

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Jakob Bužan

**PRIMERJAVA FUNKCIJE SKELETNE
MIŠICE MED ŠPORTNIKI IN
NEŠPORTNIKI STAROSTNIKI**

Diplomska naloga

Koper, september 2015

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Smer študija

APLIKATIVNA KINEZILOGIJA

**PRIMERJAVA FUNKCIJE SKELETNE
MIŠICE MED ŠPORTNIKI IN
NEŠPORTNIKI STAROSTNIKI**

Diplomska naloga

MENTOR
izr. prof. dr. Boštjan Šimunič

Avtor
JAKOB BUŽAN

Koper, september 2015

Ime in PRIIMEK: Jakob Bužan

Naslov diplomske naloge: Primerjava funkcije skeletne mišice med športniki in nešportniki starostniki

Kraj: Koper

Leto: 2015

Število listov: 37 Število slik: 10 Število tabel: 2

Število prilog: 0 Št. strani prilog: 0

Število referenc: 46

Mentor:izr. prof. dr. Boštjan Šimunič

Somentor:

UDK:

Ključne besede: sarkopenija, športniki starostniki, skeletna mišica, vadba, staranje, mišična masa

Povzetek:

Ugotavljali smo razlike v funkcionalnosti skeletne mišice med športniki starostniki in kontrolno skupino neaktivnih starostnikov. Podatke nešportnikov smo pridobili iz obstoječe literature, podatke športnikov starostnikov pa smo pridobili z meritvami 11 moških članov Veteranskega atletskega društva iz Ljubljane (povprečna starost: $64,5 \pm 9,8$ let). Vsem smo izmerili: % maščobne mase v telesu (z bioimpedanco), največjo izometrično kontrakcijo iztegovalk kolena in upogibalk rok ter silovitost stiska pesti obeh rok (z dinamometrijo), eksplozivno moč celega telesa (skok z nasprotnim gibanjem) in kontraktilne lastnosti mišic vastus lateralis, biceps femoris in gastrocnemius medialis (s tenziomiografijo). Ugotovili smo, da imajo športniki starostniki, glede na nešportnike, 48% višjo relativno eksplozivno moč ($p= 0,001$), 22% višjo silovitost stiska pesti ($p= 0,008$), za 10% krajši čas krčenja mišice biceps femoris ($p<0,001$). Ugotovitve nakazujejo morebitne učinke redne športne vadbe na funkcijo skeletnih mišic, a je vzročnost še potrebno potrditi.

Name and SURNAME: Jakob Bužan

Title of bachelor thesis: Comparison of master athletes and non-athletes in skeletal muscle function

Place: Koper

Year: 2015

Number of pages: 37 Number of pictures: 10 Number of tables: 2

Number of enclosures: 0 Number of enclosure pages: 0

Number of references: 46

Mentor: izr. prof. dr. Boštjan Šimunič

Co-mentor:

UDK:

Key words: sarcopenia, master athletes, skeletal muscle, exercise, muscle mass

Abstract: We aimed to identify the functional differences of the skeletal muscle function between the master athletes and the elderly untrained population. The data of the untrained elderly population was retrieved from the literature, while the master athletes results were obtained from 11 male members of the Veteran Athletics Association in Ljubljana (in average $64,5 \pm 9,8$ years old). In each individual we measured the % of body fat mass (using bioimpedance), the maximum isometric contraction of the knee extensor and arm flexors, the grip strength (using dynamometry), the whole body explosive power (countermovement jump) and finally the contractile properties of the vastus lateralis muscle, biceps femoris muscle and gastrocnemius medialis muscle (using tensiomyography). We have found that the master athletes have 48% higher whole body relative explosive power ($p = 0.001$), 22% higher values of grip strength ($p = 0.008$) and 10% lower contraction time of biceps femoris muscle ($p < 0.001$), comparing to the non-athletes. The findings suggest the potential effects of regular sport exercise on skeletal muscle function, but the causality has yet to be confirmed.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKE NALOGE

Podpisani Jakob Bužan študent dodiplomskega študijskega programa 1. stopnje Aplikativna kineziologija,

izjavljam,

da je diplomska naloga z naslovom Primerjava funkcije skeletne mišice med športniki in nešportniki starostniki

- 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 Kopru, dne 16.9.2015

ZAHVALA

Diplomsko delo je bilo napisano z aktivnim sodelovanjem s prof. dr. Boštjanom Šimuničem, kateremu se iskreno zahvaljujem. Zahvaljujem se tudi vsem profesorjem, asistentom in študentom, ki so pomagali pri izvedbi meritev.

Hvala tudi družini in puncu za spodbudo pri dokončanju študija.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	10
1.1 Staranje	10
1.2 Sarkopenija in dinapenija	11
1.2.1 Merjenje sarkopenije	12
1.3 Vpliv staranja na skeletno mišico	13
1.4 Mišična sestava	14
1.4.1 Satelitske celice in število mišičnih jeder	15
1.4.2 Spremembe v mišični arhitekturi	15
1.4.3 Etiologija sarkopenije	16
1.5 Vpliv vadbe na staranje	17
1.5.1 Športniki starostniki	18
1.5 Cilji	20
1.6 Hipoteze	20
2 METODE	21
2.1 Vzorec merjencev	21
2.2 Merilni postopki	22
2.3 Obdelava ter statistične metode	23
3 REZULTATI	23
3.1 Opisne vrednosti preiskovancev	24
3.2 Maščobna masa	25
3.3 Relativna eksplozivna moč	26
3.4 Silovitost stiska pesti	27
3.5 Čas krčenja skeletnih mišic	28
3.6 Silovitost rok in nog	30
4 DISKUSIJA	31
4.1 Maščobna masa	31
4.2 Eksplozivna moč	31
4.3 Silovitost stiska pesti	32
4.4 Čas krčenja skeletnih mišic	32
4.5 Največja silovitost nog in rok	32
5 LITERATURA	33

KAZALO SLIK

Slika 1: dejavniki sarkopenije.....	17
Slika 2: parametri mišičnega krčenja	22
Slika 3: primerjava % telesne maščobne mase med kontrolno skupino in športniki starostniki	25
Slika 4: primerjava relativne eksplozivne moči skoka v višino med kontrolno skupino in športniki starostniki	26
Slika 5: primerjava sile stiska pesti s povprečjem obeh rok med kontrolno skupino in športniki starostniki	27
Slika 6: primerjava časa krčenja mišice vastus lateralis med kontrolno skupino, anaerobnimi športniki in aerobnimi športniki starostniki.....	28
Slika 7: primerjava časa krčenja mišice biceps femoris med kontrolno skupino, anaerobnimi športniki in aerobnimi športniki starostniki.....	28
Slika 8: primerjava časa krčenja mišice gastrocnemius medialis med kontrolno skupino, anaerobnimi športniki in aerobnimi športniki starostniki.....	29
Slika 9: rezultati največjega navora iztegovalk kolena dominantne noge kontrolne skupine	30
Slika 10: rezultati največjega navora upogibalk komolca dominantne roke kontrolne skupine	30

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: 5 metod s katerimi lahko ugotovimo sarkopenijo</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 2: Povprečne vrednosti (M) s standardno deviacijo (SD) vzorca 11 športnikov starostnikov.</i>	<i>24</i>

1 UVOD

1.1 Staranje

Staranje je proces, ki prizadene vse večcelične organizme in vodi v upad fizioloških funkcij, tako na celični ravni kot na ravni posameznega organa in navsezadnje na ravni celotnega organizma, kar lahko privede do odpovedi življenjskih funkcij in smrti. Povprečna življenjska doba se je skozi različna zgodovinska obdobja spreminjala; pred 3 milijardami let so živeli le približno 20 let, danes pa se je zaradi boljše kvalitete življenja in napredka v znanosti povprečna življenjska doba povišala na 68 let. Prav zaradi tega se v 50 letih pričakuje, da se bo število Evropejcev starejših od 65 let skoraj podvojilo.

Staranje je napredujoč proces, a potrebno je vedeti, da ga lahko upočasnimo, in sicer tudi tako, da lahko delno vplivamo na okolje v katerem živimo. Še več - bistveno lahko vplivamo na naše življenjske navade in tako poskrbimo da negativni učinki staranja napredujejo počasneje. To pomeni, da lahko posamezniki ohranijo višji nivo psihofizičnih sposobnosti in tako živijo bolj kakovostno življenje (Poljšak in Lampe, 2011). Gibalna neaktivnost predstavlja vedno večjo skrb javnega zdravstva, poleg tega pa postaja pomemben dejavnik tveganja za globalno umrljivost. Dolgotrajna obdobja gibalne neaktivnosti so pogostejša pri starejših ljudeh, katera lahko komplementarno samemu staranju povzročijo še večje izgube fizioloških in kognitivnih funkcij ter posledično izgubo neodvisnosti (Nybo H., in drugi, 2003).

Posledice staranja prinašajo biološke, psihološke in socialne spremembe posameznika. Biološke spremembe se kažejo v morfoloških in funkcionalnih spremembah organizma. Prav tako vpliva na posameznikovo osebnost in položaj v družbi. Različne metode, ki vodijo k vzdrževanju mišične mase predstavljajo vrsto drugih prednosti poleg same izboljšave mišične mase, kot so: okrepitev mineralne gostote kosti, vezivnega tkiva, ravnotežja, izboljšave glikemije, boljši spanec, duševno zdravje, lažjanje bolečin artritisa, ter povečanje energijske porabe za učinkovitejši nadzor telesne teže kot tudi izboljšava mehanizmov proti razširjanju sindroma krhkosti (Šimunič in Pišot, 2015).

