



Darjan Spudić,
Primož Pori, Damir Karpljuk, Vedran Hadžić

Vpliv inercialjske vadbe moči na gibalno učinkovitost starostnic

Izveček

Z ustrezno vadbo moči lahko starostniki ne le upočasnijo ali preprečijo sarkopenijo in zmanjšanje moči, temveč celo povečajo mišično maso ter posledično največjo in eksplozivno moč. Učinki vadbe moči vplivajo na ohranjanje oziroma izboljšanje gibalnih in funkcionalnih sposobnosti starostnikov in s tem na samostojnost ter uspešno staranje. Inercialjska vadba, ki temelji na izkoriščanju vrtilne količine valjaste uteži, daje možnost učinkovite vadbe moči za starostnike. Rotacijska energija vrteče se uteži v ekscentričnem delu kontrakcije privede do razvoja višjih sil kot v koncentričnem delu kontrakcije, kar predstavlja bistven koncept inercialjske vadbe, poimenovan tudi ekscentrična preobremenitev. Namen raziskave je bil ugotoviti praktično-uporabno vrednost in preveriti dejanske učinke programa vadbe na inercialjski napravi za izvajanje počepa na gibalne in funkcionalne sposobnosti starostnic. Primerjali smo učinke tradicionalne vadbe z utežjo z ročajem (*kettlebellom*) in učinke vadbe na skonstruirani inercialjski napravi za izvajanje počepa v primerjavi s kontrolno skupino in ugotovili podobno učinkovitost obeh vadbenih metod na moč iztegovalk nog, izmerjenih s testom vstajanje s stola, pri čemer smo nekoliko boljše učinke vadbe v 8-tedenskem programu ugotovili pri inercialjski vadbi. Ugotovili smo tudi, da z obema vadbenima intervencijama nismo statistično pomembno vplivali na rezultate testov funkcionalni dosež naprej, vstani in pojdi ter 6-minutni test hoje.

Ključne besede: inercija, moč, starostnik, sarkopenija, vstajanje s stola, jo-jo.



Foto: osebni arhiv.

Influence of Inertial Resistance Exercise on Functional Abilities among Elderly Women

Abstract

Recent studies show that sarcopenia and muscle strength loss can not only be prevented, but the elderly are also able to successfully gain muscle mass, maximum strength and power. Resistance exercise also positively influences functional abilities, independence and active aging. Inertial contraptions are an effective way of resistance exercise among elderly. The contraction of the eccentric part of the muscles generates stronger forces than the concentric part, which is a vital concept of the inertion exercise, also known as eccentric overload. The purpose of the study was to examine practical implication and actual effects of the inertial contraption on functional abilities among elderly women. We compared the effects of traditional resistance exercise in the form of performing squats using the kettlebell and inertial resistance exercise with the constructed inertion contraption for performing squats. We discovered a similar effect of both of the exercise types on the power of the leg extensor muscles tested by the Sit to Stand test. The exercise group using the inertion contraption has provided us with slightly better results. Both of the exercises have not majorly influenced the results of the Functional Reach Test, the Timed Up and Go Test and the 6-minute Walk Test.

Key words: Inertia, Resistance, Elderly, Sarcopenia, Sit to Stand, Yo-Yo.

Uvod

Uspešno staranje se ne začne s starostjo, je posledica načina življenja. Procesi staranja, katerih vodilni dejavnik je sarkopenija, pri starejših osebah povzročijo upad gibalnih in funkcionalnih sposobnosti posameznika, ki se kažejo skozi zmanjšano sposobnost izvajanja vsakodnevnih aktivnosti (Narici in Maganaris, 2006). Zaradi upada mišične mase v starosti se tudi poveča tveganje za pridobitev nekaterih kroničnih nenalezljivih bolezni, upad mišične mase pa je lahko tudi posledica kroničnega bolezenskega stanja (Ebner, Slizuk, Scherbakov in Sandek, 2015; Li idr., 2015; Wolfe, 2016).

Mišična masa in manifestacija moči sta povezani tudi z ostalimi gibalnimi (ravnotežje, hitrost, agilnost) in funkcionalnimi (vzdržljivost) sposobnostmi starostnikov. Zaradi manjše relativne moči se telo hitreje utruje. Ugotovljeno je bilo, da je posebej zmanjšanje hitre moči pri starostnikih dober pokazatelj funkcionalne manjzmožnosti (Cadore, Pinto, Bottaro in Izquierdo, 2014).

Z ustrezno vadbo za moč lahko starejše osebe kljub manjšemu potencialu za povečanje moči v primerjavi z odraslimi ne le upočasnijo ali preprečijo sarkopenijo in zmanjšanje moči, temveč celo povečajo presek mišičnih vlaken tipa 2 ter posledično največjo in eksplozivno moč (Leidesdorff Bechshøft, Malmgaard-Clausen, Gliese, Beyer, Mackey, Andersen, Kjær in Holm, 2017), kar naprej vpliva na ohranjanje oziroma izboljšanje gibalnih in funkcionalnih sposobnosti starostnikov in s tem samostojnost ter uspešno staranje (Häkkinen, Alen, Kallinen, Newton in Kraemer, 2000; Strojnik, 2015).

