



VRIJEDNOST INFRACRVENE SPEKTROSKOPIJE U ODREĐIVANJU SASTAVA TIJELA

VALUE OF NEAR-INFRARED LIGHT INTERACTANCE IN BODY COMPOSITION ASSESSMENT

Maroje Sorić

Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska

SAŽETAK

Metoda infracrvene spektroskopije (ICS) došla je u Hrvasku tek prije nekoliko godina. Slijedom toga pojavila se potreba za kvalitetnim vrednovanjem te metode. Cilj ovog rada bio je pregledom recentne literature doći do zaključaka o vrijednosti infracrvene spektroskopije u određivanju sastava tijela. Poseban osvrt dan je na upotrebu dotične metode kod sportaša.

ICS je metoda koja se koristi refleksijom elektromagnetskog zračenja infracrvenog spektra za određivanje gustoće tijela. Metoda je vrlo jednostavna, neinvazivna i komforna. Mjerenja se izvode na bicepsu dominantne ruke u odraslih i subskapularno u djece. Iz pregledane literature može se zaključiti da mjerenje kožnih nabora ostaje najpouzdanija terenska metoda za određivanje sastava tijela, te da infracrvenu spektroskopiju ne treba pretpostaviti ni metodi mjerenja kožnih nabora niti bioelektričkoj impedanciji. ICS se ne preporučuje koristiti u pretilih osoba, kroničnih bolesnika ni u djece. Kod sportaša ju možemo koristiti, ali samo kod sportašica u dobi od 18 do 27 godina, te kod hrvača srednjoškolske dobi. U ostalih sportaša preporučuje se mjeriti kožne nabore, a isto treba činiti i s djecom. U dječjoj populaciji može se koristiti i BIA, koja najvažnije mjesto ima u pretilih osoba te kroničnih bolesnika.

Ključne riječi: infracrvena spektroskopija, sastav tijela, masno tkivo

SUMMARY

Near-infrared light interactance (NIR) was first introduced in Croatia only a couple of years ago. That produced the need to assess its value in body composition assessment. The aim of this article was to review recent publications about NIR and draw conclusions about its application in various parts of the population, especially in athletes. Near-infrared light interactance uses reflection of near-infrared light from lean body mass to measure body density. It is simple, non invasive and comfortable. The measurement is taken at the mid-point of the dominant bicep in adults and subscapularly in children. From reviewed publications it is possible to conclude that skin fold thickness measurement remains the field method of choice in body composition assessment and that even bioelectrical impedance analysis (BIA) should be preferred over NIR. Near-infrared light interactance cannot, yet, be used for overweight and obese individuals, patients with chronic illnesses nor for children. In sports its application is restricted to female collegiate athletes and high school wrestlers. Other athletes should be analyzed with skin fold thickness measurement. The same is recommended for children, where it is possible to use bioelectrical impedance analysis. BIA is the preferred method for overweight and obese individuals and patients with chronic illnesses.

Key words: NIR, body composition, body fat

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 stanje uhranjenosti od mase tijela, pa je tako i precizniji od indeksa tjelesne mase u praćenju pretilosti. Naime koristeći samo indeks tjelesne mase proglasiti ćemo pretilima i mnoge koji to nisu. Kao primjer možemo uzeti sportaše, među kojima mnogi imaju indeks tjelesne mase veći od preporučenog, a postotak masti im je na donjoj granici dopuštenog. Zbog toga je postotak masti u tijelu zamijenio tablice visine i mase te postao pokazatelj kojeg pratimo da bi postigli idealnu građu tijela sportaša. Posebno bi se trebao koristiti kod sportova kod kojih postoji potreba za naglim mršavljenjem (hrvanje, tjelogradnja, dizanje utega i sl.), da bi se izbjegle neželjene posljedice po zdravlje. Ipak indeks tjelesne mase je lakše odrediti pa još uvijek nalazi svoju primjenu, pogotovo u sedentarnoj populaciji.

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 masa sastoji od lipidnih sastojaka stanica i rezervne masti, koju čine potkožno masno tkivo, žuta koštana srž i visceralna mast.

