

*Maroje Sorić*

## VRIJEDNOST INFRACRVENE SPEKTROSKOPIJE U ODREĐIVANJU SASTAVA TIJELA

### 1. UVOD

Posljednjih nekoliko godina određivanje sastava tijela sve je prisutnije kako u medicini tako i u sportu. Naime, pokazalo se da postotak tjelesne masti bolje pokazuje zdravstveno stanje od mase tijela, pa je tako i precizniji od indeksa tjelesne mase u praćenju pretilosti. Kod sportaša je ta činjenica još izraženija. Masa tijela ne govori nam ništa ukoliko ne znamo od čega se ona sastoji, pa je postotak masti u tijelu postao pokazatelj kojeg pratimo da bi postigli idealnu građu tijela sportaša. Posebno bi se trebao koristiti kod sportova u kojih postoji potreba za naglim mršavljenjem (hrvanje, tjelogradnja, dizanje utega i sl.), da bi se izbjegle neželjene posljedice po zdravlje. Osim masti, ljudsko se tijelo sastoji od još tri komponente: bjelančevina, koštanih minerala i vode. Ipak, najčešće korištene metode za određivanje sastava tijela ne razlikuju ih, već mjere samo masnu i nemasnu masu tijela. Pri tome nemasnu masu tijela čine kosti, mišići i unutrašnji organi, dok se masna sastoji od lipidnih sastojaka stanica i rezervne masti, koju pak, čine potkožno masno tkivo, žuta koštana srž i visceralna mast.

Postotak masnog tkiva uvelike se razlikuje kroz ljudski životni vijek. Rađamo se sa 10-12% masnog tkiva i ta je vrijednost relativno stabilna do adolescencije. Nastupom puberteta nastupaju i spolne razlike. Zbog hormonalnih promjena u djevojaka postotak masti raste do 25% u odraslih žena, a kod dječaka se snižava na 15% u odraslih muškaraca. Nakon 20. godine života količina masnog tkiva kontinuirano se povećava se brzinom od 1% svakih 10 godina sve do 60. godine života. Nakon toga slijedi ponovni pad postotka masnog tkiva i to prvenstveno na račun smanjenja potkožne masti. Taj bi pad bio i veći da se usporedno ne smanjuje i nemasna masa zbog sarkopenije i osteopenije. Iz ovih činjenica proizlazi da su preporučene vrijednosti različite u odnosu na dob, spol i tjelesnu aktivnost osobe (tablica 1).

Vrijednosti veće od optimalnih vezane su uz povećan rizik za razvoj krvožilnih bolesti, hipertenzije, dijabetesa, bolesti žučnjaka, nekih tumora itd. Doduše, više masti može imati i pozitivan utjecaj na zdravlje. Tako u menopauzalnih žena povećana količina masnog tkiva smanjuje rizik za nastanak osteoporoze. Taj zaštitni učinak masnog tkiva vezan je uz perifernu pretvorbu androgena u estrogene. S druge strane, vrijednosti manje od optimalnih također su nepoželjne, naročito za ženski spol. One

su, naime, često posljedica poremećaja u prehrani (anorexia nervosa i bulimija) koji dalje vode k poremećajima menstrualnog ciklusa i posljedično k smanjenoj gustoći kostiju (ovaj slijed zbivanja poznat je kao trijas sportašica)<sup>7</sup>.

