

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Grega Krničar

**VELJAVNOST TENZIOMIOGRAFIJE ZA
MERJENJE SARKOPENIJE**

Diplomska naloga

Izola, september 2016

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Smer študija
APLIKATIVNA KINEZILOGIJA

**VELJAVNOST TENZIOMIOGRAFIJE ZA
MERJENJE SARKOPENIJE**

Diplomska naloga

MENTOR
Izr. prof. dr. Boštjan Šimunič

Avtor
GREGA KRNIČAR

Izola, september 2016

Ime in PRIIMEK: Grega KRNIČAR

Naslov diplomske naloge: Veljavnost tenziomiografije za merjenje sarkopenije

Kraj: Izola

Leto: 2016

Število listov: 51 Število slik: 12 Število tabel: 11

Število prilog: 1 Št. strani prilog: 2

Število referenc: 40

Mentor: Izr. prof. dr. Boštjan Šimunič

Somentor: /

UDK:

Ključne besede: skeletna mišica, staranje, atrofija, skrček, čas krčenja

Povzetek:

Sarkopenija predstavlja velik dejavnik tveganja zdravja, predvsem samostojnosti in tako predstavlja veliko breme zdravstvenega in finančnega sistema. Uporablja se sedem pristopov diagnosticiranja sarkopenije, a med njimi je izjemno majhno, skoraj nično ujemanje, zato smo se odločili za preveritev veljavnosti nove metode za diagnosticiranje – tenziomiografije. V študiji je sodelujočih 148 preiskovank in 47 preiskovancev, starih od 57 do 86 let. Prisotnost sarkopenije smo jim določili po sprejetem konsenzu Evropske delovne skupine za sarkopenijo pri starejših ljudeh. Vsem preiskovancem so bili izmerjeni tenziomiografski odzivi mišic vastus lateralis, biceps femoris in gastrocnemius medialis. Zaradi nizkega števila hudo sarkopeničnih smo združili hudo in zmerno sarkopenične, pozneje, pri ugotavljanju veljavnosti tenziomiografije pa tudi ženske in moške. Glede na uporabljeno klasifikacijo sarkopenije je bilo ugotovljenih 21,62 % sarkopeničnih preiskovank in 97,75 % sarkopeničnih preiskovancev. Ugotovljeno je bilo, da imajo sarkopenični preiskovanci za 23,30 % nižjo telesno maso, za 24,37 % nižji indeks telesne mase, a za 9,02 manj puste in za 13,62 % manj mišične mase. Sarkopenične preiskovanke imajo za 18,65 % nižjo telesno maso, za 19,75 % nižji indeks telesne mase, prav tako pa imajo sarkopenične za 9,96 % manjši obseg stegna in za 13,74 % manjšo kožno gubo goleni ter za 31,26 % manjšo gubo stegna, a za 9,06 % manj puste in za 11,73 % manj mišične mase. Pri sarkopeničnih preiskovancih je bilo ugotovljeno, da ima njihova mišica vastus lateralis večjo amplitudo ($P = 0,002$; $ES = 0,46$) in daljši čas krčenja ($P < 0,001$; $ES = 0,70$) tenziomiograma. Pri mišici biceps femoris je bila ugotovljena le večja amplituda ($P = 0,015$; $ES = 0,35$) tenziomiograma sarkopeničnih in pri mišici gastrocnemius medialis le trend daljšega krčenja ($P = 0,079$). Parametri tenziomiografije so torej dovolj občutljivi, da pokažejo razlike med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci. Te razlike se odražajo predvsem v meri mišičnega tonusa oziroma atrofije (amplituda tenziomiograma) in v meri mišične sestave (čas krčenja). Največje razlike so ugotovljene pri mišici, ki je bila vsakodnevno najbolj obremenjena – posturalna mišica vastus lateralis. Tako je ugotovljeno, da lahko na osnovi tenziomiografije natančneje lokaliziramo mišični propad, bodisi zaradi staranja, gibalne neaktivnosti ali mišične nerabe.

Name and SURNAME: Grega KRNIČAR

Title of bachelor thesis: Validity of tensiomyography for measuring sarcopenia

Place: Izola

Year: 2016

Number of pages: 51 Number of pictures: 12 Number of tables: 11

Number of enclosures: 1 Number of enclosure pages: 2

Number of references: 40

Mentor: Izr. prof. dr. Boštjan Šimunič

Co-mentor: /

UDK:

Key words: skeletal muscle, atrophy, aging, twitch, contraction time

Abstract:

Sarcopenia represents a major risk factor for health, particularly for the independence and that represents a major burden for health and financial system. For diagnosing sarcopenia, we use seven approaches; however, there is extremely small, almost zero, matching between them, so we decided to check the validity of the new method for sarcopenia diagnosis – tensiomyography. The study involved 148 women and 47 men aged between 57 and 86 years. The presence of sarcopenia were determined according to the consensus by European working group on sarcopenia in older people. Additionally, tensiomyography was measured in all participants in muscles vastus lateralis, biceps femoris and gastrocnemius medialis. Due to the small number of participants with severe sarcopenia, we combined participants with severe and moderate sarcopenia. In determining the validity of tensiomyography we combined women and men. Depending on the classification by bioimpedance, we found that 21,62 % of women and 97,75 % of men have sarcopenia. We found, that sarcopenic men have 23,30 % lower body mass, 24,37 % lower body mass index, 9,02 % lower lean mass and 13,62 % lower muscle mass than nonsarcopenic. Sarcopenic women have 18,65 % lower weight, 19,75 % lower body mass index, 9,96 % lower circumference of the thigh, 13,74 % lower skin fold of the calf, 31,26 % lower skin fold of the thigh, 90,6 % lower lean mass and 11,73 % lower muscle mass. In participants with sarcopenia we found that vastus lateralis muscle has increased amplitude ($P = 0,002$, $ES = 0,46$) and longer contraction time ($P < 0,001$, $ES = 0,70$) of tensiomyogram. For biceps femoris, we found increased amplitude ($P = 0,015$, $ES = 0,35$) of tensiomyogram for sarcopenic participants, gastrocnemius medialis muscle only showed trend of increased contraction time ($P = 0,079$). It can be concluded that the tensiomyography is sensitive enough to show the differences between sarcopenic and nonsarcopenic women and men. This differences primary reflect the stage of muscle tone or atrophy (amplitude of tensiomyogram) and in the muscle composition (contraction time). The largest differences were found in the muscle, which experiences highest daily load – postural muscle vastus lateralis. Thus we found that on the basis of tensiomyography we can precisely localized muscle decline, either due to aging, physical inactivity or no use of the muscle.

UNIVERZA NA PRIMORSKEM

UNIVERSITÀ DEL LITORALE / UNIVERSITY OF PRIMORSKA

FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE NATURALI E TECNOLOGIE INFORMATICHE

FACULTY OF MATHEMATICS, NATURAL SCIENCES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Glagoljaška 8, SI – 6000 Koper

Tel.: (+386 5) 611 75 70

Fax: (+386 5) 611 75 71

www.famnit.upr.si

info@famnit.upr.si



UNIVERZA NA PRIMORSKEM
UNIVERSITÀ DEL LITORALE
UNIVERSITY OF PRIMORSKA

Titov trg 4, SI – 6000 Koper

Tel.: + 386 5 611 75 00

Fax.: + 386 5 611 75 30

E-mail: info@upr.si

<http://www.upr.si>

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKE NALOGE

Podpisani Grega Krničar, študent dodiplomskega študijskega programa 1. stopnje Aplikativna kineziologija,

izjavljam,

da je diplomska naloga z naslovom Veljavnost tenziomiografije za merjenje sarkopenije

- rezultat lastnega dela,
- so rezultati korektno navedeni in
- nisem kršil/-a pravic intelektualne lastnine drugih.

Soglašam z objavo elektronske verzije diplomske naloge v zbirki »Dela UP FAMNIT« ter zagotavljam, da je elektronska oblika diplomske naloge identična tiskani.

Podpis študenta:

V Izoli, dne 23. 8. 2016

ZAHVALA

*Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Boštjanu Šimuniču za smernice in pomoč pri izdelavi
diplomske naloge.*

Hvala tudi vsem preiskovancem, ki so si vzeli čas za raziskavo.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Sarkopenija in dinapenija	2
1.1.1 Fiziološke spremembe pri sarkopeniji	2
1.1.2 Dinapenija	4
1.2 Pomen vadbe za zdravje starostnika	4
1.2.1 Vplivi vadbe na zdravje	4
1.2.2 Priporočena vadba pri starejših	5
1.3 Mere sarkopenije	7
1.3.1 Antropometrični testi	7
1.3.2 Funkcionalni testi	7
1.3.3 Medicinske diagnostične tehnike	8
1.4 Veljavnost in ponovljivost mer sarkopenije	9
1.5 Potencial tenziomiografije za spremljanje mišične funkcije 10	
1.5.1 Tenziomiografija	11
1.5.2 Posledice telesne neaktivnosti na muskulaturni sistem. 12	
1.5.3 Posledice telesne neaktivnosti na skeletni sistem	13
1.5.4 Posledice telesne neaktivnosti na srčno-žilni sistem	13
1.6 Cilji in namen raziskave	13
1.7 Hipoteze	14
2. METODE DELA	15
2.1 Preiskovanci	15
2.2 Raziskovalni načrt	16
2.3 Postopki za obdelavo podatkov	18
2.3.1 Določanje stopnje sarkopenije	18
2.3.2 Kontraktilne lastnosti mišic – tenziomiografija	19
2.4 Statistika	19
3 REZULTATI	20
3.1 Analiza sarkopenije	20
3.2 Veljavnost tenziomiografije	25
3.3 Primerjava posturalnih in neposturalnih mišic	27
4 DISKUSIJA	29
4.1 Prevalenca sarkopenije	29

4.2 Razlike antropometričnih mer sarkopeničnih	30
4.2 Veljavnost tenziomiografske metode za vrednotenje sarkopenije	31
4.3 Dimenzioniranje vadbe moči starejšim	33
4.4 Sklep	36
5 REFERENCE	37

KAZALO TABEL

Tabela 1: Priporočene vadbe za starejše	6
Tabela 2: Antropometrične lastnosti moških preiskovancev	15
Tabela 3: Antropometrične lastnosti ženskih preiskovank.....	16
Tabela 4: Stopnje sarkopenije	18
Tabela 5: Delež sarkopeničnih preiskovank glede na različne kriterije	20
Tabela 6: Delež sarkopeničnih preiskovancev glede na različne kriterije.	21
Tabela 7: Statistična primerjava antropometričnih mer med zdravimi in sarkopeničnimi ženskami	22
Tabela 8: Statistična primerjava antropometričnih mer med zdravimi in sarkopeničnimi moškimi	24
Tabela 9: Skupen delež sarkopeničnih žensk in moških.....	25
Tabela 10: Razlike v času krčenja (T_c) merjenih mišic med skupino brez sarkopenije (normalna) in skupino z zmerno sarkopenijo	26
Tabela 11: Razlike v amplitudi odziva (D_m) merjenih mišic med skupino brez sarkopenije (normalna) in skupino z zmerno sarkopenijo	26

KAZALO SLIK

Slika 1: Spremembe v mišični masi	3
Slika 2: Test ravnotežja	8
Slika 3: Parametri TMG.....	11
Slika 4: Merjenje TMG odziva mišice Gastrocnemius medialis	17
Slika 5: Merjenje TMG odziva mišice Biceps femoris	17
Slika 6: Merjenje TMG odziva mišice Vastus lateralis	17
Slika 7: Primerjava časa krčenja med zdravimi in sarkopeničnimi	27
Slika 8: Primerjava največje amplitude med zdravimi in sarkopeničnimi	28
Slika 9: Izpadni korak	34
Slika 10: Počep	35
Slika 11: Izteg kolena z elastiko	35
Slika 12: Dvig bokov	36

PRILOGE

Priloga 1: Razlike v parametrih TMG med sarkopeničnimi in
nesarkopeničnimi preiskovanci **Napaka! Zaznamek ni definiran.1**

1 UVOD

Z izboljšanjem kakovosti življenja se podaljšuje življenjska doba, kar pomeni, da bo vedno več starostnikov. »Po napovedih bo v Sloveniji leta 2060 že tretjina prebivalcev starejših od 65 let, dramatično pa narašča tudi delež starejših od 80 let.« (Dovnik, 2013). S starostjo se povečujejo tudi problemi, vezani na propadanje mišične mase, kar predstavlja znaten problem za zdravstvo in posledično veliko finančno breme.

S starostjo pogojeno upadanje mišičnega tkiva imenujemo sarkopenija. Sarkopenija nastane zaradi notranjih in zunanjih dejavnikov. Zaradi staranja se zmanjša koncentracija hormonov, potrebnih za mišično obnovo; zniža se število satelitskih celic in telo ne zmore več v taki meri sintetizirati beljakovin. Vpliv na sarkopenijo ima tudi življenjski slog, saj se starostniki premalo gibljejo in zaužijejo premalo beljakovin.