1.2 Sarkopenija in dinapenija

Staranje je povezano s hitro progresivno izgubo mišične mase (*Arampatzis idr., 2011*), kar danes poznamo pod terminom sarkopenija in funkcije kar je poznano kot dinapenija (*Clark idr., 2008*). Tako sarkopenija kot dinapenija so posledica fiziološkega staranja in ne zahtevajo patoloških dejavnikov, čeprav je izguba mišične mase intenzivnejša pri kroničnih bolnikih (*Roubenoff, 2000*). Sarkopenija in dinapenija sta procesa, ki nastopita intenzivneje po 50. letu starosti, in sicer od -1 do -1.5% izgube na leto (*Janssen idr., 2000*), oziroma 3-4% izgube eksplozivne moči letno (*Strojnik, 2010*). Pri sarkopeniji mišična masa upade po celotnem telesu, v zgornjih in spodnjih udih in tudi na mišicah iztegovalkah in upogibalkah (*Kristan, 2011*).

Dejavniki, ki prispevajo k nastajanju sarkopenije so: hormonski, nevrološki, imunološki in nutricionistični dejavniki ter fizična (ne)aktivnost (*Narici in Maffull, 2010*). Med nevrološkimi in hormonskimi mehanizmi, ki vodijo k sarkopeniji navajamo starostno povezano upadanje alfa-motoričnih nevronov, manjša sekrecija rastnih hormonov in spolnih hormonov ter povečanje produkcije katabolitnih citokinov. Dejavniki, odvisni od posameznikovega načina življenja, ki lahko pripomorejo k izgubi mišične mase pa so sedimentalnost, neprimeren energijski vnos in manjši vnos beljakovin ter pozitivna energijska bilanca.

Globalno zmanjšanje mišične mase je odvisno tudi od telesne mase in zajema mnoge druge fiziološke spremembe, kot so zmanjšana kostna gostota, manjša aerobna kapaciteta, povečana občutljivost za inzulin, povečanje maščobnega tkiva in s tem nižji bazalni metabolizem pri starostnikih. Poraba energije tako upade za približno 15% med tretjim in osmim desetletjih življenja. Vzročne povezave žal še niso povsem objasnjene (*Navvaro idr., 2001*).

Za razliko od sarkopenije je manj znan pojem dinapenija, ki ga prvič predstavita Clark in Manini (2008). Pomembno se je zavedati, da sarkopenija in dinapenija nista nujno vzporedna procesa in zato nimata enakih dejavnikov in mehanizmov. Sta pa brez dvoma povezana (*Clark in Manini, 2012*). Dinapenija je s starostjo povezana izguba mišične moči oz. funkcije, ki ni posledica nevroloških ali mišičnih bolezni. Še posebej prizadene starejšo populacijo, prav zato imajo posamezniki povečano tveganje za omejeno mišično funkcionalnost in navsezadnje tudi povečano mortaliteto. V zadnjih desetletjih se je literatura v veliki meri

osredotočala na mišični volumen kot primarni vzrok za dinapenijo, vendar novejše raziskave jasno dokazujejo, da ima mišični volumen relativno majhno vlogo.

Posledice dinapenije so zaskrbljujoče. Povečuje tveganje za nastanek telesnih okvar, različnih drugih bolezni in invalidnosti (Lauretani idr., 2003), slabo telesno zmogljivost (Nybo idr., 2003), zato vsekakor slabo vpliva na način in kvaliteto življenja in omejuje vsakdanje življenjske navade, njena končna posledica pa je hitrejša smrt. Na primer, v nedavni meta-študiji so ugotovili relativno tveganje za dinapenijo v naslednjih dejavnikih: nizka raven mišične moči, slaba telesna zmogljivost in/ali telesna invalidnost (Clark in Manini, 2012).

1.2.1 Merjenje sarkopenije

Trenutno ne obstajajo striktno določene metode za merjenje sarkopenije, čeprav v različnih izvedenih študijah navajajo več metod za merjenje mišične mase in mišične funkcije. Te bi lahko povzeli med tri različne pristope:

- (a) primerjava standardizirane mišične mase (s pomočjo bienergijske rentgenske absorpciometrije ali bio-impedančne analize) posameznikov z vrednostmi mlajših referenčnih populacij;
- (b) primerjava posamezne vrednosti mišične funkcije z referenčnimi vrednostmi mlajših populacij;
- (c) kombinacija obojega - mišične mase in funkcije.

Predlaganih je bilo sedem razvitih metod (tabela 1) za diagnosticiranje sarkopenije, vendar je le malo dokazov o njihovi ponovljivost. V študiji iz leta 2013 je bilo od vseh udeležencev le 0,2% udeležencev diagnosticiranih s sarkopenijo s strani vseh sedmih metod, kar vodi do zaključka, da je razširjenost sarkopenije močno odvisna od metode, ki se uporablja za diagnozo in zato te opredelitve niso klinično primerne oziroma dovolj zanesljive. Metoda, ki se uporablja pri diagnozi sarkopenije, mora zato biti vedno poročana (Bijlsma idr., 2013).

Tabela 1: 5 metod s katerimi lahko ugotovimo sarkopenijo

Meritev	Vir
	(Baumgartner idr., 1998) in
PMM/TV ²	(Delmonico idr., 2007) in (Kelly idr., 2009)
Ostanki linearne regresije PMM z TV in MM	(Delmonico idr., 2007)
100% × SMM/TM	(Jansenn idr., 2002)
SMM/TV ²	(Janssen idr., 2004)
Optimalna mejna točka za moč oprijema, opredeljena s krivuljo ROC, pri hoji počasnejši od 0,8 m / s	(Lauretani idr., 2003)

Kratice: PMM – pusta mišična masa udov; SMM – skeletna mišična masa; TV – telesna višina; TM – telesna masa; MM – maščobna masa

1.3 Vpliv staranja na skeletno mišico

Skeletna mišica je največji organ našega telesa in je skupaj z živčnim sistemom odgovorna za gibanje, pokončno držo in dihanje. Mišične razlike v arhitekturi vlaken, distribuciji tipa vlaken in velikosti motoričnih enot izražajo veliko variabilnost med anatomsko opredeljenimi skeletnimi mišicami. Skeletno mišično tkivo je razvojno organiziran niz anatomskih enot, oživčen z izbranimi skupinami nevronov v hrbtenjači (Navvaro idr., 2001). Vsaka mišica je po rojstvu preoblikovana preko sekundarne hipertrofije. Obstajajo številni dejavniki odgovorni za postopno izgubo mišične mase, moči, vzdržljivosti in hitrosti mišičnega krčenja (Navvaro idr., 2001). Selektivna atrofija hitrih vlaken, izguba motornih enot in povečanje hibridnih vlaken so značilne fiziološke posledice staranja (Narici in Maffulli, 2010). Strukturne in funkcijske spremembe v mišicah se pri procesu staranja pojavijo praktično v vsakem organizmu. Strukturne spremembe mišice zaradi staranja vključujejo: zmanjšano število mišičnih vlaken; pojav sarkopenije

ali upad mišične mase - s staranjem ni povezana zgolj izguba mišične mase temveč tudi upočasnjevanje mišice in s tem izguba mišične moči (Arampatzis idr., 2011; Degens, 2007); in spremembe v mišični strukturi (prevladajo mišična vlakna tipa I). Te spremembe nosijo posledice: večja odpornost na inzulin, manjša mišična moč in manjša aerobna kapaciteta (Nair, 2005). Posledica vseh teh sprememb v starosti je slabša sposobnost ravnotežja, hitrosti hotenih gibov, poveča se tveganje padca in z njim tudi poškodbe (onemogočenje gibanja) in tveganje smrti (Degens, 2007), kar je še posebej problematično v starajoči se populaciji.

Vzporeden dejavnik staranja je torej tudi zmanjševanje gibalne aktivnosti zaradi zgoraj naštetih možnih posledic, ampak gibalna neaktivnost ne more biti edini dejavnik izgube mišične mase in funkcije, saj se s staranjem sestava skeletne mišice vrši v smeri od tipa 2 proti tipu 1, medtem ko se sestava zaradi neuporabe mišice vrši od tipa 1 proti tipu 2 (Degens, 2007). Izguba motoričnih nevronov je večja pri tipu 2, medtem ko se motorične enote tipa 1 združujejo (Degens, 2007). Ker pa so vlakna tipa 2 bolj elastična, se ob povečevanju deleža vlaken tipa 1 mišici povečuje togost (Arampatzis idr., 2011). Zaradi omenjenih procesov se spremeni tudi vezivno tkivo, kar pomeni, da s starostjo postanejo tetive bolj elastične, kar vodi v skrajšanje dolžine mišičnih snopičev in s tem zmanjšanje zaporednih sarkomer, kar vodi na koncu v manjšo hitrost krčenja mišice (Degens, 2007).

Upad sposobnosti skeletnih mišic v poznem življenjskem obdobju lahko za posameznika v končni fazi pomeni popolno spremembo življenjskega sloga, v katerem postane povsem odvisen od pomoči drugih. Bolj kot je gibanje omejeno, bolj se poveča hitrost upada mišične mase. V primerjavi z izgubo mišične mase je izguba mišične moči še večja (Degens, 2007).

