



Tim Kambič

Okluzijska vadba za moč

Izvleček

Skeletne mišice so eden izmed največjih endokrinih organov, ki sodelujejo pri različnih procesih ohranjanja homeostaze, zato je vzdrževanje skeletne mišične mase in moči pomemben dejavnik za zdravo, dolgo in kvalitetno življenje. V večini primerov neuporaba mišic zaradi različnih kroničnih bolezni, mišično-skeletnih poškodb in/ali starosti vodi do mišične oslabelosti, ki je eden izmed klinično najpogostejših mišično-skeletno stanj po vsem svetu. Ob pojavu omenjenih zdravstvenih stanj se navadno odsvetuje ali pa je celo kontraindicirana uporaba težkih bremen pri vadbi za moč. V zadnjem času so raziskave pokazale, da vadba z majhnimi bremenmi do odpovedi vodi do primerljive hipertrofije kot vadba s težkimi bremenmi. V nadaljevanju je predstavljena okluzijska vadba za moč z majhnimi bremenmi. Okluzijska vadba za moč omogoča varen in relativen hiter razvoj mišične moči in hipertrofije že pri velikosti bremena 20 % 1 RM. V prispevku so predstavljene zakonitosti, vadbene količine, učinki in varnost okluzijske vadbe za moč.

Ključne besede: okluzija, majhna bremena, mišična moč, mišična hipertrofija.



<http://themusclephd.com/how-does-blood-flow-restriction-pair-up-against-heavy-training/>

Blood flow restricted resistance exercise

Abstract

Skeletal muscles are one of the largest endocrine organs involved in various processes of maintaining the homeostasis, therefore preservation of muscle mass and strength is crucial for long, healthy and quality life. In most cases, disuse of muscles due to various chronic diseases, musculoskeletal injuries and/or aging leads to muscle weakness, which is one of the most clinically common musculoskeletal conditions worldwide. Resistance training is usually not advised or even discouraged in mentioned population due to high training loads. Recently, the studies have shown that resistance exercise with low loads to failure may induce similar hypertrophy as resistance exercise with high loads. This review article presents the low-load blood flow restricted exercise according to latest scientific findings. Blood flow restricted resistance exercise has shown that improvements in muscle strength and hypertrophy can be achieved with loads as low as 20 % 1RM. This article presents the established basis, effects, exercise loads and safety of blood flow resistance exercise.

Keywords: occlusion, low loads, muscle strength, muscle hypertrophy

■ Uvod

Vzdrževanje skeletne mišične mase je pomemben dejavnik za zdravo, dolgo in kvalitetno življenje. Skeletne mišice so eden izmed dejavnikov, ki sodelujejo pri glikemični kontroli, saj skrbijo za privzem več kot 80 % glukoze, katere privzem ni stimuliran s pomočjo inzulina, in igrajo pomembno vlogo pri oksidaciji maščobnih kislin (Slysz, Stultz, Burr, 2015). Mišična oslabeledost je zelo pogosto klinično mišično-skeletno stanje po vsem svetu. Degenerativni vpliv mišične atrofije se izraža akutno in kronično v dolgotrajnem zdravljenju ali kot posledica uporabe imobilizacij (po zlomih kosti in poškodbah ligamentov). Mišična oslabeledost je v povečanem obsegu opazna pri nepoškodovani populaciji, kot so starostniki, zaradi procesa sarkopenije (Hughes, Paton, Rosenblatt, Gissane in Patterson, 2017). Sarkopenija je proces v sklopu staranja, ki se izraža v izgubi telesnih sposobnosti zaradi upada mišične mase, sile, žilnega delovanja in mineralne gostote. Na sarkopenijo naj bi vplivala zmanjšana mišična odzivnost na anabolni dražljaj, ki se po navadi pojavi kot odziv po vadbi za moč. Progresivna izguba mišične mase ima zelo velik vpliv pri spreminjanju poteka življenja. Vadba za moč s težkimi bremenami se priporoča za preložitve s starostjo povezane izgube mišične mase in moči (Narici, Reeves, Morse, in Maganaris, 2004).