Dosedanje metode za ugotavljanje sarkopenije, kot so razni antropometrični testi in funkcionalna testiranja, so manj veljavne in nižje ponovljivosti. Ti testi se zaradi dostopnosti in enostavne uporabe uporabljajo pri raznih splošnih merjenjih kot tudi raziskavah. Velik problem predstavlja neujemanje rezultatov med seboj, saj so testi odvisni od različnih notranjih in zunanjih dejavnikov. Dobljene diagnoze so potem nenatančne, kar pripelje do neujemanja diagnoz med seboj. Pri diagnosticiranju bolezenskega stanja pa je potrebna zanesljivost testa, saj s tem vplivamo na človekovo nadaljnje življenje. Tu nastane problem, da se zdravega zdravi ter bolnega ne. Za pridobivanje ponovljivih in veljavnih rezultatov o mišični masi moramo tako poseči po zlatem standardu, ki ga predstavljata magnetna resonanca (MRI) in računalniška tomografija (CT), ki sta nepraktični in cenovno neugodni. Zato je cilj te raziskovalne naloge, da rezultate tenziomiografije (TMG) primerjamo z do sedaj veljavnimi testi, ugotovimo veljavnost TMG, kajti metoda je relativno poceni in enostavna za uporabo v praksi. TMG nam da rezultate hitrosti in tonusa površinskih mišic, iz katerih lahko izrazimo parametre, ki nam, v primerjavi različnih mišic med seboj, pokažejo, ali je oseba sarkopenična ali ne. Želimo namreč dokazati, da imajo sarkopenični ljudje višji relativni maksimalni odmik in daljši čas krčenja tenziomiograma od nesarkopeničnih. Nadalje nas bo zanimalo tudi to, ali imajo sarkopenični ljudje višji relativni maksimalni odmik in višji relativni čas krčenja tenziomiograma pri neposturalnih kot pri posturalnih mišicah. Rezultati, pridobljeni s TMG, bodo tako postavili obče uporabljeno sredstvo pri odkrivanju sarkopenije; TMG bi lahko z nadaljnjimi raziskavami postala standard pri odkrivanju propada mišične mase.

1.1 Sarkopenija in dinapenija

Izraz sarkopenija je prvič predlagal dr. Irwin Rosenberg leta 1989. Kmalu je postal sinonim za pomanjkanje mišične mase in njene moči zaradi starosti, a treba je razlikovati med sarkopenijo in dinapenijo. Sarkopenija je s starostjo pogojeno upadanje mišičnega tkiva, kar se odraža v manjši količini mišične mase (Rosenberg, 1989). Mišična masa začne upadati po petindvajsetem letu, in sicer za 0,5–1 % na leto. Ta proces se močno pospeši v višji starosti, saj upad mišične mase po sedemdesetem letu znaša kar 3–5 % na leto. Sarkopenija je posledica sprememb v skeletni mišici in centralnem živčnem sistemu, hormonskih sprememb, zlasti upada testosterona in estrogenov, upada citokinov, nizke telesne aktivnosti in slabe prehrane, ki vsebuje premalo beljakovin.

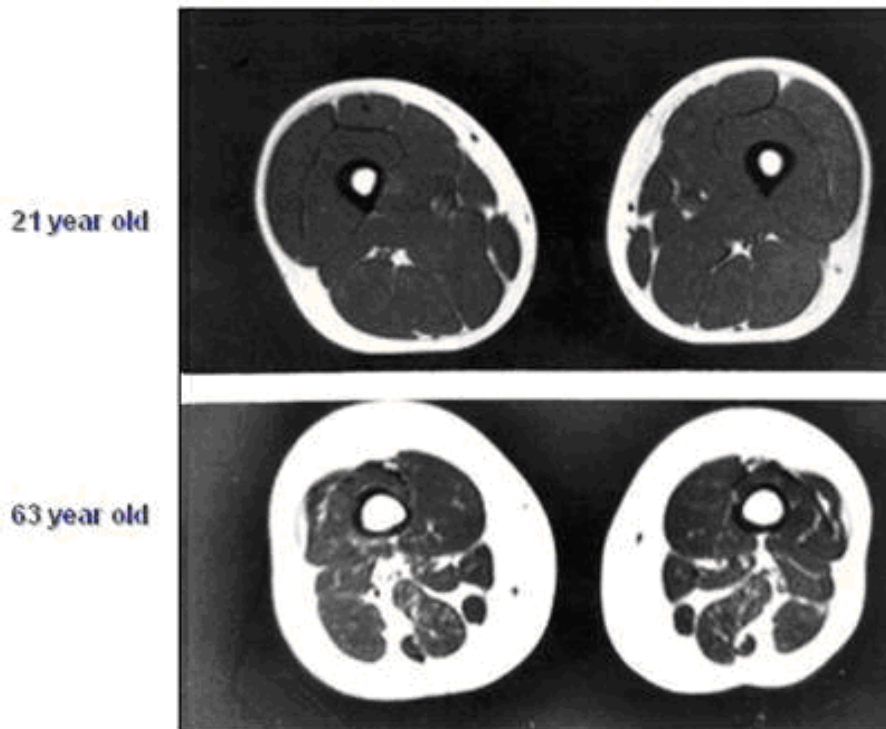
1.1.1 Fiziološke spremembe pri sarkopeniji

Čeprav se sarkopenija prej pojavlja pri gibalno manj aktivnih osebah, ki nimajo urejene prehrane, in tako v telo ne vnašajo dovolj beljakovin, predvsem ne vnašajo dovolj levcina in izolevcina, se prav tako, čeprav v manjši meri, pojavi pri gibalno aktivnih ljudeh. Sarkopenija tako ni odvisna samo od našega življenjskega sloga, pač pa je tudi posledica upada koncentracije ravnega hormona, testosterona in inzulina. Zaradi zmanjšane koncentracije teh hormonov se zmanjšajo sinteza in obnova proteinov ter metabolizem. Posledično upade mišična masa in poveča se maščobna masa. Girgis idr. (2015) so ugotovili, da dodajanje hormonov, kot so rastni hormon in androgeni, izboljša kostno gostoto, oseba pridobi mišično maso in izgubi maščobno maso. Vendar so stranski učinki večje možnosti za nastanek hujših obolenj, denimo diabetes, srčno-žilne bolezni in rak na prostati.

S starostjo telo ne zmore več tako dobro sintetizirati beljakovin. Kwan (2012) v svojem članku navaja, da se tudi zniža število satelitskih celic, kar poslabša mišično regeneracijo in izgradnjo. Oslabi tudi centralni živčni sistem, pri čemer začnejo propadati motonevroni, ki so zadolženi za pošiljanje signalov mišicam, s katerimi te začnejo gibanje. Z izgubo motonevrona se pojavi denervacija mišičnih vlaken, kar povzroči atrofijo mišice. Propadajo hitre motorične enote, tj. mišična vlakna tipa II, namesto hitrih motonevronov. Da bi preprečili atrofijo, počasni motonevroni renevirajo mišična vlakna, kar imenujemo remodeliranje motorične enote (Kwan, 2012). Kwan (2012) poudari, da so počasni motonevroni manjši, manj razvejani in prenašajo manjše signale; posledično se tudi mišična vlakna počasneje krčijo, kar se pozna pri počasnejšem in manj natančnem delovanju mišic, mišica pa ne more več razviti tako velike sile. Ker se s starostjo ta proces

pospešuje, denervacija hitrih motonevronov preseže renevacijo počasnih in tako pride do atrofije mišičnih vlaken tipa II. Uezima idr. (2015) navajajo, da se na mesto atrofiranih mišičnih vlaken nabere maščobno in fibrozno tkivo (slika 1). Atrofija mišičnih vlaken tipa II se pri starejših, kot lahko opazimo, pozna kot počasnejše gibanje, slabša stabilizacija in izguba ravnotežja.

Slika 1: Spremembe v mišični masi



Age-related changes in muscle mass in thigh cross-sectional area of two people with similar BMI

Vir: <http://www.svqy.org/frame/fig1.gif>

Huntner idr. (1999) so v raziskavi, v kateri so primerjali starejše (64–79 let) in mlajše (18–32 let), ugotovili, da imajo starejše ženske glede na mlajše znatno počasnejši čas sproščanja, zmanjšan dvig Ca^{2+} v sarkoplazemskem retikulumu, zmanjšano delovanje Ca^{2+} -ATP-aze in višje število mišičnih vlaken tipa I v mišici vastus lateralis. Dokazano je, da Ca^{2+} , ki je odgovoren za prekinitvev inhibicije troponina in omogoči nastanek kompleksa aktin-miozin-ATP, in s tem povezana Ca^{2+} -ATP-aza, lahko z vadbo poveča koncentracijo. Vendar se s starostjo tako zmanjša, da imajo aktivni odrasli enako koncentracijo kot neaktivni mladi.

1.1.2 Dinapenija

Clark in Manini (2008) menita, da mora izraz sarkopenija ohraniti svoj originalen pomen, tj. s starostjo pogojena izguba mišične mase, izraz dinapenija pa se mora nanašati na s starostjo pogojeno izgubo moči. S starostjo pogojene izgube moči ne moremo preprečiti s povečanjem ali pa vsaj z ohranjanjem mišične mase, kar nakazuje na dva ločena procesa anatomskega in funkcionalnega upada skeletne mišice oziroma motorične kontrole. Študije, ki kažejo na ločitev med s starostjo pogojeno izgubo mišične mase in moči, podpirajo idejo, da so druge prilagoditve v fiziološki funkciji posredniki s starostjo pogojeno izgubo moči.

1.2 Pomen vadbe za zdravje starostnika

Dejstvo je, da se število starostnikov povečuje, saj se zaradi kakovosti življenja in napredka medicine podaljšuje življenjska doba. Veliko starostnikov pa se srečuje s srčno-žilnimi boleznimi, z diabetesom, debelostjo, osteoartritisom, s hiperholesterolemijo, povišanim krvnim tlakom in pljučnimi boleznimi. Veliko od teh bolezni se da preprečiti oziroma vsaj umiliti z redno telesno aktivnostjo. Cilj vsakega starostnika bi moral biti vsaj 30 minut kombinirane srednje in visoke intenzivne aerobne vadbe in vadbe moči večino dni v tednu. Starostniki morajo zmanjšati čas gibalne neaktivnosti, izvajati vadbo stabilizacije in moči, aerobno vadbo in dvigovati uteži, da ohranjajo kostno in mišično maso, ne smejo pa pozabiti na raztezne vaje.

1.2.1 Vplivi vadbe na zdravje

Starostniki s staranjem opustijo gibalno-telesno aktivnost, kar še pospeši naravne procese upada mišične mase in moči. Häkkinen idr. (1998) pravijo, da je dokazano, da sistematičen trening moči – ne samo pri srednje stari, temveč tudi pri starejši populaciji – lahko bitno poveča moč. S treningom velikih obremenitev in eksplozivne moči mišica hipertrofira; naredijo se spremembe na centralnem živčnem sistemu, kar upočasni proces propadanja motonevronov in posledično propadanja mišičnih vlaken tipa II. S staranjem se zmanjša mišična kapaciteta tvorjenja novih proteinov, še posebej sinteza miozinske verige, ki se pri starejših zmanjša za kar 44 %. »Proteinski preobrat ni le kritičen za vzdrževanje celosti strukturnih in kontraktilnih proteinov, kot je miozin, ampak je pomemben za vzdrževanje ostalih funkcionalnih enot, kot so encimi.« (Proctor, Balagopal & Nair, 1998). Z vadbo proti

uporu povečamo sintezo mišičnih beljakovin in s tem ohranjamo mišično maso. »Študije so pokazale, da v Združenih državah Amerike 28 % moških in 66 % žensk ne more po 74. letu dvigniti bremena, težkega <4,5 kg.« (Frontera idr., 1988). Upad mišične mase in moči tako veliko posameznikom oteži individualno življenje in predstavlja dejavnik za povečano tveganje nastanka novih poškodb. »Zmanjšana mišična masa lahko vodi do slabega ravnotežja in padcev, ti padci pa se pogosto končajo z zlomi, saj so osteoporozne kosti nezmožne prenesti breme.« (Girgis, Mokbel & DiGirolamo, 2014). Raziskave in bolezni mišičja, kot je na primer Duchennova oblika mišične distrofije, kažejo, da ima izguba mišične mase velik vpliv na zmanjšano gostoto kosti. V raziskavi, ki so jo izvedli Häkkinen idr. (1998), so preiskovali učinek telesne vadbe na fizične zmožnosti starostnikov. Dokazali so, da imajo pri starostnikih na povečano mišično moč večje vplive spremembe živčnega sistema, ki se kažejo zlasti v večji aktivaciji motoričnih enot, kot pa mišična hipertrofija.

Mišično maso lahko povečujemo z dodajanjem raznih hormonov, ki se s staranjem ne izločajo več v zadostni meri. Ker so starejši premalo na soncu, jim primanjkuje vitamina D, ki ga lahko jemljejo kot dodatek. »Vitamin D vpliva na razvoj, delovanje in ohranjanje mišičnih vlaken.« (Dovnik, 2013). Vpliva namreč na sintezo aktina in aktivira kalcijevo ATP-azo. K najenostavnejši terapiji pa še vedno uvrščamo telesno-gibalno aktivnost in pravilno prehrano. Vendar pa to predstavlja problem, še posebej za tiste, ki so večino življenja presedeli – potrebna je pravilna vadba večkrat na teden. »Laboratorijska preiskava je pokazala, da ima že 20–30-minutna vadba moči, dva- do trikrat na teden, pozitivne efekte na rizične faktorje za srčno-žilna obolenja, rak, diabetes in osteoporozo.« (Mayer idr., 2011). Obenem zdravi še sarkopenijo. Spremembe v mišičnem volumnu pri starejših so vidne 6–9 tednov po pričetku vadbe, najvišje povečanje moči pa se pozna v prvih tednih vadbe, še posebno pri tistih, ki so prešli na fizično aktivnost iz sedentarnega življenja. Povečanje mišične moči se na začetku najbolj pozna zaradi sprememb centralnega živčnega sistema. Že šest mesecev po prenehanju vadbe so izgubljeni vsi pozitivni efekti. Tudi z redno gibalno aktivnostjo starostniki ne morejo doseči enake mišične mase, saj je dokazano, da imata neaktiven mladostnik in aktiven starostnik podobno mišično maso.

1.2.2 Priporočena vadba pri starejših

Trening moči omogoča starejšim individualno opravljanje vsakodnevnih opravil, saj jim ta predstavljajo napor. S treningom popravimo držo, ravnotežje, odpravimo bolečine v križu. Najpomembnejše pa je, da s pravilno vadbo moči vzdržujemo mišično in kostno maso, kar preprečuje hujše padce in poškodbe. Ker je proces propadanja mišične in kostne mase

naraven proces, lahko starostniki z redno in s primerno vadbo te procese upočasnijo. Tako jim vsakodnevna opravila, kot je na primer hoja po stopnicah, ne predstavljajo več takšnega napora. Za doseganje čim učinkovitejših rezultatov moramo imeti določeno intenzivnost in doziranje primerne vadbe (tabela 1). Programi treninga se med seboj razlikujejo v pogostosti vadbe, števila ponovitev, teže bremena in intenzivnost.