V praksi se srečujemo s programi vadbe za moč za starostnike, ki ne zajemajo dovolj velikih obremenitev, da bi dosegli potencial vzdrževanja mišične mase in s tem povezanih gibalnih in funkcionalnih sposobnosti starostnikov. S kratkotrajnimi, nekoliko bolj intenzivnimi in s tem učinkovitimi metodami vadbe na inercialni napravi dosežemo ekonomičnost, ki se v praksi kaže kot pomembna značilnost vadbe pri starostnikih.

Medtem ko so pri tradicionalni izotonični vadbi za moč kot zunanja obremenitev najpogosteje uporabljene uteži in s tem sila gravitacije, inercialna vadba kot obremenitev izkorišča masni vztrajnostni moment vrtečega se kolesa in je uporabna tudi v breztežnostnem prostoru (Alkner, Berg, Kozlovskaya, Sayenko, in Tesch, 2003; Norrbrand, 2008). Inercialne naprave teme-

lji na izkoriščanju vrtilne količine kolesa, ki ga v gibanje spravimo s potegom vrvi, ovite okoli osi, na katerega je kolo nameščeno. Rotacijska energija, ki jo pridobi kolo med koncentričnim potegom, se izniči pri zaustavljanju vrtenja kolesa z ekscentrično kontrakcijo vključenih mišic. Tekoče ponovitve inercialne vadbe spominjajo na delovanje jo-ja in zato vadbo poimenujemo tudi Yo-Yo vadba (Norrbrand, Fluckey, Pozzo, in Tesch, 2008).

Danes inercialna vadba za moč predstavlja inovativno možnost učinkovite vadbe, ki se zaradi pozitivnih učinkov ekscentrične vadbe vse bolj uveljavlja pri rehabilitaciji po akutnih in kroničnih poškodbah, predvsem tetiv (Romero-Rodriguez, Gual in Tesch, 2011), pri preventivni vadbi pred poškodbami pri športnikih, pri razvijanju gibalnih sposobnosti pri športnikih in z namenom izboljšanja kazalnikov zdravja pri kroničnih bolnikih (Prieto-Mondragón, Camargo-Rojas in Quiceno, 2016). Učinki programov vadb za moč pri treniranih in netreniranih osebah na inercialnih napravah so bolj robustni v primerjavi z vadbo z utežmi (Norrbrand idr., 2010).

V nasprotju z vadbo z utežmi vrtilna količina kolesa, ki jo ustvarimo v koncentrični fazi krčenja mišice na inercialni napravi, povzroči epizode višje mišične aktivacije in proizvedene mehanske sile v ekscentrični fazi kontrakcije (Norrbrand idr., 2010). Pride do razvoja višjih tenzilnih sil, ki so proizvedene z manjšo aktivacijo motoričnih enot in posledično manjšo energijsko potratno, dodatno se izboljša tudi nevralna prevodnost, s čimer je rekrutacija motoričnih enot bolj učinkovita. Posledično je tudi prirastek mišične mase hitrejši. Prilagoditev na visoko intenzivnost vadbe se kaže v inhibiciji protektivnih mehanizmov, kot je Golgijev tetivni organ. S tem se v mišično-tetivnem kompleksu lahko razvijejo višje sile oziroma

pride do višjega nivoja zavestne aktivacije. Pozitivne lastnosti, ki jih ima koncentrično-ekscentrična kontrakcija na inercialnih napravah na mišični sistem, se neposredno prenesejo tudi na tetivo, ki se na zmožnost proizvajanja višjih sil v mišici prilagodi s povečanjem prečnega preseka oziroma gostoto kolagenskih vlaken znotraj tetive in s tem poveča svojo togost. Fenomen doseganja višjih sil v ekscentrični fazi krčenja mišice na inercialnih napravah je v literaturi označen kot ekscentrična preobremenitev oziroma »eccentric overload« (Slika 1).

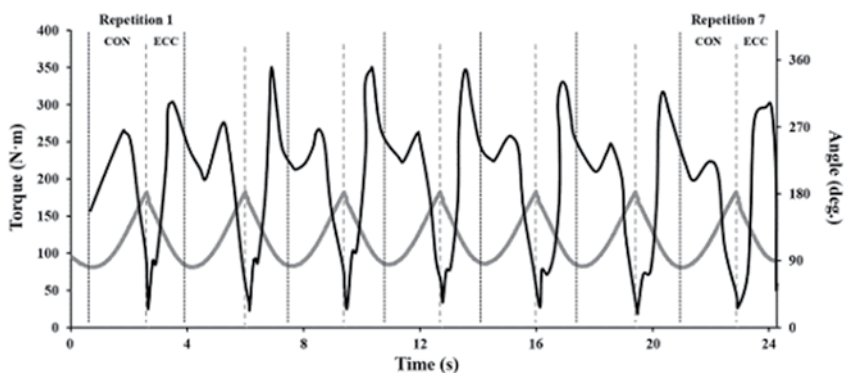
Pozitivne lastnosti, ki zajemajo živčno-mišične prilagoditve pri inercialni vadbi, pa imajo vpliv tudi na gibalne in funkcionalne sposobnosti starostnikov (Norrbrand, 2008; Norrbrand, 2010; Tesch idr., 2017).

