

# Dinapenija – pojam, uzroci i posledice

Dynapenia – term, causes and consequences

**Bojan Mededović**, Fakultet za sport i turizam, Novi Sad

## SAŽETAK

**Ključne reči:**  
dinapenija,  
starenje,  
kretna ograničenja

Produženi životni vek predstavlja jedno od najznačajnijih dostignuća čovečanstva, ali i ogroman izazov. Biološko starenje čoveka je povezano sa uobičajenim procesom smanjenja fizičkih sposobnosti i dovodi do smanjenja kapaciteta organizma. Jedna od najizraženijih posledica smanjenja fizičkih sposobnosti je pojava kretnih ograničenja. Fizičke sposobnosti blisko su povezane sa mišićnom snagom, a ona se smanjuje sa starenjem. Smanjenje mišićne snage je značajan faktor narušavanja zdravlja i može biti uzrok poremećaja mehanike hoda, padova, preloma zgloba kuka, kao i gubljenja sposobnosti samostalnog izvođenja osnovnih dnevnih aktivnosti. Ranije se smatralo da je smanjenje mišićne snage u odrasloj dobi rezultat atrofije mišićnog tkiva, karakteristične za taj uzrast. Međutim, nedavne longitudinalne i eksperimentalne studije pokazuju da atrofija mišića ima relativno mali doprinos smanjenju mišićne snage, kao i da drugi fiziološki faktori, nezavisni od veličine tkiva, imaju važniju ulogu u predviđanju nastanka mišićne slabosti (dinapenije). U toku procesa starenja, smanjenje mišićne snage je značajno izraženije u odnosu na smanjenje mišićne mase. Trening sa otporom je efikasno sredstvo u poboljšanju snage i veličine mišića zdravih odraslih osoba. Dobro je dokumentovano da takav trening utiče pozitivno na poboljšanje mobilnosti, stabilnosti, brzine mišićne kontrakcije, veličine primenjene sile, itd. Ipak, smernice o treningu sa otporom odraslih osoba sa izraženom mišićnom slabošću, nisu dovoljno precizne i detaljne. Kako bi se takav trening uspešno primenio i kod osoba sa smanjenom mišićnom snagom, potrebne su dugoročne kontrolisane studije uz evaluaciju bioloških faktora smanjenja mišićne snage, a sve u kontekstu razvoja efikasnog programa intervencije i prevencije tretmana ovog stanja.

## ABSTRACT

**Keywords:**  
Dynapenia,  
Aging,  
Movement  
disabilities

Extended lifespan is one of the greatest achievements of Humanity, but is also accompanied by tremendous challenge. Biological aging is associated with a common process of reducing physical performance, which consequently leads to a decrease of the capacity of the organism. One of the most recognizable consequences of poor physical performance is movement disability. Physical performance is closely related to muscle strength, which decreases with aging. Decrease in muscle strength is a significant health loss contributor and can be a cause of walking mechanics disorders, falls, hip joint fractures and loss of ability to independently perform basic daily activities. It was previously thought that the loss of skeletal muscle mass largely explains muscle weakness commonly observed in older adults. However, recent

longitudinal and experimental studies have suggested that muscle atrophy has a relatively small contribution to reduced muscle strength and that other physiological factors independent of tissue size, play an important and, likely, larger role in anticipating individual development of muscle weakness (dynapenia). Reduction in muscle strength with aging is more pronounced than reduction in muscle mass. Resistance training is an effective way for improving strength and size of muscles in healthy adults. It is well-documented that such training positively improves mobility, stability, muscle contraction velocity, magnitude of applied force, etc. However, the guidelines for strength training for adults with significant muscular weakness are not sufficiently precise and detailed. In order to successfully apply such training to people with reduced muscular strength, longitudinal controlled studies are needed with evaluation of biological contributors to muscle weakness, in the context of development an effective program for prevention and treatment of this condition.

TIMS Acta (2018) 12, 123-131

### Starenje i ljudski organizam

Produženi životni vek predstavlja jedno od najznačajnijih dostignuća čovečanstva. Međutim, u takvim okolnostima čovek se susreće i sa ogromnim izazovima. U razvijenim zemljama, socio-ekonomski razvoj je sporiji u odnosu na tempo starenja odraslih osoba (Gontijo, 2005), i predviđa se da će se broj odrasle populacije povećati za 223% u periodu od 1970. do 2025. godine. Pošto je opadanje fizičkih sposobnosti uobičajeno u odrasloj dobi, očekuje se da će oko 20-30% osoba starijih od 70 godina doživeti nemogućnost izvođenja osnovnih dnevnih kretnih sposobnosti (Jette, 2003; Fried, Ferrucci, Darer, Williamson, & Anderson, 2004).

Biološko starenje čoveka povezano je sa uobičajenim procesom opadanja fizičkih sposobnosti, što posledično dovodi do smanjenja kardio-vaskularnih, respiratornih, nervno-mišićnih i metaboličkih kapaciteta organizma. Jedna od najizraženijih posledica opadanja fizičkih sposobnosti je pojava kretnih ograničenja. Pored pomenutih kretnih ograničenja, smanjen obim fizičkih aktivnosti može biti još i glavni indikator prepoznavanja depresije, potreba za medicinskim tretmanom, čak i smrtnosti (Guralnik et al., 2000).