Tabela 1: Priporočene vadbe za starejše

Namen treninga	Efekti treninga	Količina treninga
Povečanje mišične moči	Povečanje mišične mase	8–12 ponovitev na mišično skupino; 70–85 % 1RM; 3 serije; 2–3 treningi na teden; vsaj 8–12 tednov
	Trening intramišične koordinacije	Do 8 ponovitev na mišično skupino; > 80 % 1RM; 3–5 ponovitev; 3 treningi na teden; več tednov
	Trening intermišične koordinacije	Več ponovitev; vsak dan, visoka hitrost gibanja
Zmanjšanje sarkopenije	Povečanje mišične mase	8–12 ponovitev na mišično skupino; 60–80 % 1RM; 3–5 serij; 3 treningi na teden; vsaj 8–12 tednov
Adaptacije kit in kosti	Povečanje sinteze kolagena; zmanjšati izgubo kostne mase	Srednja do visoka intenzivnost (> 60–80 % 1RM, > telesna masa); več treningov na teden; tedni do meseci
Preventiva pred padci in poškodbami	Optimizacija posturalne kontrole; trening intermišične koordinacije	Več ponovitev, vsak dan, visoka hitrost gibanja
	Trening intramišične koordinacije	Do 8 ponovitev na mišično skupino; > 80 % 1RM; 3–5 serij, 3 treningi na teden, več tednov

Vir: Mayer idr., 2011. 1RM – one repetition maximum (maksimalna ponovitev).

1.3 Mere sarkopenije

Testi za ugotavljanje sarkopenije se nanašajo na ugotavljanje upada mišične mase in funkcionalnosti. Za ugotavljanja upada mišične mase uporabljamo antropometrične teste, kot so merjenje obsega, širin in dolžin udov; uporablja se še merjenje kožne gube. Posegamo lahko tudi po kompleksnejših metodah, tako da odvzamemo urin, z biopsijo in bioimpedanco ter ultrazvokom. Ustrezne so metode, kot so DXA (dual-energy X-ray absorptiometry), MRI in CT, a so te pogosto finančno nedostopne, DXA pa je tudi invazivna. Med funkcionalnimi testirani se najpogosteje uporablja hitrost hoje, silovitost stiska pesti, test zaporednega vstajanja s stola in kombinirana baterija testov (SPPB – short physical performance battery), ki vključuje zaporedno vstajanje s stola, test ravnotežja in hitrost hoje.

1.3.1 Antropometrični testi

Antropometrija je enostavna in poceni metoda, ki pa ni preveč zanesljiva. Z obsegi udov naj bi se merilo mišično stanje, najpogosteje pa se meri okoli meč. Merjenje kožne gube se uporablja za ocenjevanje telesne maščobe, meri pa se jo na zadnji strani nadlahtnice na sredini (triceps brachii), lahko pa tudi spredaj (biceps brachii), subscapularno in suprailiagalno. Rubbieri, Mossello & Di Bari (2014) opozarjajo, da »/.../ kožna guba meri samo podkožno, ne pa tudi visceralno maščevje, ki je tvegan faktor za mnoga obolenja, kot so diabetes, srčno-žilna obolenja in rak.«

1.3.2 Funkcionalni testi

Pri testu vstani in pojdi (TUG – timed up and go) je namen, da se preveri starostnikovo ravnotežje in mobilnost pri enostavnih, vsakdanjih gibih. Meri se čas, ki ga starostnik porabi, da vstane s stola, prehodi 2,44 metra, se obrne, hodi nazaj do stola in se usede. Test se ne uporablja samo pri sarkopeniji, ampak tudi pri drugih obolenjih, denimo možganska kap in artritis. Formalne norme za test ne obstajajo. Nekako velja, da čas, daljši od 13,5 sekund, opozarja na visoko možnost padca; čas, daljši od 30 sekund, pa na odvisnost od pomoči. Normativne reference časov so pri starosti 60–69 let 8,1 sekunde; pri starosti 70–79 let 9,2 sekunde; pri starosti 80–99 let 11,3 sekunde.

»Nizka silovitost stiska pesti je klinični pokazatelj slabe mobilnosti in boljši napovednik kliničnega izida kot nizka mišična masa.« (Cruz - Jentoft idr., 2010). Silovitost stiska se meri z ročnim dinamometrom in ima visoko korelacijo z močjo nog ter je enostaven za uporabo. Povprečni rezultati so 48–51 kg za moške in 26–29 kg za ženske.

SPPB test se pri starejših ljudeh uporablja za ocenjevanje motoričnih funkcij in je sestavljen iz treh različnih testov. Ti skupaj dajo rezultat 0–12 točk, pri čemer je nič najslabši možni rezultat in 12 najboljši možni rezultat. Pri prvem testu zaporedno vstajanje s stola morajo čim hitreje s prekrižanimi rokami petkrat vstati in se usesti na stol, mi pa merimo čas. Drugi test je test ravnotežja, pri katerem mora posameznik stati v treh določenih pozicijah (slika 2) 10 sekund. Tretji test je test hoje na 2,44 metra, ki ga opravi dvakrat, mi pa zabeležimo čas posamičnega poskusa.

Slika 2: Test ravnotežja



Vir:

https://research.ndorms.ox.ac.uk/prove/documents/assessors/outcomeMeasures/SPPB_Protocol.pdf

1.3.3 Medicinske diagnostične tehnike

Bioimpedanca je poceni in enostavna metoda, ki meri električno prevodnost tkiv. Procentualno ugotavlja predviden delež maščob in puste mase preko vode v telesu. Vendar je ta odvisna od več dejavnikov, kot so dehidriranost, temperatura, vnos hranil in dnevni

čas merjenja. Rezultati bioimpedance pod standardnimi pogoji imajo dobro korelacijo z MRI (Cruz - Jentoft idr., 2010).

DXA je uporabna metoda za ugotavljanje deleža maščobe, puste mase in kostne gostote. Naprava je velika in tako ni praktična za prenos, posameznika pa izpostavi minimalni radiaciji žarkov X in se tako uvršča med invazivne metode. Uporablja se v raziskavah in klinični uporabi, redko pa je dostopna in relativno draga za uporabo.

Zlati standard za ugotavljanje mišične mase predstavljata magnetna resonanca in računalniška tomografija. MRI s pomočjo obračanja elektronov atomskih jeder s spreminjanjem smeri magnetnega polja naredi dvodimenzionalno sliko. Iz različnih kotov slikajo projekcije, računalnik pa jih nato sestavi v rekonstrukcijo. CT deluje na podlagi rentgenskih slik z več zornih kotov. Nato računalnik, podobno kakor pri MRI, sestavi rekonstrukcijo, le da je ta pri CT tridimenzionalna. Napravi sta dragi in nepraktični za uporabo, posameznik je izpostavljen večji radiaciji kot pri DXA, a nudita natančnejše rezultate.

Uporabljajo se tudi druge analize, kot so biopsija, ultrazvok in urinska analiza. Ultrazvok je enostaven za uporabo, razširjen in je poceni sredstvo. Ni zanesljiv za merjenje mišične mase, temveč jo le ocenjuje. Biopsija je natančna metoda, vendar je invazivna.

1.4 Veljavnost in ponovljivost mer sarkopenije

Za občo uporabo testa nas zanima njegova veljavnost, ki nam pove stopnjo, do katere raziskovalni dokazi potrjujejo teste; ponovljivost, ki nam pove, ali bomo ob naslednjem merjenju dobili enake rezultate; njegova preprostost za uporabo in cena. V klinični praksi se najpogosteje uporabljajo bioimpedanca, DXA, antropometrični testi, test silovitosti stiska in preostala funkcionalna testiranja. Uporabljeni testi so enostavni za uporabo, praktični in – z izjemo DXA – relativno cenovno ugodni. Največji problem testov je vprašanje veljavnosti in ponovljivosti. Pri antropometričnih testih je rezultat merjenja odvisen od merilca, rezultat pa se lahko tudi pri istem merilcu razlikuje. Merjenje kožne gube na udih nam pokaže ocenjen odstotek maščobe v telesu, vendar nam ne pokaže tudi visceralne maščobe. »Značilna spremenljivost med opazovalci lahko omejuje občutljivost za zaznavanje sprememb.« (Rubbieri, Mosselo & Di Bari, 2014). Antropometrija nam ne da točnih rezultatov merjenja mišične mase, ampak samo neko oceno. Rezultati bioimpedance so pretežno odvisni od hidriranosti saj deluje na električno prevodnost telesa, ta pa izračunava maso posameznih tkiv. Ker je mišično tkivo najbogatejše z vodo,

je v veliki meri odvisno od pravilne hidriranosti. Tako je pomembno, da opravljamo meritve ob istem času dneva. Zaradi tega je bioimpedanca težko ponovljiva, saj moramo, da bi ugotovili upad mišične mase, meriti ob točno isti hidriranosti telesa. V nasprotju z dosedanjimi opisanimi tehnikami sta CT in MRI ponovljivi in veljavni metodi za diagnosticiranje sarkopenije. Natančno je namreč mogoče videti mišično in maščobno maso, tako podkožno kot tudi visceralno. Vendar sta ti tehniki pogosto nedostopni, saj zahtevata usposobljen tim; sta zelo dragi in časovno zamudni, CT pa posameznika izpostavi tudi sevanju. DXA nam ponuja veljavne in ponovljive rezultate, sicer ne tako natančne kot CT in MRI, a je trenutno še najuporabnejša za dokazovanje sarkopenije pri obči populaciji. Problem je nedostopnost, saj je naprava neprenosljiva, težko dostopna in relativno draga, uporablja pa se večinoma za merjenje kostne gostote. Ultrazvok še ni veljavna tehnika, saj je narejenih premalo raziskav na področju sarkopenije, prav tako pa ne meri mišične mase in je odvisna od merilca.

»Za merjenje mišične mase, mišične moči in fizične zmogljivosti v splošni praksi so bioimpedanca, ročni dinamometer in test hoje na kratke razdalje najverjetneje optimalna izbira, saj so ti pristopi enostavni za uporabo in uporabljajo enostavno, poceni in s prenosljivo opremo.« (Rubbieri, Mossello & Di Bari, 2014). Problem tovrstnih meritev je, da so rezultati slabo ponovljivi in manj veljavni. Dobljene rezultate se primerja z referenčnimi tabelami mlajše populacije, ne upošteva pa se veljavnosti rezultatov, pridobljenih od mladih. Za pridobivanje rezultatov poznamo več formul. Biljisma idr. (2013) so v svojo raziskavo vključili 654 udeležencev in so jim izmerili sarkopenijo po šestih različnih metodah. Ugotovili so, da je bil le eden od udeležencev (0,2 %) sarkopeničen glede na kriterij vseh šest definicij, medtem ko je bilo glede na eno samo definicijo sarkopeničnih 218 udeležencev (33,3 %). Opozoriti moramo še na to, da funkcionalni testi ne testirajo sarkopenije, temveč dinapenijo, saj merijo mišično moč in ne mišične mase.

1.5 Potencial tenziomiografije za spremljanje mišične funkcije

Do sedaj uveljavljene metode so slabo ponovljive in manj veljavne ali pa nepraktične in predrage za uporabo. To pomeni, da jih težko izmenično uporabljamo in primerjamo rezultate različnih študij. Medtem pa TMG predstavlja relativno poceni ter visoko ponovljivo in veljavno metodo za dokazovanje atrofičnih sprememb mišice (Pišot idr. 2008). Pišot idr. (2008) so z metodo TMG dokazali, da se po daljšem stanju v mikrogravitaciji znatno

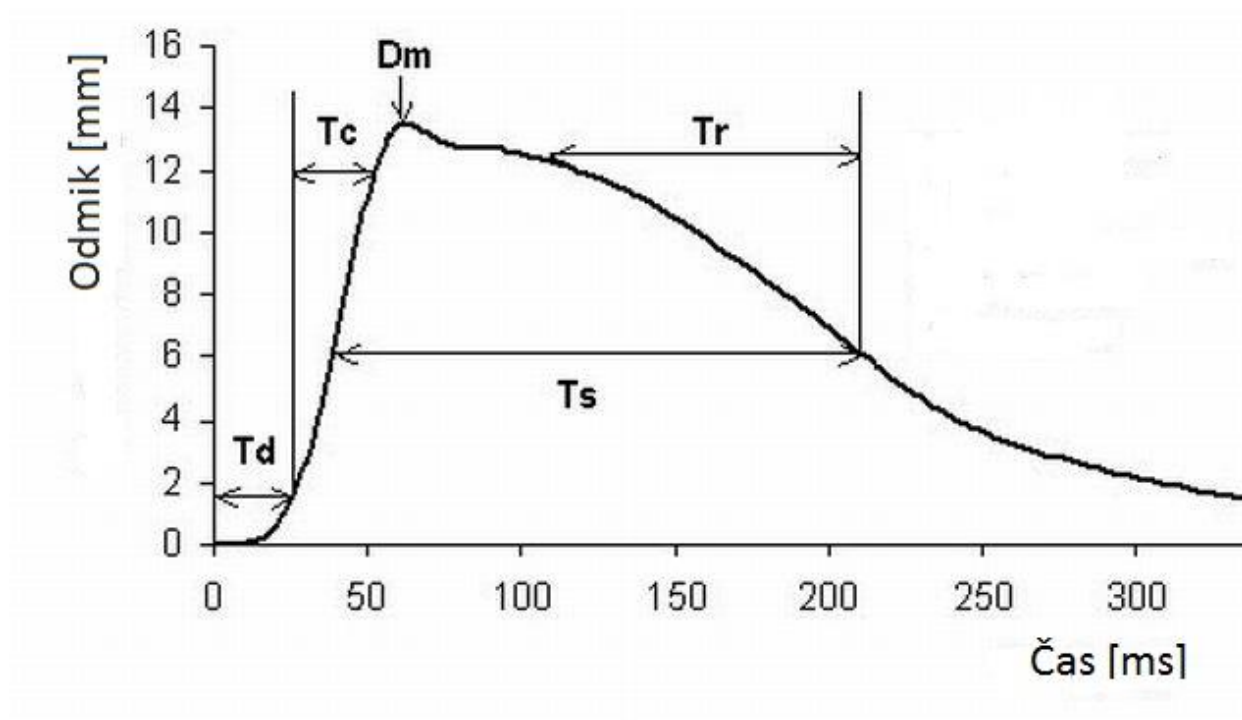
zmanjša hitrost mišice gastrocnemius medialis in poveča se maksimalni odmik mišice pri vseh mišicah nog (gastrocnemius medialis, vastus lateralis in biceps femoris).