Namen raziskave je bil ugotoviti praktično-uporabno vrednost lastne skonstruirane inercialne vadbe na napravi za izvajanje počepa pri starostnikih in preveriti učinke pripravljenega programa inercialne vadbe moči za starostnice na njihove gibalne in funkcionalne sposobnosti, in sicer na moč iztegovalk nog, agilnost, ravnotežje in kardio-vaskularno vzdržljivost.

Metode dela

Vzorec merjencev

V raziskavo je bilo prostovoljno vključenih 44 starostnic, starih od 60 do 84 let. Vse so bile oskrbovanke Zdravstvenega doma Črnomelj. V času študije se je zaradi osebnih razlogov število vadečih zmanjšalo na 37 (16 % osip). Starostnice so bile naključno razdeljene v tri skupine, in sicer kontrolno (11 udeleženk s povprečno starostjo $67,3 \pm 4,5$ let in indeksom telesne mase $29,9 \pm 5,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), tradicionalno (14 udeleženk s povprečno starostjo $71,57 \pm 6,4$ let in indeksom telesne mase $25,6 \pm 4,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) in inercialno (12 udeleženk s povprečno starostjo $68,8$



Slika 1. Krivulja navora skozi 7 ponovitev z največjo zmožnostjo potega na inercialni napravi za izteg kolena (Tesch, Fernandez-Gonzalo in Lundberg, 2017).

$\pm 7,3$ let in indeksom telesne mase $24,8 \pm 4,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Udeleženci študije niso imeli prejšnjih izkušenj z vadbo za moč, bili pa so vsakodnevno telesno dejavni v smislu gospodinjstvih in hišnih opravil. Celoten eksperiment je bil izveden v skladu s Helsinško-tokijsko deklaracijo in potrjen s strani Etične komisije na področju športa na Fakulteti za šport.

Postopek in pripomočki

Pred začetkom in na koncu vadbenega programa so starostnice izpolnile zdravstveni Vprašalnik o pripravljenosti na vadbo (PAR-Q) (The Physical Activity Readiness

Questionnaire for Everyone, 2017). V sklopu standardizirane vadbene enote so bile izvedene antropometrične meritve ter meritve gibalnih in funkcionalnih sposobnosti starostnikov s testi telesne pripravljenosti za starejše (Djomba, Backović Juričan in Jakovljević, 2015), in sicer 6-minutnim testom hoje [prehojena razdalja v metrih], testom vstajanja s stola (30 s) [število ponovitev], testom vstani in pojdi (2,4 m) [čas v sekundah] in testom funkcionalnega dosega naprej [cm] (Singh, Pillai, Tan, Tai in Shahar, 2015). V tradicionalni skupini smo izmerili največje breme pri eni ponovitvi počepa (1RM) in v inercijski skupini največjo zmo-

žnost potega iz počepa na inercijski napravi za izvajanje počepa.

Vadbena intervencija

Vadeči so skozi osem tedenski progresivni program vadbe moči izvajali počepe v sklopu standardizirane vadbene enote. V skupini, ki je izvajala inercijsko vadbo, je bila uporabljena lastno skonstruirana inercijska naprava za izvajanje počepa (Slika 2) s skupnim začetnim masnim vztrajnostnim momentom vrtenja $0,036 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ (5 kg utež s premerom 24 cm) in pasom za pritrditev obremenitve na medenico. V skupini, ki je izvajala vadbo moči z utežjo, so bile uporabljene uteži z ročajem (*Kettlebell*), ki so jih vadeči med izvedbo počepa držali v predročju dol.

V Tabeli 1 je predstavljena progresivna obremenitev pri vadbi moči za starostnike, ki so vadili z utežjo z ročajem in na inercijski napravi za izvajanje počepa. Pri slednji smo intenzivnost vadbe določili z odstotki največje proizvedene vrtilne količine na inercijski napravi, ki smo jo dobili z začetnimi meritvami največje zmožnosti potega iz počepa.



Slika 2. Lastna skonstruirana inercijska naprava za izvajanje počepa (osebni arhiv).

Tabela 1

Načrt obremenitve pri vadbi za moč starostnikov z utežjo z ročajem oziroma na inercijski napravi za izvajanje počepa

TEDEN	% 1RM ¹ ali % največje proizvedene vrtilne količine ²	Število serij	Število tekočih koncentričnih ponovitev vaje znotraj serije	Vadbeni cikel znotraj serije	Vrednost na lestvici subjektivnega znavanja napora po Borgu (6–20).
1 UV	40	3	15–22		12–14
2 UV	50	2	12–15		12–14
3	60	2	12–15		14–16
4	60	3	12–15		14–16
5	60	4	12–15	2 min	14–16
6	70	2	10–12		14–16
7	70	3	10–12		14–16
8	70	4	10–12		14–16

Legenda. UV: uvajalni teden, % 1RM: odstotek največjega bremena pri eni ponovitvi vaje, 1: tradicionalna skupina, 2: inercijska skupina.