1.4 Mišična sestava

Zmanjšanje mišične mase, ki povzroča sarkopenijo vključuje zmanjšanje velikosti mišičnih vlaken (atrofija) kot tudi njihovega števila (hipoplazija). Zaradi tega se sarkopenija bistveno razlikuje od vrste atrofije, ki nastopi zaradi nerabe mišic, katera vključuje le zmanjšanje velikosti vlaken, vendar ne tudi njihovega števila. Dokazano je, da imajo vlakna tipa II s staranjem višjo tendenco k atrofiji kot vlakna tipa I. V eni izmed prvih študij na to temo, ki je proučevala starejše posameznike, stare med 55-60 let, so ugotovili, da so območja, ki jih zasedajo vlakna tipa I in vlakna tipa II za -23% (tip I) oz. za -42% (tip II) manjša kot pri populaciji v 20-29

letu starosti. Vezano na ta študij je bilo dokazano (Lexel idr., 1983), da je vrednost presečnih vlaken tipa II pri 80-letnikih, za -26% manjša od vrednosti 20-letnikov, ter, da ni razlike v presečnih vrednosti vlaken tipa I med omenjenimi starostnimi skupinami. Kar se tiče s staranjem povezanega upadanja števila mišičnih vlaken, obstajajo dokazi iz presečnih morfoloških raziskav, da je število mišičnih jeder precej konstantno do šestega desetletja starosti, vendar se v obdobju med 60 in 80 leti zmanjša na kar 50% (Narici in Maffull, 2010).

1.4.1 Satelitske celice in število mišičnih jeder

Mišična vlakna so velike večjederne celice. Vsako mišično jedro nadzoruje določeno količino citoplazme, znano kot nuklearno področje. Da bi ohranili konstanto na jedrskem področju, spremembe velikosti mišičnih vlaken posledično pripomorejo k sorazmerni spremembi pri številu mišičnih jeder. Dosedanje študije, izvedene predvsem na glodalcih, temeljijo na konvencionalni histologiji mišičnih presekov, opazovanih pod svetlobnim mikroskopom in poročajo, da se z mišično hipertrofijo število mišičnih jeder poveča preko darovanja jeder iz satelitskih celic, kjer se pri atrofiji število mišičnih jeder poveča preko apoptoze. Vpad števila mišičnih jeder z mišično atrofijo je bilo mogoče najti le pri glodalcih in ne pri človeku. Z uporabo in-vivo časovnega slikanja posameznih vlaken, ni bila zaznana nikakršna izguba mišičnih jeder v mišji denervirani mišici, kljub -50% zmanjšanju volumna mišičnih vlaken (Narici in Maffulli, 2010).

1.4.2 Spremembe v mišični arhitekturi

Morfološke spremembe skeletnih mišic, povezane s sarkopenijo ne vključujejo samo zmanjšanje mišičnega prečnega preseka in obsega, ampak tudi celotno preoblikovanje mišične arhitekture. Mišična arhitektura nam opisuje prostorsko razporeditev mišičnih vlaken znotraj določene mišice in je glavni dejavnik mišičnih mehanskih lastnosti, kot so na primer razmerja med dolžino in silo ter hitrostjo in silo (Narici in Maffull, 2010). Mišična sila je namreč odvisna od števila vzporednih sarkomer ter od mišičnega preseka, medtem, ko je hitrost maksimalnega krčenja odvisna od števila zaporednih sarkomer, kot tudi od same dolžine vlaken. V zadnjih 20 letih se je povečalo zanimanje in s tem število študij o mišični arhitekturi, preiskanih in-vivo z uporabo ultrazvočnega slikanja. Z uporabo te metode na mišici

gastrocnemius pri mladih in starostnikih so (Narici in Maffull, 2010) prvič poročali, da se tako dolžina fascikla mišičnih vlaken, kot tudi njihov penacijski kot zmanjšuje s staranjem. Zmanjšanje dolžine fascikla pomeni izgubo zaporednih sarkomer in napoveduje izgubo v hitrosti mišičnega krčenja, ker se zmanjšanje penacijskega kota odraža kot izguba vzporednih sarkomer, v mišičnem preseku in v mišični sili. Ker je mišična moč produkt sile in hitrosti, imajo spremembe v mišični arhitekturi pomembno vlogo pri izgubi mišične sile in moči pri starostnikih.

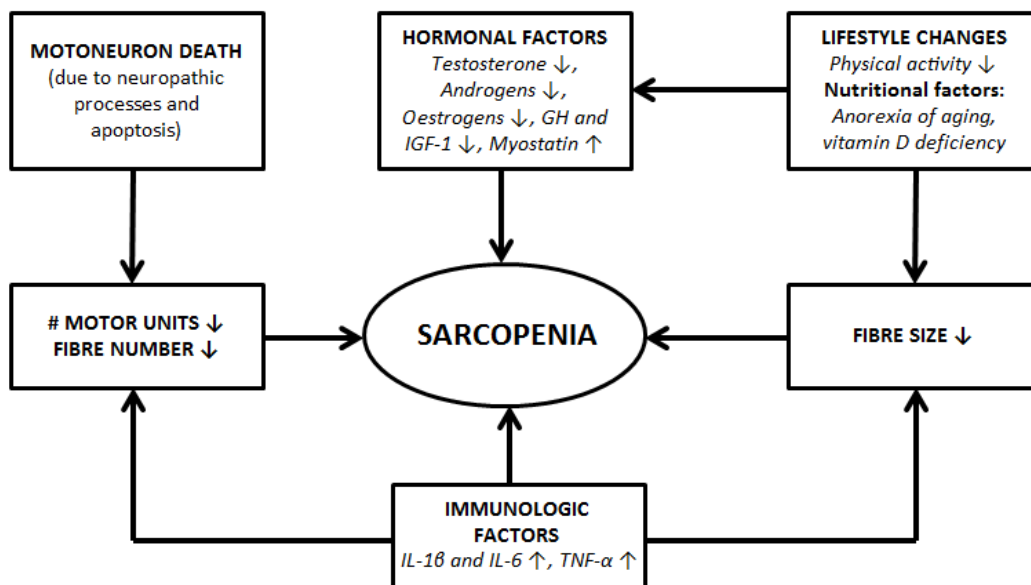
V študiji so (Thom idr., 2007) primerjali lastnosti povezane s silo in hitrostjo pri mišici gastrocnemius pri mladih in starejših moških in ugotovili, da po normalizaciji hitrosti krčenja vlaken, so krajša vlakna predstavljala približno 16% razlike glede na maksimalno hitrost krčenja, medtem ko po normalizaciji navora k fiziološkem preseku, so manjši deli fiziološkega preseka predstavljali približno 10% razliko v največji izometrični sili. Dejanski vzroki sprememb v mišični arhitekturi so izvedeni z namenom, da bi preoblikovali skeletno mišico, ko jo prizadene atrofija. Zmanjšanje penacijskega kota je mogoče pojasniti kot evolucijski pojav, ki je privedel do razvoja penacije mišice. To je zato, ker je penacijska postavitev mišičnih vlaken odziv na zahteve za zavzemanje toliko kontraktilnega tkiva, kolikor je mogoče vzdolž tetive aponevroze za ustvarjanje velikih sil. Manjši kot je kot penacije, hitrejša kontrakcija je mišica sposobna. Z mišično hipertrofijo penacijski kot narašča. Ko se z atrofijo izgubi mišično tkivo, se kontraktilno tkivo vzdolž tetive aponeuroze zmanjša (Narici in Maffull, 2010).

1.4.3 Etiologija sarkopenije

Je precej zapletena, saj vključuje spremembe centralnega in perifernega živčnega sistema, hormonske, hranilne, imunološke spremembe ter spremembe same gibalne aktivnosti (Slika 1). Med temi dejavniki, so nevropatski procesi med najpomembnejšimi vzroki odgovorni za motonevronske degeneracije in denervacije mišičnih vlaken, kar povzroča izgubo motoričnih enot.

Skozi celotno življenjsko obdobje, skeletna mišica neprekinjeno opravlja cikel denervacije in reinervacije, vendar se v starosti zdi, da proces reinervacije ne more dohajati procesa denervacije in tako prispeva k izgubi motoričnih enot. Čeprav longitudinalne študije niso bile sposobne določiti časovnega potega teh dogodkov, presečne študije kažejo, da so razmerja motonevronske oz. motorične enote dobro vzdrževane do sedmega desetletja, nato pa hitro upadajo (Narici in Maffull, 2010).

Slika 1: dejavniki sarkopenije



Vir: (Narici in Maffull, 2010)

1.5 Vpliv vadbe na staranje

Telesno vadbo opredeljujemo kot namensko gibalno/športno dejavnost, ki je običajno strukturirana in služi krepitvi oz. izboljševanju posameznikovega zdravja. Telesna dejavnost blagodejno vpliva na biopsihosocialni status posameznika. S primerno načrtovanim obsegom in intenzivnostjo vadbe vplivamo na vseh šest osnovnih sistemov biološke (telesne) podlage organizma (srčno-žilni, dihalni, mišično-skeletni, živčni, hormonalni in energijski sistem). Z vadbo razvijamo in vzdržujemo človekove gibalne sposobnosti. Vadba ima velik vpliv na psihične procese (miselne, čustvene in motivacijske) in velik socialni pomen, vsi tej dejavniki pa so med seboj povezani (Petavs idr., 2008).

Gibalno/športno aktivnost opredeljujemo kot individualno ali kolektivno gibalno in/ali športno aktivnost, v katere okvir sodijo tako aktivnosti v prostem času, v šoli, pri delu kot tudi aktivnosti z namenom približevanja ciljem vsakodnevnih nujnih in načrtovanih dejavnosti posameznika. Gre za namensko gibalno/športno aktivnost, ki je običajno strukturirana in služi izboljševanju posameznikove gibalne učinkovitosti, njegovega zdravja ter splošnega počutja in pripravljenosti (Završnik in Pišot, 2005). Vadba vključuje sestavljeno in strukturirano gibalno/športno aktivnost. Ta je običajno nadzirana, njeno vodilo pa je ohranjanje ali razvijanje motorične učinkovitosti, s ciljem doseganja športnega rezultata (Pišot, 2004).