1.5.1 Tenziomiografija

TMG je rezultat slovenskih znanstvenikov, ki so jo prvič predstavili leta 1991 (Valenčič, 1991). Šimunič (2012) opisuje TMG kot novo tehniko za opisovanje električno izzvanih lastnosti mišičnih kontrakcij v izometričnih pogojih. Je neinvazivna metoda, ki omogoča merjenje biomehanskih lastnosti površinskih mišic. Temelji na merjenju lateralnega odmika trebuha mišice med izometričnem krčenjem, katerega v odvisnosti od časa izzovemo z enim električnim dražljajem (Valenčič, 1991). Merilna oprema TMG je sestavljena iz elektrostimulatorja in samolepilnih elektrod; posebnega senzorja, ki ga namestimo na trebuh mišice; posebnega računalniškega programa, ki prikaže grafične in numerične rezultate meritev ter jih interpretira. Iz krivulje izločimo izbrane parametre (slika 3), kot so:

- največja amplituda (D_m), ki nam pokaže maksimalni odmik mišice;
- čas zakasnitve (T_d), ki je čas od začetka električnega dražljaja do 10 % D_m ;
- čas krčenja (T_c), ki je čas od 10 % D_m do 90 % D_m ;
- čas zadržke (T_s), ki je čas med 50 % kontrakcije D_m in 50 % relaksacije D_m ;
- relaksacijski čas (T_r), ki je čas med 90 % kontrakcije D_m in 50 % relaksacije D_m .

Slika 3: Parametri TMG



Vir: <http://www.tensiomyograph.de/static/Kurve2big.jpg>

TMG se uporablja tako v športne kot tudi zdravstvene namene. Z metodo TMG pridobimo na športnem področju pomembne informacije za načrtovanje športnih aktivnosti, optimizacijo treninga in ugotavljanje stopnje utrujenosti; v medicini kot optimizacija rehabilitacije.

Šimunič idr. (2011) so v študiji dognali, da se relativno enostavna metoda TMG lahko uporablja kot neinvazivno napovedovanje razmerja različnih tipov mišičnih vlaken v mišici vastus lateralis. S to raziskavo so dokazali, da lahko s TMG merimo kontraktilne parametre in ni treba posegati po kompleksnih in invazivnih metodah.

Tous - Fajardo idr. (2010) so ugotovili, da ima Dm največjo zanesljivost, prav tako ima zelo visoko zanesljivost Tc, najmanjšo pa Tr.

1.5.2 Posledice telesne neaktivnosti na muskulaturni sistem

Vemo, da je Tc povezan z mišično sestavo (Šimunič idr., 2011) in da so rezultati TMG ponovljivi (Šimunič, 2012). Pokazali so tudi, da se ob mišični neaktivnosti poveča Dm (Pišot idr., 2008), kar nakazuje morebitno mero mišičnega tonusa ali atrofije. Dahmane (2006) je v raziskavi, v kateri je s TMG izmerila kontraktilne parametre mišice biceps brachii starejših oseb in jih primerjala s podatki iz strokovne literature o kontraktilnih parametrih mlajših oseb, ugotovila, da imajo starejši višje število vlaken tipa 1, med spoloma pa ni statistično značilnih razlik. Pri ležanju se telesne tekočine iz apendikularnih mišic pomaknejo proti torzu. Največjo spremembo je opaziti v antigravitacijskih mišicah, tj. mišicah vratu, spodnjega dela hrbta, trebuha, zadnjičnih in stegenskih ter mečnih mišic. Največje spremembe se zgodijo pri plantarnih fleksorjih, hitra vlakna pa hitreje atrofirajo od počasnih. Koren (2015) je pri raziskavi telesne neaktivnosti ugotovila, da je upad mišične mase pri starejših po 14-dnevnem ležanju večji kot pri mlajših, saj je mlajšim upadla za -6 %, starejšim pa za -8 %. Glede arhitekturnih sprememb mišice po 14-dnevnem ležanju, kot navaja Koren (2015), smo pri starejših preiskovancih pri mišici vastus lateralis ugotovili večje spremembe kot pri mlajših preiskovancih (pri mlajših so vsi parametri nespremenjeni). Ugotovili smo zmanjšanje debeline mišice vastus lateralis starejših za -6 % in zmanjšanje kota penacije mišice vastus lateralis za -13 %. Posledico telesne neaktivnosti predstavljata tudi zmanjšan pretok krvi v mišico in zmanjšana aktivnost mišičnih oksidacijskih encimov.

1.5.3 Posledice telesne neaktivnosti na skeletni sistem

»Kostna integriteta je vzdrževana z mehanskimi bremenami, povzročenimi z držo telesa v pokončni poziciji in kontrakciji skeletne mišice.« (Stuempfle in Drury, 2007). Prekomerno ležanje vodi do zmanjšanja gostote kosti, predvsem v spodnjih okončinah, ki je posledica negativnega kalcijevega razmerja, ki nastane zaradi povečane resorpcije osteoklastov. Največji upad kostne gostote utrpi petnica (-10 % po 17 tednih) in veliki trohanter (-5 % po 17 tednih). Zmanjšana gostota kosti posameznika po telesni neaktivnosti ne moti, vendar močno zviša možnost zloma že ob manjšem padcu.

1.5.4 Posledice telesne neaktivnosti na srčno-žilni sistem

Spremembe po telesni neaktivnosti so, tako kot na muskulatornem in kostnem sistemu, vidne tudi na srčno-žilnem sistemu. Maksimalna poraba kisika ($VO_2\max$) ima po telesni neaktivnosti dnevni upad za -0,9 %. $VO_2\max$ je posledica srčnih in perifernih faktorjev. Srčni faktorji so upad volumna plazme, kar skupaj z zmanjšano kapilarizacijo, ki je periferni faktor, vodi do zmanjšane pretoka krvi skozi mišice, povzroči povišan srčni utrip in znižan volumen srca ter znižan vagalni tonus. Pomemben periferni faktor je tudi upad deleža eritrocitov, kar zmanjša kapaciteto prenosa kisika po krvi. Poleg zmanjšane $VO_2\max$ je še posebej nevarna venska tromboza kot posledica telesne neaktivnosti in lahko vodi do pulmonarne embolize.

1.6 Cilji in namen raziskave

Namen raziskave je validacija tenziomiografske metode za vrednotenje sarkopenije skeletne mišice. Glede na to, da je TMG enostavna in selektivna metoda, bi omogočala spremljanje asimetričnosti sarkopenije. Ker pa je metoda TMG tudi izjemno občutljiva, pokaže že predatrofične procese in z njeno periodično rabo bi lahko občini populaciji omogočili še pravočasno ukrepanje in izboljšavo kakovost življenja.

Cilj diplomske naloge je ugotoviti razlike tenziomiografskih parametrov mišičnih odzivov med ljudmi, ki imajo sarkopenijo, in tistimi, ki je nimajo. Zlasti nas zanimata dva odziva TMG: čas krčenja in maksimalna amplituda odziva mišice.

1.7 Hipoteze

V skladu s predmetom in ciljem raziskave smo določili naslednje hipoteze:

H₁: Sarkopenični ljudje imajo višji maksimalni odmik tenziomiograma kot nesarkopenični ljudje.

H₂: Sarkopenični ljudje imajo višji relativni maksimalni odmik tenziomiograma pri neposturalnih mišicah kot pri posturalnih mišicah.

H₃: Sarkopenični ljudje imajo daljši čas krčenja tenziomiograma kot nesarkopenični ljudje.

H₄: Sarkopenični ljudje imajo daljši relativni čas krčenja tenziomiograma pri neposturalnih mišicah kot pri posturalnih mišicah.

2. METODE DE LA

2.1 Preiskovanci

Raziskavo smo opravili z Inštitutom za kineziološke raziskave Znanstveno raziskovalnega središča Univerze na Primorskem, tj. v sklopu projekta Aktivno in kvalitetno staranje v domačem okolju (A-Qu-A), financiranega s strani Norveškega finančnega mehanizma. V raziskavo je bilo vključenih 200 preiskovancev. Zaradi manjkajočih bioimpedančnih podatkov (vzrok: srčni spodbujevalec) smo morali izključiti pet preiskovancev, tako da nam je ostalo 195 preiskovancev, 148 žensk in 47 moških.

Preiskovanci so bili prebivalci Mestne občine Ljubljana, ki so bili zmožni samooskrbe in so živeli na domu. Njihovi osnovni antropometrični podatki so prikazani v tabeli 2 in tabeli 3. V raziskavo smo jih povabili z oglaševanjem; raziskave so se udeležili prostovoljno in pred njo podpisali pisno soglasje. Pridobili smo etično dovoljenje Komisije za medicinsko etiko Republike Slovenije. Vključitveni pogoj: posameznik zmožen brez odmora in pripomočkov prehoditi razdaljo dveh kilometrov. Izključitveni pogoji: težja obolenja (srčno-žilnih, metabolnih, dihalnih, skeletnih, mišičnih in raka).

Tabela 2: Antropometrične lastnosti moških preiskovancev

	Minimum	Maksimum	Povprečje	Standardna deviacija
Starost	61,0	84,0	70,7	5,1
Telesna višina (cm)	161,3	187,5	173,7	5,7
Telesna masa (kg)	63,0	109,5	81,7	10,2
Indeks telesne mase (kg/m ²)	21,3	35,5	27,1	3,2

Tabela 3: Antropometrične lastnosti ženskih preiskovank

	Minimum	Maksimum	Povprečje	Standardna deviacija
Starost	57,0	86,0	69,7	5,9
Telesna višina (cm)	144,0	179,0	160,6	6,0
Telesna masa (kg)	48,3	112,0	69,7	11,7
Indeks telesne mase (kg/m ²)	20,1	43,1	27,1	4,6

2.2 Raziskovalni načrt

Raziskava je bila presečna in neeksperimentalna. Meritve smo izvedli v Četrtni skupnosti Moste, Dnevnem centru aktivnosti Povšetova in Dnevnem centru aktivnosti Kunaverjeva. Preiskovanci so morali opraviti meritve na petih merilnih postajah.

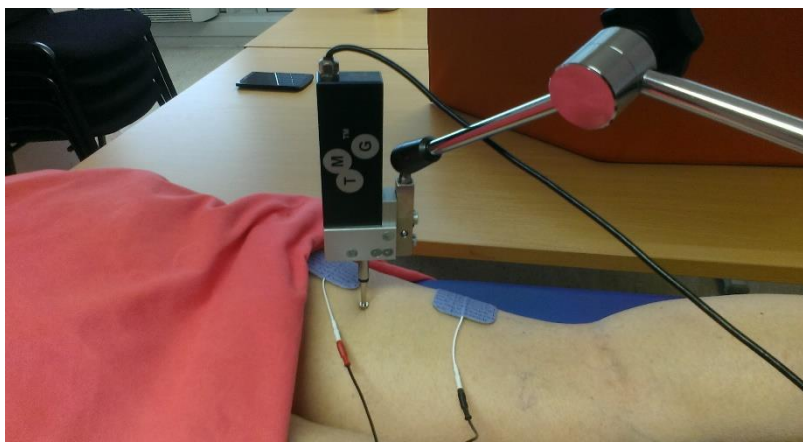
- Izpolnjevanje vprašalnikov o življenjskem slogu, bivalnem okolju, gibalnih/športnih in prehranskih navadah ter opravljanje testa kognitivnih sposobnosti za starejše (MO-CA).
- Antropometrične meritve: telesna višina, telesna masa, obseg stegna, obseg goleni, kožna guba stegna in kožna guba goleni. Obsegi in kožne gube so se merili na sredini udov. Uporabili smo tehtnico, kaliper in merilni trak za telesni obseg.
- Merjenje telesne sestave z bioimpedanco (Maltron Bioscan 916s) in s TMG kontraktilne lastnosti mišic gastrocnemius medialis (slika 3), biceps femoris (slika 4) in vastus lateralis (slika 5).
- Merjenje gibalnih sposobnosti s standardizirano baterijo testov (test senior fitness, test telesne pripravljenosti za starejše) po Jakovljević in Knific (2015): silovitost stiska pesti (ročni dinamometer Jamar), hitrost hoje na štiri metre, test motorike štirih kvadrantov in gibljivost zadnjih stegenskih mišic s predklonom.
- Merjenje vzdržljivosti – razdalje, ki so jo preiskovanci prehodili v šestih minutah.

Slika 4: Merjenje TMG odziva mišice Gastrocnemius medialis



Vir: Osebni arhiv

Slika 5: Merjenje TMG odziva mišice Biceps femoris



Vir: Osebni arhiv

Slika 6: Merjenje TMG odziva mišice Vastus lateralis



Vir: Osebni arhiv

Za potrebe diplomske naloge bomo poročali le podatke TMG, telesne sestave, antropometrije in testa telesne pripravljenosti za starejše, saj Cruz - Jentoft idr. (2010) v konsenzu EU (tabela 4) navajajo le določene preiskave, potrebne za dokazovanje sarkopenije.