Vadba za moč s težkimi bremenami je najpogostejše uporabljeno sredstvo za povečanje mišične mase in obsega (Kraemer in Ratamess, 2004) z optimalnim vadbenim bremenom okoli 70 % 1 RM (Garber, idr., 2011). Klinično gledano je pogosto zelo redka ali pa celo kontraindicirana uporaba težkih vadbenih bremen, kljub hitro napredujočem procesu atrofije in nastanku mišične oslabeledosti zaradi poškodbe ali bolezni ter neaktivnosti. V glavnem se vadba odsvetuje zaradi velikih mehanskih in srčno-žilnih obremenitev (Mijaychi, idr., 2004). Posledično je potrebno tej omejitvi prilagoditi izbor vadbenih sredstev z nižjimi bremenami, ki bodo še vedno omogočala nemoten razvoj hipertrofije. Uporaba je posebej smiselna v procesu rehabilitacije po poškodbah in v primeru nekaterih kroničnih bolezni, kjer so težka bremena kontraindicirana (Wernbom, Augustsson in Raastad, 2008). Podobna omejitev velja pri predpisovanju vadbe za moč večine srčno-žilnih bolnikov, kjer se priporoča vadbeno breme med 30 in 60 % 1 RM (Williams, idr., 2007; Wise in Patrick, 2011).

Namen prispevka je predstavitev trenutno popularne metode vadbe moči z majhnimi bremenami – okluzijske vadbe za moč. V nadaljevanju bodo predstavljene zakonitosti, vadbene količine, fiziološki odzivi in prilagoditve na vadbo ter varnost metode na podlagi najnovejših znanstvenih spoznanj.

■ Razprava

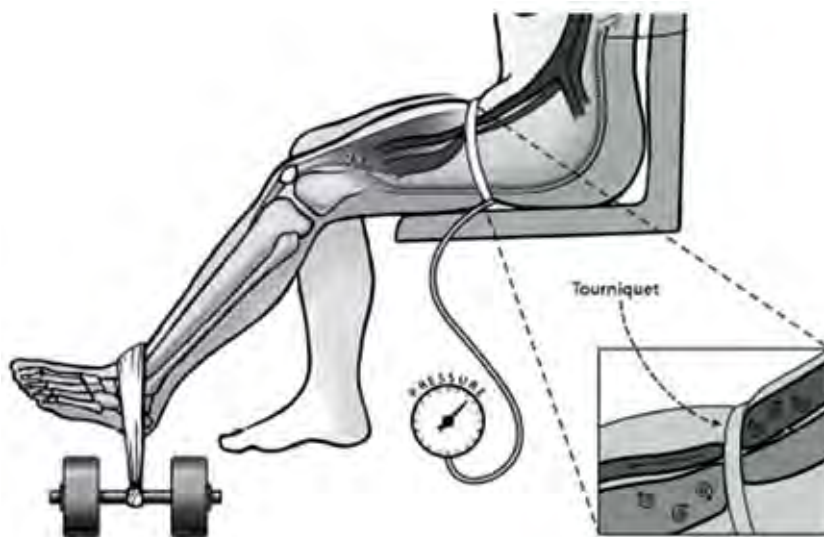
V zadnjem času so raziskave pokazale, da vadba z majhnimi bremenami do odpovedi vodi do primerljive hipertrofije kot vadba s težkimi bremenami (Hughes, idr., 2017). Učinki naj bi bili vidni ob treningu trikrat tedensko že po 6 (Ogasawara, idr., 2013) do 8 tednih (Schoenfeld, idr., 2015). Kljub temu še vedno velja dejstvo, da je najučinkovitejša adaptacija mišične moči mogoča le ob treningu s težkimi bremenami. Glavnina raziskav namreč kaže podoben napredek le v mišičnem preseku kot pokazatelju hipertrofije (merjeno z magnetno resonanco – MRI) in ne tudi v mišični moči (Ogasawara, idr., 2013; Schoenfeld, idr., 2015; Mitchell, idr., 2012). Presečna primerjalna študija z meta analizo je pokazala, da je napredek v hipertrofiji in mišični moči manjši po vadbi z majhnimi bremenami kot tisti s težkimi bremenami (Schoenfeld, idr., 2016).

