

Pregledni naučni članak

ANALIZA TELESNOG SASTAVA: NAJČEŠĆI MODELI I METODE ISPITIVANJA¹

UDK: 796:61

616-071.3

<https://doi.org/10.18485/snip.2021.11.1.5>

Dragan Đurđević²

Medicinski fakultet, Katedra za medicinu sporta, Univerzitet u Beogradu, Srbija³

Apstrakt: Tačna i validna analiza telesnog sastava je značajna za dijagnostiku nutritivnog statusa, procenu uticaja treninga, odgovora organizma na nutritivne i terapijske intervencije, rast i razvoj organizma, procenu zdravstvenog rizika. Povećanjem oboljevanja od hroničnih nezaraznih bolesti, gojaznosti, povećala se potreba za različitim modelima i metodama analize telesnog sastava. Ovaj pregledni rad je imao za cilj da prikaže najčešće korišćene metode za analizu telesnog sastava i da da kratak uvid o trenutnim tehnikama. Metodi za analizu telesnog sastava variraju u svojoj tačnosti i pouzdanosti i u praksi upotreba odgovarajućeg metoda zavisi od interesa i potrebne tačnosti, npr. dvostruko-energetska rendgenska denzitometrija (DXA) kao gold standard za određivanje minerala u kostima, ili magnetna rezonanca (MRI) kao gold standard za analizu mekih tkiva i organa. Ove metode, uz kompjuterizovanu tomografiju (CT), hidrodensitometriju i pletizmografiju, rutinski se primenjuju u kliničkoj medicini, a zbog svoje kompleksnosti, teže dostupnosti i visoke cene u sportskoj medicini se koriste najviše u istraživačke svrhe. U sportskoj medicini se najviše primenjuju antropometrijska metoda i bioelektrična impedansa (BIA), zbog svoje jednostavnosti i komfora za ispitanika. Najbolja procena telesne kompozicije se može dobiti kombinacijom više metoda – multi-komponentni model, čime se povećava tačnost i pouzdanost dobijenih podataka i sa većom sigurnošću se može proceniti zdravstveni rizik.

Ključne reči: *telesni sastav, nutritivni status, antropometrija, DXA, BIA, sportska medicina*

UVOD

Analiza telesnog sastava (BCA) je u sferi interesovanja sportskih stručnjaka, nutricionista i zdravstvenih radnika. Tačna i validna procena nutritivnog statusa, morfoloških i funkcionalnih kapaciteta ima značajnu ulogu u proceni uticaja treninga i postizanju vrhunskih rezultata sportiste, može se pratiti odgovor organizma na nutritivne i terapijske intervencije, rast i razvoj organizma, odnosno unutrašnji i spoljašnji faktori na različitom biološkom nivou. Povećanjem oboljevanja od hroničnih nezaraznih bolesti, gojaznosti, došlo je do povećane potrebe za različitim modelima i metodama analize telesnog sastava u cilju objektivnog sagledavanja nutritivnog statusa, funkcionalnog kapaciteta, zdravstvenog rizika i morbiditeta. Prvenstveno gledano, interesovanje za analizu telesnog sastava nastalo je da bi se odredila masna masa (FM) tela. Napretkom tehnologije i boljim razumevanjem analize telesnog sastava i uticaja na zdravlje, dolazimo do novih mogućnosti za unapređenje trenutne prakse.

Analizom telesnog sastava, pored navedenog, dobijaju se i informacije koje pomažu da se identifikuje i proceni kaheksija, sarkopenija i gojaznost. Kaheksija je stanje koje prati gubitak masnog tkiva i mase skeletnih

¹ Rad primljen: 21.6.2020, korigovan: 9.7.2020, prihvaćen za objavljivanje: 9.7.2020.

² ✉ d_djurdjevic@yahoo.com

³ Dragan Đurđević je doktorand Medicinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

mišića, koja je rezultat niza stanja, a najčešće je posledica odmaklog starenja ili malignih oboljenja. Sarkopenija je gubitak mišićne mase izazvan starenjem, dok je gojaznost hronično oboljenje, koje karakteriše prekomerno nakupljanje telesnih masti, koje dovodi do brojnih zdravstvenih komplikacija: hipertenzija, dijabetes melitus tip 2, metabolički sindrom, oboljenja srca i krvnih sudova, kičme, zglobova, psihički poremećaji (Bhatt, 2016; Rodríguez-Hernández et al., 2013). Gojaznost je jedan od najvećih zdravstvenih problema u svetu i može se reći da poprima oblik pandemije. Pored odraslih, zabrinjavajuće je što je sve češće zastupljena i u dečijem uzrastu. Sve ovo je povezano sa smanjenjem funkcionalnih sposobnosti, povećanim morbiditetom i mortalitetom (Francis et al., 2017; Peterson & Braunschweig, 2016). Rezultati Svetske zdravstvene organizacije (WHO) pokazuju da je u 2014. godini bilo 600 miliona odraslih i 42 miliona dece ispod pet godina starosti sa prekomernom telesnom težinom (WHO, 2016). Ovo govori koliko je važna identifikacija i upotreba validnih metoda i modela u analizi telesnog sastava.