Ker je preučevanje vpliva športne aktivnosti na telo dokaj novo področje znanstvenih raziskav, se strokovnjaki sprašujejo, kakšne posledice lahko ima različna športna vadba (anaerobna in aerobna športna vadba) na delovanje organizma oz. na vpogled in nadzor različnih bolezni, ki lahko nastanejo v starosti. Prav tako se znanstveniki zavzemajo za ustvarjanje načrta za vadbo v preventivne namene v primeru funkcionalnih okvar ali invalidnosti. Ker strokovnjaki sklepajo, da športna vadba pozitivno vpliva na delovanje funkcij mišičnih mitohondrijev, pomeni da lahko vadba upočasni ali prepreči odpornost na inzulin in s tem pojav nekaterih metabolnih bolezni, ki povečujejo verjetnost za srčno-žilne probleme pri starostnikih (Nair, 2005). Dokazano je, da ima gibalna/športna aktivnost pozitiven vpliv na ohranjanje moči in mišične mase skeletnih mišic (Donald idr., 2007). Progresivna vadba z bremenom lahko pripomore k znatnem povečanju moči in mišične mase, tudi pri najstarejših bolnikih. Pri starostnikih redna vadba predstavlja učinkovit način za izgubo maščobne mase, izboljšano toleranco za glukozo in ohranjanje mišične mase (Navvaro idr., 2001).

Tako sarkopenija kot dinapenija nista odvisna zgolj od starosti, temveč predvsem od gibalne in športne aktivnosti (Davis idr., 2001; Nybo idr., 2003). Skeletna mišica je izjemno prilagodljiv organ, zato se lahko z vadbo med staranjem doseže hipertrofijo mišičnih vlaken (Degens, 2007) (in s tem povečanje mišične mase, njene sile in togosti tetiv). Tudi študije specifične sile mišičnih vlaken nakazujejo višjo kakovost krčenja pri treniranih starejših preiskovancih kot pri mlajših (Degens, 2011).

1.5.1 Športniki starostniki

Kljub vsemu, je s starostjo povezana izguba mišične mase manjša pri posameznikih, ki se že celo življenje ukvarjajo s športom. Športniki starostniki kažejo številčno občutno več mišičnih vlaken tipa I, IIa in IIb kot kontrolne skupine enakih starosti, ki se niso nikoli ukvarjali s športom. Učinek visoke ravni gibalne aktivnosti v povezavi z izgubo mišične mase športnikov se le nekoliko upočasni in ne vpliva na izgubljanje mišične funkcije, ki med 20. in 80. letom vseeno pade za približno -40% pri aerobnih športnikih in za -60% pri anaerobnih športnikih. Korhonen idr. (2006) so dejansko primerjali mlajše in starejše sprinterje, kjer so ugotovili, da starejši sprinterji kažejo tipični upad v velikosti hitrih mišičnih vlaken, ki so povezane s starostjo in dalje tudi počasnejši MHC izoform in manjši volumen

vlaknen tipa I. Po drugi strani, pa med mladimi in starejši šprinterjih niso odkrili razlik v specifični sili vlaken tipa I in tipa II. Prišli so do zaključka, da bi lahko te spremembe vplivale na zmanjšano kapaciteto proizvodnje eksplozivne sile, opaženih pri starejših šprinterjih. Zato ti podatki kažejo, da redna in intenzivna telesna aktivnost, preprečuje ali celo obrne procese s starostjo povezane izgube mišične mase, ker jih vodi do hipertrofije preživelih mišičnih vlaken, ampak je vseeno malo verjetno, da bodo zaustavili izgubo število mišičnih vlaken zaradi nevropatskih procesov in zaradi upočasnjevanja miozinske molekule (Narici in Maffull, 2010).

Fizično zmogljivost je mogoče oceniti v fizičnem smislu sile, hitrosti, moči in vzdržljivosti, pri čemer se ta razumeva kot čas, v katerem se lahko vzdržuje določena izhodna moč. Dinamometrične meritve kažejo, da sila in moč po navadi upadata s starostjo na linearen način, vendar zabeleženi podatki kažejo, da se hitrost in še toliko bolj, vzdržljivost, zmanjšata več kot proporcionalno. Lahko bi trdili, da so zgoraj navedeni rezultati pristranski, saj število športnikov veteranov upada tudi s starostjo; to je nedvomno res, a je pristranskost verjetno majhna (Rittweger idr., 2004).

Vadba ali prekinitev gibalne neaktivnosti je lahko odločilen protiukrep za pojav krhkosti povezanosti s staranjem. Dokazano je bilo, da lahko vadba z bremenimi pozitivno vpliva tudi na 90-letnike, prav v tolikšni meri, ali celo več, kot vpliva na mlajšo populacijo. Prav tako je bilo dokazano, da vadba v pozni starosti lahko drastično zmanjša število padcev (Rittweger idr., 2004). Športniki starostniki so z vadbo nadaljevali skozi njihovo dolgotrajno kariero in se pogosto držali predpisanih režimov in bili aktivni 20 ur ali več na teden. Kot posledica take aktivnosti omenjenih športnikov, fizična neaktivnost ne bo vzrok za pojav šibkosti, ki so povezane in se pojavijo s starostjo. Ob pojavu kakršnekoli bolezni, ki bi slabo vplivala na njihove atletske sposobnosti, bi vodila k poslabšanju rezultatov ali k začasnemu zaustavitvi športni aktivnosti.

1.5 Cilji

Cilj diplomske naloge je preveriti dinamiko upada mišične mase in funkcije s starostjo v populaciji normalno starajočih se preiskovancev in športnikov starostnikov Veteranskega atletskega društva.

1.6 Hipoteze

V sklopu naše raziskave smo primerjali slovenske športnike starostnike glede na obstoječe trende, ki veljajo za nešportnike. Oblikovali smo naslednje hipoteze:

Hipoteza 1: Pri starosti 65 let imajo športniki starostniki nižjo maščobno maso.

Hipoteza 2: Pri starosti 65 let imajo športniki starostniki višjo največjo relativno eksplozivno moč.

Hipoteza 3: Pri starosti 65 let imajo športniki starostniki višjo silo stiska pesti.

Hipoteza 4: Pri starosti 65 let imajo športniki starostniki nižji čas krčenja izbranih mišic (vastus lateralis, gastrocnemius medialis, biceps femoris)

Hipoteza 5: Pri starosti 65 let imajo športniki starostniki višjo največjo hoteno izometrično kontrakcijo iztegovalk kolena.

Hipoteza 6: Pri starosti 65 let imajo športniki starostniki višjo največjo hoteno izometrično kontrakcijo upogibalk komolca.

2 METODE

Izvedbo projekta in izdelavo te diplome je omogočilo sofinanciranje Fundacije za šport, Dunajska cesta 51, 1000 Ljubljana.

2.1 Vzorec merjencev

Preučevali smo vpliv redne športne vadbe 11 merjencev, starih od 44 do 79 let (povprečno: $64,5 \pm 9,8$ let). Pomembno je poudariti, da smo našo skupino merjencev poimenovali športniki starostniki, čeprav je splošno znano da so starostniki tiste osebe, ki so starejše od 65 let. Meritve so potekale v Ljubljani, decembra 2014. Od vsakega preiskovanca smo pridobili pisno soglasje za sodelovanje v raziskavi. Vsi preiskovanci so nekdanji profesionalni športniki, ki kljub starosti še vedno redno trenirajo.

Rezultate športnikov starostnikov (eksperimentalna skupina) smo primerjali s podatki starostnikov nešportnikov (kontrolna skupina), pridobljenih iz domačih in tujih znanstvenih in strokovnih virov izbranega področja, kjer so uporabili enake metode merjenja. Pri tem smo si pomagali z knjigami in članki iz naslednjih spletnih baz: Pubmed, Springerlink, Google Scholar.

Vrednosti kontrolnih skupin smo pridobili iz različnih virov:

- **Maščobna masa**- v raziskavi je sodelovalo 198 moških, starih od 20 do ≥ 60 let (Luiz idr., 2013).
- **Relativna ekspozivna moč**- v raziskavi je sodelovalo 89 moških, starih med 18 in 88 let (Runge, idr., 2004). Uporabili smo podatke od 45. leta dalje.
- **Silovitost stiska pesti**- v raziskavi (Bohannon idr., 2006), je sodelovalo kar 1480 moških, starih od 20 do ≥ 75 let. Omenjena raziskava vsebuje in združi podatke kar 12. ostalih raziskav za to metodo merjenja.
- **Čas krčenja skeletnih mišic**- v raziskavi je sodelovalo 211 moških, starih med 35 in nad 65 let. Primerjali smo aerobne športnike, anaerobne športnike in kontrolno skupino.
- **Silovitost rok in nog**- nismo uspeli pridobiti ustreznih podatkov kontrolne skupine.