Slika 3. Izvedba počepa z utežjo z ročajem – kettlebellom (osebni arhiv).

Meritve največje zmožnosti potega na inercijski napravi za izvajanje počepa (1RM na inerciji)

Enako kot smo pri vadbi z utežjo z ročajem za vsakega posameznika z namenom

relativne prilagoditve intenzivnosti vadbe izvedli posredne meritve največjega bremena pri eni ponovitvi vaje (Brzitsky, 1993), smo na inercijski napravi izvedli meritve največje zmožnosti potega valjaste uteži iz počepa v vrtenje. Iz največje hitrosti vrtenja uteži (ω_{max}), izmerjene ob koncu dviga iz počepa s svetlobnim merilcem frekvence vrtenja, in masnega vztrajnostnega momenta uteži (Juteži) in palice (Jpalice), ki predstavlja os vrtenja, smo za vsakega posameznika izračunali največjo vrtilno količino ($\Gamma_{max.poteg}$), ustvarjeno pri dvigu. Z upoštevanjem izračunanega podatka o ustvarjeni največji vrtilni količini med meritvami in izračunanega podatka o konstantni hitrosti dviganja bremena s tekočimi koncentričnimi ponovitvami med vadbo je bil za namen vadbe za vsakega posameznika prilagojen odstotek največje vrtilne količine (% 1RM na inerciji), ki je predstavljal intenzivnost vadbe.

Ker smo vse uporabljene kolutne uteži prilagodili tako, da so imele enak premer in smo izvajanje ponovitev vaje določili s tekočimi koncentričnimi ponovitvami, smo lahko relativno intenzivnost vadbe v sklopu vadbene enote na inercijski napravi uravnavali samo z maso uteži, ki smo jo za vsakega posameznika izračunali z enačbo 1:

$$m = p * \left(\frac{2 * \Gamma_{max.poteg} - 2\omega_1 * J_{palice}}{r^2 * \omega_1} \right) \quad (1)$$

kjer »p« predstavlja odstotek (%) največje zmožnosti potega oziroma odstotek največje vrtilne količine, » $\Gamma_{max.poteg}$ « označuje največjo izmerjeno vrtilno količino pri meritvi 1RM na inerciji, » J_{palice} « označuje masni vztrajnostni moment palice, ki predstavlja tudi os vrtenja uteži, » r « označuje polmer uteži, ki je enak za vse uteži, in » ω_1 « označuje izračunano kotno hitrost v času ene sekunde, določeno s tekočimi koncentričnimi ponovitvami vaje.

Intenzivnost vadbe smo dodatno po vsaki seriji vadbe v obeh skupinah spremljali tudi s 15-stopenjsko lestvico zaznavanja napora po Borgu (Morishita, Yamauchi, Fujisawa in Domen, 2013).

Metode obdelave podatkov

V obdelavo smo vključili rezultate testov posameznikov, ki so bili na vadbi prisotni vsaj 75 %. Posameznikov, ki so ustrezali kriterijem, je bilo 37. Vpliv vadbe na rezultate testov (pred-po) smo preverili z enofaktor-

sko analizo variance. V primeru obstoja statistično značilnih razlik med skupinami smo uporabili teste mnogoterih primerjav (Post Hoc) za preverjanje razlik med posameznima skupinama. Podatki so bili obdelani s programsko opremo IBM SPSS Statistics 22 (IBM Corporation, New York, ZDA) in Microsoft Office Excel 2013 (Microsoft, Washington, ZDA). Statistična značilnost je bila sprejeta z dvostransko 5 % napako alfa.

Rezultati

Z enosmerno analizo variance in ustreznimi neparametričnimi testi smo ugotovili, da se skupine v rezultatih začetnih testiranj testov funkcionalni doseg naprej, vstani in pojdi, vstajanje s stola in šestminutni test hoje – 6MWT med seboj ne razlikujejo statistično pomembno ($p > 0,05$) (Tabela 2).

Pri analizi končnih rezultatov testov funkcionalni doseg naprej, vstani in pojdi in šestminutni test hoje – 6MWT prav tako nismo ugotovili statistično pomembnih razlik ($p > 0,05$), medtem ko smo le-te ugotovili pri testu vstajanje s stola ($p < 0,05$) (Tabela 2). S Post Hoc testiranj smo ugotovili statistično pomembne razlike med kontrolno in

inercijsko skupino ($p = 0,28$) in kontrolno in tradicionalno skupino ($p = 0,28$). Razlik med tradicionalno in inercijsko skupino ($p = 1,000$) v rezultatih testa vstajanje s stola po opravljeni vadbeni intervenciji nismo ugotovili (Slika 4).