Pošto su kretne sposobnosti usko vezane za mišićnu funkciju (Manini et al., 2007), promene u mišićima i nervima povezane sa biološkim starenjem postale su važna tema interesovanja u području gerontologije i gerijatrije. Poznato je da se mišićna snaga uobičajeno smanjuje tokom starenja kod zdravih osoba (Gajdosik, Linden, & Williams, 1999; Larsson, 1978). Takođe se zna da je mišićna snaga donjih ekstremiteta povezana sa sposobnošću izvođenja svakodnevnih aktivnosti: ustajanje sa stolice, hodanje odgovarajućom brzinom, penjanje i silaženje sa stepenica (Basse, et al.,

1992). Smanjenje mišićne snage je značajan faktor narušavanja zdravlja. Svake godine oko 10%, naizgled, zdravih odraslih osoba, starijih od 75 godina, postane nesposobno za izvođenje osnovnih dnevnih aktivnosti (Gill, Williams, & Tinetti, 1995). Smanjenje mišićne snage donjih ekstremiteta može biti povezano sa poremećajima mehanike hoda, padovima, prelomima zglobova kuka, gubljenjem sposobnosti samostalnog izvođenja osnovnih dnevnih aktivnosti (Wolfson, Judge, Whipple, & King, 1995). Podaci ukazuju na to da u Sjedinjenim Američkim Državama čak 16-18% žena i 8-10% muškaraca, starijih od 65 godina, ne može da podigne teret od 5 kilograma ili da zaustavi pokret spuštanja u klek (CDC, 2008). Sposobnost izvođenja ovih pokreta čvrsto je povezana sa fiziološkim potencijalima kao što su mišićna snaga i sila, a poznato je da smanjenje mišićne snage utiče na smanjenje mobilnosti i stabilnosti (Manini et al., 2007; Visser et al., 2000; Visser et al., 2005; Ferrucci et al., 2002; Hasselgren, Olsson, & Nyberg, 2011; Ploutz-Snyder, Manini, Ploutz-Snyder, & Wolf, 2002), kao i na povećanje smrtnosti (Newman et al., 2006; Xue, Beamer, Chaves, Guralnik & Fried, 2010; Takata et al., 2011; Artero et al., 2011).

Mišićna snaga i sila povezane su i sa brzinom hoda. Brzina hoda predstavlja važnu fizičku sposobnost u odrasloj dobi. Ona se smanjuje za 12-16% svake decenije nakon šezdesete godina života (Hinman, Cunningham, Rechnitzer, & Paterson, 1988) i ima značajan uticaj na sposobnost izvođenja svakodnevnih aktivnosti, a takođe je povezana sa smanjenjem mobilnosti, padovima, prelomima, gubljenjem sposobnosti samostalnog izvođenja osnovnih dnevnih aktivnosti, potrebom za medicinskim tretmanom, ali i sa smrtnošću (Kan et al., 2009; Atkinson et al., 2007; Dargent-Molina et al., 1996; Granacher, Muehlbauer, Zahner, Gollhofer, & Kressig,

2011; Guralnik et al., 2000; Ijmker & Lamont, 2012; Potter, Evans, & Duncan, 1995; Studenski et al., 2011; Viccaro, Perera, & Studenski, 2011; Watson et al., 2010; Weuve et al., 2004). Prema tome, očuvanje mišićne snage i sile je veoma važno tokom starijeg odraslog doba. Na osnovu brojnih studija može se zaključiti da su optimalni nivoi snage i sile ključni u održavanju kvaliteta života, samostalnosti u izvođenju osnovnih kretnih dnevnih aktivnosti, ali da imaju i klinički značaj.

### Uzroci nastanka dinapenije

Ranije se smatralo da je smanjenje mišićne snage u odrasloj dobi posledica atrofije mišićnog tkiva karakteristične za taj uzrast. Međutim, nedavne longitudinalne i eksperimentalne studije jasno ukazuju na to da atrofija mišića ima relativno mali doprinos smanjenju mišićne snage (Clark, Fernhall, & Ploutz-Snyder, 2006; Clark, Manini, Bolanowski, & Ploutz-Snyder, 2006; Delmonico et al., 2009; Kawakami et al., 2001). Takođe, neke studije koje su analizirale efekat suplementacije faktora rasta (ili androgenih faktora) ukazuju na to da je takva intervencija povećala mišićnu masu, ali da su se mišićne performanse povećale minimalno (Papadakis et al., 1996; Snyder et al., 2000). Uprkos ovim pokazateljima i ostale studije koje se bave ovom problematikom, bile su, uglavnom, usmerene na veličinu skeletnih mišića, sve do 2008. godine kada je grupa autora ustanovila novi termin – **dinapenija (dynapenia)**, koji se odnosi na smanjenje mišićne snage i sile usled godina starosti (Clark & Manini, 2008).

Ranije se smatralo da smanjenje mišićne mase (*sarcopenia*) u velikoj meri objašnjava smanjenje mišićne snage kod starijih odraslih osoba (Evans, 1995). Ipak, nedavne longitudinalne studije ukazuju na to da drugi fiziološki faktori, nezavisni od veličine tkiva, imaju značajniju ulogu u predviđanju nastanka mišićne slabosti, i da je u toku procesa starenja smanjenje mišićne snage značajnije izraženo u odnosu na smanjenje mišićne mase (Delmonico et al., 2009). Ista studija dodatno objašnjava da održavanje ili povećanje mišićne mase nije delovalo preventivno na smanjenje mišićne snage povezane sa starošću (Delmonico et al., 2009). Rezultati *InChianti* studije pokazuju da smanjenje mase mišića potkolenice ima slab uticaj na smanjenu brzinu hoda koja predstavlja snažan prediktor u predviđanju nezgoda nastalih usled slabosti i gubitka samostalnosti kod starijih odraslih osoba (Cesari et al., 2009). Viser i saradnici (Visser, Goodpaster, Kritchevsky et al., 2005)

ukazuju na to da poprečni presek mišića nije povezan sa smanjenjem mobilnosti. Naredna studija pokazuje da je smanjenje snage mišića opružaća zglobova kolena povezano sa smanjenjem mobilnosti čak i u slučaju održavanja mišićne mase (Manini et al., 2007; Visser, Simonsick, Colbert et al., 2005).