MODELI I METODE ANALIZE TELESNOG SASTAVA

1. Modeli

Analiza telesnog sastava se može raditi direktnim i indirektnim merenjem. I pored toga što je direktno merenje najtačniji metod, s obzirom da zahteva seciranje tkiva, nije opcija za upotrebu. Kod indirektnog merenja postoje različiti modeli i tehnike.

Najviše upotrebljavani i osnovni model za analizu telesnog sastava je dvo-komponentni model (2C), gde je telo podeljeno na dva dela, na masnu (FM) i bezmasnu masu (FFM). 2C model je baziran na određivanju gustine tela i najčešće korišćena tehnika je hidrodensitometrija. Pored 2C modela, postoji tro-komponentni model (3C), gde se FFM deli na dva dela, sadržaj vode i preostalu čvrstu materiju, koju pretežno čine proteini i minerali. Sledeći model, koji teoretski daje validnije rezultate od 3C modela, je četvero-komponentni (4C) model, koji analizom tela daje rezultate za masti, minerale, ukupnu vodu (TBW) i proteine. Pored rezultata koji se dobijaju hidrodensitometrijom, neophodno je dodatno da se koriste dvostruko-energetska rendgenska densitometrija (DXA) za dobijanje tačnih podataka o vrednostima minerala u kostima i neutron aktivaciona analiza za dobijanje tačnih podataka o proteinima. Na osnovu navedenog, jasno je da se dodatnim merenjima širi broj ispitivanih komponenti u BCA (npr. količina kalcijuma, fosfora, azota, određivanje ekstracelularne vode) i da je neophodno da se merenje zasniva isključivo na nezavisnom dobijanju rezultata za tu komponentu, pa tako dolazimo do multi-komponentnog modela (MCM) telesne analize, kojim se dobija izuzetno puno podataka, ali zahteva kombinaciju različitih metoda merenja (Ellis, 2000; Kuriyan, 2018).

Prateći razvoj modela kroz vreme, Wang et al. su objedinili i predstavili model od pet nivoa telesnog sastava, koji je postao standard u istraživanju BCA (Wang et al., 1992).

1.1. Pet nivoa telesnog sastava

Trenutni modeli analize telesnog sastava se odnose na pet nivoa telesne kompozicije. Prvi je atomski nivo, koji sadrži glavne hemijske elemente (kiseonik, ugljenik, vodonik, azot, kalcijum i fosfor), a čijom se analizom mogu dobiti veoma važne informacije, kao što je npr. sadržaj azota, koji nam govori o ukupnoj količini proteina u telu, a vrši se neutronsom aktivacionom analizom. Drugi nivo se sastoji od glavnih molekularnih delova i to je molekularni nivo, gde spadaju voda, proteini, ugljeni hidrati, masti i minerali u kostima i mekim tkivima. Npr. esencijalne masti su veoma važne za funkciju ćelijske membrane. Dok se voda i minerali u kostima mogu odrediti direktnim putem (dilucija izotopa, DXA), ostalo se procenjuje indirektnim putem. Treći nivo je ćelijski, koji se sastoji od ćelijske mase (masti i bezmasna masa ćelije, gde se odvijaju metabolički procesi), ekstracelularnu tečnost i ekstracelularni matriks. Pokušavano je da se razviju određeni modeli, na bazi antropometrije, za procenu mase ćelija, ali nijedan nije u široj upotrebi. Četvrti je tkivno-organski nivo, koji se sastoji od tkiva, organa i sistema. Npr. adipozno tkivo je locirano kao subkutano i kao unutrašnje, odnosno visceralno. Procenjuje se indirektnim metodama (npr. ultrazvuk, CT). Poslednji nivo predstavlja nivo celog tela, odnosno organizma u celini, koji je podeljen na različite delove i gde je potrebno da se koriste različiti modeli i metode analize telesnog sastava – multikomponentni model (WHO Expert Committee, 1995).

2. Metode

2.1. Antropometrijska merenja

Antropometrija je široko rasprostranjena metoda kojom se meri masa tela, longitudinalna dimenzionalnost skeleta, transferzalna dimenzionalnost skeleta, obim i debljina kožnih nabora (SF), posebno u populaciji dece. Antropometrijske mere mogu pomoći za utvrđivanje razvoja tela, morfoloških karakteristika, uhranjenosti, odnosa FM i FFM, uticaj treninga i ishrane na organizam, nutritivnih intervencija, zdravstvenog rizika.