Izvedena programa vadbe sta izboljšala rezultate vseh testov, medtem ko smo statistično pomemben vpliv ugotovili samo pri rezultatih testa vstajanje s stola, pri čemer smo višjo statistično značilnost ugotovili pri inercijski skupini.

Razprava

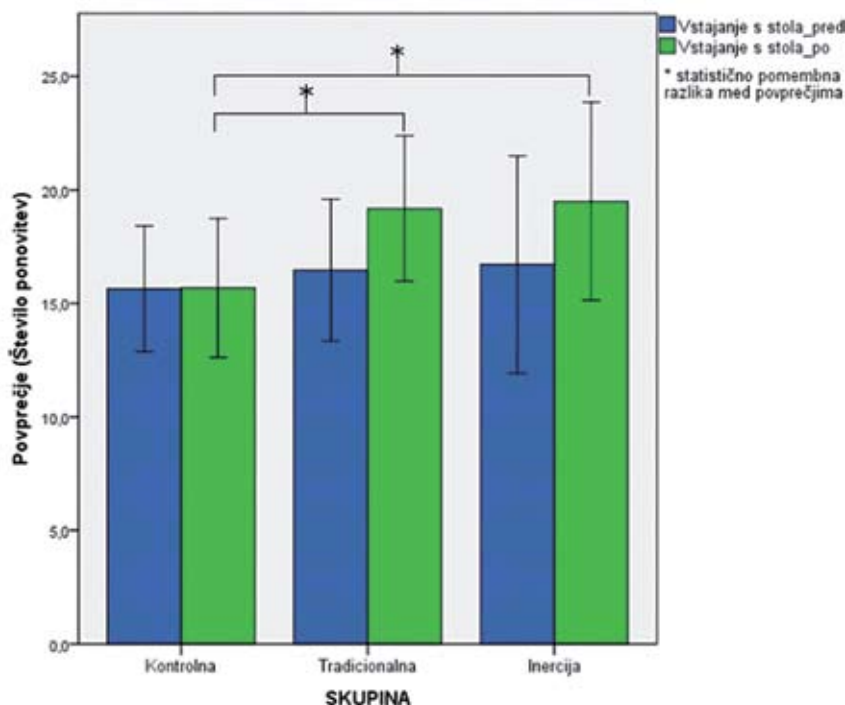
kljub trendu izboljšanja rezultatov vseh testov pri tradicionalni in inercijski vadbi v primerjavi s kontrolno, z izbranimi vadbena intervencijama nismo izboljšali vzdržljivostnih, agilnostnih in ravnotežnih sposobnosti v tej meri, da bi bili rezultati statistično pomembni. V nasprotju z ugotovitvami, da progresivni trening moči poveča prehojeno razdaljo, največjo aerobno moč, poveča hitrost hoje (Liu in Natham, 2015), izboljša sposobnost spremembe smeri med hitro hojo, izmerjeno s testom vstani in pojdi (Cadore, Rodriguez-Manas,

Tabela 2

Analiza variance rezultatov testov pred in po izvedeni vadbeni intervenciji.

Test	Skupina	Pred			Po			
		Kon.	Trad.	Iner.	Kon.	Trad.	Iner.	
Funkcionalni doseg naprej	N	11	14	12	N	11	14	12
	M	33	32,3	34,9	M	31,8	33,4	35,5
	SD	6,2	6	3,3	SD	4,8	6,3	5,6
Vstajanje s stola	F	0,38			F	1,263		
	p	0,687			p	0,296		
	M	15,6	16,5	16,7	M	15,7	19,2	19,5
Vstani in pojdi	SD	2,8	3,1	4,8	SD	3,1	3,2	4,4
	asimp. F	0,331			F	4,026		
	p	0,722			p	0,027*		
6-minutni test hoje	M	5,4	5,7	5,3	M	5,5	5,3	4,9
	SD	1,6	1,2	1	SD	1,4	0,9	0,8
	Chi-Square	2,796			Chi-Square	1,75		
6-minutni test hoje	p	0,247			p	0,417		
	M	565	581	593	M	617	672	653
	SD	125	93	134	SD	151	120	121
6-minutni test hoje	Chi-Square	2,366			F	0,551		
	p	0,306			p	0,581		

Legenda. Kon.: kontrolna; Trad.: tradicionalna; Iner.: Inercijska; M: povprečje; SD: standardni odklon; N: število enot; F: testna statistika; p: statistična značilnost testne statistike; *: statistična pomembnost ($p < 0,05$).



Slika 4. Skupinsko ločen prikaz povprečne vrednosti in standardnega odklona rezultatov testa vstajanje s stola pred (modri stolpci) in po (zeleni stolpci) opravljenem programu vadbe.