Ove tendencije ukazuju na to da je smanjenje mišićne snage kod odraslih osoba slabo povezano sa smanjenjem nemasne mase tela (Gandevia, 2001). Još neke studije potvrđuju ove nalaze i utvrđuju da funkcionalno i strukturalno smanjenje kapaciteta nervno-mišićnog sistema dovodi do smanjenja mišićne snage i sposobnosti izvođenja svakodnevnih aktivnosti, kao i do gubitka samostalnosti kod starijih odraslih osoba (Manini & Clark, 2012). To znači da je mišićna slabost kod starijih odraslih osoba više povezana sa pogoršanjem nervne aktivacije i/ili smanjenjem kapaciteta skeletnih mišića da generišu silu (Manini & Clark, 2012).

Dinapenija može nastati kao posledica dva faktora. Prvi se odnosi na neurološke promene, a drugi na promene osobina skeletnih mišića. Poznato je da i jedan i drugi faktor kontrolišu produkciju mišićne sile (Clark & Manini, 2008; Clark, 2009; Duchateau & Enoka, 2002). Na primer, verovatno je da je sposobnost nervnog sistema da u potpunosti voljno aktivira mišić narušena kod starijih osoba sa prisutnom dinapenijom. Ovaj deficit voljne aktivacije smanjuje ekscitaciju (nadražanje) skeletnih mišića, i/ili smanjuje ekscitaciju alfa motornog neurona, što može da izazove nedovoljno pražnjenje motorne jedinice (Clark & Taylor, 2001). Posledično, osobe sa dinapenijom mogu imati manje funkcionalnih motornih jedinica, što teoretski može imati uticaja na mišićnu snagu. Starije odrasle osobe generalno imaju manje motornih jedinica u odnosu na mlađe odrasle osobe (Power et al., 2010; McNeil, Doherty, Stashuk, & Rice, 2005). Slično tome, verovatno da je sposobnost mišićnog sistema za optimalno generisanje sile oštećenja kod osoba sa dinapenijom, sa deficitom kapaciteta unutrašnjeg generisanja sile (Delbono, 2011; Russ, Grandy, Toma, & Ward, 2011).

Pored veličine i anatomske strukture mišića, skeletni mišić odrasle osobe se razlikuje i po drugim karakteristikama. Na primer, poslednje decenije brojne studije pokazuju da proces starenja povećava količinu adipocita između grupa mišića (intermišićno adipozno tkivo) kao i između mišićnih fascija (intramišićno adipozno tkivo) (Delmonico et al., 2009; Song et al., 2004; Goodpaster, Kelley, Thaete, He, & Ross, 2000). Takođe, ukazuje se da je veći sadržaj adipoznog tkiva u mišićima povezan sa smanjenjem

mišićne snage, uz potencijalnu povezanost povećanja količine adipocita u mišiću i mišićne slabosti.

Ukupno smanjenje mišićnog kvantiteta usled atrofije mišićnih vlakana, smanjenog kvaliteta kontrakcije mišića, promene funkcije i strukture aktina i miozina, i povećanje količine adipocita u mišićnom tkivu, mogu doprineti nastanku dinapenije (Clark & Manini, 2008; Goodpaster et al., 2000; Reid, Lannergren, & Westerblad, 2002; Thompson, Durand, Fugere, & Ferrington, 2006).

### **Mogući efekti primene treninga sa otporom kod osoba sa dinapenijom**

Rezultati ranijih studija pokazuju da je smanjenje ukupne snage i veličine mišića povezano sa starošću (Frontera, Hughes, Lutz, & Evans, 1991; Larsson, Grimby, & Karlsson, 1979; Lexell, Hendriksson-Larsen, Winblad, & Sjostrom, 1983). I brzina kontrakcije mišića je smanjena za oko 40% kod starijih u poređenju sa mlađim osoba (Larsson, Li, & Frontera, 1997). Ova pogoršanja doprinose daljem narušavanju kretnih sposobnosti i povećanju rizika od padova i posledičnim frakturama kostiju koja su česta pojava kod odraslih osoba. Smanjenje funkcionalnosti skeletnih mišića ima posledica i na socio-ekonomsko stanje usled povećanja troškova lečenja (Brown, McCartney, & Sale, 1990).

Međutim, prethodne studije takođe pokazuju da trening sa otporom može da poboljša i snagu i veličinu mišića odraslih osoba (Schneider & Guralnik, 1990; Frontera et al., 1988). I osobe starije od 90 godina mogu imati pozitivne adaptacije na trening sa otporom (Fiatarone et al., 1990) što ukazuje na činjenicu da skeletni mišić ima sposobnost da se pozitivno prilagođava na trening čak i kod veoma odraslih osoba. Reakcija mišića na trening je dobro dokumentovana, a Trape i saradnici (2000) objašnjavaju šta se dešava sa kontraktilnim elementima mišića na nivou ćelije, kao i pojedinačnim mišićnim vlaknom, i njihovom reakcijom na trening sa otporom. U toj studiji progresivni trening sa otporom primenjivao se u trajanju od 12 nedelja. Trening se izvodio tri puta nedeljno, sa opterećenjem od 80% jednog ponavljajućeg maksimuma (1RM), u tri serije, u prve dve sa 10 ponavljanja i u poslednjoj seriji do otkaza. Nakon svake dve nedelje se vršilo testiranje kako bi intenzitet treninga konstantno iznosio 80% jednog ponavljajućeg maksimuma. Takav trening je značajno povećao dijametar mišićne ćelije, brzinu skraćenja mišića i eksplozivnu snagu, i on se može smatrati efikasnom merom protiv smanjenja brzine

kontrakcije koja se javlja tokom procesa starenja, ali i kao korisno sredstvo u poboljšanju eksplozivne snage kao jedne od glavnih pokazatelja fizičke sposobnosti odraslih osoba (Trappe et al., 2000).