Tablica 1. Preporučene vrijednosti % masnog tkiva u djece i odraslih¹²

Table 1. Recommended % body fat levels for adults,

	NP	Niske	Srednje	Visoke	pretilost
MUŠKI					
6-17 god.	<5	5-10	11-25	26-31	>31
18-34 god.	<8	8	13	22	>22
35-55 god.	<10	10	18	25	>25
55+ god.	<10	10	16	23	>23
ŽENE					
6-17 god.	<12	12-15	16-30	31-36	>36
18-34 god.	<20	20	28	35	>35
35-55 god.	<25	25	32	38	>38
55+ god.	<25	25	30	35	>35
Odrasle fizički aktivne osobe					
MUŠKI					
18-34 god.	<5	5	10	15	>15
35-55 god.	<7	7	11	18	>18
55+ god.	<9	9	12	18	>18
ŽENE					
18-34 god.	<16	16	23	28	>28
35-55 god.	<20	20	27	33	>33
55+ god.	<20	20	27	33	>33

NP= ne preporučuje se

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).

Poseban dio populacije su vrhunski sportaši za koje ne vrijede navedene vrijednosti masnog tkiva. Kod sportaša masno tkivo pretstavlja balastnu masu, pa većina teži smanjiti postotak masti na minimum. Minimalne vrijednosti postavljene su na 7 % masnog tkiva za dječake mlađe od 16 godina, 5 % za muškarce, te 12-14 % za žene. Ipak, postoje i sportovi u kojima masno tkivo natjecateljima ne predstavlja smetnju. Naprotiv, u dizanju utega natjecatelji zbog mehaničkih razloga teže nakupljanju masnog tkiva na trupu. Očit je primjer sumo hrvanje. Natjecatelji u ovom sportu ostvaruju prednost sa povećanjem bilo kojeg dijela tjelesne mase, tako da ih je većina pretila s postotkom masnog tkiva većim od 30.

No kako svaki sport ima svoje specifičnosti, tako ima i različitu vrijednost preporučenog masnog tkiva (tablica 2.).

Tablica 2. Preporučene vrijednosti % masnog tkiva u sportaša raznih sportova²²

Table 2. Recommended % of body fat levels for athletes competing in various sports

SPORT	MUŠKARCI	ŽENE
Alpsko skijanje	7-15	10-18
Atletika		
trkačke discipline	5-12	8-18
bacačke discipline	8-15	12-20
Biciklizam	5-11	8-15
Gimnastika	5-12	8-16
Hokej na ledu	8-16	12-18
Hrvanje	5-16	-
Klizanje	5-12	8-16
Košarka	6-12	10-16
Nogomet	6-14	10-18
Odbojka	7-15	10-18
Plivanje	6-12	10-18
Tenis	6-14	10-20
Tjelogradnja	5-8	6-12
Triatlon	5-12	8-15
Veslanje	6-14	8-16

Količina masnog tkiva veća od optimalne vezana je uz povećan rizik za razvoj krvožilnih bolesti, hipertenzije, dijabetesa, bolesti žučnjaka, pa čak i nekih tumora. 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 posljedičnoj osteopeniji i osteoporozi (ovaj slijed zbivanja poznat je kao trijas sportašica)¹⁵.

METODE ODREĐIVANJA SASTAVA TIJELA

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 s, vaganje), pletizmografija, hidrometrija i DEXA (Dual energy x-ray absorptiometry). Nijedna od tih metoda ne uzima se kao zlatni standard u određivanju sastava tijela, već je to danas kombinacija hidrogenzimetrije, hidrometrije i DEXA-e u sklopu s četverokomponentnim modelom. 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, metode mjerenja ostalih antropometrijskih mjera koje ne uključuju kožne nabore, bioelektrične impedancije (BIA) i infracrvene spektroskopije (ICS). One su, doduše, puno nepreciznije od laboratorijskih metoda. Razlika iznosi 2-5 % masnog tkiva.