2.2 Merilni postopki

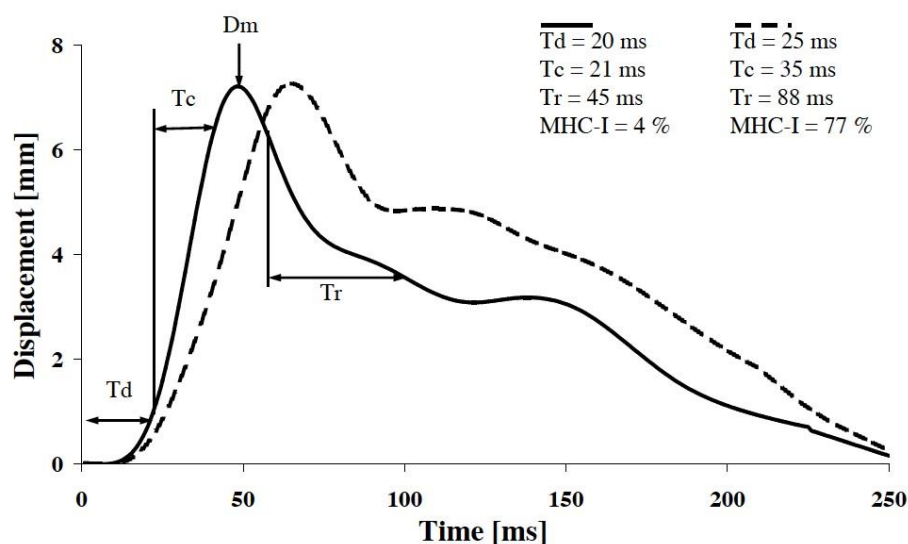
Vsi preiskovanci so opravili baterijo testov telesnih značilnosti, gibalnih sposobnosti, kontraktilnih lastnosti izbranih mišic po spodnjem vrstnem redu.

Telesno višino in maso smo izmerili brez obutve v lahkih oblačilih, merjenec je stal v vzravnem položaju, s poravnanimi stopali in rokami spuščeni prosto ob telesu, glava v horizontali.

Odstotek telesnih maščob smo izmerili z bioimpedančnim merilnikom (Maltron 916S, Essex, Velika Britanija). Test smo izvedli v ležečem položaju, po tem, ko je preiskovanec miroval približno 1 minuto.

Čas krčenja treh skeletnih mišic (vastus lateralis, biceps femoris in gastrocnemius medialis) smo izmerili s tenziomiografijo (Valenčič, 1990). Uporabili smo digitalen senzor odmika trebuha mišice (TMG-BMC, Ljubljana, Slovenija). Vsako opazovano mišico smo krčili z uporabo maksimalnega bipolarnega električnega dražljaja. Iz merjenega odziva smo izračunali čas krčenja (T_c , Slika 2), ker je dokazano povezan z mišično sestavo (Dahmane idr., 2001; Dahmane idr., 2005; Šimunič idr., 2011).

Slika 2: parametri mišičnega krčenja



Vir: (Šimunič in Pišot, 2015)

Eksplozivno moč celega telesa smo izmerili preko navpičnega skoka z nasprotnim gibanjem. Po standardiziranem ogrevanju je preiskovanec opravil 3 maksimalne poskuse, v nadaljevanje smo upoštevali najvišji skok. Med vsako ponovitvijo je sledil vsaj 30 sekundni odmor. Test se je izvajal s pomočjo tenziometrijske plošče (HE600X600, AMTI, Watertown, MA, ZDA).

Najvišjo hoteno izometrično kontrakcijo (iztegovalke kolena, upogibalke komolca) smo opravili na multifunkcijskem dinamometru (S2P, Ljubljana), kjer je preiskovanec sedel na napravi s kotom v kolenu 60° upogiba in kotom v komolcu 90° upogiba. Merjenec je za ogrevanje najprej izvedel 50%, nato 75% poskus za vsako skupino mišic. Nato je 2-krat izvedel maksimalne poskus, kjer smo boljši rezultat vzeli v nadaljnjo obdelavo. Postopek smo ponovili tudi za upogib komolca ter stisk pesti obeh rok. Vsi poskusi so bili izvedeni sonožno/soročno, razen stisk pesti, kjer smo izmerili vsako roko posebej.

2.3 Obdelava ter statistične metode

Podatki so podani kot povprečna vrednost \pm standardni odklon. Za zapisovanje in analizo podatkov, to je primerjava skupin za posamezen parameter, smo uporabili statistični program SPSS in Microsoft Office Excel. Uporabili smo t-test enega vzorca za testiranje razlik med našim vzorcem športnikov starostnikov in interpolirano vrednostjo starostnikov nešportnikov. Statistične odločitve smo potrjevali pri stopnji tveganja $\alpha = 0,05$.

3 REZULTATI

Na osnovi podatkov za nešportnike starostnike smo grafično ponazorili trende izbranih parametrov telesnih značilnosti, gibalnih sposobnosti in mišičnih kontraktilnih lastnosti. Temu trendu smo dodali podatke našega vzorca športnikov starostnikov, pri povprečni starosti $64,5 \pm 9,8$ let. Podatkom smo pridali najboljše prilegajočo krivuljo (eksponentno, logaritmično, polinomsko), odvisno od najboljšega prileganja. Pri starosti smo iz prilegajoče krivulje izračunali vrednost starostnikov nešportnikov, ki smo jo kasneje statistično primerjali s športniki starostniki.

3.1 Opisne vrednosti preiskovancev

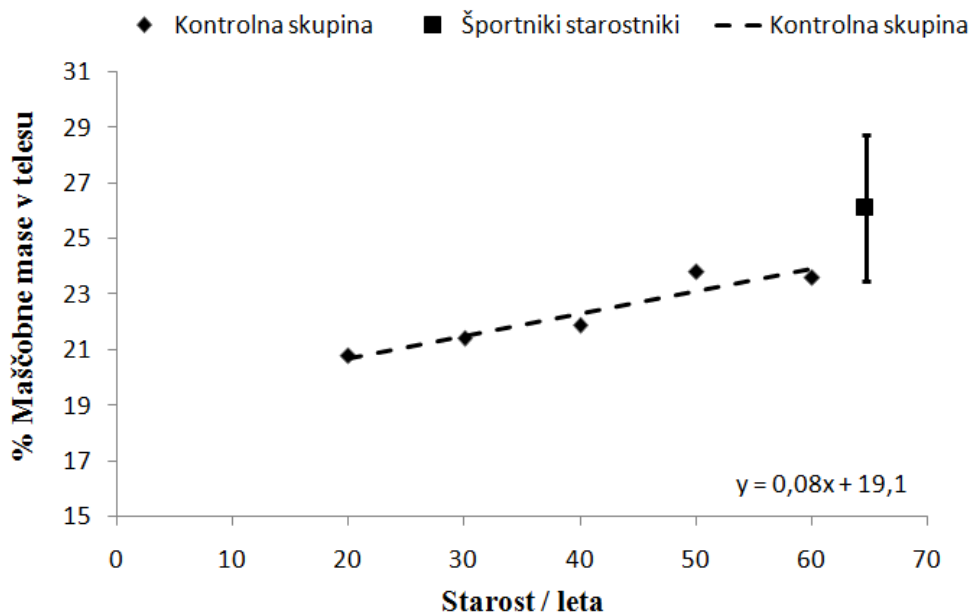
Tabela 2: Povprečne vrednosti (M) s standardno deviacijo (SD) vzorca 11 športnikov starostnikov.

Starost (leta)	Maščobna masa (%)	Izteg kolena (Nm)	Poteg z rokami (Nm)	Stisk pesti D (kg)	Stisk pesti L (kg)	Povprečje obeh rok (kg)	Relativna moč (W/kg)	Čas krčenja VL / ms	Čas krčenja BF / ms	Čas krčenja GM / ms	
79	29,9	242	144	45		45	53,3	28,4	53,1	40,4	
64	28,3	316	156	40	40	40	55,6	29,9	32,7	66,0	
58	25,5	323	187	58	52	55	75,7	22,9	40,6	55,6	
67	27,1	363	188	52	46	49	61,6	27,5	39,4	30,5	
44	25,0	345	294	75	64	69,5	71,5	23,0	20,1	21,2	
56	21,8	265	169	60	46,5	53,2	70,6	25,0	26,7	23,8	
74	27,1	349	189	48	42	45	50,0	37,8	25,8	22,5	
64	28,2	279	185	62	54	58	48,9		37,3	33,0	
65	21,4	243	141	46	45	45,5	56,7	26,3	61,0	37,7	
75	25,7						58,5	29,3	41,9	34,3	
65	27,1						60,8	26,7	36,8	20,0	
M	64,64	26,1	303	184	54	48,7	51,3	60,3	27,7	37,8	35,0
SD	9,76	2,6	47	46	10,8	7,7	9,3	8,9	4,3	11,9	14,7

VL...vastus lateralis, BF...biceps femoris, GM...gastrocnemius medialis, M...povprečna vrednost, SD...standardna deviacija