Još jedna nedavna studija ukazuje na važnost eksplozivne snage kod starijih osoba (Lopes, Pereira, Lodovico, Bento, & Rodacki, 2016). U ovoj studiji su upoređivani efekti dva modela treninga, treninga snage i treninga eksplozivne snage. Rezultati ukazuju na to da je sposobnost ispoljavanja eksplozivne snage (brža kontrakcija mišića) efikasnija u prevenciji padova zbog brže reakcije prilikom uspostavljanja pravilne posture. Dalje, ukazuje se da trening eksplozivne snage može smanjiti učestalost povreda u poređenju sa treningom snage zbog manjeg opterećenja, ali i manjih fizičkih zahteva (manjeg ukupnog zamora) tokom takvog treninga. Nakon 12 nedelja treninga došlo je do značajnog povećanja dinamičke snage, izometrijske snage i dinamičke ravnoteže. Shodno tome, trening eksplozivne snage može se preporučiti u poboljšanju sposobnosti produkcije sile donjih ekstremiteta, funkcionalnog kapaciteta i posturalne kontrole starijih odraslih osoba (Lopes, et al., 2016).

Povezanost mišićne slabosti i sposobnosti izvođenja svakodnevnih aktivnosti je predstavljena i u narednim studijama, sa osvrtom i na trening izdržljivosti koji takođe može da doprinese poboljšanju opšteg stanja. Mišićna slabost je glavni razlog disfunkcije lokomotornih aktivnosti i lošeg balansa, ne samo kod odraslih osoba nego i tokom prvih nekoliko meseci kod novorođenčadi. Povećanje mišićne snage kod beba povezano je sa razvojem kontrole pokreta tokom prvih 5 meseci života (Seene, Lellep, Tungel, Kaasik, & Seene, 2011). Ova činjenica ukazuje na važnost mišićne snage u svakodnevnim aktivnostima čoveka. Dokazano je da je program vežbanja, koji u svom sastavu ima aktivnosti održavanja ravnoteže, efikasan u smanjenju učestalosti padova kod odraslih osoba (Suttanon, Hill, Said, & Dodd, 2010). Odrasle osobe su oko 60% slabije nego mlađe osobe, ali šestomesečni program sa otporom poboljšava snagu kod starijih vežbača koja je, nakon takvog tretmana, manja za oko 38% u odnosu na mlađe vežbače (Melov, Tarnapolsky, Beckman, Felkey, & Hubbard, 2007). Tokom starenja, mišićna sila se smanjuje izraženije nego mišićna snaga (Metter, Conwit, Tobin, & Fozard, 1997). Trening sa otporom povećava brzinu kontrakcije i na taj način poboljšava kapacitet produkcije sile mišićnog vlakna odraslih osoba (Trappe et al., 2000). Trening snage je snažan stimulan metabolizma skeletnih mišića

kod odraslih osoba, naročito kontraktilnog aparata, pošto se sinteza miofibrilarnih proteina povećava pod dejstvom takvog treninga (Pehme, Alev, Kaasik, & Seene, 2004). Kod odraslih osoba atrofija mišića i disfunkcija mitohondrija javljaju se u isto vreme i možda su posledično povezane (Bua et al., 2006). I drugi autori (Abbatecola et al., 2011) sugerišu da postoji povezanost između disfunkcije mitohondrija i insulinske rezistencije kod odraslih. Takođe, pokazano je da trening sa otporom kod starijih odraslih osoba može povećati kapacitet mitohondrija skeletnih mišića (Parise, Brose, & Tarnopolsky, 2005). Kontrakcija mišića inicira mobilizaciju rezervi adipocita u skeletnom mišiću i podstiče beta oksidaciju uz smanjenje korišćenja glukoze (Thyfault et al., 2010). Trening sa otporom omogućava očuvanje nemasne mase tela tokom redukcije masti (Campbell et al., 2009).

Kada je u pitanju trening izdržljivosti, treba istaći da strukturalna i funkcionalna adaptacija mišića na trening zavisi od oksidativnog kapaciteta mišićnih vlakana (Seene, Kassik, & Umnova, 2009). Metabolizam proteina u mišiću, oporavak mišićnog vlakna nakon treninga, i regeneracija kapaciteta je brža u mišićnim vlaknima sa većim oksidativnim kapacitetom (Seene, Alev, Kaasik, & Pehme, 2007; Seene, Kassik, & Alev, 2011; Seene, Umnova, Kaasik, Alev, & Pehme, 2008). Oksidativni kapacitet skeletnih mišića opada kod odraslih osoba, tako da trening izdržljivosti predstavlja efikasnu meru poboljšanja tih funkcija pošto stimuliše biogenezu mitohondrija i poboljšava funkcionalne parametre (Hood, 2009; Ljubcic et al., 2010). Kombinacija treninga snage sa treningom izdržljivosti kod odraslih osoba poboljšava oksidativni kapacitet i metabolizam proteina, što utiče na poboljšanje kvaliteta života kroz povećanje funkcionalnog kapaciteta i ukupnu adaptaciju organizma na trening (Seene & Kaasik, 2012).

### **Perspektive i zaključci**

Poslednjih dvadesetak godina rezultati brojnih studija su omogućili lakše prepoznavanje faktora pogoršavanja fizičkih sposobnosti odraslih osoba. Sposobnost koja se uobičajeno smanjuje kod zdravih osoba tokom starenja je mišićna snaga (Gajdosik, Linden, & Williams, 1999; Larsson, 1978). Smanjenje mišićne snage je značajan faktor narušavanja zdravlja i može biti povezano sa poremećajima mehanike hoda, povećanom stopom padova, i smanjenjem sposobnosti samostalnog izvođenja osnovnih dnevnih aktivnosti.