■ Zakonitosti okluzijske vadbe za moč

Dokazi številnih raziskav kažejo, da je možno z majhnimi bremenami v razmerah zmanjšane pretoka krvi (okluzijske vadbe za moč) in ishemijske povzročiti hipertrofijo

(Abe, idr., 2006; Madarame, idr., 2008; Takarada, idr., 2000a; Yasuda, idr., 2010), povečati moč (Abe, idr., 2006; Madarame, idr., 2008; Takarada, idr., 2000a; Yasuda, idr., 2010) in vzdržljivost (Kacin in Stražar, 2011). Okluzijska vadba (OV) z majhnimi bremenami naj bi povzročala podobno mišično rast kot tradicionalna vadba s težkimi bremenami. Celoten koncept OV je star približno 30 let in izhaja iz Japonske, kjer ga je razvil Yoshiaki Sato v sredini 80. let prejšnjega stoletja. Danes je Sato to vadbeno metodo spromoviral pod imenom KAATSU trening. Kljub vedno večji uporabi metode še vedno ne obstajajo splošna navodila za pripravo na trening. Generalno se vadba prične s postavitvijo manšete na eno izmed okončin (nadlaket ali stegno), ki se med vadbo napihne (Slika 1) (Manini in Clark, 2009).

Kompresijski tlak v manšeti med vadbo variira med študijami, vendar se navadno uporablja enak ali večji tlak od brahialnega sistoličnega tlaka in ne nižji od brahialnega diastoličnega tlaka (Karabulut, Abe, Sato in Benben, 2007; Manini in Clark, 2009). Večina raziskav je uporabljala 1,3-kratni kompresijski tlak glede na brahialnega v mirovanju (Loenneke, idr., 2012b). Takšen tlak zapre venski pretok, povzroči turbulentni arterijski tok in zmanjša hitrost pretoka distalno od manšete (Manini in Clark, 2009). Vadba se navadno izvaja v treh do petih serijah s 30 do 90 sekundami odmora med serijami. Med odmorom se ohranja tlak v manšeti (Manini in Clark, 2009; Karabulut, idr., 2007), saj naj bi bil to kritični dejavnik za doseganje hipertrofičnega odziva (Karabulut, idr., 2007; Downs, idr., 2014). OV se izvaja z majhnimi bremenami pri intenzivnosti med



Slika 1. Nastavitev manšete na stegnu (Prirejeno po Manini in Clark, 2009).

20 in 50 % 1 RM (Downs, idr., 2014), saj ta po poročanju številnih raziskav prinaša napredek v mišičnem obsegu in sili (Karabulut, idr., 2007; Loenneke, Wilson, Marín, Zourdos, in Bemben, 2012a; Manini in Clark, 2009; Takarada, idr., 2000a). V večini raziskav so bile ponovitve dolge približno 4 sekunde (2 sekundi ekscentrični del in 2 sekundi koncentrični del) (Manini in Clark, 2009), posamezne serije pa so bile opredeljene s številom ponovitev (med 15 in 30 ponovitvami) (Wernborn, idr., 2008; Hackney, Everett, Scott in Ploutz-Snyder, 2012) ali pa z izvajanjem serije do odpovedi (Hackney, idr., 2012). Navadno se izbrane vaje izvaja med tremi do petimi serijami z vmesnimi 30 do 90 s odmori med serijami (Hackney, idr., 2012).

Velik poudarek pri predpisovanju OV se daje na velikost kompresijskega pritiska, ki se lahko kljub standardizaciji med vadbo razlikuje individualno zaradi vplivov širine in materiala manšete, debeline mehkega tkiva med žilami in manšeto (pritisk v žili pod okluzijo je nižji od kompresijskega), mišične mase, razlik v srčno-žilnem odzivu med vadbo (odziv krvnega tlaka, srčne frekvence in utripnega volumna) (Downs, idr., 2014) in gleženjskega krvnega tlaka (Loenneke, idr., 2012b). Uporabljajo se različni materiali manšet od elastičnih prevez pa do elastičnih ali nylonskih pnevmatičnih manšet. Manšete se med seboj razlikujejo po širini, poznamo ozke (širina med 3 in 5 cm) in širše manšete (širina med 13 in 20,5 cm) (Rossow, idr., 2012; Hackney, idr., 2012). Širina manšete vpliva na velikost kompresijskega tlaka v manšeti. Podatki kažejo, da se pri širših manšetah uporabljajo nižji tlaki (med 90 in 120 mmHg), medtem ko se pri ožjih manšetah uporabljajo višji tlaki (med 160 in 180 mmHg) (Crenshaw, Hardens, Gershuni in Rydevik, 1988; Downs, idr., 2014).