Sinclair in Izquierdo, 2013), ter izboljša nekatere parametre ravnotežja (Lee in Park, 2013; Onambele, Maganaris, Mian, Tam, Rejc, McEwan, in Narici, 2008; Smajla, Rovnan, Perne, Strojnik, Tomažin in Prevc, 2017), v naši raziskavi tega nismo uspeli dokazati. Sklepamo, da so razlogi za dobljene rezultate posledica učenja izvajanja testov, predvsem v kontrolni skupini, prekratek čas vadbene intervencije in predvsem določen način izvajanja ponovitev počepa, ki je bil določen s tekočimi koncentričnimi ponovitvami po priporočilih vadbe moči za starostnike.

Učinki vadbe za moč na povečanje mišične mase in moči so omejeni s hormonskimi spremembami v starosti (Häkkinen, 2003), katerih skupen učinek poimenujemo tudi anabolna rezistenca. Hormonske spremembe se nekoliko razlikujejo med spoloma. Moški se na vadbo moči akutno odzovejo z večjo sintezo beljakovin in skozi daljši čas z večjim prirastkom mišične mase kot ženske. Učinek vadbe je tako hitrejši (Da Boit, Sibson, Meakin, Aspden, Thies, Mangoni in Gray, 2016). Iz praktičnega vidika gledano lahko rečemo, da starostnice, ki so sodelovale v študiji, potrebujejo večji vadbeni dražljaj za enak prilagoditveni odziv mišice v primerjavi z moškimi.

Eksplozivna moč ali hitra moč je boljši napovedni dejavnik za funkcionalne spo-

sobnosti starostnikov kot mišična jakost (Bijlsma, Pasma, Lambers, Stijntjes, Blauw, Meskers in Maier, 2013). Z izvajanjem počasnih tekočih ponovitev vaje smo v manjši meri vplivali na hiter prirastek sile v mišici (Dolenec, Štirn in Strojnik, 2017). Boljša izbira za razvoj hitre moči starostnikov bi bila izvedba vaj, določena s hitrimi koncentričnimi ponovitvami vaje (Štirn, Dolenec in Strojnik, 2017), kot je to že priporočeno v nekaterih nedavnih priporočilih vadbe moči za starostnike (Cadore idr., 2014), vendar bi to zaradi hitrega dviga iz počepa pomenilo težjo primerjavo med učinki obeh vadbeneh intervencij, saj bi bila izenačitev intenzivnosti vadbe med tradicionalno vadbo z utežmi z ročaji in inercialno vadbo na napravi za izvajanje počepa otežena.

Enako kot Mayer, Scharhag-Rosenberger, Carlssohn, Cassel, Müller in Scharhag (2011) smo ugotovili statistično značilno razliko med rezultati meritev skupin v rezultatih testa vstajanje s stola, ki jo za razliko od ostalih testov lahko pripišemo specifičnemu gibalnemu vzorcu, ki se pojavlja med izvajanjem počepa in testu vstajanja s stola. Gre za podoben kinematično in kinetično gibanje ter prihaja do podobnih elektromiografskih odzivov mišic pri obeh tehnikah gibanja (Flanagan, Salem, Wang, Sanker in Greendale, 2003). Med vadbema skupinama (tradicionalna in inercija) nismo

ugotovili statistično pomembnih razlik, kar kaže na podoben vpliv obeh vadbeneh intervencij na izboljšanje rezultata testa vstajanje s stola. Zaključimo lahko, da sta obe metodi vadbe učinkoviti pri izboljšanju rezultatov testa vstajanje s stola, z nekoliko večjo učinkovitostjo vadbe na inercialni napravi za izvajanje počepa.

Na podlagi teoretičnih izhodišč o inercialni vadbi smo pričakovali tudi statistično pomembne razlike v rezultatih testa vstajanje s stola med obema vadbema skupinama. Menimo, da slednjega nismo dokazali zaradi prekratkega časa intervencije, izbranega načina izvajanja ponovitev počepa in odstopanj v tehniki izvajanja ponovitev vaj pri inercialni vadbi za izvajanje počepa (Tous-Fajardo, Maldonado, Quintana, Pozzo in Tesch, 2006). Pri izvedbi ponovitev vaj je pomembna pravočasnost preklopa med koncentrično in ekscentrično fazo kontrakcije, ki se zgodi v zgornji fazi izvajanja počepa, ko je koleno najbolj iztegnjeno. Začetek aktivnega zaviranja gibanja navzdol v ekscentrični fazi počepa na napravi tudi določa razvoj višje sile v določeni amplitudi kota v kolenu, s čimer vplivamo na razmerje sila-dolžina mišice.