Ranije se smatralo da je smanjenje mišićne snage u odrasloj dobi posledica atrofije mišićnog tkiva, odnosno sarkopenije, međutim, novije studije sugerišu da mišićna masa nije povezana sa posledicama smanjenja fizičkih funkcija koje su ranije pripisivane sarkopeniji (Manini & Clark, 2012; Clark & Manini, 2012). Tokom procesa starenja smanjenje mišićne snage je značajno izraženije nego smanjenje mišićne mase, tako da je u tom kontekstu primerenije govoriti o dinapeniji koja može da se predstavi kao gubitak mišićne snage povezane sa starošću i predstavlja posledicu više faktora koji obuhvataju nervni i mišićni sistem (Clark & Manini, 2012).

Trening snage predstavlja snažan stimulan metabolizma skeletnih mišića kod odraslih osoba, naročito kontraktilnog aparata. Takođe je poznato da i starije odrasle osobe pomoću treninga sa otporom mogu poboljšati mišićnu snagu, eksplozivnost, stabilnost, brzinu hoda, samostalnost, veličinu primenjene sile, kao i da su te promene vidljive i kroz povećanje dijametra mišića i kroz povećanje brzine kontrakcije. Međutim, nije poznato da li takav trening utiče na broj funkcionalnih motornih jedinica i jačinu mišićnog nadražaja, procese koji predstavljaju uzroke dinapenije. Ipak, do sada su napravljeni značajni napor u cilju podsticanja starije populacije da učestvuju u programima treninga sa otporom, i mnoge organizacije preporučuju trening sa otporom za muškarce i žene svih uzrasta, uključujući i najstariju populaciju. Međutim, sama kompleksnost dinapenije ograničava uspostavljanje jasnije definicije i detaljnije prepoznavanje faktora rizika, kao i dovoljno jasne i precizne preporuke za trening.

Budući da je nedostatak snage jedan od glavnih razloga mišićne slabosti, čini se da je najrealnije koristiti trening sa otporom kako bi se popravilo stanje. Pošto balans sinteze i razgradnje proteina u mišićima zavisi od oksidativnog kapaciteta mišića koji opada u starosti, treba praktikovati i vežbe izdržljivosti koje stimulišu povećanje oksidativnog kapaciteta skeletnog mišića, povećanjem biogeneze mitohondrija i podrške bržoj sintezi mišićnog proteina i posledičnog poboljšanja kvaliteta života i funkcije mišića kod odraslih osoba. Oporavak mišića nakon treninga je brži ukoliko je veći i oksidativni kapacitet. Kombinacija treninga snage i izdržljivosti kod odraslih osoba stvara mogućnost modifikacije smanjenja mišićnih funkcija povezanih sa starošću i usporavanje razvoja mišićne slabosti.

U kontekstu prepoznavanja potencijalnih osoba sa dinapenijom, bilo bi veoma važno utvrditi granične vrednosti snage koje mogu biti korisne za, eventualne,



rane intervencije koje bi pojedincima pomogle u sprečavanju potpune invalidnosti. Te vrednosti bi se mogle koristiti i kao specifični ciljevi u programima razvoja snage za stariju populaciju, i, ukoliko bi se one utvrdile, bile bi od pomoći u prepoznavanju osoba koje treba da učestvuju u specifičnom treningu snage. Klark i Manini (Clark & Manini, 2012) predlažu nekoliko koraka u tom procesu: prepoznavanje zdravstvenih rizika, zatim primena testova snage stiska šake i opuštanja u zglobov kolena. Međutim, do danas nije potvrđena validnost ovih dijagnostičkih procedura, a i rezultati testova nisu dostupni. Jedan od mogućih pristupa koji sugerišu isti autori odnosi se na prepoznavanje osoba sa niskim nivoom fizičkih sposobnosti, što verovatno podrazumeva i sarkopeniju, dinapeniju, i druga potencijalna stanja kao što su loša ravnoteža, depresija, itd. Dalje, važno je odrediti biološke činioce dinapenije, i omogućiti bolje razumevanje onoga šta izaziva slabost mišića kod starijih odraslih, kao i da li se ovi specifični činioci razlikuju od osobe do osobe. Potrebne su dugoročne kontrolisane studije sa evaluacijom bioloških faktora dinapenije, a sve u kontekstu razvoja efikasnog programa prevencije, odnosno intervencije i tretmana ovog stanja. U očekivanju rezultata takvih studija, i preciznijih preporuka i uputstava, veoma je važno učestvovati u programiranom, kontrolisanom i primerenom programu treninga sa otporom zbog brojnih pozitivnih efekata koji su navedeni u ovom radu, bez obzira na pol i uzrast.

## IZJAVA

Autor je svojom izjavom potvrdio nepostojanje bilo kakvog sukoba interesa.