■ Učinki okluzijske vadbe za moč

Mišična moč in hipertrofija

Mišična hipertrofija je prilagoditev na povečano obremenitev mišičnega vlakna, ki presega kapaciteto le tega in se kaže v povečanju mišične mase in prečnega preseka mišice (Russel, Motlagh in Ashley, 2000). Večina študij je merila hipertrofijo s pomočjo MRI ali ultrazvoka (Loenneke, idr., 2012a; Wernborn, idr., 2008). Prilagoditve na vadbo v mišični moči so lahko posledica

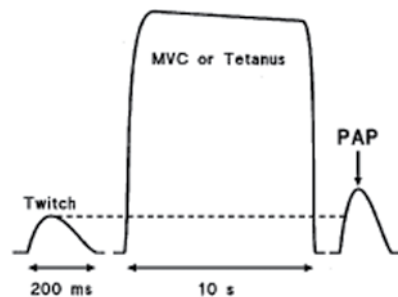
razvoja hipertrofije in živčnih prilagoditev ter so bile povečini izmerjene z izokinetično, izometrično (maksimalno izometrično kontrakcijo) ali pa z dinamično koncentrično kontrakcijo (dvig bremena, ki se ga lahko premaga le enkrat – 1 RM) (Karabulut, idr., 2007). Trajanje študij, ki so preiskovale učinke okluzijske vadbe se razlikujejo od 6 pa do 90 dni. Večina je dokazala velike mišične adaptacije. Študije, ki so trajale krajši čas (med 6 in 14 dnevi) z do dvema vadbama dnevno, so pokazale napredek v moči mišic nog (med 6,7 in 22 %) in v prečnem preseku (med 3 % in 8,5 %) (Abe, idr., 2005; Fujita, Brechue, Kurita, Sato in Abe, 2008; Yasuda, idr., 2005). Študije, ki so preučevale manj pogosto vadbo (do trikrat tedensko) in v daljšem časovnem obdobju (med 4 in 8 tedni), so pokazale napredek v mišični sili in obsegu do 10 % (Takarada, Tsuruta in Ishii, 2004; Hackney, idr., 2012). Wernborn je s sodelavci (2008) po pregledu literature ugotovil, da okluzijski trening vpliva na povečanje hipertrofije za približno 20 % in mišičnega obsega za 7,2 % po okluzijskem treningu. Do podobnih zaključkov so prišli avtorji v najnovejšem preglednem članku z meta analizo, kjer so ugotovili izrazitejši vpliv okluzijske vadbe na moč na hipertrofijo (velikost vpliva, ES = 0,39) in mišično moč (ES = 0,58) v primerjavi z vadbo za moč z lažjimi bremenami brez okluzije (Loenneke, idr., 2012a).

Mišična aktivacija, metabolizem in rekrutacija motoričnih enot

Pri običajnih pogojih mišičnega dela se najprej vključujejo počasna motorična vlakna. Postopoma s povečevanjem intenzivnosti to vlogo prevzemajo hitra vlakna. V isemičnih pogojih se kljub nizki intenzivnosti prva aktivirajo hitra mišična vlakna tipa 2 (Loenneke in Pujol, 2009; Hackney, idr., 2012). Za tem stoji hipoteza, ki pravi, da je utrujanje tipa 1 mišičnih vlaken med okluzijo precej hitrejšo zaradi manjše dobave kisika, ki povzroči aktivacijo tipa 2 vlaken, ki so bolj prilagojena na anaerobne pogoje. Opisani mehanizem delovanja vpliva na kopičenje mišičnih metabolitov, ki stimulirajo proizvodnjo lokalnih ali sistemskih rastnih faktorjev, posledično pa ti sprožijo transkripcijo in translacijo mišičnih proteinov (Hackney, idr., 2012). Aktivacija tipa 2 mišičnih vlaken je bila dokazana z vsebnostjo kreatin fosfata v počasnih in hitrih vlaknih po okluzijski vadbi (Krustrup, Søderlund, Relu, Ferguson in Bangsbo, 2009). Znižanje vsebnosti kreatin fosfata (merjeno