METODA INFRACRVENE SPEKTROSKOPIJE

Infracrvena spektroskopija je indirektna metoda za određivanje sastava tijela koja se pojavila osamdesetih godina u SAD-u. Ona se bazira na dvokomponentnom modelu tijela i mjeri optičku gustoću tijela. Zasniva se na svojstvu svih organskih tvari da apsorbiraju svjetlost određene valne duljine. Sonda uređaja emitira svjetlost valnih duljina 938 nm i 948 nm. To je područje bliskog infracrvenog zračenja gdje masno tkivo apsorbira svjetlost, dok ih 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. Proizvođač tvrdi da je dubina do koje prodiru valovi svjetlosti 4 cm²⁵ što bi značilo da metoda ne mjeri samo potkožno, već i intramuskularno masno tkivo. Istraživanja su, međutim, pokazala da to nije tako, pogotovo u pretilih osoba¹⁶, pa ta činjenica ostaje dvojben.

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 hrvačima) i mršavijim adolescentima.

Novija su istraživanja zaključila da tjelesnu aktivnost kao prediktorski faktor treba izbaciti, zbog toga što se teško kvantificira, a značajno mijenja rezultat^{13,23}.

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 noviji modeli još nisu kvalitetno vrednovani.

Opsežnim istraživanjima pokazalo se da je najbolje mjesto za mjerenje iznad bicepsa dominantne ruke. Iako to nije uobičajeno mjesto za mjerenje kožnog nabora čini se da debljina kože i potkožne masti omogućavaju optimalnu penetraciju svjetlosnim zrakama. Iznimku čini dječja populacija kod koje je bolje mjerenje izvoditi supskapularno⁶. Mjerenjem na ostalim dijelovima tijela ne povećavamo točnost metode. Uređaj je vrlo pouzdan, no ne i vrlo točan. Pogreška metode kreće se između 2 i 5 % masnog tkiva, pouzdanost u mjerenjima ponavljanim dan za danom je 95-99%^{3,4,5,10,11}, a slične su i pouzdanosti između različitih mjerioca i uređaja²¹. Pogreška metode uzrokovana je:

- 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.
- ispitivačem - mnogo je manji udjel ispitivača u grešci nego kod metode mjerenja kožnih nabora. Razlika je 0.5% masnog tkiva¹⁷, ali se grubim rukovanjem može popeti i do 10 %.
- ispitivanikom – Wilson i suradnici pokazali su da je kod ljudi tamnije boje kože postotak masti značajno potcjenjen²⁴, no Hortobagyi i njegova ekipa negiraju takvu razliku¹¹, tako da utjecaj boje kože na rezultat ostaje upitan.
- prediktorskom jednadžbom proizvođača - prediktorske jednadžbe proizvođača koje su integrirane u uređaj, pokazale su se nedovoljno učinkovitima. One podcjenjuju količinu masti za 2-10 % ovisno o debljini ispitanika. Tako je količina masti najviše podcijenjena u rizičnoj skupini debelih ispitanika⁶. 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).

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,

Tablica 3. Smjernice za ispitanike prije mjerenja BIA-om⁹
Table 3. BIA pretesting client guidelines

- ne uzimati jelo ni piće unutar 6 sati
- ne vježbati unutar 12 sati
- ispitanik mora mokriti 30 minuta prije mjerenja
- ne piti alkohol unutar 48 sati
- ne uzimati diuretike unutar 7 dana
- žene se ne mjere 4-7 dana prije menstruacije

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 %^{19,21,23}, a ICS prema Thomasu i suradnicima i do 15 %²⁰. Infracrvena spektroskopija podcjenjuje postotak masti najviše kod debelih ispitanika (>30 % masti), dok ga kod vrlo mršavih (< 8 %) precjenjuje^{2,8,13,16,23}, tako da nije prikladna za mjerenje tih dijelova populacije. Za gojazne osobe je neprikladna i metoda kožnih nabora koje je u tih osoba jako 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 nabor. U kliničkoj primjeni još nisu razvijene jednadžbe za infracrvenu spektroskopiju. Dobrom se pokazala jedino BIA i to samo u nekih bolesti. Jednadžbe su razvijene za bolesnike s transplantiranim srcem ili plućima, kroničnom opstruktivnom bolešću

pluća i cističnom fibrozom, zatim za one s ozljedama kralježničke moždine, AIDS-om, cirozom jetre (samo u slučajevima bez ascitesa) te anorexiom nervosom. Za sva ostala stanja prediktivne jednadžbe za neku od terenskih metoda tek se trebaju utvrditi.