2.3 Postopki za obdelavo podatkov

2.3.1 Določanje stopnje sarkopenije

Za določanje smo uporabili konsenz EU (Cruz - Jentoft idr., 2010). Stopnje smo razdelili v tri skupine (tabela 4): normalna mišica, zmerna sarkopenija in huda sarkopenija.

Tabela 4: Stopnje sarkopenije

	Normalna mišica	Zmerna sarkopenija	Huda sarkopenija
Indeks sarkopenije po bioimpedanci – moški	$\geq 10,76 \text{ kg/m}^2$	8,51–10,75 kg/m ²	$\leq 8,50 \text{ kg/m}^2$
Indeks sarkopenije po bioimpedanci – ženske	$\geq 6,76 \text{ kg/m}^2$	5,76–5,75 kg/m ²	$\leq 5,75 \text{ kg/m}^2$
Silovitost stiska pesti – moški	$> 30 \text{ kg}$	24,1–30 kg	$\leq 24 \text{ kg}$
Silovitost stiska pesti – ženske	$> 23 \text{ kg}$	17,1–23 kg	≤ 17
Hitrost hoje	$\geq 0,78 \text{ m/s}$	0,44–0,77 m/s	$\leq 0,43 \text{ m/s}$

Vir: Cruz - Jentoft idr., 2010.

Zaradi premalo hudo sarkopeničnih preiskovancev (le pet) smo združili zmerno in hudo sarkopenične. Prav tako smo zaradi premalo nesarkopeničnih moških preiskovancev pri nadaljnji obravnavi združili moške in ženske. Za diagnosticiranje smo izbrali indeks sarkopenije (BIA_i), ki smo ga pridobili iz bioimpedančnih podatkov mišične mase (MM) in telesne višine (TV), kar smo vstavili v naslednjo enačbo: $BIA_i = \frac{MM}{TV^2}$. Stopnje smo določili še glede na silovitost stiska pesti in hitrost hoje na štiri metre.

2.3.2 Kontraktilne lastnosti mišic – tenziomiografija

Uporaba metode je detajlno opisana v Šimunič idr. (2011) in Šimunič (2012). Če povzamemo, smo na vsaki od treh mišic izmerili dva maksimalna odziva. Iz vsakega smo izračunali kontraktilne lastnosti – parametre TMG:

- amplituda odziva (D_m , v milimetrih), tj. kot največji odmik trebuha mišice;
- čas krčenja (T_c , v milisekundah), tj. kot čas, v katerem odziv TMG doseže od 10 % do 90 % D_m .

V nadaljevanju smo vzeli povprečje obeh odzivov (parametrov) v nadaljnjo obdelavo.

2.4 Statistika

Vse podatke smo v nadaljevanju prikazali s povprečno vrednostjo in standardnim odklonom. Statistične analize smo opravili s programskim paketom SPSS 22 (IBM). Po preverjanju normalnosti in homogenosti porazdelitve smo uporabili parametrične statistične metode. T-test neodvisnih vzorcev smo uporabili za ugotavljanje razlike med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci. V primeru signifikantnih razlik smo poročali velikost efekta (ES). Pearsonovo korelacijo smo uporabili za testiranje povezanosti med indeksom sarkopenije in parametri TMG. Statistične odločitve smo potrjevali pri stopnji tveganja $\alpha = 0,05$.

3 REZULTATI

Za dokazovanje zastavljenih hipotez smo preiskovancem določili stopnjo sarkopenije (tabela 4) glede na mišično maso, ki smo jo izmerili z bioimpedanco; silovitost stiska pesti in hitrost hoje na štiri metre (Cruz - Jentoft idr., 2010). Vsi preiskovanci niso opravili vseh meritev, zato smo za kriterij izbrali stopnjo sarkopenije po bioimpedanci po Cruz - Jentoft idr. (2010). Podatki so bili namreč največkrat izmerjeni pri tistih preiskovancih, ki so opravili tudi meritve TMG.

3.1 Analiza sarkopenije

V tabeli 5 smo prikazali število žensk preiskovank glede na stopnjo sarkopenije po različnih kriterijih. Ugotovili smo, da je po kriteriju bioimpedance 21,62 % preiskovank sarkopeničnih in 78,38 % preiskovank zmerno nesarkopeničnih. Glede na hitrost hoje je 45,46 % preiskovank zmerno sarkopeničnih in 54,54 % preiskovank nesarkopeničnih. Glede na silovitost stiska pesti je 2,26 % preiskovank hudo sarkopeničnih, 18,04 % preiskovank zmerno sarkopeničnih in 79,70 % preiskovank nesarkopeničnih. Glede na vse tri metode je bilo 27,88 % preiskovank sarkopeničnih.

Tabela 5: Delež sarkopeničnih preiskovank glede na različne kriterije

Klasifikacija sarkopenije	Ni sarkopenije	Zmerna sarkopenija	Huda sarkopenija
Bioimpedanca	116	32	0
Hitrost hoje	60	50	0
Silovitost stiska pesti	106	24	3

V tabeli 6 smo prikazali število moških preiskovancev glede na stopnje sarkopenije po različnih kriterijih. Glede na bioimpedančni kriterij je 10,64 % preiskovancev hudo sarkopeničnih, 85,11 % zmerno sarkopeničnih in 2,25 % jih je nesarkopeničnih. Po kriteriju hitrosti hoje je 40,74 % preiskovancev nesarkopeničnih in 59,26 % preiskovancev zmerno sarkopeničnih. Glede na silovitost stiska pesti so vsi preiskovanci zdravi. Po vseh treh metodah je bilo 53,98 % preiskovancev sarkopeničnih.

Tabela 6: Delež sarkopeničnih preiskovancev glede na različne kriterije

Klasifikacija sarkopenije	Ni sarkopenije	Zmerna sarkopenija	Huda sarkopenija
Bioimpedanca	2	40	5
Hitrost hoje	11	16	0
Silovitost stiska pesti	39	0	0

Zaradi primernejših in najobsežnejših rezultatov bomo nadaljnje raziskave izvajali na podlagi bioimpedančnih kriterijev. Združili bomo zmerno in hudo sarkopenične, saj je hudo sarkopeničnih premalo, da bi jih lahko obravnavali samostojno.

Sarkopenične preiskovanke so imele za 18,65 % nižjo telesno maso ($P < 0,001$; $ES = 2,97$) in posledično tudi za 19,75 % nižji indeks telesne mase ($P < 0,001$; $ES = 1,23$). Prav tako so sarkopenične preiskovanke imele za 9,96 % manjši obseg stegna ($P < 0,001$; $ES = 1,06$), a manjšega obsega goleni (19,73 %) nismo mogli statistično potrditi ($P = 0,134$). Sarkopenične preiskovanke so imele za 13,74 % manjšo kožno gubo goleni ($P = 0,001$; $ES = 0,60$) in za 31,26 % manjšo kožno gubo stegna, vendar tega statistično nismo mogli potrditi ($P = 0,094$). Nesarkopenične preiskovanke so imele za 9,06 % več puste ($P < 0,001$; $ES = 0,90$) in za 11,73 % več mišične mase ($P < 0,001$; $ES = 1,07$). Nesarkopenične preiskovanke so imele za 7,64 % višjo silovitost stiska pesti ($P = 0,016$; $ES = 0,45$). Obenem so imele sarkopenične preiskovanke še vseeno višje vrednosti od mejne vrednosti (> 23 kg), medtem ko so v povprečju dosegle $25,9 \pm 4,92$ kg. Čeprav statistično ne moremo potrditi, so sarkopenične preiskovanke za 4,56 % prehodile več kot nesarkopenične ($P = 0,112$). Pri hitrosti hoje med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovankami prav tako ni statističnih razlik ($P = 0,316$).

Tabela 7: Statistična primerjava antropometričnih mer med zdravimi in sarkopeničnimi ženskami

	Prisotnost sarkopenije	N	Povprečje	Standardna deviacija	P	Velikost efekta
Telesna višina (cm)	Ni prisotna	116	160	5,96	0,242	-
	Zmerna	32	161	6,39		
Telesna masa (kg)	Ni prisotna	116	72,6	10,9	< 0,001	2,97
	Zmerna	32	59,1	7,53		
Indeks telesne mase (kg/m ²)	Ni prisotna	116	28,3	4,31	< 0,001	1,23
	Zmerna	32	22,7	2,15		
Obseg goleni (cm)	Ni prisotna	115	42,6	42,6	0,134	-
	Zmerna	32	34,2	1,87		
Kožna guba goleni (mm)	Ni prisotna	115	27,2	6,12	0,001	0,60
	Zmerna	32	23,5	5,75		
Obseg stegna (cm)	Ni prisotna	104	52,2	4,73	< 0,001	1,06
	Zmerna	31	47,0	2,94		
Kožna guba stegna (mm)	Ni prisotna	103	41,1	53,5	0,094	-
	Zmerna	31	28,2	11,2		
Pusta masa (kg)	Ni prisotna	116	42,0	4,11	< 0,001	0,90
	Zmerna	32	38,2	3,30		
Mišična masa (kg)	Ni prisotna	116	19,1	2,00	< 0,001	1,07
	Zmerna	32	16,9	1,42		
Silovitost stiska pesti (kg)	Ni prisotna	104	28,0	4,66	0,016	0,45
	Zmerna	29	25,9	4,92		
Prehojena razdalja v 6min (m)	Ni prisotna	102	526	104	0,112	-
	Zmerna	29	551	71,1		
Hitrost hoje (m/s)	Ni prisotna	85	0,80	0,15	0,316	-
	Zmerna	25	0,78	0,12		

Nesarkopenični preiskovanci so imeli za 23,30 % višjo telesno maso kot sarkopenični ($P < 0,001$; $ES = 2,40$), posledično pa so imeli tudi za 24,37 % višji indeks telesne mase ($P < 0,001$; $ES = 2,70$). Pri obsegu goleni ($P = 0,469$) in obsegu stegna ($P = 0,285$) ne moremo potrditi statističnih razlik med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci. Prav tako ne moremo statistično potrditi razlik med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci pri kožni gubi goleni ($P = 0,466$) in kožni gubi stegna ($P = 0,290$). Nesarkopenični preiskovanci so imeli za 9,02 % več puste mase ($P = 0,040$; $ES = 1,27$) in za 13,62 % več mišične mase ($P = 0,010$; $ES = 1,67$) kot nesarkopenični preiskovanci. Sarkopenični so za 28,35 % imeli boljše rezultate pri šestminutni hoji kot nesarkopenični ($P = 0,023$; $ES = 2,01$). Pri silovitosti stiska pesti ($P = 0,072$) in hitrosti hoje ($P = 0,074$) ni statističnih razlik med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci.

Tabela 8: Statistična primerjava antropometričnih mer med zdravimi in sarkopeničnimi moškimi

	Prisotnost sarkopenije	N	Povprečje	Standardna deviacija	P	Velikost efekta
Telesna višina (cm)	Ni prisotna	2	173	5,66	0,386	-
	Zmerna	45	174	7,80		
Telesna masa (kg)	Ni prisotna	2	105	6,15	< 0,001	2,40
	Zmerna	45	80,7	9,04		
Indeks telesne mase (kg/m ²)	Ni prisotna	2	35,3	0,25	< 0,001	2,70
	Zmerna	45	26,7	1,88		
Obseg goleni (cm)	Ni prisotna	2	37,5	4,95	0,469	-
	Zmerna	45	37,4	1,88		
Kožna guba goleni (mm)	Ni prisotna	2	18,0	8,49	0,466	-
	Zmerna	45	17,5	7,64		
Obseg stegna (cm)	Ni prisotna	2	51,8	1,77	0,285	-
	Zmerna	41	50,0	4,38		
Kožna guba stegna (mm)	Ni prisotna	2	25,3	15,2	0,290	-
	Zmerna	41	19,8	13,5		
Pusta masa (kg)	Ni prisotna	2	61,8	1,41	0,040	1,27
	Zmerna	44	56,2	4,34		
Mišična masa (kg)	Ni prisotna	2	32,7	1,78	0,010	1,67
	Zmerna	44	28,3	2,55		
Silovitost stiska pesti (kg)	Ni prisotna	1	34,0		0,072	-
	Zmerna	38	43,0	5,95		
Prehojena razdalja v 6min (m)	Ni prisotna	1	405		0,023	2,01
	Zmerna	38	565	76,5		
Hitrost hoje (m/s)	Ni prisotna	1	1,04		0,074	-
	Zmerna	26	0,77	0,17		

Za nadaljnje raziskave bomo združili moške in ženske preiskovanke, saj je moških premalo, da bi jih lahko obravnavali posebej. Vseh preiskovancev je bilo tako 195 (tabela 9).

Tabela 9: Skupen delež sarkopeničnih žensk in moških

	Frekvenca	Odstotek
Normalna	118	60,5
Zmerna	77	39,5
Skupaj	195	100,0

3.2 Veljavnost tenziomiografije

Pri ugotavljanju veljavnosti TMG smo potrjevali hipotezi H_1 in H_3 . Tj. da imajo sarkopenični glede na naše hipoteze višje vrednosti Tc in Dm tenziomiograma kot nesarkopenični.

Pri parametrih TMG smo preverili asimetričnost in sploščenost podatkov posebej za sarkopenične in nesarkopenične preiskovance. Pri sarkopeničnih preiskovancih so odstopanja pri asimetričnosti vidna pri Dm mišice biceps femoris (asimetričnost = 0,636; SES = 0,311) in pri Tc mišic gastrocnemius medialis (asimetričnost = 2,405; SES = 0,300) in vastus lateralis (asimetričnost = 0,960; SES = 0,302). Odstopanja pri sploščenosti so vidna pri Tc mišice gastrocnemius medialis (sploščenost = 11,067; SEK = 0,599) in pri mišici vastus lateralis (sploščenost = 2,059; SEK = 0,603). Pri nesarkopeničnih preiskovancih so bilo odstopanja pri asimetričnosti vidna pri Tc mišic biceps femoris (asimetričnost = 0,787; SES = 0,245), gastrocnemius medialis (asimetričnost = 0,804; SES = 0,235) in vastus lateralis (asimetričnost = 0,724; SES = 0,243). Odstopanja pri sploščenosti so opazna pri Tc mišice gastrocnemius medialis (sploščenost = 3,858; SEK = 0,470) in Dm mišice gastrocnemius medialis (sploščenost = 1,561; SEK = 0,485).