3.2 Maščobna masa

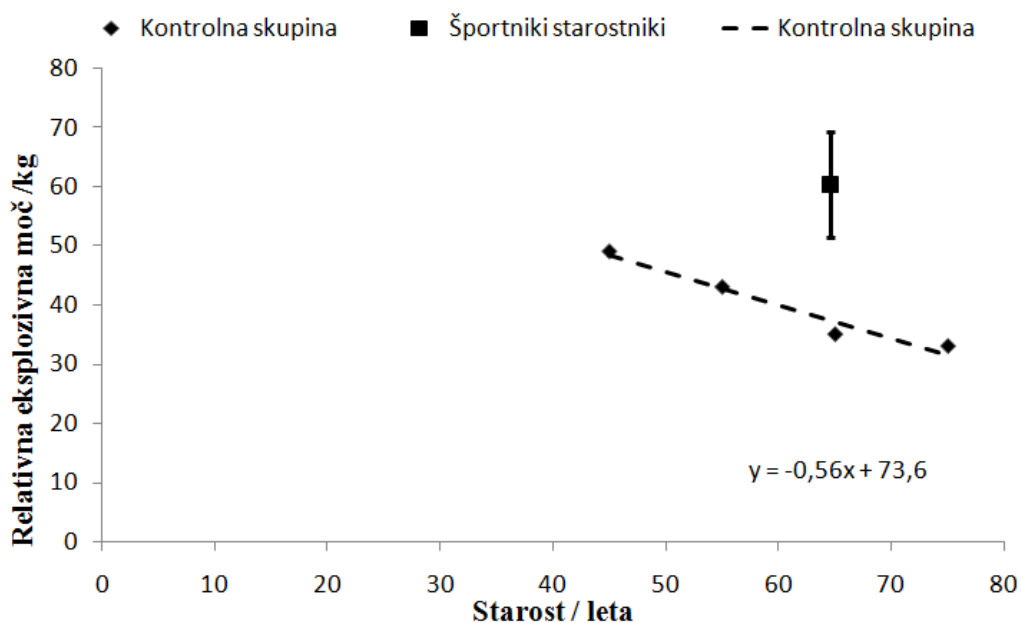
Slika 3: primerjava % telesne maščobne mase med kontrolno skupino in športniki starostniki



Ugotovili smo linearen trend povečevanja odstotka maščobne mase nešportnikov med 20. in 60. letom, in sicer za 0.08% na leto. Ugotovili smo, da so razlike med športniki starostniki in nešportniki značilne ($p=0,046$), torej imajo naši športniki starostniki višji delež maščobne mase od kontrolne skupine. S tem smo H1 ovrgli.

3.3 Relativna eksplozivna moč

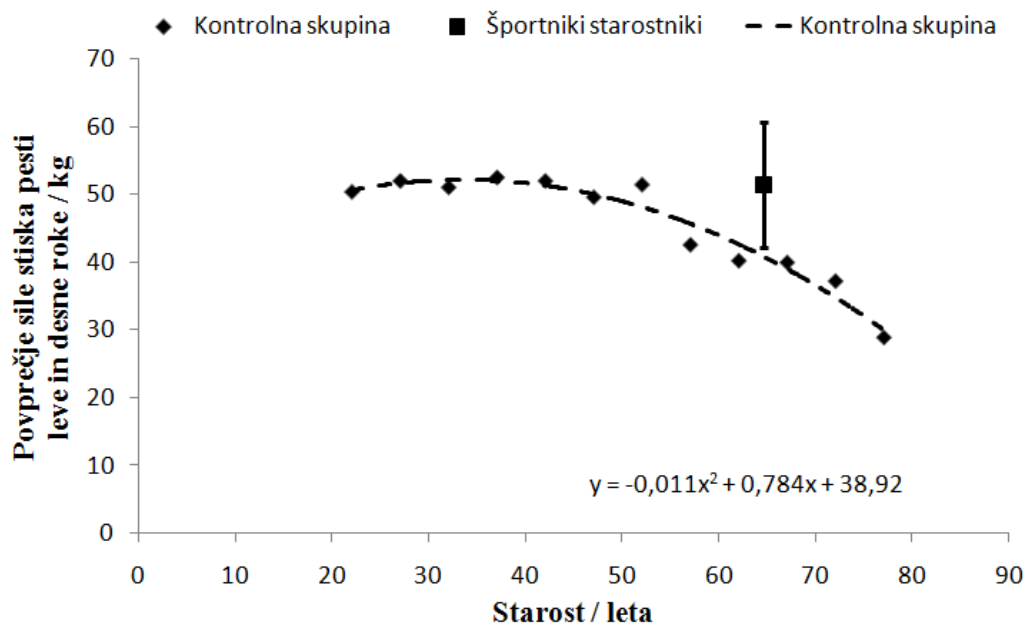
Slika 4: primerjava relativne eksplozivne moči skoka v višino med kontrolno skupino in športniki starostniki



Ugotovili smo linearen trend zmanjšanja najvišje odrivne moči od 45. do 75. leta. Ugotovili smo, da imajo športniki starostniki za 42% višjo relativno odrivno moč od nešportnikov ($p < 0,001$), torej s tem potrdimo H2.

3.4 Silovitost stiska pesti

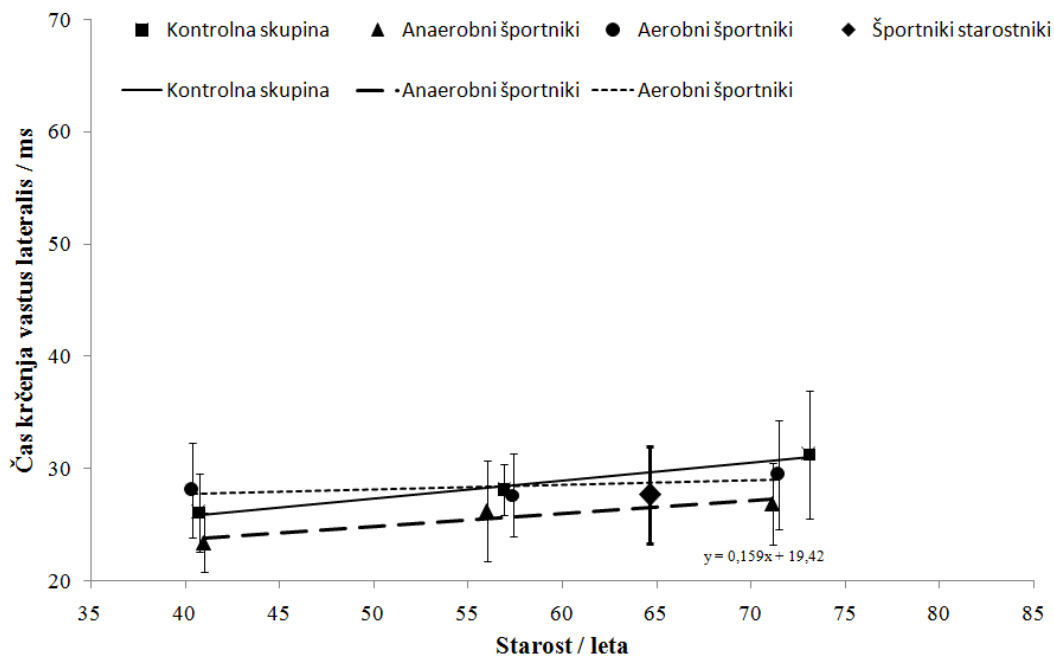
Slika 5: primerjava sile stiska pesti s povprečjem obeh rok med kontrolno skupino in športniki starostniki



Ugotovili smo, da je moč stiska pesti največja pri približno 35. letih, nato pa opazimo padajoč trend krivulje od 40. do 80. leta starosti. Ugotovili smo, da imajo športniki starostniki za 22% višje vrednosti od nešportnikov ($p=0,008$), torej s tem potrdimo H3.

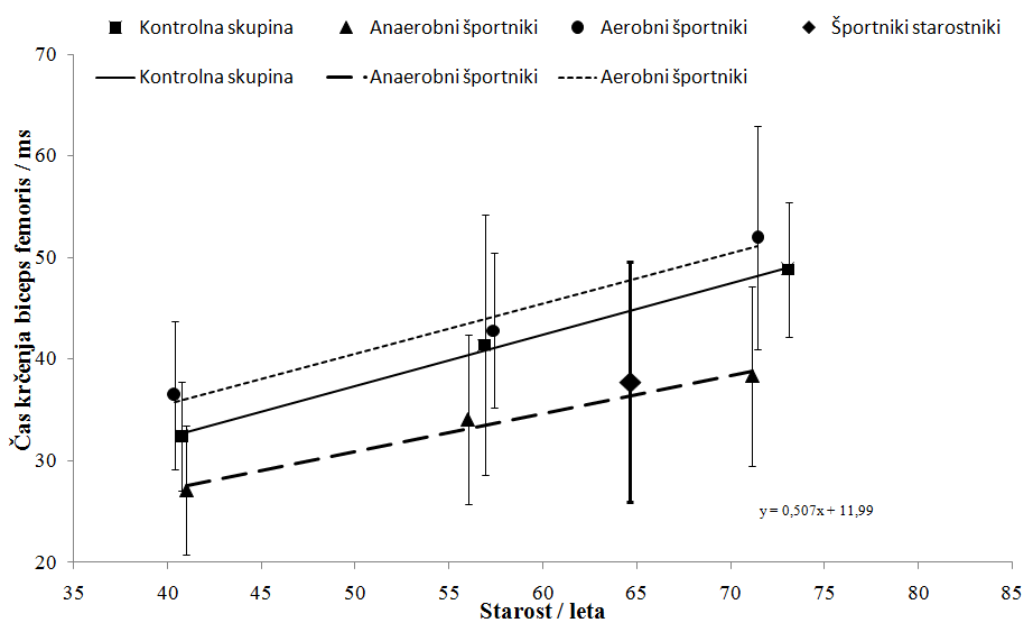
3.5 Čas krčenja skeletnih mišic

Slika 6: primerjava časa krčenja mišice vastus lateralis med kontrolno skupino, anaerobnimi športniki in aerobnimi športniki starostniki



