

Taja Jordan¹

Metode meritve telesne sestave – splošna izhodišča za diagnostiko mišične mase

Body Composition Methods - General Principles for the Diagnosis of Muscle Mass

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: mišična masa, sarkopenija, miosteatoza, telesna sestava

Zmanjšanje mišične mase je pogosto povezano z neželenimi izidi, kot so patološki zlomi kosti, zmanjšana samostojnost posameznika, znižana kakovost življenja in celo smrt. Sarkopenija se kaže z izgubo mišične mase in zmanjšano funkcijo mišičnine ter je lahko prisotna sočasno z debelostjo, tj. sarkopenična debelost. Omenjena stanja lahko spremlja tudi spremenjena sestava mišičnine oz. infiltracija mišičnine z maščobo, tj. miosteatoza. Količina mišične mase in sestava skeletnih mišic oz. kakovost mišičnine sta glavni determinanti mišične funkcije in moči ter telesne zmogljivosti. Za raziskovalne in klinične namene je na voljo več metod za merjenje količine in kakovosti mišične mase, ki se razlikujejo v ceni, zapletenosti in razpoložljivosti. Pomembno je, da čim prej prepoznamo posameznike, pri katerih obstaja tveganje za razvoj sarkopenije, saj so takrat medicinske intervencije najučinkovitejše za preprečevanje obolevnosti in umrljivosti.

ABSTRACT

KEY WORDS: muscle mass, sarcopenia, myosteatosi, body composition

The reduction of muscle mass is associated with adverse outcomes such as pathological bone fractures, reduced autonomy, reduced quality of life, and higher mortality. Sarcopenia is defined by loss of muscle mass and reduced muscle function, and can be present simultaneously with obesity, i.e. sarcopenic obesity. This can be accompanied by changes in the muscle tissue composition, such as the infiltration of muscle tissue with fat, called myosteatosi. Muscle mass and muscle composition are the main determinants of muscle function, strength and physical performance. Several methods of measuring the quantity and quality of skeletal muscle mass are available for research and clinical purposes, which vary in cost, complexity, and availability. It is also important to identify individuals at risk of developing sarcopenia as early as possible, when medical interventions are most effective in preventing morbidity and mortality.

¹ Dr. Taja Jordan, dr. med., Klinični inštitut za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana; taja.jordan@kclj.si

SARKOPENIJA

Skeletne mišice predstavljajo največji del mase telesa pri večini odraslih, z izjemo močno povečane maščobne mase pri debelosti. Več kot 600 posameznih skeletnih mišic nam omogoča številne mehanske in strukturne funkcije ter sodeluje pri vitalnih presnovnih funkcijah celotnega telesa.

Skeletne mišice rastejo od rojstva dalje in pri večini dosežejo svoj maksimum v tretjem desetletju. V četrtem desetletju se pojavi počasna postopna izguba mišične mase, atrofija pa se močno pospeši po sedmem desetletju (1). V tem obdobju je verjetnost za pojav sarkopenije, ki se odraža z izgubo mišične mase ter zmanjšano funkcijo mišic, ki jo opredeljujeta moč in telesna zmogljivost, povečana. Opisane spremembe lahko spremlja tudi spremenjena sestava mišičnine oz. infiltracija mišičnine z maščobo, tj. miosteatoza. Spremembe mišične mase, ki so povezane s staranjem, so povezane z neželenimi izidi, kot so patološki zlomi kosti, zmanjšana avtonomija, znižana kakovost življenja in celo smrt (2). Sarkopenija lahko obstaja sočasno z debelostjo, tj. sarkopenična debelost. Zmanjšana mišična masa je tako lahko prikrita zaradi povečane maščobne mase. Za postavitev diagnoze sarkopenije in sarkopenične debelosti osnovne meritve telesne mase, obsega pasu ter indeksa telesne mase (ITM) ne zadostujejo. Izguba mišične

mase ima pomembno vlogo tudi pri drugih stanjih, npr. pri kaheksiji in krhkosti, kar ustvarja širok spekter kliničnih stanj, ki vključujejo sarkopenijo. Merjenje mišične mase, sestave, moči in fizične zmogljivosti je zato pomemben del klinične obravnave, zlasti ker se populacija starajočih se, ogroženih odraslih povečuje.

OCENA SKELETNIH MIŠIČ

V literaturi zasledimo prva poročila o natančnem merjenju mišične mase pri ljudeh že konec osemdesetih let prejšnjega stoletja, od takrat pa so se razvile številne metode, ki nam omogočajo meritev telesne sestave za raziskovalne in klinične namene (3). Količina mišične mase in sestava skeletnih mišic oz. kakovost mišičnine sta glavni determinanti mišične funkcije in moči ter telesne zmogljivosti. Kakovost skeletne mišice je ohlapno definiran pojem, ki vključuje njeno anatomsko strukturo, kemično sestavo ter presnovne in mehanske zmogljivosti (4). V praksi z metodami za merjenje telesne sestave lahko izmerimo miosteatozo.