Kakor kaže tabela 10, imajo sarkopenični za 9,41 % daljši Tc mišice vastus lateralis kot nesarkopenični ($P = 0,002$; ES = 0,46). Pri preostalih dveh mišicah statističnih razlik ni, lahko pa opazimo, da so vrednosti Tc mišice gastrocnemius medialis pri sarkopeničnih za 6,14 % daljše kot pri nesarkopeničnih, a razlike niso statistično signifikantne ($P = 0,079$). Pri mišici biceps femoris med skupinama ni razlik ($P = 0,142$).

Tabela 10: Razlike v času krčenja (Tc) merjenih mišic med skupino brez sarkopenije (normalna) in skupino z zmerno sarkopenijo

	Prisotnost sarkopenije	N	Povprečje	Standardna napaka		P	Velikost efekta
				Standardna deviacija	merjenja		
Biceps femoris Tc	Ni prisotna	100	44,30	12,70	1,27	0,142	-
	Zmerna	65	42,23	10,84	1,34		
Gastrocnemius medialis Tc	Ni prisotna	109	29,80	7,93	0,76	0,079	-
	Zmerna	70	31,63	9,06	1,08		
Vastus lateralis Tc	Ni prisotna	102	23,06	4,41	0,44	0,002	0,46
	Zmerna	69	25,23	4,85	0,58		

Podatki iz tabele 11 pokažejo, da imajo sarkopenični za 18,24 % višje vrednosti Dm mišice biceps femoris kot nesarkopenični ($P = 0,015$; $ES = 0,35$), prav tako imajo sarkopenični za 32,23 % višje vrednosti Dm mišice vastus lateralis kot nesarkopenični ($P < 0,001$; $ES = 0,70$). Pri mišici gastrocnemius medialis med skupinama ni razlik ($P = 0,365$).

Tabela 11: Razlike v amplitudi odziva (Dm) merjenih mišic med skupino brez sarkopenije (normalna) in skupino z zmerno sarkopenijo

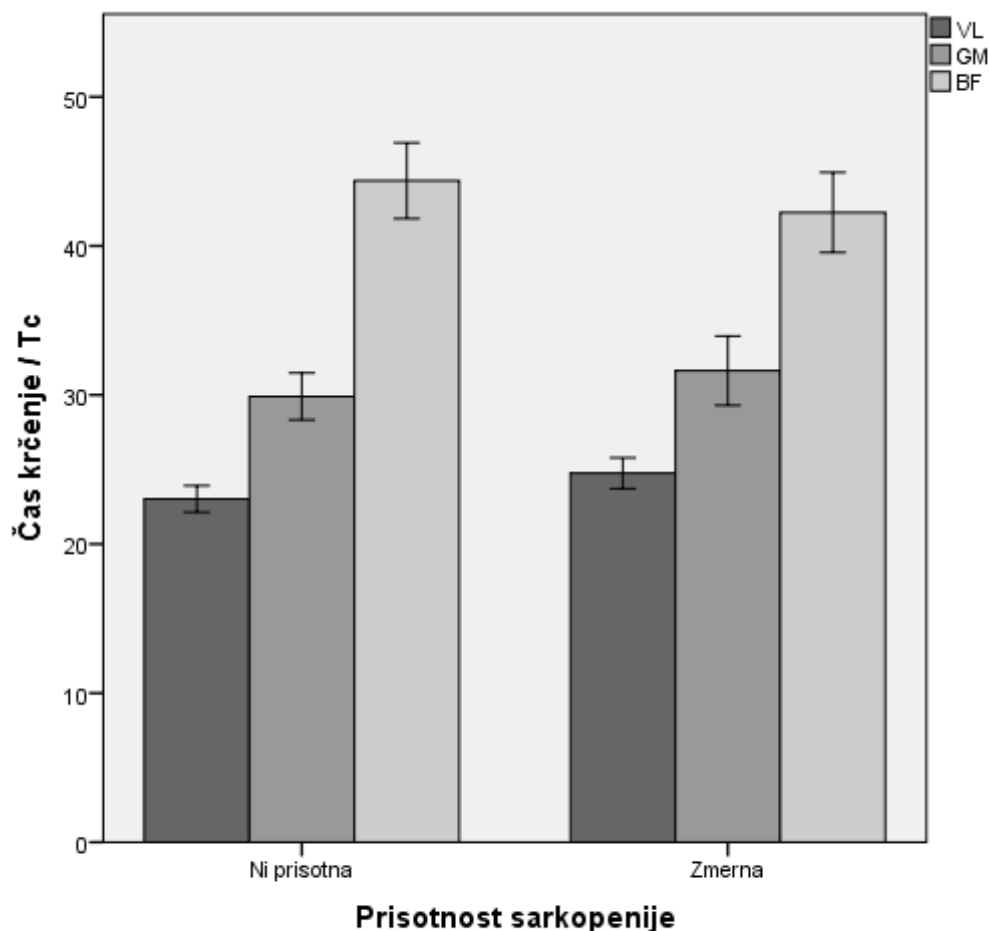
	Prisotnost sarkopenije	N	Povprečje	Standardna napaka		P	Velikost efekta
				Standardna deviacija	merjenja		
Biceps femoris Dm	Ni prisotna	100	6,58	3,26	0,33	0,015	0,35
	Zmerna	65	7,78	3,66	0,45		
Gastrocnemius medialis Dm	Ni prisotna	109	3,92	1,66	0,16	0,365	-
	Zmerna	70	4,01	1,59	0,19		
Vastus lateralis Dm	Ni prisotna	102	3,91	1,53	0,15	< 0,001	0,70
	Zmerna	69	5,17	1,93	0,23		

3.3 Primerjava posturalnih in neposturalnih mišic

V tem poglavju bomo potrjevali hipotezi H₂ in H₄. Predpostavili smo, da imajo sarkopenični preiskovanci višje vrednosti Tc in Dm pri neposturalnih mišicah kot pri posturalnih mišicah. Neposturalna mišica je biceps femoris, medtem ko sta gastrocnemius medialis in vastus lateralis posturalni mišici.

V tabeli 11 lahko opazimo, da imajo sarkopenični preiskovanci daljši Tc posturalne mišice – vastus lateralis (P = 0,002), podobno obstaja trend daljšega Tc sarkopeničnih preiskovancev tudi na drugi posturalni mišici gastrocnemius medialis (P = 0,079). Nasprotno pa ni razlike v Tc pri neposturalni mišici biceps femoris (P = 0,142). Zato lahko potrdimo, da sarkopenija bolj prizadene Tc posturalnih mišic kot neposturalnih. Slednje je v nasprotju s predpostavljenim v hipotezi in zatorej hipotezo ovržemo.

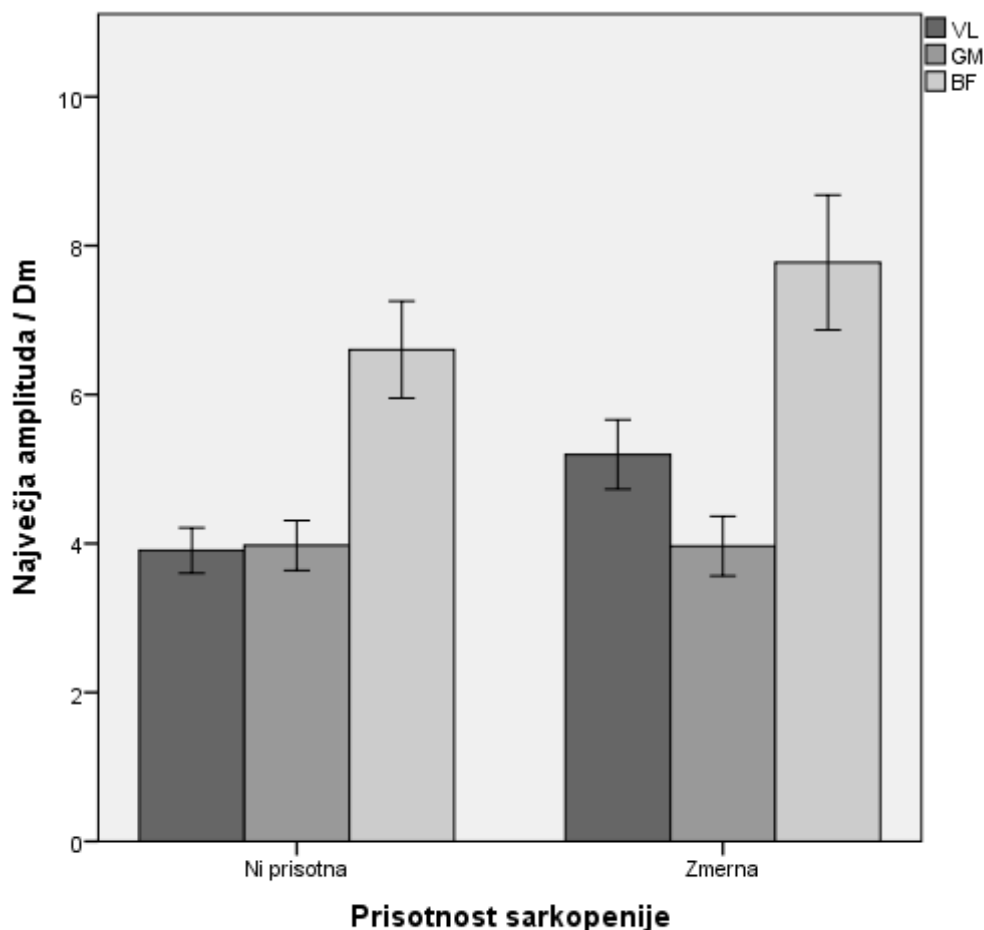
Slika 7: Primerjava časa krčenja med zdravimi in sarkopeničnimi



VL – vastus lateralis, GM – gastrocnemius medialis, BF – biceps femoris

Iz tabele 12 opazimo, da imajo sarkopenični preiskovanci višji Dm posturalne mišice vastus lateralis ($P < 0,001$), a to velja tudi za neposturalno mišico biceps femoris ($P = 0,015$). Efekt je dvakrat višji na posturalno mišico ($ES = 0,70$) kot na neposturalno mišico ($ES = 0,35$). Zanimivo pa je, da nismo ugotovili višjega Dm na drugo posturalno mišico – gastrocnemius medialis ($P = 0,365$). Zato tudi v tem primeru ne moremo potrditi hipoteze.

Slika 8: Primerjava največje amplitude med zdravimi in sarkopeničnimi



VL – vastus lateralis, GM – gastrocnemius medialis, BF – biceps femoris

Preostale vrednosti tenziomiograma Td, Ts in Tr (priloga 1) so pokazale, da so največje razlike med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci pri posturalni mišici vastus lateralis. Pri posturalni mišici gastrocnemius medialis je Td pri sarkopeničnih preiskovancih za 2,72 % večji kot pri nesarkopeničnih preiskovancih ($P = 0,033$), Ts pa je pri sarkopeničnih preiskovancih za 6,01 % manjši glede na nesarkopenične preiskovance ($P = 0,043$). Pri mišici vastus lateralis so bile pri sarkopeničnih preiskovancih vse vrednosti TMG višje kot pri nesarkopeničnih preiskovancih. Td je bil pri sarkopeničnih preiskovancih za 2,93 % ($P = 0,023$), Ts za 18,70 % ($P = 0,001$), Tr pa za 17,84 % ($P = 0,010$) višji kot pri nesarkopeničnih preiskovancih.

4 DISKUSIJA

Namen diplomske naloge je bila validacija metode TMG pri vrednotenju sarkopenije, tj. da bi ugotovili razlike parametrov TMG med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci. Rezultati potrjujejo prvo in tretjo hipotezo, da so vrednosti Dm in Tc višje pri sarkopeničnih preiskovancih. Nepričakovano pa rezultati statistično ne potrjujejo druge in četrte hipoteze, v sklopu katerih smo domnevali, da imajo sarkopenični preiskovanci pri neposturalnih mišicah višje vrednosti Dm in Tc kot pri posturalnih mišicah.