Još je 1921. godine razvijena jednačina za procenu telesnih masti na osnovu antropometrijskih mera, merenjem debljine kožnih nabora (Matiegka, 1921). Merenjem debljine kožnih nabora kaliperom dobijaju se mere kojima se kroz upotrebu jednačina procenjuje FM i FFM. Na osnovu najčešće korišćenih jednačina, najviše se meri na sledećih deset tačaka: triceps, subskapularna, trbušna, suprailiačna, butna, biceps, list, grudi, umbilikus, toraks (J. Wang et al., 2000). Da bi se dobile precizne mere, neophodna je upotreba dobro kalibrisanog kalipera (npr. Lange, Holtain) i kao što je pomenuto dobro obučenu osobu, koja sprovodi proceduru po standardizovanoj metodologiji. Posebnu pažnju treba obratiti na precizno lociranje tačaka, povlačenje kože i postavljanje instrumenta pod uglom od 90°. Najčešće korišćene jednačine za određivanje FM i FFM na osnovu mera dobijenih merenjem SF su Jackson i Pollock (Jackson & Pollock, 1978; Jackson et al., 1980) i Durnin i Womersley (Durnin & Womersley, 1974).

Antropometrijskim procedurama se, kao što je pomenuto, određuje i uhranjenost izračunavanjem indeksa telesne mase (BMI) i predstavlja najčešće korišćenu meru za određivanje prekomerne telesne težine i gojaznosti. Kod ispitanika se meri telesna masa (TM) i telesna visina (TV), a onda se na osnovu matematičke formule izračunava BMI:

$$\text{BMI} = \text{TM}(\text{kg}) / \text{TV}(\text{m})^2$$

Na osnovu klasifikacije, koju je napravila Svetska zdravstvena organizacija (WHO), određuje se uhranjenost osobe i njen zdravstveni rizik (Tabela 1).

Tabela 1. WHO BMI klasifikacija

Klasifikacija	BMI (kg/m ²)	Rizik od kormobiditeta
Pothranjenost	<18,5	Nizak (drugi zdravstveni rizici)
Normalan opseg	18,5 – 24,9	Prosečan
<i>Prevelika težina</i>	>25	
Predgojaznost	25,0 – 29,9	Povećan
Gojaznost klasa I	30,0 - 34 ,9	Srednji
Gojaznost klasa II	35,0 – 39,9	Veliki
Gojaznost klasa III	> 40,0	Veoma veliki

Ovo se odnosi na odrasle osobe, dok se kod dece i adolescenata koriste tabele sa percentilima (WHO, n.d.). Ovaj metod nije validan kada su u pitanju sportisti. Sportisti imaju veću mišićnu masu, a manji procenat masti, pa će se dobiti pogrešni rezultati (Weber et al., 2013). Ovaj metod ne razlikuje povećanje telesne mase koje se desilo na osnovu povećanja mišićne mase, ili sa druge strane masti (Taşçilar et al., 2011).

Metodom merenja obima struka se takođe može proceniti FM i uticaj na zdravlje. Merenja se najčešće vrše na sredini nadlaktice, sredini butine, na struku i kukovima. Prilikom merenja treba obratiti pažnju na tačno lociranje tačaka gde se vrši merenje, položaj merne trake (90° u odnosu na uzdužnu osu trupa), da traka bude u kontaktu sa kožom, ali bez vršenja pritiska i da je očitavanje izvršeno u milimetrima (Lohman & Roche, 1988).

Antropometrijske procedure izgledaju relativno jednostavne, ali ipak zahtevaju dobro obučenu osobu, da bi rezultati bili što validniji. Jeftine su, komforne za ispitanika i mogu se vršiti u terenskim uslovima.

2.2. Hidrodenzitometrija (metoda podvodnog merenja)

Ova metoda se još naziva i denzitometrija i bazirana je na Arhimedovim principima istiskivanja tečnosti. Predstavlja 2C model i jednu od najpreciznijih metoda u analizi sastava tela. Vršiti se potapanjem kompletnog tela u vodu. Ispitanik treba da izdahne sav vazduh kada bude kompletno potopljen u vodu. Bazira se na merenju izbačene vode i korekcije rezidualnog volumena vazduha u plućima, da bi se dobila zapremina tela i računanjem mogla

proceniti gustina tela i izračunati procent telesnih masti (%BF). Kod osoba sa većom gustinom tela, manji je %BF i obrnuto. Nije moguće imati uvid u distribuciju masnog tkiva (Borga et al., 2018). Osoba koja ima veći %BF u telu, biće lakša u vodi od osobe sa većom mišićnom masom i malim procentom masti. Gustina FM (0,9007g/cm³) je manja od gustine vode, dok je FFM (1,1 g/cm³) veća (Brožek et al., 1963). Sama metoda zahteva obučenu osobu, posebnu opremu, skupa je, dugo traje i nije komforna za ispitanike. Nedostaci ove metode su povezani sa procenama zapremine tela i rezidualnog volumena pluća (Buskirk, 1961; Frank, 1969).

