Pod i BIA (1,3), BIA i KN (6,11), Bod Pod i KN (2). S druge strane, u istraživanju Parkera i suradnika (12) gdje se ispitivala podudarnost pojedinih metoda za mjerenje sastava tijela sa referentnom trokomponentnom metodom (kombinacijom određivanja ukupne vode i zračne pletizmografije sa Bod-Podtm uređajem), između ostalih i metode KN, BIA te Bod-

Podtm, osim za KN, dobivene prosječne vrijednosti postotka masnog tkiva značajno su se razlikovale od referentne metode.

Na široke granice slaganja između metoda KN i BIA ukazali su Gutin i suradnici (6), gdje su granice slaganja bile od -10,81 do 9,89. Razlog zbog kojeg su granice slaganja između BIA i KN bile i šire nego u našem istraživanju mogao bi ležati u činjenici da je istraživanje provedeno na drukčijoj populaciji ispitanika. Naime, istraživanje je provedeno na 43 djece u dobi između 9 i 11 godina. Za procjenu postotka masnog tkiva mjerenu KN korištena je jednadžba sa 2 nabora, a za procjenu metodom BIA korišten je drukčiji tip uređaja, što je također moglo doprinijeti širim granicama slaganja u ovom istraživanju.

Provedeno istraživanje ima nekoliko važnih nedostataka. Naime, istraživanje je obuhvatilo veslače i veslačice starije od 18 godina. Zbog ograničenog broja dostupnih ispitanika koji ulaze u ovu kategoriju, broj ispitanika obuhvaćenih ovim istraživanjem također je

relativno mali, što implicira manje precizno određivanje granica slaganja. Zbog malog broja ispitanika analize nisu rađene po spolovima već kao skupni uzorak. Ipak, u odnosu na druga slična istraživanja sastava tijela sportaša broj ispitanika je uglavnom veći (3,4). Nadalje, prilikom mjerenja metodom zračne pletizmografije, dobiveni udio masnog tkiva u ukupnoj masi ovisan je između ostalog i o plućnom volumenu ispitanika a on je pak određen pomoću jednadžbi integriranih u sami Bod-Podtm uređaj. Zbog toga krajnji rezultat dobivenog udjela masnog tkiva u ukupnoj masi ispitanika može sadržavati mogućnost proračunskih pogrešaka. Konačno, prilikom mjerenja udjela masnog tkiva u ukupnoj masi metodom mjerenja kožnih nabora po Jacksonu i Pollocku⁶ koristilo se više mjerioca što smanjuje ponovljivost mjerenja. Obzirom da mjerioci dolaze iz istog sportsko-dijagnostičkog laboratorija te da su prošli identične edukacijske postupke, razlikovanje među njima svedeno je na minimum.

ZAKLJUČAK

Važnost rezultata dobivenih ovim istraživanjem može se gledati kako sa znanstveno-istraživačkog aspekta u svrhu dobivanja točnijih rezultata u nekim budućim istraživanjima, tako i sa praktičnog aspekta veslačkim trenerima, nutricionistima i sportsko-dijagnostičkim centrima u svrhu kvalitetnije kontrole učinka trenaznog procesa kroz promjene u sastavu tijela veslača, kao i boljeg optimiziranja prehrane i sportskog učinka. Dobiveni rezultati ovog istraživanja značajni su prije svega zbog ukazivanja širokih granica slaganja metoda KN, BIA i Bod-Podtm u određivanju postotka masnog tkiva kod populacije veslača, što sugerira nemogućnost njihove međusobne kombinacije u nekim budućim istraživanjima jednokratnog mjerenja postotka masnog tkiva određene populacije, iako prosječne razlike dobivenih rezultata postotka masnog tkiva nisu bile značajne. Zbog toga se u svrhu komparativnog određivanja postotka masnog tkiva određene populacije preporuča korištenje jedne iste metode.

Literatura

1. Aleman-Mateo H, Esparza Romero J, Macias Morales N. i sur. Determination of body composition using air displacement plethysmography, anthropometry and bio-electrical impedance in rural elderly Mexican men and women. *J Nutr Health Aging* 2004; 8(5):344-9.
2. Bentzur KM, Kravitz L, Lockner DW. Evaluation of the BOD POD for estimating percent body fat in collegiate track and field female athletes: a comparison of four methods; *J Strength Cond Res* 2008; 22(6): 1985–91.
3. Biaggi RR, Vollman MW, Nies MA. i sur. Comparison of air-displacement plethysmography with hydrostatic weighing and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in healthy adults, *Am J Clin Nutr* 1999; 69:898–903.
4. Dixon CB, Deitrick RW, Pierce JR. i sur. Evaluation of the BOD POD and leg-to-leg bioelectrical impedance analysis for estimating percent body fat in National Collegiate Athletic Association Division III collegiate wrestlers. *J Strength Cond. Res* 2005; 19(1):85–91.
5. Fields DA, Hunter GR, Goran MI. Validation of the BOD POD with hydrostatic weighing: Influence of body clothing. *Int J Obesity* 2000; 24:200-5.
6. Gutin B, Litaker M, Islam S. i sur. Body-composition measurement in 9- to 11-year-old children by dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold-thickness measurements, and bioimpedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1996; 63:287-92.
7. Jackson AS, Pollock M L. Practical assessment of body composition. *Physician Sports Med* 1985; 13:76-90.
8. Jurimae J, Jurimae T, Maestu J. The oarsman. U: Secher NH, Volianitis S. (ur). *Rowing. International Olympic Committee*, 2007. Str. 35-47.
9. Kuriyan R, Thomas T, Ashok S i sur. A 4-compartment model based validation of air displacement plethysmography, dual energy X-ray absorptiometry, skinfold technique & bio-electrical impedance for measuring body fat in Indian adults; *Indian J Med Res* 2014; 139(5):700–7.
10. Mišigoj-Duraković M. *Kinantropologija; Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 2008; 65-97.
11. Ostojic SM. Estimation of body fat in athletes: skinfolds vs bioelectrical impedance; *J Sports Med Physic Fitness* 2006; 46:442-6.
12. Parker L, Reilly JJ, Slater C. i sur. Validity of six field and laboratory methods for measurement of body composition in boys. *Obesity Research* 2003; 11(7):852-8.
13. Reinert BL, Pohlman R, Hartzler L. Correlation of Air Displacement Plethysmography with alternative body fat measurement techniques in men and women; *Int J Exerc Sci* 2012; (4):367-78.
14. Siri WE. *Body composition from fluid spaces and density: analyses of methods; Techniques for measuring body composition. Washington DC, Natl Acad. Sci. National Res. Council*, 1961; 223-44.
15. Slater GJ, Rice AJ, Mujika I. i sur. Physique traits of lightweight rowers and their relationship to competitive success. *Br J Sports Med* 2005; 39: 736-41.
16. Sorić M. Vrijednost infracrvene spektroskopije u određivanju sastava tijela. *Croat Sports Med J* 2005; 20(1):49-53.
17. Wells JCK, Fewtrell MS. Measuring body composition. *Arch Dis Child* 2006; 91:612–7.