**Tablica 1.** Standardne vrijednosti postotka masti<sup>8</sup>

		Preporučene vrijednosti % masnog tkiva u djece i odraslih				
	NP	Niske	Srednje	Visoke	Pretilost	Sportaši
<b>MUŠKARCI</b>						
6-17 god.	<5	5-10	11-25	26-31	>31	
18-34 god.	<8	8	13	22	>22	5-15
35-55 god.	<10	10	18	25	>25	7-18
55+ god.	<10	10	16	23	>23	9-18
<b>ŽENE</b>						
6-17 god.	<12	12-15	16-30	31-36	>36	
18-34 god.	<20	20	28	35	>35	16-28
35-55 god.	<25	25	32	38	>38	20-33
55+ god.	<25	25	30	35	>35	20-33

NP= ne preporučuje se

Danas postoje razne sofisticirane metode određivanja sastava tijela uključujući magnetsku rezonanciju, CT, analizu aktivacije neutrona itd. Te su metode dostupne vrlo malom broju istraživača, a k tome i vrlo skupe. Zbog toga se kao laboratorijske metode koriste hidrodensitometrija (podvodno vaganje), pletizmografija, hidrometrija i DEXA (Dual energy x-ray absorbtometry). Kombinacija hidrodensitometrije, hidrometrije i DEXA-e u sklopu s četverokomponentnim modelom smatra se danas zlatnim standardom u određivanju sastava tijela. No, te metode također zahtijevaju masivnu i skupu opremu što onemogućava njihovu primjenu na terenu. Za terenska istraživanja koristimo jednostavne, brze, neinvazivne i jeftine metode poput metode mjerenja kožnih nabora, mjerenja ostalih antropometrijskih mjera koje ne uključuju kožne nabore, metode bioelektrične impedancije (BIA) i infracrvene spektroskopije (ICS). One su, doduše, puno nepreciznije od laboratorijskih metoda. Razlika u odnosu na laboratorijske metode iznosi 2-5% masnog tkiva.

## 2. METODA INFRACRVENE SPEKTROSKOPIJE

Infracrvena spektroskopija je indirektna metoda za određivanje sastava tijela koja se pojavila osamdesetih godina u SAD-u. Ona se zasniva na dvokomponentnom modelu tijela i mjeri optičku gustoću tijela. Zasniva se na svojstvu svih organskih

tvori da apsorbiraju svjetlost određene valne dužine. Sonda uređaja emitira svjetlost valnih dužina 938 nm i 948 nm. To je područje bliskog infracrvenog zračenja gdje masno tkivo apsorbira svjetlost, dok ga ostale vrste tkiva reflektiraju. Dio valova koji se reflektira vraća se u sondu, te uređaj na osnovu početne i konačne energije valova izračunava gustoću tkiva. Postotak masti izračunava se iz gustoće tijela pomoću prediktorskih jednadžbi. Faktori potrebni za jednadžbu su ovisni o skupini kojoj je namijenjen model uređaja. Za osnovni model Futrex 5000 to su osim gustoće tijela i: spol, visina, težina, i razina tjelesne aktivnosti. Djeci je namijenjen Futrex 5000/A koji uzima i dob kao prediktorski faktor. Futrex 5000/WL je namijenjen prije svega srednjoškolskim sportašima (posebno hrvacima) i mršavijim adolescentima. Novija su istraživanja zaključila da treba izbaciti tjelesnu aktivnost kao prediktorski faktor jer se teško kvantificira, a značajno mijenja rezultat<sup>3,8</sup>. Nakon toga proizveden je model Futrex 6100/XL koji više ne sadrži tjelesnu aktivnost u jednadžbi. Ovdje je potrebno istaknuti da su gotovo sva istraživanja provedena na modelu 5000, dok ostali modeli još nisu kvalitetno vrednovani.

Većina istraživanja pokazala je da je najbolje mjesto za mjerenje iznad bicepsa dominantne ruke, a iznimku čini dječja populacija kod koje je bolje mjerenje izvoditi supskapularno<sup>11</sup>. Mjerenjem na ostalim dijelovima tijela ne povećavamo točnost metode. Pogreška metode kreće se između 2 i 5% masnog tkiva, pouzdanost u mjerenjima ponavljanim dan za danom je 95-99%<sup>2,4</sup>, a slične su i pouzdanosti između različitih mjerilaca i uređaja. Pogreška metode uzrokovana je:

1. uređajem - u odnosu na sofisticirane spektrometre, Futrexova je preciznost smanjena (50 nm u odnosu na 6 nm). To je bilo nužno učiniti da bi se dobio mali, praktičan uređaj prikladan za terenski rad.
2. ispitivačem - mnogo je manji udjel ispitivača u grešci nego kod metode mjerenja kožnih nabora. Razlika je 0.5% masnog tkiva, ali se grubim rukovanjem može popeti do 10%.
3. ispitanikom – Wilson i suradnici pokazali su da je kod ljudi tamnije puti postotak masti značajno potcjenjen<sup>10</sup>, no Hortobagyi i njegova ekipa negiraju takvu razliku<sup>4</sup>, tako da utjecaj boje kože na rezultat ostaje upitan.
4. prediktorskom jednadžbom proizvođača - prediktorske jednadžbe proizvođača koje su integrirane u uređaj, pokazale su se nedovoljno učinkovitima.. Zbog toga se u novije vrijeme umjesto postotka masti preporučuje Futrexom izmjeriti gustoću tijela i uvrstiti je u prediktorske jednadžbe dobivene različitim istraživanjima ovisno o prediktorima (npr. dobi, spolu ili sportu).

### 3. MJESTO INFRACRVENE SPEKTROSKOPIJE U ODREĐIVANJU SASTAVA TIJELA

Kao što je već rečeno metoda infracrvene spektroskopije ne primjenjuje se u laboratorijskim uvjetima, već samo za terenska istraživanja. Uz nju, najčešće se koriste metoda bioelektrične impedancije i metoda mjerenja kožnih nabora, dok su antropometrijske mjere koje ne uključuju kožne nabore rezervirane samo za stariju populaciju (osobe starije od 65 godina). Nijedna od navedenih metoda nije savršena i svaka ima svoje prednosti i nedostatke. Metoda kožnih nabora najneugodnija je za ispitanike, pogotovo djecu. Zahtijeva i iskusnog mjeritelja da bi zadržala točnost. Mjeritelj je manje bitan kod bioelektrične impedancije, a ona je i komfornija, ali zbog potrebe za stabilnim sadržajem tjelesne vode ima mnoga ograničenja<sup>9</sup>. Zbog toga su objavljene smjernice za ispitanike (tablica 2.).

*Tablica 2.*

Smjernice za ispitanike prije mjerenja BIA-om
<ul style="list-style-type: none"> <li>• nema jela ni pića unutar 6 sati</li> <li>• nema vježbanja unutar 12 sati</li> <li>• ispitanik mora mokriti 30 minuta prije mjerenja</li> <li>• nema alkohola unutar 48 sati</li> <li>• nema diuretika unutar 7 dana</li> <li>• žene se ne mjere 4-7 dana prije menstruacije</li> </ul>

Za razliku od ostalih ova metoda nije bez rizika. Njome se, naime, ne bi smjele mjeriti osobe s ugrađenim elektrostimulatorom srca. ICS je također komforna metoda, ali se nije potrebno pridržavati ovih uvjeta, niti je nužan iskusan ispitivač.

Točnost ovih metoda u općoj populaciji je slična, ali ipak se čini da je metoda kožnih nabora nešto preciznija od ostalih. Dokazano je da sve te metode podcjenjuju postotak masnog tkiva za barem 2-5%<sup>3</sup>, a ICS prema Thomasu i suradnicima i do 15%<sup>6</sup>. Infracrvena spektroskopija podcjenjuje postotak masti najviše kod debelih ispitanika (>30 % masti), dok ga kod vrlo mršavih (< 8 %) precjenjuje<sup>3,5</sup>. Za gojazne osobe neprikladna je i metoda kožnih nabora jer ih je teško izmjeriti, tako da je za njih rezervirana BIA. Tu metodu upotrebljavamo i kod starijih osoba, a rezervna metoda u toj populaciji su antropometrijske mjere koje ne uključuju kožne nabore. U kliničkoj primjeni dobrom se pokazala jedino BIA i to, zasad, samo u nekih bolesti (kronična opstruktivna bolest pluća, AIDS, kronično zatajivanje bubrega).