2.3. Pletizmografija razmenom vazduha (ADP)

ADP je metoda slična hidrodensitometriji, koju je poslednjih godina počela da zamenjuje. Zastupljena je na 2C modelu. Merenje se vrši u zatvorenoj komori u kojoj ispitanik boravi, koja je odvojena membranom (dijafragmom) od referentne komore, koja se nalazi sa zadnje strane. Ulaskom ispitanika u komoru dolazi do promene zapremine vazduha, koja se može odrediti promenom pritiska i meri se zapremina tela, pa se na osnovu mase tela i zapremine tela mogu dobiti podaci o gustini tela, pa tako i FM i FFM. Ne može da se dobije distribucija masti i mišićne mase. Metoda je komforna, brza, jednostavna, ali skupa. Poznata je kao BOD POD, što je komercijalni proizvod (COSMED, Concord, California, USA). Rezultati mogu da odstupaju u zavisnosti od hidriranosti FFM, pa samim tim FM i FFM mogu biti potcenjeni, odnosno, precenjeni (Delisle-Houde et al., 2019; Kendall et al., 2017). Tačnost hidrodensitometrije i pletizmografije je slična, u poređenju sa 4C metodom (Fields et al., 2001; Millard-Stafford et al., 2001).

2.4. Dvostruko-energetska rendgenska denzitometrija (DXA)

DXA se zasniva na propuštanju jonizujućih zraka, različitih energija, kroz telo ispitanika. Prilično je rasprostranjena tehnika i može se koristiti u svim uzrasnim kategorijama (Larsson et al., 1984). Spada u brze metode, ima malo zračenje i ne zahteva posebnu pripremu i tehničku obučenosť. Propuštanjem dvostruko-energetskog jonizujućeg zračenja kroz telo, ili neke segmente, beleži se slabljenje, odnosno prigušenje signala, koje je posledica različite debljine tkiva, gustine i hemijskog sastava, kroz koje zraci prolaze. DXA metoda se može koristiti za određivanje FM, bezmasne mase tela i gustine minerala u kostima (Mazess et al., 1990). Primarno se koristi za određivanje gustine minerala u kostima i tu se smatra za gold-standard (Garg & Kharb, 2013). Može se koristiti za analizu određenih delova tela, kao i za analizu sastava celog tela. Kod analize visceralnog masnog tkiva, u poređenju sa magnetnom rezonancom, DXA precenjuje visceralno masno tkivo kod gojaznih osoba (Neeland et al., 2016; Lemos & Gallagher, 2017). Na slici dobijenom DXA skeniranjem se ne može odvojiti subkutano masno tkivo od visceralnog, već se u tom slučaju mora koristiti anatomski model koji predviđa debljinu subkutanog masnog tkiva. DXA-om se dobija dvodimenzionalna slika i nije moguće direktno odrediti zapreminu određenih delova, pa je potrebna upotreba anatomskih modela (Borga et al., 2018).

2.5. Kompjuterizovana tomografija (CT) i magnetna rezonanca (MRI)

CT i MRI su metode koje emitovanjem različite vrste i frekvencije zračenja daju slike visoke rezolucije u tri dimenzije. Ove metode se smatraju za gold standard, kada je u pitanju telesna analiza na nivou tkiva. Imaju mogućnost da prikažu i najmanje promene koje nastaju u telu (Prado & Heymsfield, 2014). Mogu se raditi parcijalno, ili na celom telu. Kod CT se vrši propuštanje X zraka iz različitih uglova, da bi se dobila slika na osnovu slabljenja, ili prigušenja zraka, koje nastaje usled različite gustine tkiva (Addison et al., 2014), pa se dobije slika adipoznog tkiva, mekog tkiva, debljine i volumena. Kod MRI se koriste magnetna svojstva tela, odnosno gustina atoma vodonika (ponašaju se kao magnet pod pulsним radiofrekventnim talasima) (Berger, 2002), da bi se dobila slika i odredila debljina i volumen adipoznog i mišićnog tkiva (Silver et al., 2010). Na osnovu ovoga, MRI je bezbednija metoda u odnosu na CT. Zbog velikog zračenja kod CT, praksa je da se rade snimci određene regije tela, da se ne radi skener celog tela. U poslednje vreme značajnu ulogu u identifikaciji masti u mišićima i jetri zauzima spektroskopska magnetna rezonanca, koja omogućuje uvid u metabolički rizik (Hwang & Choi, 2015).