Norrbrand s sodelavci (2008) je ugotovila, da se višja sila v ekscentričnem delu ponovitev vaje razvije zaradi krajšega časa ekscentrične od koncentrične kontrakcije pri izvedbi ponovitev na inercialni napravi. Če zelo poenostavimo fizikalno razlago pojava, je torej za doseg epizod razvoja višjih sil v ekscentričnem delu ponovitev potrebno aktivno zavreti utež v krajšem času, kot smo ga porabili za premik uteži v vrtenje v koncentričnem delu izvedbe vaje (Tous-Fajardo idr., 2006). V izvedeni študiji smo z namenom izenačitve intenzivnosti vadbe med eksperimentalnima skupinama določili način izvajanja ponovitev vaje s tekočimi koncentričnimi ponovitvami vaje, pri katerih je ekscentrični del ponovitve vaje trajal dlje od koncentričnega. Pri tem je bil kršen glavni koncept vadbe na inercialnih napravah, to je ekscentrična preobremenitev. Kljub temu, da nismo v popolnosti izkoristili potenciala izvajanja ponovitev na inercialni napravi, je imela vadba pozitivnejše učinke od tradicionalne vadbe počepanja z utežjo z ročajem in sklepamo lahko, da je kljub temu prišlo do višjih obremenitev v ekscentričnem delu ponovitev vaje kot pri tradicionalni vadbi. Študij, ki bi preučevale intenzivnost in učinke vadbe pri časovno standardiziranih ponovitvah vaje na inercialnih napravah, v literaturi nismo zasledili.

Večina zajetih študij, ki so preiskovale učinek inercijske vadbe na prirastek mišične mase in moči ter vpliv le-teh na gibalne in funkcionalne sposobnosti posameznikov, ne zajema relativne intenzivnosti vadbe za posameznike in progresivnega načrta obremenjevanja. Problem izenačitve intenzivnosti tradicionalne vadbe z utežjo z ročaji in inercijske vadbe smo v našem primeru rešili z določitvijo načina izvajanja ponovitev počepanja in z meritvami največje zmožnosti potega na inerciji. Metoda, ki smo jo poimenovali tudi »meritve 1RM na inerciji«, predstavlja novo obliko ugotavljanja največje moči posameznika pri vadbi na inercijski napravi in je bila prvič preizkušena v izvedeni študiji na lastni skonstruirani inercijski napravi. Izkazala se je za uporabno, saj so bile spremljane vrednosti subjektivnega zaznavanja napora po Borgu po posamezni seriji pri obeh skupinah na isti stopnji.

■ Zaključek

Lastna skonstruirana naprava za izvajanje počepa se je v izvedeni raziskavi izkazala kot praktično-uporabna alternativa tradicionalni vadbi moči počepanja z utežjo z ročajem za starostnike. Uporabnost programa inercijske vadbe daje novo uporabno in učinkovito alternativo vadbe moči starostnikov, ki zajema dovolj velike obremenitve za vzdrževanje ali pridobitev mišične mase in v povezavi z vadbo ostalih gibalnih sposobnosti omogoča hitrejšo doseganje ciljev vadbe. S kratkotrajnimi, varnimi in kljub temu učinkovitimi metodami vadbe na inercijski napravi tako dosežemo ekonomičnost, ki se v praksi kaže kot pomembna značilnost vadbe pri starostnikih.