Za raziskovalne in klinične namene je na voljo več metod merjenja količine in kakovosti mišične mase, ki se razlikujejo v ceni, zapletenosti in razpoložljivosti. Najpogosteje uporabljene metode za meritve telesne sestave v klinični praksi so prikazane v spodnji tabeli 1.

Tabela 1. Najpogosteje uporabljene metode za meritve telesne sestave v klinični praksi.

Metoda	Opis
Bioelektrična impedančna analiza (angl. <i>bioelectrical impedance analysis</i>)	Neinvazivna, hitra in preprosta obstojna metoda. Količina mišične mase je izračunana. Izmerjen fazni kot je pomemben napovedni dejavnik. Primerna je za redno spremljanje bolnikov.
Dvoenergijska rentgenska absorpciometrija (angl. <i>dual x-ray absorptiometry</i>)	Natančna rentgenska metoda z nizko dozo sevanja. Količina puste telesne mase je izmerjena.
UZ	Obstojna metoda, s katero lahko izmerimo kvantiteto in kvaliteto različnih mišičnih skupin, a je še na stopnji validacije.
CT	Meritve telesne sestave je stranski produkt slikanja za potrebe postavitve diagnoze oz. spremljanja osnovne bolezni (npr. onkološki bolniki), kvantiteta in kvaliteta mišičnine sta izmerjeni.

BIOELEKTRIČNA IMPEDANČNA ANALIZA

Bioelektrična impedančna analiza (angl. *bioelectrical impedance analysis*, BIA) je metoda za ocenjevanje telesne sestave, ki meri upornost telesnih tkiv ob pretoku majhnega električnega toka. BIA deluje po načelu, da imajo različne vrste tkiv v telesu različno električno prevodnost. Mehka tkiva, bogata s tekočino in elektroliti (kot so npr. skeletne mišice), so bolj prevodna v primerjavi s tkivi z nizko vsebnostjo tekočine, kot je npr. kost. Izračunana količina mišične in maščobne mase z metodo BIA temelji na omenjenih tkivnospecifičnih razlikah (5).

BIA je neinvazivna, poceni in široko dostopna metoda, ki jo je mogoče izvajati v večini kliničnih okolij. Merjenje je preprosto za izvedbo. Pri meritvi BIA se elektrode pritrdijo na kožo rok in nog ali zapestja in gležnja, skozi telo pa se spusti majhen električni tok. Izmerita se upornost in reaktanca tkiv, dobljeni količini pa se uporabita za izračun količine maščobnega in mišičnega tkiva ter drugih parametrov, kot so količina znotraj- in zunajcelične vode ter stanje hidracije. Merilo za sarkopenijo je indeks nemaščobne mase (angl. *fat free mass index*, FFMI), vrednost $< 15 \text{ kg/m}^2$ za ženske in $< 17 \text{ kg/m}^2$ za moške (6).

Poleg ocene količine mišične mase lahko z BIA ocenimo tudi kakovost in funkcijo mišičnine. Iz razmerja med upornostjo in reaktanco se lahko izračuna fazni kot, ki je dober kazalnik stanja celične mase ter funkcije in zgradbe celične membrane. Fazni kot je povezan z mišično močjo in je napovedni dejavnik za smrtnost in prognozo (7).

Na natančnost meritev BIA lahko vplivajo številni dejavniki, kot so stanje hidracije, telesna temperatura in položaj telesa. BIA je lahko manj natančna pri določenih populacijah, kot so posamezniki z visokim deležem telesne vode ali nizko mišično maso. Kljub tem omejitvam je BIA uporab-

no orodje za ocenjevanje telesne sestave, zlasti v kliničnih okoljih, kjer druge metode (npr. dvoenergijska rentgenska absorpcimetrija (angl. *dual-energy X-ray absorptiometry*, DXA) ali MR) niso na voljo ali pa niso praktične.

BIA lahko zagotovi pomembne informacije o bolnikovem zdravstvenem stanju, saj nam omogoča redno spremljanje bolnika, ocenjevanje uspešnosti intervencij in odgovora na zdravljenje. Natančnost metode pod standardiziranimi pogoji je preučevana že več kot deset let, rezultati pa so primerljivi z rezultati drugih metod (8, 9).