Prednosti ove dve metode kao najpreciznije, kada su u pitanju analize na nivou tkiva, su nedvosmislene, ali su skupe, zahtevaju obučeno osoblje, nisu lako dostupne i najveći nedostatak je izlaganje jonizujućem zračenju kod CT-a. Kod MRI može biti problem sa osobama koje imaju metalne implantate. Sa druge strane, MRI se može koristiti kod dece, jer nema jonizujućeg zračenja.

2.6. Ultrazvuk (US)

Manje poznata tehnika, pored već pomenutih koje se koriste u analizi telesnog sastava, je ultrazvuk. Većina ljudi je upoznata sa US kao dijagnostičkim uređajem, kada su u pitanju određeni zdravstveni problemi, ili trudnoća, ali je manje poznato da se US koristi u merenju masti i debljini skeletnih mišića (Smith-Ryan et al., 2014). Pomoću ovog uređaja se stvara ultrazvučna slika, kao rezultat cikličnih (zvučnih) talasa koji prolaze kroz kožu i od tkiva, masti i kostiju se delimično reflektuje nazad u vidu eha, u zavisnosti od promena akustičnog otpora kod tkiva (Wagner, 2013). Postoje dva režima moda ultrazvučne tehnologije, A (amplitudni mod) i B (mod osvetljenja). B-mod koristi frekvenciju od 1 do 10 MHz, dok A-mod koristi frekvenciju od 2,5 MHz i to su noviji komercijalni uređaji (Smith-Ryan et al., 2014). Kod dobijene ultrazvučne slike merenje debljine tkiva se vrši elektronskim kaliperom. Ova tehnika je dostupna, neinvazivna, brza i nema zračenja, ali nema dovoljno podataka o tačnosti metode, kada se uporedi sa nekom referentnom metodom, pa su potrebna dalja istraživanja. Interesovanje za analizu sastava tela US metodom je poraslo nakon razvoja portabilnih uređaja, kao što je Body-Metrix ultrazvučni sistem, primarno napravljen za korišćenje u fitness industriji.

2.7. Bioelektrična impedansa (BIA)

BIA predstavlja jednu od najefektnijih, brzih, neinvazivnih, relativno jeftinih i validnih metoda analize telesnog sastava (Yu et al., 2010). Na tržištu je prisutan veliki broj uređaja, ali nisu svi validni. Validnost zavisi od kvaliteta uređaja, a oni su po pravilu skupi, ali i dalje značajno pristupačniji od prethodno navedenih metoda. Ovaj metod se pokazao kao dobar izbor i u upotrebi kod dece (Meredith-Jones et al., 2015). Danas na tržištu postoje multi-frekventni uređaji (1, 5, 50, 100, 200, 500, 1000 kHz) i uređaji tačno određene frekvencije (400 μ A i 50 kHz) (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gómez et al., 2004). Razlika u merenjima između ova dva tipa uređaja je u većoj mogućnosti multi-frekventnih uređaja da vrše različita merenja, u različitim položajima, da daju rezultate za pojedine delove tela (Smith & Madden, 2016). BIA je metod koji je baziran na telesnom otporu prilikom propuštanja struje niske jačine i određene frekvencije kroz ljudski organizam. Na električnu provodljivost utiče sadržaj vode i elektrolita u provodnicima. Veći otpor pružaju tkiva sa manjim sadržajem vode, a s obzirom da FFM sadrži skoro svu vodu i elektrolite, njegova provodljivost je daleko veća od FM. Putem savremenih BIA uređaja dobijaju se informacije o ukupnoj količini vode (TBW), intracelularnoj vodi, ekstracelularnoj vodi, količini minerala, mišića, masti (ukupne i visceralne), podaci o segmentnoj analizi (sva četiri ekstremiteta posebno i trup), vektorska analiza bioelektrične impedanse (BIVA) i informacije o faznom uglu (PA) celog tela. Fazni ugao tela se pokazao kao veoma važna varijabla i kod zdravih osoba je najčešće u opsegu između 5° i 7°. Smatra se da govori o odnosu intra i ekstracelularne vode, odnosno o zdravlju ćelija, gde više vrednosti govore o boljoj funkciji ćelija. Fazni ugao je povezan sa fizičkom aktivnošću, polom (muškarci imaju više vrednosti zbog veće mišićne mase), uhranjenošću, inflamacijom, infekcijom (niže vrednosti faznog ugla) (Norman et al., 2012). Vrednosti faznog ugla mogu se predvideti za mnoge kliničke ishode i mortalitet kod osoba sa hroničnim bolestima (Iqbal, 2013). Detaljniji podaci o hidriranosti tkiva, varijaciji telesnih tečnosti, masi ćelija, kao i longitudinalnim promenama se dobijaju putem BIVA. BIVA daje kvalitativnu meru mekog tkiva, nevezano od veličine tela (Norman et al., 2012). Unutar 75. centila se nalaze zdrave osobe, dok se vrednosti iznad 95. smatraju abnormalnim (Walter-Kroeker et al., 2011). BIVA pomaže u tumačenju promena telesne težine i telesnog sastava (Nicoletti et al., 2014). Pouzdanost BIA metode zavisi od kvaliteta uređaja, obučenosti osobe koja vrši analizu, tačno izmerene visine i težine, položaja ekstremiteta (ugao ekstremiteta od 30° do 45° u odnosu na telo), da ispitanik nije unosio hranu par sati pre analize, da mu je bešika prazna, da nije upražnjavao fizičku aktivnost, zavisi od faze menstrualnog ciklusa, trudnoće, metalnih ili silikonskih implanta, pejsmejlera (Yamaguchi et al., 2012; Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Manuel Gómez et al., 2004), temperature u prostoriji (24°- 34°C ne utiče na rezultate merenja) (Caton et al., 1988; Garby et al., 1990). Kada dolazi do većih odstupanja u hidriranosti, rezultate FM i FFM treba tumačiti obazrivo, jer mogu biti precenjeni, ili podcenjeni (Mialich et al., 2014).