z razcepitvijo molekule) je bilo v obeh vrstah vlaken primerljivo s stanjem po vadbi s težkimi bremenami, vendar so po eni seriji okluzijske vadbe primerljivo znižanje ugotovili le pri 31 % merjencev. V primeru več serij OV je bila razcepitev kreatin fosfata podobna tisti po več serijah vadbe s težkimi bremenami. Dodatne dokaze za zmanjšano dobavo kisika in aktivacijo anaerobnih vlaken tipa 2 lahko najdemo v povišanih vrednostih laktata po mišični biopsiji, krvnega laktata in zmanjšanju pH-ja po OV v primerjavi z vadbo brez okluzije pri enakem bremenu (Hackney, idr., 2012).

Neinvazivna metoda za določanje aktivacije motoričnih enot in post aktivacijske potenciacije je interpolacija skrčka. Tehnika uporablja električno stimulacijo mišice ali živca med in po izometrični maksimalni kontrakciji (Allen, Gandevia in McKenzie, 1995; Shield in Zhou, 2004). Post aktivacijska potenciacija (PAP) je mišični fenomen, ki se izraža v povečanem mišičnem odzivu v mirovanju po izvedbi maksimalne hotene kontrakcije (Slika 2). Tovrsten mišični odziv se kaže v povečanju navora skrčka v mirovanju ob električni stimulaciji in je posledica večjega mišičnega privzema kalcija, ki poveča navor skrčka v mirovanju in skrajša njegov kontrakcijski čas (Moore, idr., 2004.; Sale, 2002).



Legenda. Twitch – skrček; MVC – maksimalna hotena kontrakcija.

Slika 2. Časovni oris post aktivacijske potenciacije (Povzeto po Sale, 2002).

Raziskava je po osmih tednih vadbe pri 50 % 1 RM z okluzijo in brez nje pokazala povečanje maksimalnega navora za 10 % v vadbeni skupini glede na kontrolno, kljub temu da se vrednosti 1 RM testa niso razlikovale po vadbeni intervenciji med skupinama (napredek 22 % in 23 % po vadbi z okluzijo in brez nje). Nivo aktivacije motoričnih enot se po vadbi ni spremenil kljub visokim vrednostim pred vadbo (pri obeh skupinah nivo višji od 97 %). Absolutna vrednost PAP se po vadbi in pred njo ni značil-

no razlikovala med skupinama, kljub razliki v spremembi navora skrčka, ki se je po OV povečal za 52 % (Moore, idr., 2004). Kljub tem rezultatom še vedno potrebujemo dodatne raziskave, ki bi ovrgle ali potrdile trenutna dejstva.

■ Hormonski in vnetni odziv na vadbo

Vadba s težkim bremenom vpliva na akutne spremembe v plazmi, ki se kažejo v dvigu vrednosti številnih hormonov in ravnih dejavnikov (Kraemer in Ratamess, 2005; Wernborn, idr., 2008). Kljub spremembi vrednosti hormonov v mirovanju po kratkotrajnem treningu se raziskave, ki poučujejo proces hipertrofije, še vedno bolj nagibajo k pomembnosti akutnih sprememb v primerjavi s kroničnimi. Akutna sprememba v hormonskih in ravnih dejavnikih je odvisna od vadbe za moč in vključuje spremembe ravnega hormona, testosterona, kortizola, inzulina podobnega ravnega faktorja 1 (IGF-1), inzulina in kateholaminov (Kraemer in Ratamess, 2005). Do danes se je največ raziskav osredotočalo na anabolične hormone, kot sta ravnih hormon in testosteron ter na katabolnih hormon, kortizol (Wernborn, idr., 2008).