## LITERATURA

- Abbatecola, A.M., Paolisso, G., Fattoretti, P., Evans, W.J., Fiore, V., Dicioccio, L., & Lattanzio, F. (2011). Discovering pathways of sarcopenia in older adults: a role for insulin resistance on mitochondria dysfunction. *The Journal of Nutrition Health and Aging, 15*, 890–895.
- Artero, E.G., Lee, D.C., Ruiz, J.R., Sui, X., Ortega, F.B., Church, T.S., et al. (2011). A prospective study of muscular strength and all-cause mortality in men with hypertension. *Journal of American College of Cardiology, 57*, 1831–1837.
- Atkinson, H.H., Rosano, C., Simonsick, E.M., Williamson, J.D., Davis, C., Ambrosius, W.T., et al. (2007). Cognitive function, gait speed decline, and comorbidities: the health, aging and body composition study. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 62*, 844–850.
- Bassey, E., Fiatarone, M., O'Neil, E., Kelly, M., Evans, W., & Lipsitz, L. (1992). Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clinical Science, 74*, 321–327.
- Brown, A., McCartney, N., & Sale, D.G. (1990). Positive adaptations to weight-lifting training in the elderly. *Journal of Applied Physiology, 69*, 1725–1733.
- Bua, E., Johnson, J., Herbst, A., DeLong, B., McKenzie, D., Salamat, S., & Aiken, J.M. (2006). Mitochondrial DNA-deletion mutations accumulate intracellularly to detrimental levels in aged human skeletal muscle fibers. *American Journal of Human Genetics, 79*, 469–480.
- Campbell, W.W., Haub, M.D., Wolfe, R.R., Ferrando, A.A., Sullivan, D.H., Apolzan, J.W., & Iqbal, H.B. (2009). Resistance training preserves fat-free mass without impacting changes in protein metabolism after weight loss in older women. *Obesity (Silver Spring), 17*, 1332–1339.
- CDC. (2008). Statistics FIFoA-R edition. Washington, DC: US Government Printing Office. Older Americans 2008: key indicators of well-being.
- Cesari, M., Pahor, M., Lauretani, F., et al. (2009). Skeletal muscle and mortality results from the InCHIANTI Study. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 64*, 377–84.
- Clark, B.C. (2009). In vivo alterations in skeletal muscle form and function after disuse atrophy. *Medicine and Science in Sports Exercise, 42*, 363–372.
- Clark, B.C., & Manini, T.M. (2008). Sarcopenia= $\neq$ dynapenia. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 63*, 829–834.
- Clark, B.C., & Taylor, J.L. (2011). Age-Related Changes in Motor Cortical Properties and Voluntary Activation of Skeletal Muscle. *Current Aging Science, 4*, 192–199.
- Clark, B.C., Fernhall, B., & Ploutz-Snyder, L.L. (2006). Adaptations in human neuromuscular function following prolonged unweighting: I. Skeletal muscle contractile properties and applied ischemia efficacy. *Journal of Applied Physiology, 101*, 256–263.
- Clark, B.C., Manini, T.M., Bolanowski, S.J., & Ploutz-Snyder, L.L. (2006). Adaptations in human neuromuscular function following prolonged unweighting: II. Neurological properties and motor imagery efficacy. *Journal of Applied Physiology, 101*, 264–272.
- Clark, B.C., & Manini, T.M. (2012). What is dynapenia? *Nutrition, 28*(5), 495–503.
- Dargent-Molina, P., Favier, F., Grandjean, H., Baudoin, C., Schott, A.M., Hausherr, E., et al. (1996). Fall-related factors and risk of hip fracture: the EPIDOS prospective study. *Lancet, 348*, 145–149.
- Delbono, O. (2011). Expression and Regulation of Excitation-Contraction Coupling Proteins in Aging Skeletal Muscle. *Current Aging Science, 4*, 248–259.
- Delmonico, M.J., Harris, T.B., Visser, M., Park, S.W., Conroy, M.B., Velasquez-Mieyer, P., et al. (2009). Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *The American Journal of Clinical Nutrition, 90*, 1579–1585.