ZAKLJUČAK

Ovim mini preglednim radom je istaknut značaj analize telesnog sastava i najčešće korišćeni modeli i metode. Može se reći da do sada ne postoji univerzalna metoda kojom možemo dobiti sve validne podatke, već da je neophodno koristiti kombinaciju metoda (multi-komponentni model), da bi dobili validne rezultate. Najpristupačnije

i metode koje imaju najširu primenu su antropometrija i BIA. Obe metode su pristupačne, neinvazivne, bezbedne za sve uzrasne kategorije, komforne za ispitanika, relativno brze i mogu se koristiti u terenskim uslovima (neki modeli BIA). Pored navedenog, antropometrija je još i jeftina metoda. Ostale navedene metode zahtevaju isključivo laboratorijske uslove, skupe su, nisu komforne za ispitanika, a neke od njih imaju veliko zračenje i najčešće se koriste u istraživačke svrhe. Sve pomenute metode zahtevaju dobro obučenu osobu koja ih sprovodi, uz neophodno poštovanje protokola.

Kako je antropometrija veoma pristupačna tehnika i u širokoj upotrebi, neophodno je da se u budućnosti razviju tehnike koje bi je učinile još preciznijom i pouzdanijom i omogućile segmentnu analizu telesnog sastava. Sa druge strane, BIA je sve popularnija metoda, ima sve širu primenu i u konstantnom je razvoju. Za dobijanje pouzdanih rezultata, preporuka je da se koriste naučno validirani uređaji, unapredi standardizacija protokola za merenje i definišu klinički prihvatljiva ograničenja u tačnosti.

Budući koncept analize telesnog sastava treba da ima za cilj da se dobijeni podaci posmatraju u celini, umesto da se posmatraju izolovano, da bi se objasnila veza između individualnih telesnih komponenti, organa i tkiva, njihove metaboličke i funkcionalne osobine i zdravstveni rizik.

LITERATURA

1. Addison, O., Marcus, R. L., Lastayo, P. C. & Ryan, A. S. (2014). *Intermuscular Fat: A Review of the Consequences and Causes*. <https://doi.org/10.1155/2014/309570>
2. Berger, A. (2002). Magnetic resonance imaging. *BMJ*, 324(7328), 35. <https://doi.org/10.1136/bmj.324.7328.35>
3. Bhatt, G. C. (2016). Childhood Obesity as a Global Concern. *J Child Obes*, 1, 3–4. <https://doi.org/10.21767/2572-5394.100>
4. Borga, M., West, J., Bell, J. D., Harvey, N. C., Romu, T., Heymsfield, S. B. & Leinhard, O. D. (2018). Advanced body composition assessment: From body mass index to body composition profiling. *In Journal of Investigative Medicine* (Vol. 66, Issue 5, pp. 887–895). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/jim-2018-000722>
5. Brožek, J., Grande, F., Anderson, J. T. & Keys, A. (1963). Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 110(1), 113–140. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1963.tb17079.x>
6. Buskirk, E. (1961). Underwater weighing and body density: a review of procedures. *Acad. Sci. National Research Council Washington, DC*, 90–105.
7. Caton, J. R., Molé, P. A., Adams, W. C. & Heustis, D. S. (1988). Body composition analysis by bioelectrical impedance: Effect of skin temperature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5), 489–491. <https://doi.org/10.1249/00005768-198810000-00010>
8. Delisle-Houde, P., Reid, R. E. R., Insogna, J. A., Prokop, N. W., Buchan, T. A., Fontaine, S. L. & Andersen, R. E. (2019). Comparing DXA and air displacement plethysmography to assess body composition of male collegiate hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 474–478. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001863>
9. Durnin, J. V. G. A. & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 Years. *British Journal of Nutrition*, 32(01), 77–97. <https://doi.org/10.1079/bjn19740060>
10. Ellis, K. J. (2000). Human body composition: In vivo methods. *In Physiological Reviews* (Vol. 80, Issue 2, pp. 649–680). American Physiological Society. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.2.649>
11. Fields, D. A., Wilson, G. D., Gladden, L. B., Hunter, G. R., Pascoe, D. D. & Goran, M. I. (2001). Comparison of the BOD POD with the four-compartment model in adult females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(9), 1605–1610. <https://doi.org/10.1097/00005768-200109000-00026>
12. Francis, P., Lyons, M., Piasecki, M., Mc Phee, J., Hind, K. & Jakeman, P. (2017). Measurement of muscle health in aging. *Biogerontology*, 18(6), 901–911. <https://doi.org/10.1007/s10522-017-9697-5>
13. Frank, K. (1969). Practice curves and errors of measurement in estimating underwater weight by hydrostatic weighing. *Med. Sci. Sports*, 212–216.