Akutni in katabolni hormonski odzivi so bili pogosto dokazani tudi po krajši ali daljši OV. V raziskavah se predpostavlja, da kopičenje metaboličnih odpadnih produktov in stimulacija aferentnih živčnih vlaken vodi v povečano izločanje ravnega hormona (Hackney, idr., 2012). Takarada s sodelavci (2000b) poroča o 290-krat višji vrednosti ravnega hormona glede na mirovanje po akutni OV, nekoliko manjše (9-kratno), vendar še vseeno visoko povečanje pa poročajo tudi Pierce, Clark, Ploutz-Snyder in Kanaley (2006) pri podobnem vadbenem protokolu. Povečanje vrednosti IGF-1 je bilo dokazano po 10 do 30 minutah po okluzijskem iztegu kolena pri 20 % 1 RM s 4 serijami do izčrpanja in pri tlaku med 160 in 180 mmHg (Takano, idr., 2005). Ravno nasprotno pa se vrednost IGF-1 ni povečala do 180 min po okluzijskem iztegu kolena pri 20 % 1 RM s 4 serijami s skupno 75 ponovitvami pri tlaku med 160 in 180 mmHg in 30 s odmori med serijami (Fujita, idr., 2007).

Veliko pozornosti se je bilo v zadnjem času namenjal povezanosti povišanja IGF-1 s hemokonzentracijo, saj se po OV spremeni volumen plazme (Wernborn, idr., 2008). Po dvotedenskem vadbenem obdobju (20 %

1 RM polčepi v treh serijah, 15 ponovitev na serijo in 30 s odmori med serijami) se je dvignil nivo IGF-1 v mirovanju. Kljub tem dejstvom pa ostaja še veliko dvomov glede odnosa med odzivom povezave ravnih hormon-IGF-1 na OV (Hackney, idr., 2012).

Pri akutnem ali kroničnem vplivu OV na vrednost testosterona naletimo na podobne nejasnosti kot v zgornjem primeru. Vadba s iztegom kolena ali upogibom kolca ni pokazala sprememb v prostem ali skupnem testosteronu (Hackney, idr., 2012). Nasprotno pa dvig testosterona kaže raziskava, kjer so v treh serijah pod okluzijo izvajali izteg in upogib kolena (Madarame, Sasaki in Ishii, 2010a). Dolgotrajna OV v hoji ali pri dvigovanju uteži ni dokazala povišanja testosterona (Hackney, idr., 2012).

Konzentracija kortizola je primarno povezana s katabolizmom in razgradnjo mišičnih beljakovin (Kraemer in Ratamess, 2005). Povišanje koncentracije kortizola po OV je podobno tisti po vadbi s težkimi bremenom (Hackney, idr., 2012). Kateholamin, kot je noradrenalin, kaže povišanje vrednosti po OV in se že po 15 minutah približa vrednosti v mirovanju (Madarame, Neya, Ochi, Nakazato, Sato in Ishii, 2008; Takarada, idr., 2000b; Tanimoto, Madarame in Ishii, 2005).

Trenutno je veliko polemik glede akutnega sistemskega odziva po OV na mišično hipertrofijo, saj naj bi na prilagoditve vplivali lokalni mišični dejavniki (Hackney, idr., 2012; Wernborn, idr., 2008). Raziskava Westa in sodelavcev (2009) namreč ni dokazala povečanja sinteze mišičnih beljakovin ali fosforilacije signalnih beljakovin po vadbi ob že povišanih vrednostih testosterona, ravnega hormona in IGF-1 v primerjavi z nizko sistemskimi koncentracijami istih anaboličnih hormonov. Po drugi strani pa rezultati Madarame s sodelavci (2008) kažejo, da se potencialno lahko na sistemski odziv učinkuje preko izvedbe dodatnih dveh okluzijskih vaj za mišice nog (iztega in upogiba kolena) po vadbi za moč mišic rok. V študiji so se izometrična moč, prečni preseki mišice rok in noradrenalin povečali v skupini, ki je izvajala dodatni vaji za mišice nog pod okluzijo, medtem ko se vrednosti testosterona in ravnega hormona niso razlikovale med skupinami z ali brez OV na mišicah nog (Madarame, idr., 2008). Torej, rezultati vseeno kažejo v smeri pozitivnejšega vpliva lokalnih dejavnikov na prilagoditve po OV (Hackney, idr., 2012).