- Duchateau, J., & Enoka, R.M. (2002). Neural adaptations with chronic activity patterns in able-bodied humans. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(11 Suppl), S17–S27.
- Evans, W.J. (1995). What is sarcopenia? *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50(Spec No), 5–8.
- Fell, J.W., & Williams, A.D. (2008). The effect of aging on skeletal muscle recovery from exercise: possible implications for aging athlete. *Journal of Aging and Physical Activity*, 16, 97–115.
- Ferrucci, L., Penninx, B.W., Volpato, S., Harris, T.B., Bandeen-Roche, K., Balfour, J., et al. (2002). Change in muscle strength explains accelerated decline of physical function in older women with high interleukin-6 serum levels. *Journal of American Geriatric Society*, 50, 1947–1954.
- Fiatarone, M.A., Marks, E.C., Ryan, N.D., Meredith, C.N., Lipsitz, L.A., & Evans, W.J. (1990). High-intensity strength training in nonagenarians: effects on skeletal muscle. *Journal of the American Medical Association*, 263, 3029–3034.
- Fried, L.P., Ferrucci, L., Darer, J., Williamson, J.D., & Anderson, G. (2004). Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity: Implications for improved targeting and care. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 59A, 255–263.
- Frontera, W.R., Hughes, V.A., Lutz, K.J., & Evans, W.J. (1991). A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *Journal of Applied Physiology*, 71, 644–650.
- Frontera, W.R., Meredith, C.N., O'Reilly, K.P., Knuttgen, H.G., & Evans, W.J. (1988). Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of Applied Physiology*, 64, 1038–1044.
- Gajdosik, R., Linden, D.V., & Williams, A. (1999). Concentric isokinetic torque characteristics of the calf muscles of active women aged 20 to 84 years. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 29(3), 181–190.
- Gandevia, S.C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Review*, 81, 1725–1789.
- Gill, T., Williams, C., & Tinetti, M. (1995). Assessing risk for the onset of functional dependence among older adults: the role of physical performance. *Journal of American Geriatric Society*, 43, 603–609.
- Gontijo, B. (2005). Envelhecimento global: trinfo e desafio. In: *Anonimous, Envelhecimento ativo: uma política de saúde* (pp. 8-12). Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde.
- Goodpaster, B.H., Kelley, D.E., Thaete, F.L., He, J., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle attenuation determined by computed tomography is associated with skeletal muscle lipid content. *Journal of Applied Physiology*, 89, 104–110.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Zahner, L., Gollhofer, A., & Kressig, R.W. (2011). Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *The New Zealand Journal of Sports Medicine*, 41, 377–400.
- Guralnik, J.M., Ferrucci, L., Pieper, C.F., et al. (2000). Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55, M221–M231.
- Hasselgren, L., Olsson, L.L., & Nyberg, L. (2011). Is leg muscle strength correlated with functional balance and mobility among inpatients in geriatric rehabilitation? *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 52, 220–225.
- Hinman, J., Cunningham, D., Rechnitzer, P., & Paterson, D. (1988). Age-related changes in speed of walking. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 20, 161–166.
- Hood, D. A. (2009). Mechanisms of exercise-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 34, 465–472.
- Ijmker, T., & Lamoth, C.J. (2012). Gait and cognition: the relationship between gait stability and variability with executive function in persons with and without dementia. *Gait Posture*, 35, 126–130.
- Jette, A.M. (2003). Assessing disability in studies on physical activity. *American Journal Preview Medicine*, 25, 122–128.
- Kan GA van, Rolland, Y., Andrieu, S., Bauer, J., Beauchet, O., Bonnefoy, M., et al. (2009). Gait speed at usual pace as a predictor of adverse outcomes in community-dwelling older people an International Academy on Nutrition and Aging (IANA) Task Force. *Journal of Nutrition and Health Aging*, 13, 881–889.
- Kawakami, Y., Akima, H., Kubo, K., Muraoka, Y., Hasegawa, H., Kouzaki, M., et al. (2001). Changes in muscle size, architecture, and neural activation after 20 days of bed rest with and without resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 7–12.
- Larsson, L. (1978). Morphological and functional characteristics of the ageing skeletal muscle in man. *Acta Physiologica Scandinavia*, 457, 1–36.
- Larsson, L., Grimby, G., & Karlsson, J. (1979). Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *Journal of Applied Physiology*, 46, 451–456.
- Larsson, L., Li, X., & Frontera, W.R. (1997). Effects of aging on shortening velocity and myosin isoform composition in single human skeletal muscle cells. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 272, C638–C649.
- Lexell, J., Hendriksson-Larsen, K., Winblad, B., & Sjoström, M. (1983). Distribution of different fibre types in human skeletal muscles: effects of aging studies in whole muscle cross section. *Muscle Nerve*, 6, 588–595.
- Lopes, P.B., Pereira, G., Lodovico, A., Bento, P.C., & Rodacki, A.L. (2016). Strength and Power Training Effects on Lower Limb Force, Functional Capacity, and Static and Dynamic Balance in Older Female Adults. *Rejuvenation Research*, 19(5), 385–393.
- Ljubicic, V., Joseph, A.M., Saleem, A., Uguccioni, G., Collu-Marchese, M., Lai, R.Y., Nguyen, L.M., & Hood, D.A. (2010). Transcriptional and post-transcriptional regulation of mitochondrial biogenesis in skeletal muscle: effects of exercise and aging. *Biochimica and Biophysica Acta*, 1800, 223–234.
- Manini, T.M., Visser, M., Won-Park, S., et al. (2007). Knee extension strength cutpoints for maintaining mobility. *Journal of American Geriatrics Society*, 55, 451–457.
- Manini, T.M., & Clark, B.C. (2012). Dynapenia and aging: an update. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 67, 28–40.
- Manini, T.M., Visser, M., Won-Park, S., et al. (2007). Knee extension strength cutpoints for maintaining mobility. *Journal of American Geriatric Society*, 55, 451–457.