14. Garby, L., Lammert, O. & Nielsen, E. (1990). Negligible effects of previous moderate physical activity and changes in environmental temperature on whole body electrical impedance. *European Journal of Clinical Nutrition*, 44(7), 545–546. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2401285>
15. Garg, M. & Kharb, S. (2013). Dual energy X-ray absorptiometry: Pitfalls in measurement and interpretation of bone mineral density. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 17(2), 203. <https://doi.org/10.4103/2230-8210.109659>
16. Hwang, J. H. & Choi, C. S. (2015). Use of in vivo Magnetic resonance spectroscopy for studying metabolic diseases. In *Experimental and Molecular Medicine* (Vol. 47, Issue 2, p. e139). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/emm.2014.101>
17. Iqbal, S. R. (2013). Physics of Bio-electrical Impedance Analysis: Phase Angle and its Application. *Adv Life Sci Technol*, 9, 4–12.
18. Jackson, A. S. & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40(3), 497–504. <https://doi.org/10.1079/bjn19780152>
19. Jackson, Andrew S., Pollock, M. L. & Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(3), 175–182. <https://doi.org/10.1249/00005768-198023000-00009>
20. Kendall, K. L., Fukuda, D. H., Hyde, P. N., Smith-Ryan, A. E., Moon, J. R. & Stout, J. R. (2017). Estimating fat-free mass in elite-level male rowers: a four-compartment model validation of laboratory and field methods. *Journal of Sports Sciences*, 35(7), 624–633. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1183802>
21. Kuriyan, R. (2018). Body composition techniques. *Indian Journal of Medical Research*, 148(5), 648–658. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1777_18
22. Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J. & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226–1243. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
23. Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Manuel Gómez, J., Lilienthal Heitmann, B., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J. & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis - Part II: Utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23, 1430–1453. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.09.012>
24. Larsson, B., Svardsudd, K. & Welin, L. (1984). Abdominal adipose tissue distribution, obesity, and risk of cardiovascular disease and death: 13 year follow up of participants in the study of men born in 1913. *British Medical Journal*, 288(6428), 1401–1404. <https://doi.org/10.1136/bmj.288.6428.1401>
25. Lemos, T. & Gallagher, D. (2017). Current body composition measurement techniques. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, 24(5), 310–314. <https://doi.org/10.1097/MED.0000000000000360>
26. Lohman, T. & Roche, A. (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Human Kinetics.
27. Matiegka, J. (1921). The testing of physical efficiency. *American Journal of Physical Anthropology*, 4(3), 223–230. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330040302>
28. Mazess, R. B., Barden, H. S., Bisek, J. P. & Hanson, J. (1990). Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition¹2. In *Am J Clin Nutr* (Vol. 5). <https://academic.oup.com/ajcn/article-abstract/51/6/1106/4695297>
29. Meredith-Jones, K. A., Williams, S. M. & Taylor, R. W. (2015). Bioelectrical impedance as a measure of change in body composition in young children. *Pediatric Obesity*, 10(4), 252–259. <https://doi.org/10.1111/ijpo.263>
30. Mialich, M. S., Faccioli Sicchieri, J. M., Afonso, A., Junior, J. & Sicchieri, J. M. F. (2014). 1-10Analysis of Body Composition: A Critical Review of the Use of Bioelectrical Impedance Analysis. *International Journal of Clinical Nutrition*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.12691/ijcn-2-1-1>
31. Millard-Stafford, M. L., Collins, M. A., Evans, E. M., Snow, T. K., Cureton, K. J. & Roskopf, L. B. (2001). Use of air displacement plethysmography for estimating body fat in a four-component model. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1311–1317. <https://doi.org/10.1097/00005768-200108000-00011>
32. Neeland, I. J., Grundy, S. M., Li, X., Adams-Huet, B. & Vega, G. L. (2016). Comparison of visceral fat mass measurement by dual-X-ray absorptiometry and magnetic resonance imaging in a multiethnic cohort: the Dallas Heart Study. *Nutrition & Diabetes*, 6(7), e221. <https://doi.org/10.1038/nutd.2016.28>