Vročinski protein 72 (*heat shock protein 72*, HSP) je krvni parameter, ki se aktivira z

različnimi stresorji, kot so vročina, ishemija, hipoksija in prosti radikali. Deluje kot varovalo, ki preprečuje združevanje in sklenitev proteinov. Vsebnost HSP-72 se po OV poveča, kar lahko vpliva na zmanjšanje atrofije mišic in vpliva na povečanje z okluzijo vzpodbujene hipertrofije. Miostatin je negativni regulator mišice, njegove mutacije namreč vplivajo na preveliko rast mišičevja miši, živine in ljudi. Izraznost genov za miostatin se značilno zmanjša kot odziv na OV (Loenneke in Pujol, 2008; Loenneke, Wilson in Wilson, 2010).

■ Omejitve in varnost okluzijske vadbe

Uporaba okluzije je omejena na periferne mišične skupine, medtem ko mišice trupa, hrbta in vratu ne pridejo v poštev. V odmorih med serijami so bile poročane visoke vrednosti subjektivnega napora in mišične bolečine, ki so lahko velik omejitveni dejavnik. Poleg njih kot večji omejitveni dejavnik spada zagotovo kompresijski tlak v manšeti, ki se razlikuje glede na širino manšete. Visok tlak v manšeti vpliva na nelagodje med vadbo, zato se za vadbo priporočajo širše manšete, ki za svojo kompresijo potrebujejo nižji tlak kot ožje manšete in so enako učinkovite (Wernborn, idr., 2008; Hackney, idr., 2012).

Možnost strjevanja krvi in venske tromboze po zaprtju venskega pretoka je eden izmed najpogostejše obravnavanih tveganj, še posebej zaradi trajanja okluzije (Madarame, idr., 2010b; Hackney, idr., 2012), ki se je v večini študij gibala med 5 in 10 minutami (Wernborn, idr., 2008). OV lahko akutno poveča fibrinolitično aktivnost, ki se izraža v manjšem tveganju za krvno strjevanje, istočasno pa dražljaj OV ne vpliva na dvig vsebnosti krvnih označevalcev kot sta D-dimer in fibrinogen (Madarame, idr., 2010b; Hackney, idr., 2012). Študija Killiana in sodelavcev (2005) je celo dokazala, da se aktivacija trombocitov in levkocitov ne spremeni tudi po 10 minutni popolni okluziji.

Srčno-žilni odzivi so pomembni pri predpisovanju te vadbene oblike posameznikom z različnimi zdravstvenimi težavami, ki jih omejujejo pred ukvarjanjem s tradicionalno vadbo za moč. Med OV srčni utrip in krvni tlak narasteta na višji nivo od enake vadbe brez manšete. Povečanje srčnega utripa je pomemben dejavnik OV, saj omogoča vzdrževanje srčnega pretoka kljub zmanjšanim venskemu prilivu. Še vedno

primanjkuje raziskav, ki bi srčno-žilne odzive spremljala na posameznikih s prisotnimi srčno-žilnimi dejavniki tveganja v kontroliranih razmerah (Hackney, idr., 2012).

Številne raziskave potrjujejo učinkovitost OV z lahkimi bremenami, ki se kaže v široki uporabi v vadbenih in rehabilitacijskih centrih po vsem svetu. Kljub temu pa še vedno ni bilo izvedene klinične študije, ki bi preverjala varnost te metode na zdravstveno ogroženi populaciji (Manini in Clark, 2009). Na Japonskem je bila izvedena večja anketa, kjer so anketirali 105 vadbenih centrov za namen opredelitve incidence in prevalence stranskih učinkov metode. Skupno je bilo poročanih več kot 30.000 okluzijskih vadb. Med vsemi zbranimi stranskimi učinki so bile najpogostejše modrice na koži (13,1 %) zaradi manšete, mravljinca (1,3 %), omotičnost (0,03 %), občutek mraza (0,1 %), pljučni embolizem (0,01 %), rabdmioliza (0,01 %), poslabšanje ishemične srčne bolezni (0,02 %) in venska tromboza, ki se je pojavila zgolj v 0,06 % (Nakajima, idr., 2006).