4.1 Prevalenca sarkopenije

V naši študiji smo na začetku posamično obravnavali ženske in moške preiskovance. Delež sarkopeničnih se je razlikoval glede na posamezna testiranja. Pri ženskah je bila huda sarkopenija ugotovljena le pri testu za merjenje silovitosti pesti (2,26 %) in pri istem kriteriju je bilo zmerno sarkopeničnih 18,04 % preiskovank. Glede na kriterijski test hitrost hoje je bilo 45,46 % preiskovank zmerno sarkopeničnih. Glede na velik odstotek sarkopeničnih pri hitrosti hoje lahko predvidevamo, da je atrofija mišic nog prisotna pri večjem deležu ženskih preiskovank kot pa atrofija upogibalk prstov na roki, ki so potrebni za razvoj sile pri testu silovitosti stiska pesti. Glede na bioimpedančni kriterij celokupne mišične mase je bilo sarkopeničnih 21,62 % preiskovank, kar je podoben delež kot pri silovitosti stiska pesti. Veliko večji delež sarkopeničnih glede na hitrost hoje je lahko tako, poleg atrofičnih dejavnikov, posledica slabše koordinacije pri starejših, ki je potrebna pri razvoju višje hitrosti. Čeprav Dahmane (2006) v svoji raziskavi, v kateri je z metodo TMG na mišici biceps brachii ugotovila, da se s staranjem delež počasnih mišičnih vlaken (tip I) povečuje, in da med spoloma v starosti ni statističnih razlik, so bili v naši raziskavi moški preiskovanci bolj nagnjeni k sarkopeniji od žensk preiskovank. To lahko pomeni, da je atrofija spodnjih udov vidnejša pri moških, medtem ko je atrofija zgornjih udov neodvisna glede na spol. Castillo idr. (2003) so ugotovili, da se z višjo starostjo povečuje delež sarkopeničnih, tako žensk kot moških, vendar se z višjo starostjo večja razmerje sarkopeničnih med moškimi in ženskami. Pri moških noben preiskovanec ni bil sarkopeničen glede na silovitost stiska pesti, kar nakazuje na to, da v starosti ohranijo večjo moč rok kot ženske. To je verjetno posledica večje moči rok v mladosti oziroma prenizko zastavljenega kriterija. Glede na preostala dva kriterija pa je večina preiskovancev sarkopeničnih. Po hitrosti hoje je 59,26 % preiskovancev sarkopeničnih. Glede na bioimpedančni kriterij je 10,64 % preiskovancev hudo sarkopeničnih in kar 85,11 % preiskovancev zmerno sarkopeničnih. V skladu s pridobljenimi rezultati lahko

predvidimo, da moškimi v starosti v veliko večji meri kot ženskam upade mišična masa. Zaradi pomanjkanja rezultatov nadalje nismo obravnavali funkcionalnih testov in smo za obravnavo vzeli bioimpedančni indeks, ki je tudi bolj veljaven od funkcionalnega testiranja. Združili smo tudi zmerno in hudo sarkopenične preiskovance, saj je bilo hudo sarkopeničnih premalo, da bi bile analize na teh rezultatih veljavne.

Po dobljenih rezultatih lahko rečemo, da funkcionalna testiranja bolj kot izgubo mišične mase merijo izgubo mišične moči in drugih dejavnikov, s katerimi ne moremo neposredno potrditi sarkopenije, vendar lahko le posredno opozorimo na možnost sarkopenije. Cruz - Jentoft idr. (2010) zagovarjajo pristop, pri katerem za potrditev sarkopenije potrebujejo nizke vrednosti hitrosti hoje in silovitosti stiska pesti ter nizko mišično maso. Glede na rezultate naše raziskave bi tako dobili zelo nizek odstotek sarkopeničnih, saj se funkcionalna testiranja niso ujemala, še posebno pri moških, kjer noben preiskovanec ni bil sarkopeničen glede na silovitosti stiska pesti. Z gotovostjo pa lahko potrdimo, da so moški bolj podvrženi sarkopeniji od žensk.

4.2 Razlike antropometričnih mer sarkopeničnih

Zanimivo je, da so sarkopenične preiskovanke imele za 18,65 % nižjo telesno maso in posledično tudi za 19,75 % nižji indeks telesne mase kot nesarkopenične preiskovanke. Prav tako so imele manjše obsege stegna (9,96 %) in goleni (19,73 %); obenem manjšo kožno gubo stegna (31,26 %) in goleni (13,74 %). Videti je, da so sarkopeniji bolj naklonjene tiste preiskovanke, ki imajo manj maščobne mase. Iannuzzi - Susich, Prestwood in Kenny (2002) so prav tako dokazale, da je prevalenca sarkopenije povezana z indeksom telesne mase. Predvidevamo lahko, da se ne gibljejo dovolj in ne zaužijejo dovolj beljakovin, tako da bi bilo zanimivo preveriti tudi prehranjevalne in gibalne navade. Pričakovano pa so imele sarkopenične preiskovanke za 9,06 % nižjo pusto in za 11,73 % nižjo mišično maso kot nesarkopenične preiskovanke. Slednje je popolnoma logično, saj je bioimpedančni indeks izračunan iz mišične mase. Funkcionalna testiranja v primerjavi z bioimpedančnim kriterijem prikažejo drugačne rezultate. Povprečje funkcionalnih testiranj sarkopeničnih in nesarkopeničnih preiskovank je pri obeh skupinah nad mejo sarkopenije. Gledano povprečno so torej vse preiskovanke nesarkopenične, še posebej pri šestminutni hoji, pri kateri so sarkopenične preiskovanke prehodile celo več kot nesarkopenične preiskovanke. Biti pa moramo pozorni na to, da pri šestminutni hoji na rezultat ne vpliva zgolj stanje mišic, temveč tudi stanje srčno-žilnega in pljučnega sistema. Še več, nizka mišična masa je pri tem testu lahko celo prednost, ko gledamo skozi vidik oskrbe s kisikom, kjer so razdalje med ožiljem in mišičnimi vlakni pri sarkopeniji krajše.

Kakor ženske preiskovanke so imeli tudi nesarkopenični preiskovanci višjo telesno maso in indeks telesne mase kot sarkopenični preiskovanci. Predvidevamo, da je razlog isti kot pri ženskah – slabo urejena prehrana, pomanjkanje telesne aktivnosti oziroma kombinacija obeh. Iannuzzi - Susich, Prestwood in Kenny (2002) pa menijo, da je poleg telesne aktivnosti in prehrane smiselno dodajati tudi hormonske dodatke. Pri obsegu in kožni gubi stegna in goleni ni statistično značilnih razlik. Kot pri preiskovankah so imeli sarkopenični preiskovanci za 9,02 % manj puste in za 13,62 % manj mišične mase od nesarkopeničnih preiskovancev. Pri moških so prav tako za 28,35 % več prehodili sarkopenični preiskovanci, kar je ponovno lahko vpliv drugih dejavnikov. Čeprav so rezultati pri hitrosti hoje statistično enaki, so imeli sarkopenični preiskovanci nižje vrednosti, celo pod mejo sarkopenije, kot nesarkopenični preiskovanci. Pri testu silovitosti stiska pesti prav tako ni bilo statistično opaznih razlik, vendar so imeli sarkopenični preiskovanci višje vrednosti od nesarkopeničnih preiskovancev.

Rečemo lahko, da tako pri moških kot tudi pri ženskah obstaja manjša nevarnost razvoja sarkopenije pri debelejših, sarkopenični pa imajo manj puste in mišične mase. Enake ugotovitve so dobili tudi Castillo idr. (2003), ki so dejali, da so tako moški kot ženske s sarkopenijo imeli manj maščobne mase glede na tiste brez sarkopenije.

4.2 Veljavnost tenziomiografske metode za vrednotenje sarkopenije

V H_1 smo predpostavili, da imajo sarkopenični preiskovanci višje vrednosti D_m kot nesarkopenični preiskovanci. Merili smo tri mišice – vastus lateralis, biceps femoris in gastrocnemius medialis. Sarkopenični preiskovanci so imeli višje vrednosti D_m pri mišicah vastus lateralis (32,23 %; $P < 0,001$) in biceps femoris (18,24 %; $P = 0,015$), medtem ko pri mišici gastrocnemius ne moremo potrditi razlik. To potrjuje, da se pri sarkopeniji poveča D_m , kar smo opazili pri prav vseh treh opazovanih mišicah, a statistično smo potrdili pri vastus lateralis in biceps femoris.

V H_3 smo predpostavili, da imajo sarkopenični preiskovanci višje vrednosti T_c kot nesarkopenični preiskovanci. Statistične razlike med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci so bile vidne le pri mišici vastus lateralis ($P = 0,002$), pri kateri so imeli sarkopenični preiskovanci za 9,41 % višje vrednosti T_c . Čeprav statistično ne moremo potrditi razlik, so imeli sarkopenični preiskovanci tudi pri mišici gastrocnemius medialis za 6,14 % višje vrednosti T_c ($P = 0,079$). Pri mišici biceps femoris pa razlik nismo ugotovili.

Vidimo lahko, da imajo sarkopenični preiskovanci višje vrednosti Tc mišice vastus lateralis, a trend obstaja tudi pri mišici gastrocnemius medialis, tako da lahko hipotezo H₃ potrdimo za mišico vastus lateralis.

Pri H₂ smo predpostavili, da imajo sarkopenični preiskovanci višje relativne vrednosti Dm pri neposturalni mišici (biceps femoris) v primerjavi s posturalnimi mišicami (vastus lateralis, gastrocnemius medialis). Sarkopenični preiskovanci imajo višje vrednosti tako pri posturalni mišici vastus lateralis (32,23 %) kot pri neposturalni mišici biceps femoris (18,24 %), kjer je razvidno, da je efekt dvakrat višji pri posturalni mišici glede na neposturalno mišico. Poleg tega pri mišici gastrocnemius medialis ni statistično značilnih razlik, verjetno, kot smo že omenili, zaradi vsakodnevne večje obremenitve te mišice. Zaradi nižje vrednosti razlik Dm neposturalne mišice zavrnemo hipotezo H₂. Nižje relativne vrednosti Dm neposturalni mišici biceps femoris pa najverjetneje govorijo, da je mišica že med normalnim – nesarkopeničnim staranjem precej zapostavljena.

Pri H₄ smo predpostavili, da imajo sarkopenični preiskovanci višje relativne vrednosti Tc pri neposturalni mišici v primerjavi s posturalnimi mišicami. Sarkopenični preiskovanci imajo pri mišicah vastus lateralis (9,41 %) in gastrocnemius medialis (6,14 %) višje vrednosti Tc kot nesarkopenični preiskovanci, vendar pri mišici gastrocnemius medialis tega ne moremo statistično potrditi (P = 0,079). Pri mišici biceps femoris ni statistično značilnih razlik (P = 0,142). Nasprotno, kot smo navedli v hipotezi, lahko potrdimo, da sarkopenija bolj prizadene posturalne mišice kot neposturalne. Enake rezultate so dobili Rodriguez - Ruiz idr. (2013). Dognali so, da staranje najbolj prizadene ekstenzorje kolena, fleksorji kolena pa v prvih petih desetletjih življenja ostanejo enaki oziroma jim funkcija upade zelo malo, več pa v starosti. Rodriguez - Ruiz idr. (2013) pravijo, da glavne mišice, ki sodelujejo pri hoji, tj. plantarne upogibalke in iztegovalke kolena, hitreje izgubijo funkcionalno zmožnost od mišic, ki skrbijo za vzdrževanje ravnotežja.

Glede na rezultate je pri sarkopeniji najbolj prizadeta mišica vastus lateralis. Vsebuje namreč največ hitrih mišičnih vlaken. Zanimivo je, da je kljub svoji posturalni mišični naravi zelo nagnjena k atrofiji. To nakazuje, da v starosti bolj propadejo mišice, ki so bile v mladosti bolj pod stresom, kot pa mišice, ki so bile že v mladosti zanemarjene. To govori o nujnosti redne vadbe za ohranjanje mišične mase in funkcije skozi celotno obdobje staranja. Rodriguez - Ruiz idr. (2013) so prav tako ugotovili, da skozi proces staranja najbolj upade hitrost mišice vastus lateralis. Nasprotno našim ugotovitvam pa so ugotovili tudi upad mišice biceps femoris, vendar v manjši meri kot pri mišici vastus lateralis. Izgleda, da je mišica gastrocnemius medialis v vsakdanjem življenju dovolj obremenjena in pri sarkopeniji ni toliko prizadeta.

Kot vsaka raziskava, je imela tudi naša nekaj pomanjkljivosti. Imeli smo prenizko število moških preiskovancev in tako smo morali združiti spola. Prav tako je bilo število hudo sarkopeničnih zelo nizko in nismo mogli posamezno obravnavati te skupine. Slednje nam ni prineslo popolnih rezultatov in s tem večje občutljivosti analiz. Lahko pa povemo, da so se nakazovale istosmerne razlike, torej še večje razlike med hudo sarkopeničnimi in zdravimi, kot smo jih ugotovili v naših analizah, a tega zaenkrat še ne velja poročati. Ker niso vsi merjenci opravili vseh meritev, smo bili primorani nekatere izločiti iz raziskave. Tako smo še dodatno zmanjšali velikost vzorca, a smo kljub temu dosegli dobro raziskovalno moč ($P > 0,7$ pri vseh hipotezah).

Kot možna izboljšava bi lahko primerjali prisotnost sarkopenije pri vseh posameznikih z zlatim standardom za merjenje mišične mase (MRI). To bi zagotovo dvignilo natančnost klasifikacije preiskovancev, a bi znatno podražilo raziskavo, saj tovrstne analize presegajo 500 € po preiskovancu.

4.3 Dimenzioniranje vadbe moči starejšim

V raziskavi smo ugotovili, da najbolj atrofirajo mišice, ki so v mladosti bolj obremenjene; tj. v tem primeru vastus lateralis, medtem ko mečne mišice niti ne atrofirajo. Priporočeno vadbo za starostnike smo že opisali v uvodu, mi pa bomo dodali segment vadbe, ki je glede na naše rezultate najbolj priporočen pri preprečevanju in zdravljenju sarkopenije. Traywick, L. S. (2016) poudari, da bi morali krepiti vse glavne mišične skupine z napravami za fitnes, s prostimi utežmi ali z elastiko. Tudi pri ACSM (2016) dajejo poudarek na glavne mišične skupine. Svetujejo, naj starostniki začnejo z nizko intenzivnostjo, med vadbami moči naj bo vsaj 48 ur regeneracije, vmes pa naj bi izvajali preostale oblike aktivnosti – srčno-žilna vadba, vadba gibljivosti in nevromotorična vadba. Glede na mišice, ki najbolj atrofirajo, predlagamo vadbo moči, predvsem za stegenske mišice, pri čemer bi se bolj osredotočali na iztegovalke kolena. Predlagali smo vaje, ki jih lahko počnejo doma in so jim tako dostopnejše. Vaje naj izvajajo v dveh različicah – vadba za povečanje tonusa in eksplozivna vadba. Pri eksplozivni vadbi naj bodo še posebej pozorni na lastne zmožnosti in naj postopoma stopnjujejo eksplozivnost izvajanja gibov.

Za povečanje mišične mase izvajamo 8–12 ponovitev, 60–80 % največjega bremena. Izvajamo 3–5 serij, in sicer trikrat na teden. Za povečanje eksplozivnosti naj izvedejo 5 ponovitev, 35–50 % največjega bremena, pet serij, tj. vsaj enkrat tedensko.