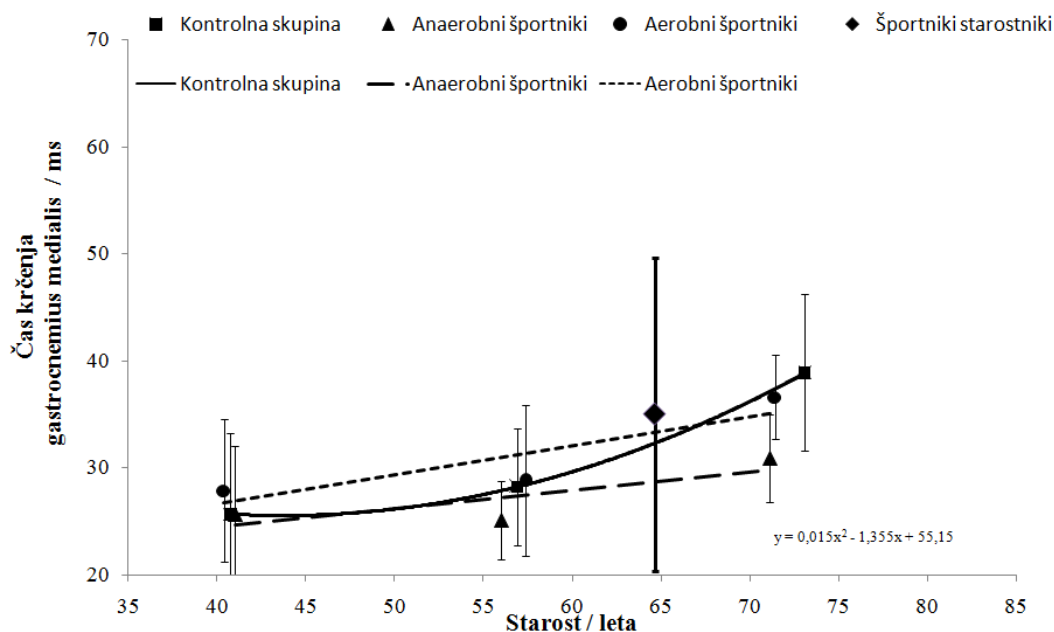
Ugotovili smo linearen trend povečevanja časa krčenja mišice VL med 40. in 75. letom. Ugotovili smo, da razlike med skupinami niso značilne ($p=0,172$), tako da športniki starostniki ne odstopajo značilno od kontrolne skupine in s tem zavržemo H4, za mišico VL.

Slika 7: primerjava časa krčenja mišice biceps femoris med kontrolno skupino, anaerobnimi športniki in aerobnimi športniki starostniki



Ugotovili smo linearen trend povečevanja časa krčenja mišice BF med 40. in 75. letom. Ugotovili smo razlike med skupinami ($p=0,032$), in sicer imajo aerobni športniki starostniki enake vrednosti kot nešportniki, medtem ko imajo anaerobni športniki nižje vrednosti časa krčenja od nešportnikov ($p<0,001$). S tem H4 potrdimo, za mišico BF in anaerobne športnike.

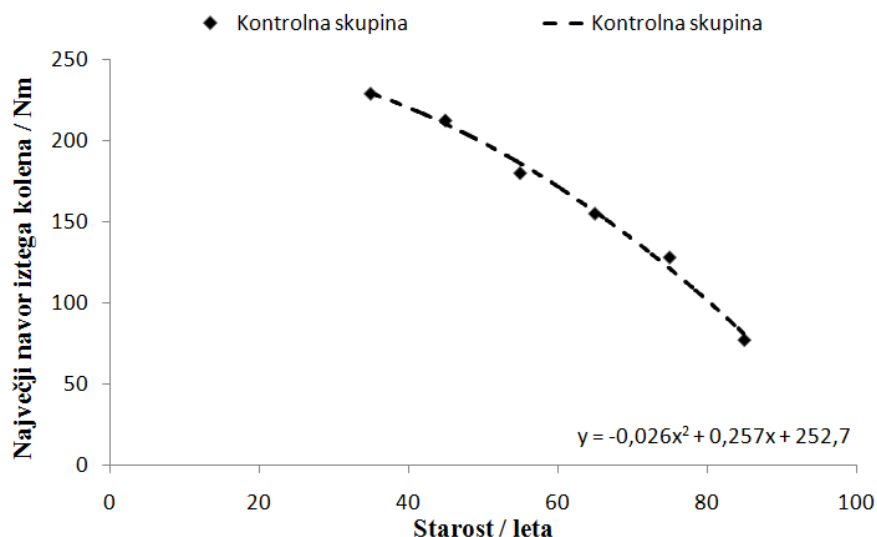
Slika 8: primerjava časa krčenja mišice *gastrocnemius medialis* med kontrolno skupino, anaerobnimi športniki in aerobnimi športniki starostniki



Ugotovili smo ukrivljen trend povečevanja časa krčenja mišice GM med 40. in 75. letom. Ugotovili smo, da razlik med skupinami ni ($p=0,241$), tako da športniki starostniki ne odstopajo značilno od povprečne vrednosti kontrolne skupine. S tem H4 ovržemo za mišico GM.

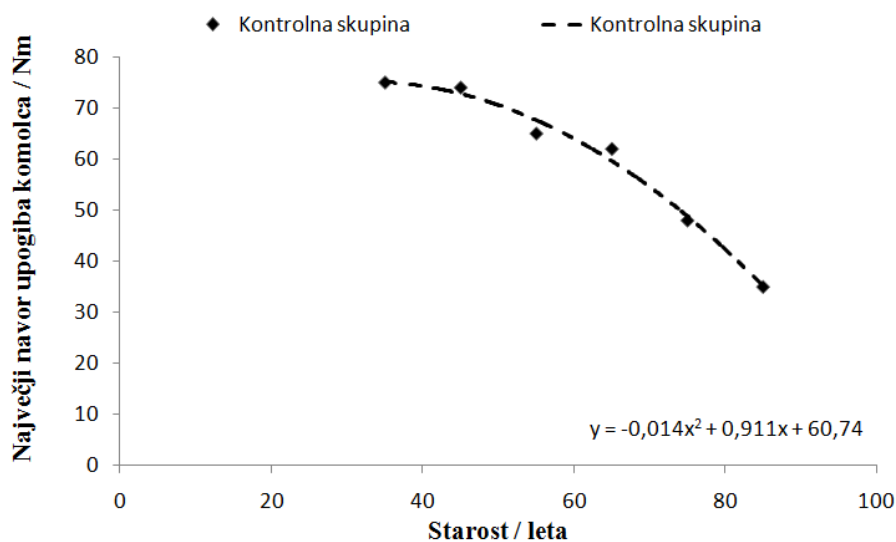
3.6 Silovitost rok in nog

Slika 9: rezultati največjega navora iztegovalk kolena dominantne noge kontrolne skupine



Nismo uspeli pridobiti podatkov sonožnega potiska nog, le enonožnega, zato direktna primerjava naših podatkov (sonožnega potiska) ni možna s podatki iz literature in odgovoriti na zastavljeno H5.

Slika 10: rezultati največjega navora upogibalk komolca dominantne roke kontrolne skupine



Nismo uspeli pridobiti podatkov soročnega upogiba rok, le enoročnega, zato direktna primerjava naših podatkov (soročnega potiska) ni možna s podatki iz literature in odgovoriti na zastavljeno H6.

4 DISKUSIJA

4.1 Maščobna masa

Iz podatkov, ki jih lahko vidimo na grafu je opazno, da je povprečna vrednost maščobne mase športnikov starostnikov višja od nešportnikov (Luiz idr., 2013). Pričakovali smo, da bodo rezultati ravno nasprotni, predvsem zaradi vpliva pravilnejše in rednejše prehrane in pa tudi na račun treniranja in gibanja naše skupine, a se je izkazalo, da to ne drži. Vzroke moramo iskati v izbranih disciplinah atletov naših športnikov, po pregledu njihovih rezultatov, smo ugotovili, da jih od 11 športnikov kar 8 tekmuje v težkoatletskih disciplinah (metih), ostali so sprinterji in skakalec. Znano pa je, da imajo težkoatleti višje vrednosti telesne mase in tudi maščobe. To isto velja na splošno za anaerobne tipe športnikov.

4.2 Eksplozivna moč

Pričakovano imajo športniki starostniki višjo relativno eksplozivno moč nešportnikov, kar potrjujejo tudi raziskave drugih (Runge, idr., 2004). Specifična vadba anaerobnih športnikov je zelo usmerjena v pridobivanje oz. ohranjanje mišične mase in hitrosti gibov. Produkt obeh je ekvivalent moči. Pri vrednostih kontrolne skupine, smo ugotovili, da se je relativna eksplozivna moč med 20. in 80. letom zmanjšala več kot za -50%. Zanimivo je, da se je upad moči v skoku pojavljal linearno skozi celotno starostno območje. Ugotovili so tudi razlike med kontrolno skupino starejše populacije (72 ± 5 let) športnikov, v primerjavi z nešportniki (Chun, 2013). V omenjeni študiji so športniki starostniki dosegli za 14% boljši rezultat kot nešportniki. Cormie idr. (2009) so primerjali mlajšo populacijo nešportniki s športniki in pri povprečni starosti $20,5 \pm 2$ let ugotovil, da dosegajo športniki za 22 % večjo eksplozivno moč od nešportnikov. Iz tega lahko sklepamo, da se razlike med športniki in nešportniki zvišujejo s staranjem (iz 22% na 42%).