U dječjoj populaciji još nemamo referentnu metodu za određivanje sastava tijela. Iz tog su razloga prediktivne jednadžbe za terenske metode upitne pa one čak i uz upotrebu posebnih jednadžbi precjenjuju postotak masti za 3-5 %. Od terenskih metoda preferiraju se metoda bioelektrične impedancije i metoda mjerenja kožnih nabora, dok se metoda infracrvene spektroskopije ne preporuča ni za djecu niti za adolescente³.

No, kakva je situacija kod sportaša? Metodom izbora (naravno, u skupini terenskih metoda) smatramo mjerenje kožnih nabora. Ta se metoda može koristiti kod svih sportaša i to u oba spola, a 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 točnosti metode kožnih nabora. Posebno je upitna primjena BIA-e kod hrvača. Naime, kod njih se često ukazuje potreba za brzim gubitkom težine prije natjecanja. Na taj način značajno mijenjaju količinu vode u organizmu što onemogućuje primjenu BIA-e. Metoda infracrvene spektroskopije dobrom se pokazala u hrvača, za što je razvijen i posebno prilagođen uređaj (Futrex 5000/WL). Jednadžbe integrirane u uređaj namijenjene su hrvačima od 14. do 19. godine, no pošto nisu kvalitetno vrednovane preporučuje se jednadžba koju su razvili Oppenheimer i suradnici¹⁴. Uz hrvače, ta se metoda preporuča još samo u sportašica između 18. i 27. godine⁵. Za ostale skupine sportaša tek se moraju izraditi prediktivne jednadžbe za određivanje postotka masnog tkiva.

ZAKLJUČAK

Bilo bi idealno kad bi sastav tijela mogli uvijek određivati metodama koje se baziraju na četverokomponentnom modelu sastava tijela jer su one najpreciznije, no to je nemoguće zbog njihove složenosti i skupoće. Zato smo najčešće prisiljeni koristiti terenske metode. Metoda infracrvene spektroskopije kao najnovija terenska metoda nije se uspjela izboriti za primat u tom području. U općoj populaciji preciznošću nešto zaostaje za metodom mjerenja kožnih nabora i bioelektričnom impedancijom. Šteta je što najlošije rezultate pokazuje na ekstremima skale, tj. kod mršavih i kod pretelih osoba. Upravo te osobe su izložene najvećem zdravstvenom riziku. Ipak, metoda posjeduje neke prednosti, poput mogućnosti mjerenja u bilo kojim uvjetima (u odnosu na BIA-u), te manju potrebu za

umješnošću ispitivača i manju neugodu za ispitanika (u odnosu na metodu mjerenja kožnih nabora). Zato se njena upotreba dopušta, ali među terenskim metodama po vrijednosti rangiramo ju tek na treće mjesto. Kod pretelih ICS ne možemo koristiti, kao ni metodu mjerenja kožnih nabora pa je za njih rezervirana BIA. BIA-u ćemo upotrijebiti i u određenim skupinama bolesnika i u djece. U dječjoj populaciji se zbog prevelike pogreške upotreba ICS zasad ne preporučuje, a kod sportaša je njena primjena ograničena na hrvače srednjoškolske i atletičarke studentske dobi. Ostalim sportašima sastav tijela treba određivati metodom mjerenja kožnih nabora, koja je, usput, još uvijek i najjeftinija metoda za određivanje sastava tijela.