33. Nicoletti, C. F., Camelo, J. S., Dos Santos, J. E., Marchini, J. S., Salgado, W. & Nonino, C. B. (2014). Bioelectrical impedance vector analysis in obese women before and after bariatric surgery: Changes in body composition. *Nutrition*, 30(5), 569–574. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.013>
34. Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M. & Bosy-Westphal, A. (2012). Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis - Clinical relevance and applicability of impedance parameters. In *Clinical Nutrition* (Vol. 31, Issue 6, pp. 854–861). Clin Nutr. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.05.008>
35. Peterson, S. J. & Braunschweig, C. A. (2016). Prevalence of sarcopenia and associated outcomes in the clinical setting. In *Nutrition in Clinical Practice* (Vol. 31, Issue 1, pp. 40–48). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/0884533615622537>
36. Prado, C. M. M. & Heymsfield, S. B. (2014). Lean tissue imaging: A new era for nutritional assessment and intervention. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 38(8), 940–953. <https://doi.org/10.1177/01486071144550189>
37. Rodríguez-Hernández, H., Simental-Mendía, L. E., Rodríguez-Ramírez, G. & Reyes-Romero, M. A. (2013). Obesity and Inflammation: Epidemiology, Risk Factors, and Markers of Inflammation. *International Journal of Endocrinology*, 11. <https://doi.org/10.1155/2013/678159>
38. Silver, H. J., E. Brian Welch, M. J. Avison & K. D. Niswender. (2010). Imaging body composition in obesity and weight loss: challenges and opportunities. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 3, 337. <https://doi.org/10.2147/dmsott.s9454>
39. Smith-Ryan, A. E., Fultz, S. N., Melvin, M. N., Wingfield, H. L. & Woessner, M. N. (2014). Reproducibility and validity of A-mode ultrasound for body composition measurement and classification in overweight and obese men and women. *PLoS ONE*, 9(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091750>
40. Smith, S. & Madden, A. M. (2016). Body composition and functional assessment of nutritional status in adults: a narrative review of imaging, impedance, strength and functional techniques. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 29(6), 714–732. <https://doi.org/10.1111/jhn.12372>
41. Taşçılar, E. M., Bilir, P., Akinci, A., Köse, K., Akçora, D., Inceoğlu, D. & Fitöz, S. O. (2011). The Effect of Gonadotropin-Releasing Hormone Analog Treatment (Leuprolide) on Body Fat Distribution in Idiopathic Central Precocious Puberty. *Turk J Pediatr*, 53(1), 27–33.
42. Wagner, D. R. (2013). Ultrasound as a Tool to Assess Body Fat. *Journal of Obesity*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/280713>
43. Walter-Kroker, A., Kroker, A., Mattiucci-Guehlke, M. & Glaab, T. (2011). A practical guide to bioelectrical impedance analysis using the example of chronic obstructive pulmonary disease. In *Nutrition Journal* (Vol. 10, Issue 1). Nutr J. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-10-35>
44. Wang, J., Thornton, J. C., Kolesnik, S. & Pierson, R. N. (2000). Anthropometry in Body Composition An Overview. *Ann N Y Acad Sci*, 904, 317–326.
45. Wang, Z.M., Pierson, R. N. & Heyms, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), 19–28. <https://academic.oup.com/ajcn/article-abstract/56/1/19/4715618>
46. Weber, D. R., Moore, R. H., Leonard, M. B. & Zemel, B. S. (2013). Fat and lean BMI reference curves in children and adolescents and their utility in identifying excess adiposity compared with BMI and percentage body fat. *American Journal of Clinical Nutrition*, 98(1), 49–56. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.053611>
47. WHO. (n.d.). *WHO | BMI-for-age (5-19 years)*. Retrieved June 18, 2020, from https://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/
48. WHO. (2016). *Obesity and overweight Fact sheet No 311*.
49. WHO Expert Committee. (1995). *Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry*.
50. Yamaguchi, C. M., Faintuch, J., Silva, M. M., Modolin, M., Hayashi, S. Y. & Ceconello, I. (2012). Interference of silicone breast implants on bioimpedance measurement of body fat. *Clinical Nutrition*, 31(4), 574–576. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.01.009>
51. Yu, O.K., Rhee, Y.K., Park, T.S. & Cha, Y.S. (2010). Comparisons of obesity assessments in over-weight elementary students using anthropometry, BIA, CT and DEXA. *Nutrition Research and Practice*, 4(2), 128. <https://doi.org/10.4162/nrp.2010.4.2.128>