4.3 Silovitost stiska pesti

Silovitost stiska pesti je marker mišične sarkopenije in kakovosti življenja (Cuesta idr., 2015). Zato se ga navkljub preprostosti merjenja redno spremlja starostnikom. Glede na nešportnike (Bohannon idr., 2006), naši športniki starostniki dosegajo izjemno višjo silo stiska pesti, tako z dominantno kot z nedominantno roko. Zato je izjemnega pomena ohranjanje mišične silovitosti za kakovost življenja. Dobro znano je, da se silovitost stiska pesti zmanjšuje s starostjo in da obstaja korelacija odvisnosti s telesno maso in višino (Thorngren idr., 1979). Študiji kažejo, da se pri nešportnikih pri starosti od 20 do 75 let sila stiska pesti zmanjša tudi za več kot -40% v povprečju obeh rok (Bohannon idr., 2006). Primerjali so tudi rezultate (Ashwathy idr., 2015) mlajše populacije (13 ± 2 leti) športnikov in kontrolne skupine in ugotovili, da so mladi športniki dosegli boljši rezultat skoraj za 45 %. Iz tega lahko sklepamo da se razlike med športniki in nešportniki starostniki pri silovitosti stiska pesti zmanjšujejo s staranjem (45% v mladosti na 22% v starosti).

4.4 Čas krčenja skeletnih mišic

Grafi vseh treh mišic (Slike 6-8) prikazujejo povečevanje časa krčenja s staranjem, glede na spol in starost. Te spremembe so pri mišici VL in GM manjše, neznačilne, a pri mišici BF večje in značilne. Iz podatkov lahko zaključimo, da je za ohranjanje časa krčenja potrebna redna, predvsem anaerobna športna aktivnost in to predvsem za mišico BF. Mišica BF ni posturalna mišica, a ima izjemno pomembno funkcionalno vlogo pri zdravju kolena.

4.5 Največja silovitost nog in rok

Za dinamometrijo žal iz literature nismo uspeli dobiti primerljivih rezultatov za starostnike nešportnike. Naša metoda je merila soročne/sonožne kontrakcije kolena in komolca. V literaturi pa so podani samo rezultati z enoročnimi in enonožnimi kontrakcijami, tako da so v grafih samo rezultati starostnikov nešportnikov (Baum idr., 2009), a lahko predpostavimo, da imajo športniki starostniki zagotovo višje vrednosti.

5 LITERATURA

- Davis HP, Trussell LH, Klebe KJ. A ten-year longitudinal examination of repetition priming, incidental recall, free recall, and recognition in young and elderly. *Brain Cogn.* 2001;46(1-2):99–104.
- Poljšak, B., & Lampe, T. (2011). *Proces staranja: vzroki, posledice in ukrepi*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta.
- Nybo H, Petersen HC, Gaist D, Jeune B, Andersen K, McGue M, Vau-pel JW, Christensen K. Predictors of mortality in 2,249 nonagenarians - the Danish 1905-Cohort Survey. *J. Am.Geriatr. Soc.* 2003;51:1365–73.
- Arampatzis A, Degens H, Baltzopoulos V, Rittweger J.* (2011). Why do older sprinters reach the finish line later? *Exercise and sport sciences reviews*, 39:18-22.
- Clark BC, Manini TM. Sarcopenia ≠ Dynapenia. *J. Gerontol.* 2008;63A8:829–34.
- Roubenoff R. Sarcopenia: a major modifiable cause of frailty in the elderly. *J.Nutr. Health Aging.* 2000;4(3):140–2.
- Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, Ross R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *Journal of Applied Physiology*, 89:81-8.
- Strojnik, V. (2010). *Vadba za starejše 1. del: Spremembe gibalnih sposobnosti*.
- Narici MV., Maffulli N. Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance. *British Medical Bulletin.* 2010; 95: 139–159)
- Navvaro A., López-Cepero J., Jesús Sánchez del Pino M. Skeletal muscle and aging. *Frontiers in Bioscience* 6. 2001; d26-44
- Clark BC, Manini TM. What is dynapenia? *Nutrition.* 2012;28(5):495–503.

Degens H. (2007). Age-related skeletal muscle dysfunction: causes and mechanisms. *Journal of Musculo skeletal and Neuronal Interactios*, 7:246-52)

Kristan, B. (2011). Programi vadbe GiBit za osebe s posebnimi potrebami.

Bijlsma AY, Meskers CGM, Ling CHY, Narici MV, Kurrle SE, Cameron ID, Westendorp RGJ, Maier AB. Defining sarcopenia: the impact of different diagnostic criteria on the prevalence of sarcopenia in a large middle aged cohort. *Age*. 2013;35:871–81.

Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, Garry PJ, Lindeman RD. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am. J.Epidemiol.* 1998;147:755–63.

Delmonico MJ, Harris TB, Lee JS, Visser M, Nevitt M, Kritchevsky SB, Tylavsky FA, Newman AB. Health, Aging and Body Composition Study. Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *J. Am.Geriatr. Soc.* 2007;55:769–74.

Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB. Dual energy X-ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PLoS One*. 2009;4(9):e7038.

Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *J. Am.Geriatr. Soc.* 2002;50:889–96.

Janssen I, Baumgartner RN, Ross R, Rosenberg IH, Roubenoff R. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *Am. J.Epidemiol.* 2004;159:413–21.

Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A, Corsi AM, Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J. Appl. Physiol.* 2003;95:1851–60.

- Završnik, J. in Pišot, R. *Gibalna/športna aktivnost za zdravje otrok in mladostnikov*. Koper: Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče, Inštitut za kineziološke raziskave. 2005.
- Pišot, R. (2004). Vloga in pomen gibalne/športne dejavnosti v šolskem obdobju. *Zdrava šola*, 1, 24-27.
- Nair, K. Aging muscle. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2005; 81, 953-963.
- Paterson DH., Jones GR. Jones, Rice CL. Rice. Ageing and physical activity: evidence to develop exercise recommendations for older adults. 2007.
- Rittweger J., Kwiet A., Felsenberg D. Physical performance in aging elite athletes - Challenging the limits of physiology. *J Musculoskel Neuron Interact* 2004; 4(2):159-160)
- Valenčič V. Direct measurement of the skeletal muscle tonus. In Popović D., editor. *Advances in external control of human extremities. Beograd: Nauka*. 1990:102-8.
- Dahmane R, Valenčič V, Knez, N, Eržen I. Evaluation of the ability to make noninvasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Med BiolEngComput*. 2001;38:51-5.
- Dahmane R, Djordjevič S, Šimunič B, Valenčič V. Spatial fiber type distribution in normal human muscle histochemical and tensiomyographical evaluation. *J.Biomech*. 2005;38:2451-9.
- Križaj D, Šimunič B, Žagar T. Short-term repeatability of parameters extracted from radial displacement of muscle belly. *J.ElectromyogrKinesiol*. 2008;18(4):645-51.
- Tous-Fajardo J, Moras G, Rodríguez-Jiménez S, Usach R, Doutres DM, Maffiuletti NA. Inter-rater reliability of muscle contractile property measurements using non-invasive tensiomyography. *J.Electromyogr.Kinesiol*. 2010;20(4):761-6.

- Šimunič B. Between-day reliability of a method for non-invasive estimation of muscle composition. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2012;22(4):527–30.
- Richard BW., Anneli P., Nicola MW., Johanne D., Jane BL. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. 2006.
- Runge M., Rittwege J., Russo CR., Schiessl H., Felsenberg D., Physiolo C. Is muscle power output a key factor in the age-related decline in physical performance? A comparison of muscle cross section, chair-rising test and jumping power. 2004; pp335–340.
- Baum K., Hildebrandt U., Edel K., Bertram R., Hahmann H., Bremer FJ., Böhmen S, Kammerlander C., Serafin M., Rütther T., Miche E. Comparison of skeletal muscle strength between cardiac patients and age-matched healthy controls. 2009.
- Šimunič B., Pišot R. A New Perspective in Physical Inactivity Related Mechanisms of Muscle Mass Loss. 2015; pp.201-214.
- Korhonen MT, Cristea A, Alen M. Aging, muscle fiber type, and contractile function in sprint-trained athletes. *J Appl Physiol* 2006;101:906–17.
- Cuesta F., Formiga F., Lopez-soto A., Masanes F., Ruiz D., Artaza I., Salvà A., Rojano X., Cruz-Jentoft A. Prevalence of sarcopenia in patients attending outpatient geriatric clinics: the ELLI study. 2015.
- Bohannon WR., Peolsson A., Massy-Westropp N., Desrosiers J., Bear-Lehman J. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy* 92, 2006; 11–15.
- Chun Chi J., Huang C., Kernozek T., Hsieh Y. Counter movement jump performance between older adults with and without regular tai chi exercise training. 2013.

Cormie P., McBride MJ., McCaulley OG. Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: Impact of training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2009; 23(1)/177–186.

Petavs N., Backović J., Štrumbelj B. *Vodna aerobika*. Ljubljana: Inštitut za šport Fakultete za šport. (2008).

Thorngren KG., Werner CO. *Normal grip strength*. 1979.

Lexell J, Henriksson-Larsen K, Winblad B. Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: effects of aging studied in whole muscle cross sections. *Muscle Nerve* 1983;6:588–95.

Ashwathy VT., Lokesh B., Vineeth VT. Role of Yoga Training on Muscle Strength and Endurance in Adolescent Age Group. *International Journal of Research*. 2015.

Thom JM., Morse CI., Birch KM. Influence of muscle architecture on the torque and power-velocity characteristics of young and elderly men. *Eur J Appl Physiol* 2007;100:613–9.

Luiz A, Fabiana da CT., Vivian W., Mauricio TL., Going S. Body fat percentage and body mass index in a probability sample of an adult urban population in Brazil. 2013; 29(1):73-81.