No, kakva je situacija kod djece i sportaša?

U dječjoj populaciji još nije utvrđena referentna metoda. Iz tog su razloga prediktivne jednadžbe upitne pa 2-komponentni modeli čak i uz upotrebu posebnih jednadžbi precjenjuju postotak masti za 3-5%. Od terenskih metoda prakticiraju se

metoda bioelektrične impedancije i metoda mjerenja kožnih nabora, dok se metoda infracrvene spektroskopije ne preporučuje ni za djecu ni za adolescente. Kod sportaša metoda izbora je mjerenje kožnih nabora. Ta se metoda može koristiti kod svih sportaša i to u oba spola. Koriste se jednadžbe Jacksona i Pollocka za odrasle i adolescente. BIA je također pouzdana metoda u većine sportaša, ali njenu primjenu ograničavaju već spomenuti uvjeti mjerenja kojih se moramo pridržavati, a što je kod sportaša posebno teško (ponajprije se misli na uvjet da se mjeriti može tek 12 sati nakon tjelesne aktivnosti). Njena točnost je manja od metode kožnih nabora. Metoda infracrvene spektroskopije dobrom se pokazala u hrvača. Jednadžbe integrirane u posebno prilagođen uređaj (Futrex 5000/WL) namijenjene su hrvačima od 14. do 19. godine, ali pošto još nisu vrednovane preporučuje se jednadžba koju su razvili Oppenheimer i suradnici<sup>1</sup>. Uz hrvače, ta se metoda preporučuje još samo u sportašica između 18. i 27. godine uz upotrebu jednadžbe Fornettija i suradnika<sup>2</sup>.

#### 4. LITERATURA

1. Oppliger RA, Clark RR, Nielsen DH (2000). New equations improve NIR prediction of body fat among high school wrestlers. *The Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy* 30(9):536-43.
2. Fornetti WC, Pivarnik JM, Foley JM, Fiechtner JJ. Reliability and validity of body composition measures in female athletes (1999). *Journal of Applied Physiology*, 87(3):1114-22.
3. Wilmore KM, McBride PJ, Wilmore JH (1994). Comparison of bioelectric impedance and near-infrared interactance for body composition assessment in a population of self-perceived overweight adults. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 18(6):375-81.
4. Hortobagyi T, Israel RG, Houmard JA, O'Brien KF, Johns RA, Wells JM (1992). Comparison of four methods to assess body composition in black and white athletes. *International Journal of Sport Nutrition*, 2(1):60-74.
5. McLean KP, Skinner JS (1992). Validity of Futrex-5000 for body composition determination. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(2):253-8.
6. Thomas DW, Ryde SJ, Ali PA, Birks JL, Evans CJ, Saunders NH, Al-Zeibak S, Dutton J, Hancock DA (1997). The performance of an infra-red interactance instrument for assessing total body fat. *Physiological Measurement*, 18(4):305-15.
7. Otis CL, Drinkwater B, Johnson M, Loucks A, Wilmore J (1997). The female athlete triad. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5):i-ix.
8. Lohman TG, Houtkooper L, Going SB (1997). Body fat measurement goes high-tech: not all are created equal. *ACSM's Health and Fitness Journal* 7:30-35.

9. Gonzales C, Evans JA, Smye SW, Holland P (1999). Variables affecting bioimpedance analysis measurements of body water. *Medical and Biological Engineering and Computing* 37:106-107.
10. Wilson WL, Heyward VH (1993). Effects of skintone, skinfold and mid-arm muscle area on optical densities measurements at biceps site. *Medicine and Science in Sports and Exercise*,25:S60.
11. Fuller NJ, Dewit O, Wales JCK.(2001) The potential of near-infrared inter-actance for predicting body composition in children. *European Journal of Clinal Nutrurition* 43:779-791.