- Manini, T.M., Visser, M., Won-Park, S., Patel, K.V., Strotmeyer, E.S., Chen, H., et al. (2007). Knee extension strength cutpoints for maintaining mobility. *Journal of American Geriatric Society*, 55, 451–457.
- McNeil, C.J., Doherty, T.J., Stashuk, D.W., & Rice, C.L. (2005). Motor unit number estimates in the tibialis anterior muscle of young, old, and very old men. *Muscle Nerve*, 31, 461–467.
- Melov, S., Tarnopolsky, M.A., Beckman, K., Felkey, K., & Hubbard, A. (2007). Resistance exercise reverses aging in human skeletal muscle. *Plos One*, 2, e465.
- Metter, E.J., Conwit, R., Tobin, J., & Fozard, J.L. (1997). Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 52, B267–B276.
- Newman, A.B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E.M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.B., et al. (2006). Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61, 72–77.
- Papadakis, M.A., Grady, D., Black, D., Tierney, M.J., Gooding, G.A., Schambelan, M., & Grunfeld, C. (1996). Growth hormone replacement in healthy older men improves body composition but not functional ability. *Annual International Medicine*, 124, 708–716.
- Parise, G., Brose, A.N., & Tarnopolsky, M.A. (2005). Resistance exercise training decreases oxidative damage to DNA and increases cytochrome oxidase activity in older adults. *Experimental Gerontology*, 40, 173–180.
- Pehme, A., Alev, K., Kaasik, P., & Seene, T. (2004). Age related changes in skeletal muscle myosin heavy-chain composition: effect of mechanical loading. *Journal of Aging and Physical Activity*, 12, 29–44.
- Ploutz-Snyder, L.L., Manini, T., Ploutz-Snyder, R.J., & Wolf, D.A. (2002). Functionally relevant thresholds of quadriceps femoris strength. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57, 144–152.
- Potter, J.M., Evans, A.L., & Duncan, G. (1995). Gait speed and activities of daily living function in geriatric patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76, 997–999.
- Power, G.A., Dalton, B.H., Behm, D.G., Vandervoort, A.A., Doherty, T.J., & Rice, C.L. (2010). Motor unit number estimates in masters runners: use it or lose it? *Medicine and Science in Sports Exercise*, 42, 1644–1650.
- Reid, M.B., Lannergren, J., & Westerblad, H. (2002). Respiratory and limb muscle weakness induced by tumor necrosis factor- $\alpha$ : involvement of muscle myofilaments. *American Journal Respiratory and Critical Care Medicine*, 166, 479–484.
- Russ, D.W., Grandy, J.S., Toma, K., & Ward, C.W. (2011). Aging, but not yet senescent, rats exhibit reduced muscle quality and sarcoplasmic reticulum function. *Acta Physiologica (Oxf)*, 201, 391–403.
- Schneider, E.L., & Guralnik, J.M. (1990). The aging of America. Impact on health care costs. *Journal of the American Medical Association*, 263, 2335–2340.
- Seene, T., Alev, K., Kaasik, P., & Pehme, A. (2007). Changes in fast twitch muscle oxidative capacity and myosin isoforms modulation during endurance training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32, 905–911.
- Seene, T., & Kaasik, P. (2012). Muscle weakness in the elderly: role of sarcopenia, dynapenia, and possibilities for rehabilitation. *European Review of Aging and Physical Activity*, 9, 109–117.
- Seene, T., Kaasik, P., & Riso, E.M. (2012). Review on aging, unloading and reloading: changes in skeletal muscle quantity and quality. *Archives of Gerontology and Geriatric*, 54, 374–380.
- Seene, T., Kaasik, P., & Umnova, M. (2009). Structural rearrangements in contractile apparatus and resulting skeletal muscle remodelling: effect of exercise training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49, 410–423.
- Seene, T., Lellep, J., Tungel, E., Kaasik, P., & Seene, M. (2011). Modelling of newborns' strength development. In: Puman E., Lellep, J. (eds.), *International Conference on Optimization and Analysis of Structures* (42 pp). Tartu.
- Seene, T., Umnova, M., Kaasik, P., Alev, K., & Pehme, A. (2008). Overtraining injuries in athletic population. In: Tiidus PM (ed.), *Skeletal muscle damage and repair* (pp 173–184 and 305–307). Human Kinetics: IL.
- Snyder, P.J., Peachey, H., Berlin, J.A., Hannoush, P., Haddad, G., Dlewati, A., et al. (2000). Effects of testosterone replacement in hypogonadal men. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 85, 2670–2677.
- Song, M.Y., Ruts, E., Kim, J., Janumala, I., Heymsfield, S., & Gallagher, D. (2004). Sarcopenia and increased adipose tissue infiltration of muscle in elderly African American women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 874–880.
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M., et al. (2011). Gait speed and survival in older adults. *Journal of the American Medical Association*, 305, 50–58.
- Suttanon, P., Hill, K., Said, C., & Dodd, K. (2010). Can balance exercise programmes improve balance and related physical performance measures in people with dementia? A systematic review. *European Review of Aging and Physical Activity*, 7, 13–25.
- Takata, Y., Ansai, T., Soh, I., Awano, S., Yoshitake, Y., Kimura, Y, et al. (2011). Physical fitness and 6.5-year mortality in an 85-year-old community-dwelling population. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54, 28–33.
- Thompson, L.V., Durand, D., Fugere, N.A., & Ferrington, D. A., (2006). Myosin and actin expression and oxidation in aging muscle. *Journal of Applied Physiology*, 101, 1581–1587.
- Thyfaut, J.P., Gree, M.G., Tapscott, E.B., Bell, J.A., Koves, T.R., Ilkayeva, O., Wolfe, R.R., Dohm, G.L., & Muoio, D.M. (2010). Metabolic profiling of muscle contraction in lean compared with obese rodents. *American Journal of Physiology*, 299, R926–R934.
- Trappe, S., Williamson, D., Godard, M., Porter, D., Rowden, G., & Costill, D. (2000). Effect of resistance training on single muscle fiber contractile function in older men. *Journal of Applied Physiology*, 89, 143–152.
- Viccaro, L.J., Perera, S., & Studenski, S.A. (2011). Is timed up and go better than gait speed in predicting health, function, and falls in older adults? *Journal of American Geriatric Society*, 59, 887–92.
- Visser, M., Goodpaster, B.H., Kritchevsky, S.B., Newman, A.B., Nevitt, M., Rubin, S.M., Simonsick, E.M., & Harris, T.B. (2005). Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in wellfunctioning older persons. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60, 324–333.



- Visser, M., Deeg, D.J., Lips, P., Harris, T.B., & Bouter, L.M. (2000). Skeletal muscle mass and muscle strength in relation to lower-extremity performance in older men and women. *Journal of American Geriatric Society*, 48, 381–386.
- Visser, M., Harris, T.B., Fox, K.M., Hawkes, W., Hebel, J.R., Yahiro, J.Y., et al. (2000). Change in muscle mass and muscle strength after a hip fracture: relationship to mobility recovery. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55, M434–M440.
- Visser, M., Simonsick, E.M., Colbert, L.H., et al. (2005). Type and intensity of activity and risk of mobility limitation: the mediating role of muscle parameters. *Journal of American Geriatrics Society*, 53, 762–770.
- Watson, N.L., Rosano, C., Boudreau, R.M., Simonsick, E.M., Ferrucci, L., Sutton-Tyrrell, K., et al. (2010). Executive function, memory, and gait speed decline in well-functioning older adults. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 65, 1093–1100.
- Weuve, J., Kang, J.H., Manson, J.E., Breteler, M.M., Ware, J.H., & Grodstein, F. (2004). Physical activity, including walking, and cognitive function in older women. *Journal of the American Medical Association*, 292, 1454–1461.
- Wolfson, L., Judge, J., Whipple, R., & King, M. (1995). Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 50A, B64–B67.
- Xue, Q.L., Beamer, B.A., Chaves, P.H., Guralnik, J.M., & Fried, L.P. (2010). Heterogeneity in rate of decline in grip, hip, and knee strength and the risk of all-cause mortality: the women's health and aging study II. *Journal of American Geriatric Society*, 58, 2076–2084.
- 

Datum prijave: 12.01.2018.

Datum prihvatanja: 08.06.2018.

## Kontakt

Bojan Međedović, Fakultet za sport i turizam,  
Radnička 30a , Novi Sad  
E-mail: bojan.medjedovic@tims.edu.rs