Literatura

1. Broeder CE, Burrhus KA, Svanevik LS i sur. Assessing body composition before and after resistance or endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29(5):705-12.
2. Brooke-Wavell K, Jones PR, Norgan NG i sur. Evaluation of near infra-red interactance for assessment of subcutaneous and total body fat. *Eur J Clin Nutr* 1995; 49(1):57-65.
3. Cassady SL, Nielsen DH, Janz KF i sur. Validity of near infrared body composition analysis in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25(10):1185-91.
4. Eaton AW, Israel RG, O'Brien KF i sur. Comparison of four methods to assess body composition in women. *Eur J Clin Nutr* 1993; 47(5):353-60.
5. Fornetti WC, Pivarnik JM, Foley JM i sur. Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *J Appl Physiol* 1999; 87(3):1114-22.
6. Fuller NJ, Dewit O, Wales JCK. The potential of near-infrared interactance for predicting body composition in children. *Eur J Clin Nutr* 2001; 43:779-791.
7. Gonzales C, Evans JA, Smye SW i sur. Variables affecting bioimpedance analysis measurements of body water. *Med Biolog Engineer Comput* 1999; 37:106-107
8. Heyward VH, Cook KL, Hicks VL i sur. Predictive accuracy of three field methods for estimating relative body fatness of nonobese and obese women. *Int J Sport Nutr* 1992, 2(1):75-86.
9. Heyward VH, Wagner DR *Applied Body Composition Assessment*. Champaign, IL; Human Kinetics, 2004.
10. Hortobagyi T, Israel RG, Houmard JA i sur. Comparison of body composition assessment by hydrodensitometry, skinfolds, and multiple site near-infrared spectrophotometry. *Eur J Clin Nutr* 1992, 46(3):205-11.
11. Hortobagyi T, Israel RG, Houmard JA i sur. Comparison of four methods to assess body composition in black and white athletes. *Int J Sport Nutr* 1992, 2(1):60-74.
12. Lohman TG, Houtkooper L, Going SB). Body fat measurement goes high-tech: not all are created equal. *ACSM's Health and Fitness Journal* 1997; 7:30-35
13. McLean KP, Skinner JS. Validity of Futrex-5000 for body composition determination. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24(2):253-8.
14. Oppliger RA, Clark RR, Nielsen DH. New equations improve NIR prediction of body fat among high school wrestlers. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000; 30(9):536-43.
15. Otis CL, Drinkwater B, Johnson M i sur (1997). The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29(5):i-ix.
16. Quatrochi JA, Hicks VL, Heyward VH i sur. Relationship of optical density and skinfold measurements: effects of age and level of body atness. *Res Q Exerc Sport* 1992; 63(4):402-9.
17. Schreiner PJ, Pitkaniemi J, Pekkanen J i sur. Reliability of near-infrared interactance body fat assessment relative to standard anthropometric techniques. *J Clin Epidemiol* 1995; 48(11):1361-7.
18. Smith DB, Johnson GO, Stout JR i sur. Validity of near-infrared interactance for estimating relative body fat in female high school gymnasts. *Int J Sports Med* 1997; 18(7):531-7.
19. Stout JR, Eckerson JM, Housh TJ i sur. Validity of percent body fat estimations in males. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26(5):632-6.
20. Thomas DW, Ryde SJ, Ali PA i sur. The performance of an infra-red interactance instrument for assessing total body fat. *Physiol Meas* 1997; 18(4):305-15.
21. Vehrs P, Morrow JR Jr, Butte N. Reliability and concurrent validity of Futrex and bioelectrical impedance. *Int J Sports Med* 1998; 19(8):560-6.
22. Wilmore JH : *Body weight, Body composition, and Sport*. U: Wilmore JH, Costill DL, ur. *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL; Human Kinetics, 2004; 446-470.
23. Wilmore KM, McBride PJ, Wilmore JH. Comparison of bioelectric impedance and near-infrared interactance for body composition assessment in a population of self-perceived overweight adults. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1994; 18(6):375-81
24. Wilson WL, Heyward VH. Effects of skintone, skinfold and mid-arm muscle area on optical densities measurements at biceps site. *Med Sci Sports Exerc* 1993;.25:S60
25. www.futrex.com/nir.html