DVOENERGIJSKA RENTGENSKA ABSORPCIOMETRIJA

DXA je zaradi dobre dostopnosti, nizke cene, nizke izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju, kratkega časa merjenja ter velikega števila pridobljenih informacij trenutno najpogosteje uporabljena metoda za merjenje telesne sestave, in sicer tako pri raziskavah o sarkopeniji kot tudi v ostali klinični praksi. DXA je neinvazivna tehnika medicinskega slikanja, ki nam omogoči oceno treh telesnih predelkov, in sicer puste telesne mase, kostne mase in maščobne mase. Dodatno lahko z DXA pridobimo informacije o mineralni kostni gostoti, ki so pomembne za zdravljenje osteoporoze in drugih kostnih bolezni.

DXA deluje po načelu dveh nizkodoznih rentgenskih žarkov različnih energijskih ravni, ki ju kost in mehka tkiva različno absorbirajo. Izmerjena količina rentgenskih žarkov, ki preide skozi telo preiskovanca, se uporabi za izračun kostne gostote ter količine maščobne in mišične mase. Je zelo natančna metoda in zagotavlja podrobne informacije o telesni sestavi.

Pusta telesna masa v rokah in nogah, imenovana apendikularna skeletna mišična masa (angl. *appendicular lean soft tissue*, ALST), ima visoko vsebnost mišične mase, ki predstavlja večinski delež mišične mase celotnega telesa (10). Izmerjeno ALST lahko

uporabimo kot nadomestno vrednost za meritev celotne skeletne mišične mase. Sarkopenijo opredelimo kot znižano vrednost ALST < 15 kg pri ženskah in < 20 kg pri moških ali znižano razmerje ALST/telesna višina², vrednost < 5,5 kg/m² pri ženskah in < 7,0 kg/m² pri moških (11, 12).

Dodatna prednost te metode je preprosta izvedba in ponovljivost meritev. Največja omejitev je obremenitev preiskovanca z (nizko) dozo ionizirajočega sevanja, zato metoda ni priporočljiva za nosečnice in otroke.

ULTRAZVOK

UZ je neinvazivna obstojna metoda, ki uporablja visokofrekvenčne zvočne valove za ustvarjanje slik telesa. Piezoelektrični kristali, ki so nameščeni v UZ-sondi, proizvajajo viskofrekvenčne zvočne valove. Ti prečkajo površino kože in se odbijajo od spodaj ležečih anatomskih struktur, kot so npr. skeletne mišice in kosti. Povratne zvočne valove oz. odmeve zajame sprejemnik, ki je nameščen v UZ-sondi, programska oprema pa na zaslonu izriše sliko.

Pri ocenjevanju telesne sestave lahko z UZ izmerimo debelino podkožne maščobe ter debelino in presek mišice. Z UZ lahko ocenimo tudi strukturo oz. kakovost mišičnega tkiva. Zdravo mišično tkivo je hipoehogeno oz. temno, saj UZ-valovanje prehaja skozi homogeno tkivo, ki ne povzroča odbojev (13). Pri preiskovancih s sarkopenijo in miosteatozo, pri katerih je prisotna infiltracija mišice z maščobnim tkivom in fibrozo, se število odbojev UZ-valovanja poveča, zato je mišica bolj ehogena oz. bolj svetla (14). To lahko izmerimo oz. ovrednotimo s programsko opremo.

UZ je cenovno ugodna metoda, ki bolnika ne izpostavlja ionizirajočemu sevanju, zato je varna in stroškovno učinkovita možnost za oceno telesne sestave. Vendar pa je lahko UZ manj natančen kot druge slikovne tehnike in se v vsakodnevni klinični

praksi za zdaj še ne uporablja, ker metoda še ni povsem uveljavljena in protokoli za merjenje telesne sestave z njo še niso dogovorjeni.

RAČUNALNIŠKA TOMOGRAFIJA

Ena najbolj obetavnih metod za postavljanje diagnoze sarkopenije v kliničnem okolju je uporaba CT trebuha, opravljenega za diagnostični namen. Njena glavna prednost je izjemna natančnost pri oceni telesne sestave (15). Količina mišične mase na višini tretjega ledvenega vretenca (L3) je močno povezana s porazdelitvijo mišične mase celotnega telesa (16). Analiza telesne sestave na nivoju L3 omogoča oceno mišične in maščobne mase celega telesa.