- Izpadni korak (slika 7): osnovna postavitev je stabilna stoja v širini ramen. Za izvedbo vaje naredimo daljši korak naprej in se spustimo toliko navzdol, da se zadnje koleno skoraj dotakne tal. Prvo koleno se pri tem upogne za 90°, mora pa iti v smeri stopal, ki so obrnjena naprej. Iz tega položaja odrinemo nazaj v prvotni, stoječi položaj. Vajo ponovimo na nasprotni nogi. Zaradi nevarnosti padca predlagamo, da se vaja izvaja ob mizi oziroma ograji.

Slika 9: Izpadni korak



Vir: <http://modernmancollection.com/wp-content/uploads/2013/05/Body-Lunges.jpg>

- Počep (slika 8): stojimo rahlo širše kot v širini ramen. Začnemo z upogibanjem kolen proti tlor, kolikor zmoremo nizko. Pri tem je treba paziti, da ohranjamo ledveno krivino in gredo kolena v smeri stopal. Starejši naj vajo izvajajo ob stola, da se lahko ob kakršnemkoli slabem počutju usedejo.

Slika 10: Počep



Vir:

http://2.bp.blogspot.com/_1EmsgX2RU3Y/SRqyDzhy5DI/AAAAAAAAAwg/FAmpePIWwY0/s200/exercise+2.gif

- Upogib kolka z elastiko (slika 9): elastiko pričvrstimo za gleženj in jo na drugi strani fiksiramo v višini gležnja. Stojimo v širini bokov in izvedemo upogib kolka do horizontalne ravnine. Vajo ponovimo z drugo nogo. Zaradi varnosti naj se vaja izvaja ob ograji, da se lahko po potrebi primejo za oporo.

Slika 11: Izteg kolena z elastiko



Vir: <http://www.bodybuilding.com/exercises/detail/view/name/hip-flexion-with-band>

- Dvig bokov (slika 10): ležimo na hrbtu, eno nogo dvignemo od podlage, z drugo smo oprti v podlago s pokrčenimi koleni. Dvignemo boke in zadržimo tri sekunde.

Slika 12: Dvig bokov



Vir: <http://www.burnthefatinnercircle.com/members/images/1062d.jpg>

4.4 Sklep

V raziskavo smo vključili 148 preiskovank in 47 preiskovancev. Opravili smo funkcionalna testiranja, meritve TMG in antropometrične meritve. Po klasifikaciji preiskovancev v nesarkopenične in sarkopenične smo ugotavljali razlike v antropometričnih in funkcionalnih merah ter izvedli validacijo metode TMG. Pri analizi sarkopenije smo jih obravnavali ločeno po spolu, pri ugotavljanju veljavnosti TMG pa smo združili oba spola. Ugotovili smo, da so k sarkopeniji bolj nagnjeni moški. Prav tako imajo nižjo dovzetnost za sarkopenijo osebe z višjo telesno maso in večjimi obsegi ter s kožnimi gubami udov. Osebe z višjo pustjo in mišično maso imajo manj oziroma nimajo razvite sarkopenije. Med preiskovanimi mišicami – vastus lateralis, biceps femoris in gastrocnemius medialis – smo največje razlike med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi ugotovili v mišici vastus lateralis, najmanj pa v mišici gastrocnemius medialis. Dokazali smo, da imajo sarkopenični višje vrednosti Tc in Dm, kar bi lahko uporabili za nadaljnjo diagnostiko oziroma klasifikacijo. V nasprotju z zastavljenimi hipotezami smo ugotovili, da posturalne mišice bolj atrofirajo od neposturalnih.

Za enostavno določanje sarkopenije na osnovi TMG bi bilo tako najprimerneje vzeti mišici vastus lateralis in biceps femoris ter izpustiti mišico gastrocnemius medialis. Pri tej mišici namreč statistično ne moremo potrditi razlik med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci, ker je očitno dovolj obremenjena v vsakdanjem življenju. Tega ne moremo potrditi za hudo stopnjo sarkopenije, kar bi morali proučevati pri še nekoliko starejših preiskovancih. Tako bi pri diagnosticiranju sarkopenije med seboj primerjali ti dve mišici ter primerjali vrednosti Tc in Dm mišice vastus lateralis z referenčnimi vrednostmi nesarkopenične populacije. Za nadaljnje raziskave bi lahko primerjali vrednosti TMG z zlatim standardom in tako potrdili veljavnost metode TMG za dokazovanje sarkopenije.

5 REFERENCE

- ACSM (2016). ACSM issues new recommendations on quantity and quality of exercise. Pridobljeno 22. julija 2016 iz <http://www.acsm.org/about-acsm/media-room/news-releases/2011/08/01/acsm-issues-new-recommendations-on-quantity-and-quality-of-exercise>.
- Bautmans, I., Lambert, M. in Mets, T. (2004). The six – minute walk test in community dwelling elderly: influence of health status. *BMC Geriatrics*, 4:6.
- Bijlsma, A. Y. idr. (2012). Defining sarcopenia: the impact of the different diagnostic criteria on the prevalence of sarcopenia in a large middle aged cohort. *AGE*, 35(3): 871-881.
- Castillo, E. M. idr. (2003). Sarcopenia in elderly men and women: the Rancho Bernardo study. *American journal of preventive medicine*, 25(3): 226 – 231.
- Clark, B. C. in Manini, T. M. (2008). Sarcopenia ≠ Dynapenia. *Journal of Gerontology*, 63(8): 829-834.
- Cruz - Jentoft, A. J. idr. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing*, 39: 412 – 423.
- Dahmane, R. (2006). *Biomehanska analiza mišice biceps brachii starejših oseb s tenziomiografijo. Raziskovalno poročilo*, Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo.
- Davies, L. (2013). Short physical performance battery (SPPB) – protocol. *PROVE*. Pridobljeno 5. avgusta 2015 iz https://research.ndorms.ox.ac.uk/prove/documents/assessors/outcomeMeasures/SPPB_Protocol.pdf.
- DiGirolamo, D. J., Girgis, C. M. in Mokbel, N. (2014). Therapies for musculoskeletal disease: Can we treat two birds with one stone? *Current osteoporosis reports*, 12(2): 142 – 153.
- Doherty, T. (2003). Invited review: Ageing and sarcopenia. *Journal of applied physiology*, 95: 1717 – 1727.
- Dovnik, M. (2013). *Kineziološki pristop k obravnavi osteoporoze in sarkopenije*. Diplomsko delo, Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Drury, D. G. in Stuempfle, K. J. (2007). The Physiological Consequences of Bed Rest. *Journal of exercise physiology*, 10(3): 32 – 41.
- English, K. L. in Paddon-Jones, D. (2010). Protecting muscle mass and function in older adults during bed rest. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 13(1): 34 – 9.
- Frontera, W. R. idr. (2000). Ageing of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *Journal of applied physiology*, 88: 1321 – 1326.
- Frontera, W. R., Meredith, C. N., O'Reilly, K. P., Knuttgen, H. G. in Evans, W. J. (1988).

- Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of applied physiology*, 64(3): 1038 – 1044.
- Gallagher, D. idr. (1997). Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender and ethnicity. *Journal of applied physiology*, 83(1): 229 – 239.
- Häkkinen, K. idr. (1998). Changes in agonist – antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle – aged and older people. *Journal of applied physiology*, 84(4): 1341 – 1349.
- Iannuzzi – Sucich, M., Prestwood, K. M. in Kenny, A. M. (2002). Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. *Journal of gerontology*. 57A(12), 772 – 777.
- Jakovljević, M. in Knific, T. (2015). *Test telesne pripravljenosti za starejše (Senior fitness test – SFT)*. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
- Koren, K. (2015). *Biomehanske in geometrijske prilagoditve skeletne mišice na 14-dnevno horizontalno ležanje in aktivno rehabilitacijo pri starejših preiskovancih*. Doktorska disertacija, Koper: Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije, Aplikativna kineziologija.
- Kwan, P. (2013). Sarcopenia, a neurogenic syndrome? *Journal of ageing research*.
- Lynch, G. S. (2011). *Sarcopenia – Age-related muscle wasting and weakness: mechanisms and treatments*. Dordrecht: Springer, cop.
- Pišot, R. idr. (2008). Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bed rest. *European journal of applied physiology*, 104(2): 409-414
- Martin – Ponce, E. idr. (2014). Prognostic value of physical function tests: hand grip strength and six – minute walking test in elderly hospitalized patients. *Scientific reports*, 4:7530.
- Morley, J. E. idr. (2011). Sarcopenia with limited mobility: an international consensus. *Journal of the american medical directors association*, 12(6), 403 – 409.
- Pahor, M, Manini in Cesari, M. (2009). Sarcopenia: clinical evaluation, biological markers and other evaluation tools. *Journal of nutrition health and ageing*, 13(8): 724 – 728.
- Proctor, D. N., Balagopal, P. in Nair, K. S. (1998). Age – related sarcopenia in humans is associated with reduced synthetic rates of specific muscle proteins. *Journal of nutrition*, 128:351 – 355.
- Rodriguez – Ruiz, D. idr. (2013). Effects of age and physical activity on response speed in knee flexor and extensor muscles. *European group for research into elderly and physical activity*. 10: 127 – 132.
- Romih, B. (2005). *Biomehanska analiza mišice biceps brachii starejših oseb s tenziomiografijo*. Diplomsko delo, Ljubljana: Visoka šola za zdravstvo.
- Rosenberg, I. H. (1989). Summary comments. *American journal of clinical nutrition*, 50: 1231-1233.

- Roubenoff, R. (2003). Sarcopenia: Effects on body composition and function. *Journal of gerontology*, 58A(11): 1012 – 1017.
- Rubbieri, G., Mossello, E. in Di Bari, M. (2014). Techniques for the diagnosis of sarcopenia. *Clinical cases in mineral and bone metabolism*, 11(3): 181 – 184.
- Šimunič, B. (2012). Between-day reliability of a method for non-invasive estimation of muscle composition. *Journal of electromyography and kinesiology*, 22(4): 527-530.
- Šimunič, B. idr. (2008). Odziv sestave telesa, mišine togosti in ravnotežja po 35 – dnevni odsotnosti gibanja pri mladih in zdravih preiskovancih. *Zdravstveno varstvo*, 47: 60 – 71.
- Šimunič, B., Degens, H., Rittweger, J., Narici, M. V., Mekjavić, I. B. in Pišot, R. (2011). Noninvasive estimation of myosin heavy chain composition in human skeletal muscle. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9): 1619-1625.
- Šimunič, B., Rozman, S. in Pišot, R. (2005). Detecting the velocity of the muscle contraction. *III international symposium of new technologies in sport, Sarajevo*.
- Štibelj, U. (2013). *Učinek šesttedenske vadbe na nekatere gibalne in aerobne sposobnosti starostnikov*. Diplomsko delo, Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Tous – Fajardo, J. idr. (2010). Inter – rater reliability of muscle contractile property measurements using non – invasive tensiomyography. *Journal of electromyography and kinesiology*. 20(4), 761 – 766
- Traywick, L. S. (2016). Exercise recommendation for older adults. Pridobljeno 22. julija 2016 iz http://www.todaysgeriatricmedicine.com/news/ex_092210_03.shtml.
- Uezima, C. B. idr. (2015). Muscle quality evaluated by ultrasound and changes related to to age and body mass index. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 6(4): 398 – 509.

PRILOGE

Priloga 1: Razlike v parametrih TMG med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci

	Stanje sarkopenije	N	Povprečje	Standardna		P	Velikost efekta
				Standardna deviacija	napaka merjenja		
Biceps femoris Td	Normalna	100	28,75	4,03	0,40	0,128	-
	Zmerna	65	27,89	5,61	0,70		
Biceps femoris Tc	Normalna	100	44,30	12,70	1,27	0,142	-
	Zmerna	65	42,23	10,84	1,34		
Biceps femoris Ts	Normalna	100	233,94	102,34	10,23	0,157	-
	Zmerna	65	219,84	56,79	7,04		
Biceps femoris Tr	Normalna	100	85,62	47,81	4,78	0,077	-
	Zmerna	65	76,09	30,04	3,73		
Biceps femoris Dm	Normalna	100	6,58	3,26	0,33	0,015	0,35
	Zmerna	65	7,78	3,66	0,45		
Gastrocnemius medialis Td	Normalna	109	21,12	2,01	0,19	0,033	0,28
	Zmerna	70	21,71	2,25	0,27		
Gastrocnemius medialis Tc	Normalna	109	29,80	7,93	0,76	0,079	-
	Zmerna	70	31,63	9,06	1,08		
Gastrocnemius medialis Ts	Normalna	109	219,43	57,01	5,46	0,043	0,26
	Zmerna	70	206,25	35,98	4,30		
Gastrocnemius medialis Tr	Normalna	109	60,16	54,39	5,21	0,228	-
	Zmerna	70	54,84	29,67	3,55		
Gastrocnemius medialis Dm	Normalna	109	3,92	1,66	0,16	0,365	-
	Zmerna	70	4,01	1,59	0,19		
Vastus lateralis Td	Normalna	102	22,24	2,23	0,22	0,023	0,31
	Zmerna	69	22,91	1,95	0,23		
Vastus lateralis Tc	Normalna	102	23,06	4,41	0,44	0,002	0,46
	Zmerna	69	25,23	4,85	0,58		
Vastus lateralis Ts	Normalna	102	148,21	62,78	6,22	0,001	0,51
	Zmerna	69	182,30	69,33	8,35		
Vastus lateralis Tr	Normalna	102	91,05	51,28	5,08	0,010	0,37
	Zmerna	69	110,82	56,34	6,78		

Priloga 1: Razlike v parametrih TMG med sarkopeničnimi in nesarkopeničnimi preiskovanci

Vastus	Normalna	102	3,91	1,53	0,15		
lateralis Dm	Zmerna	69	5,17	1,93	0,23	< 0,001	0,70