■ Literatura

- Alkner, B., Berg, H. E., Kozlovskaya, I., Sayenko, D. in Tesch, P. A. (2003). Effects of strength training, using a gravity-independent exercise system, performed during 110 days of simulated space station confinement. *Eur J Appl Physiol*, 90, 44–49.
- Bijlsma, A. Y., Pasma, J. H., Lambers, D., Stijn-tjes, M., Blauw, G. J., Meskers, C. G. M. in Maier, A. B. (2013). Muscle Strength Rather Than Muscle Mass Is Associated With Standing Balance in Elderly Outpatients. *JAMDA*, 14, 493–498.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing - predicting a one-rep max from reps to fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88–90.
- Cadore, E. L., Pinto, S. R., Bottaro, M. in Izquierdo, M. (2014). Strength and Endurance Training Prescription in Healthy and Frail Elderly. *Aging and Disease*, 5(3), 183–195.
- Cadore, E. L., Rodriguez-Manas, L., Sinclair, A. in Izquierdo, M. (2013). Effects of Different Exercise Interventions on Risk of Falls, Gait Ability, and Balance in Physically Frail Older Adults: A Systematic Review. *Rejuvenation research*, 16(2), 105–114.
- Da Boit, M., Sibson, R., Meakin, J. R., Aspden, R. M., Thies, F., Mangoni, A. A. in Gray, S. R. (2016). *Physiological Reports*, 4(12), 1–8.
- Djomba, J. K., Backović Juričan, A., in Jakovljević, M. (2015). *Presejanje za funkcijsko manjzmožnost - navodila za izvajalce presejanja za funkcijsko manjzmožnost*. V T. Knific, (ur.), Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
- Dolenec, A., Štirn, I. in Strojnik, V. (2017). Metode vadbe moči. *Revija šport*, 65(1-2), 159–164.
- Ebner, N., Sliziuk, V., Scherbakov, N. in Sandek, A. (2015). Muscle wasting in ageing and chronic illness. *ESC Heart Failure*, 2, 58–68.
- Flanagan, S., Salem, G. J., Wang, M., Sanker, S. E. in Greendale, G. A. (2003). Squatting Exercises in Older Adults: Kinematic and Kinetic Comparisons. *Med Sci Sports Exerc.*, 35(4), 635–643.
- Häkkinen, K. (2003). Ageing and Neuromuscular Adaptation to Strength Training. V Komi, P. V. (ur.), *Strength and power in sport. The encyclopaedia of sports medicine* (409–425). Oxford: Blackwell scientific publishing.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Newton, R.U. in Kraemer, W. J. (2000). Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol*, 83(1), 51–62.
- Lee, I. in Park, S., (2013). Balance Improvement by Strength Training for the Elderly. *J Phys. Ther. Sci.*, 5, 1591–1593.
- Leidesdorff Bechshøft, R., Malmgaard-Clausen, N. M., Gliese, B., Beyer, N., Mackey, A. L., Andersen, J. L., Kjær, M. in Holm, L. (2017). Improved skeletal muscle mass and strength after heavy strength training in very old individuals. *Experimental Gerontology*, 92, 96–105.
- Li, C., Li, T., Lin, W., Liu, C., Hsu, C., Hsiung, C., ... Lin, C. (2015). Combined association of chronic disease and low skeletal muscle mass with physical performance in older adults in the Sarcopenia and Translational Aging Research in Taiwan (START) study. *BMC Geriatrics*, 15(11), 1–10.
- Liu, C. in Natham, L. K. (2015). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev*, 3, 1–227.
- Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carlsohn, A., Cassel, M., Müller, S. in Scharhag, J. (2011). The intensity and effects of strength training in the elderly. *Dtsch Arztebl Int*, 108(21), 359–64.
- Morishita, S., Yamauchi, S., Fujisawa, C. in Domen, K. (2013). Rating of Perceived Exertion for Quantification of the Intensity of Resistance Exercise. *Int J Phys Med Rehabil*, 1(9), 1–4.
- Narici, M.V. in Maganaris, C.N. (2006). Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. *J Anat*, 208(4), 433–443.
- Norrbbrand, L. (2008). *Acute and early chronic responses to resistance exercise using flywheel or weights* (doktorska disertacija). Karolinska Institutet, Department of physiology and pharmacology, Stockholm.
- Norrbbrand, L., Tous-Fajardo, J., Vargas, R. in Tesch, P. A. (2011). Quadriceps Muscle Use in the Flywheel and Barbell Squat. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 82(1), 13–19.
- Norrbbrand, L., Fluckey, D., Pozzo, M. in Tesch, P. A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol*, 102, 271–281.
- Norrbbrand, L., Pozzo, M. in Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *Eur J Appl Physiol*, 110, 997–1005.
- Onambele, G. N., Maganaris, C. N., Mian, O. S., Tam, E., Rejc, E., McEwan, I. M. in Narici, M. V. (2008). Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *Journal of Biomechanics*, 41(15), 3133–3138.
- Prieto-Mondragón, L., Camargo-Rojas, D. A. in Quiceno, C. A. (2016). Isoinertial technology for rehabilitation and prevention of muscle injuries of soccer players: literature review. *Rev. Fac. Med.*, 64(3), 543–550.
- Romero-Rodriguez, D., Gual, G. in Tesch, P. A. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: A case-series study. *Physical therapy in sport*, 12(1), 43–48.
- Singh, D. K., Pillai, S. G., Tan, S. T., Tai, C. C. in Shahar, S. (2015). Association between physiological falls risk and physical performance tests among community-dwelling older adults. *Clinical Interventions in Aging*, 10, 1319–1326.
- Smajla, D., Rovani, M., Perne, K., Strojnik, V., Tomažin, K. in Prevc, P. (2017). Model vadbe mišične hipertrofije in njegovi učinki na nekatere spremenljivke ravnotežja pri aktivnih starejših. *Revija šport*, 65(1-2), 174–179.
- Strojnik, V. (2015). Aplikativnost raziskav pri vadbi starejših oseb. V M. Bučar Pajek (ur.), *Kongres športa za vse – zbornik prispevkov* (52–56). Ljubljana: Olimpijski komite, Združenje športnih zvez.

30. Štirn, I., Dolenc, A. in Strojnik, V. (2017). Skupne značilnosti posameznih skupin metod vadbe moči. *Revija šport*, 65(1-2), 165–169.
31. Tesch, P. A., Fernandez-Gonzalo, R. in Lundberg, T. R. (2017). Clinical Applications of Iso-Inertial, Eccentric-Overload (YoYo™) resistance Exercise. *Frontiers in Physiology*, 8(241), 1–16.
32. *The Physical Activity Readiness Questionnaire for Everyone*. (16. 5. 2017). Canadian Society for Exercise Physiology. Pridobljeno iz: <http://www.csep.ca/view.asp?ccid=517>
33. Tous-Fajardo, J., Maldonado, R. A., Quintana, J. M., Pozzo, M. in Tesch, P. A. (2006). The Flywheel Leg-Curl Machine: Offering Eccentric Overload for Hamstring Development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(3), 293–298.
34. Wolfe, R. R. (2016). The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am J Clin Nutr*, 84, 475–482.

Darjan Spudič, mag. kin.
 Vojna vas 21
 8340 Črnomelj
 darjan.spudic@gmail.si