CT uporablja rentgenske žarke za ustvarjanje podrobnih slik prečnega prereza telesa. Vsak slikovni element oz. piksel je določen z linearnim atenuacijskim koeficientom, izraženim v Hounsfieldovih enotah (angl. *Hounsfield units*, HU). Glede na mednarodni dogovor ima voda 0 HU, zrak -1000 HU in kost 1000 HU. Maščobno tkivo ima negativne vrednosti HU (od -190 do -30 HU), medtem ko ima skeletna mišica pretežno pozitivne vrednosti HU (od -29 do 150 HU). Te razlike se uporabljajo za razločevanje telesnih tkiv. Pri oceni telesne sestave lahko CT zagotovi informacije o količini in porazdelitvi maščobnega, mišičnega in kostnega tkiva v telesu. Dodatno lahko glede na gostoto tkiva ocenimo tudi kakovost mišičnega tkiva oz. morebitno miosteatozo.

CT je zelo natančen in zagotavlja podrobne slike telesa, njegova slabost pa je visoka cena ter izpostavljenost visoki dozi ionizirajočega sevanja, kar omejuje njegovo uporabo za oceno telesne sestave v vsakodnevni klinični praksi. Uporablja se predvsem v raziskovalne namene in v kliničnih okoljih, kjer je slikanje s CT del rutinske oskrbe bolnikov (17).

ZAKLJUČEK

Metode za merjenje telesne sestave za oceno količine in kakovosti mišične mase se stalno razvijajo in napredujejo ter omogočajo številne možnosti za uporabo za raziskovalne in klinične namene. Pomembno je, da čim

prej prepoznamo posameznike, pri katerih obstaja tveganje za razvoj sarkopenije, saj so takrat medicinske intervencije najučinkovitejše za preprečevanje obolevnosti in umrljivosti.

LITERATURA

1. Silva AM, Shen W, Heo M, et al. Ethnicity-related skeletal muscle differences across the lifespan. *Am J Hum Biol.* 2010; 22 (1): 76–82.
2. Filippin LI, Teixeira VN, da Silva MP, et al. Sarcopenia: A predictor of mortality and the need for early diagnosis and intervention. *Aging Clin Exp Res.* 2015; 27 (3): 249–54.
3. Picou D, Reeds PJ, Jackson A, et al. The measurement of muscle mass in children using [¹⁵N] creatine. *Pediatr Res.* 1976; 10 (3): 184–8.
4. McGregor RA, Cameron-Smith D, Poppitt SD. It is not just muscle mass: A review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. *Longev Healthspan.* 2014; 3 (1): 9.
5. Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol.* 1969; 27 (4): 531–4.
6. Cederholm T, Bosaeus I, Barazzoni R, et al. Diagnostic criteria for malnutrition - An ESPEN consensus statement. *Clin Nutr.* 2015; 34 (3): 335–40.
7. Norman K, Stobaus N, Pirlich M, et al. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis - Clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr.* 2012; 31 (6): 854–61.
8. Brown BH, Karatzas T, Nakielny R, et al. Determination of upper arm muscle and fat areas using electrical impedance measurements. *Clin Phys Physiol Meas.* 1988; 9 (1): 47–55.
9. Aleixo GFP, Shachar SS, Nyrop KA, et al. Bioelectrical impedance analysis for the assessment of sarcopenia in patients with cancer: A systematic review. *Oncologist.* 2020; 25 (2): 170–82.
10. Heymsfield SB, Smith R, Aulet M, et al. Appendicular skeletal muscle mass: Measurement by dual-photon absorptiometry. *Am J Clin Nutr.* 1990; 52 (2): 214–8.
11. Studenski SA, Peters KW, Alley DE, et al. The FNIH sarcopenia project: Rationale, study description, conference recommendations, and final estimates. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2014; 69 (5): 547–58.
12. Gould H, Brennan SL, Kotowicz MA, et al. Total and appendicular lean mass reference ranges for Australian men and women: The Geelong osteoporosis study. *Calcif Tissue Int.* 2014; 94 (4): 363–72.
13. Harris-Love MO, Monfaredi R, Ismail C, et al. Quantitative ultrasound: Measurement considerations for the assessment of muscular dystrophy and sarcopenia. *Front Aging Neurosci.* 2014; 6: 172.
14. Pedersen M, Fredberg U, Langberg H, et al. Sonoelastography as a diagnostic tool in the assessment of musculoskeletal alterations: A systematic review. *Ultraschall Med.* 2012; 33 (5): 441–6.
15. Mitsiopoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB, et al. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol.* 1998; 85 (1): 115–22.
16. Shen W, Punyanitya M, Wang Z, et al. Total body skeletal muscle and adipose tissue volumes: Estimation from a single abdominal cross-sectional image. *J Appl Physiol.* 2004; 97 (6): 2333–8.
17. Prado CM, Maia YL, Ormsbee M, et al. Assessment of nutritional status in cancer - The relationship between body composition and pharmacokinetics. *Anticancer Agents Med Chem.* 2013; 13 (8): 1197–203.