■ Zaključek

Skeletne mišice so eden izmed največjih endokrinih organov, ki sodelujejo pri različnih procesih ohranjanja homeostaze, zato je vzdrževanje skeletne mišične mase in moči pomemben dejavnik za zdravo, dolgo in kvalitetno življenje (Pedersen, 2013). Mišična oslabeledost je zelo pogosto klinično mišično-skeletno stanje po vsem svetu, ki je lahko posledica s starostjo povezane bolezni – sarkopenije ali pa dolgotrajne neuporabe mišic zaradi različnih poškodb in preostalih pridruženih kroničnih bolezni. Pri omenjenih zdravstvenih težavah je velikokrat vadba za moč kontraindicirana, saj se navadno izvaja pri težkih bremenih (nad 70 % 1RM). V pregledu literature smo prišli do spoznanja, da je lahko okluzijska vadba za moč z majhnimi bremenami ena izmed metod, ki omogoča razvoj mišične moči in hipertrofije pri omenjenih kliničnih populacijah v začetnih fazah vadbe za moč. Metoda omogoča relativno hiter in predvsem varen razvoj mišične moči in hipertrofije. Priporočamo, naj vadeči na začetku izvajajo vadbo pri vsaj 30 % 1RM v treh do štirih serijah z do 15 ponovitvami na serijo. Med serijami naj bo odmor dolg do 45 s. Tlak v manšeti naj bo med vadbo vneskozi vzdrževan pri vsaj 20 mmHg nad predhodno izmerjenim brahialnim sistoličnim tlakom v mirovanju. Pred uporabo metode na kliničnih populacijah svetujemo, da

se posamezniki predhodno posvetujejo z zdravnikom specialistom, ki naj s pomočjo strokovnjakov za vadbo pripravi ustrezen vadbeni načrt s predhodno oceno ogroženosti bolnika za vadbo.

■ Literatura

1. Abe, T., Yasuda, T., Midorikawa, T., Sato, Y., Kearns, C. F., Inoue, K., ... in Ishii, N. (2005). Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 6–12.
2. Abe, T., Kearns, C. F. in Sato Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol*. 100(5):1460–1466.
3. Allen, G. M., Gandevia, S. C. in McKenzie, D. K. (1995). Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolation. *Muscle & nerve*, 18(6), 593–600.
4. Crenshaw, A. G., Hargens, A. R., Gershuni, D. H. in Rydevik, B. (1988). Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures. *Acta orthopaedica Scandinavica*, 59(4), 447–451.
5. Downs, M. E., Hackney, K. J., Martin, D., Caine, T. L., Cunningham, D., O'connor, D. P. in Ploutz-Snyder, L. L. (2014). Acute vascular and cardiovascular responses to blood flow-restricted exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 46(8), 1489–1497.
6. Fujita, S., Abe, T., Drummond, M. J., Cadenas, J. G., Dreyer, H. C., Sato, Y., ... in Rasmussen, B. B. (2007). Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *Journal of applied physiology*, 103(3), 903–910.
7. Fujita, T., Brechue, W. F., Kurita, K., Sato, Y. in Abe, T. (2008). Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *International Journal of KAATSU Training Research*, 4(1), 1–8.
8. Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... in Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(7), 1334–1359
9. Hackney, K. J., Everett, M., Scott, J. M. in Ploutz-Snyder, L. (2012). Blood flow-restricted exercise in space. *Extreme Physiology & Medicine*, 1(1), 12.
10. Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C. in Patterson, S. D. (2017). Blood flow

restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*. Pridobljeno iz: doi:10.1136/bj-sports-2016-097071

11. Kacin, A. in Strazar, K. (2011) Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports*. 27(6), e231–41.
12. Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y. in Bemben, M. (2007). Overview of neuromuscular adaptations of skeletal muscle to KAATSU Training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 3(1), 1–9.
13. Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y. in Bemben, M. G. (2010). The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *European journal of applied physiology*, 108(1), 147.
14. Karabulut, M., Bemben, D. A., Sherk, V. D., Anderson, M. A., Abe, T. in Bemben, M. G. (2011). Effects of high-intensity resistance training and low-intensity resistance training with vascular restriction on bone markers in older men. *European journal of applied physiology*, 111(8), 1659–1667.
15. Kilian, J. G., Nakhla, S., Griffith, K., Harmer, J., Skilton, M. in Celermajer, D. S. (2005). Reperfusion injury in the human forearm is mild and not attenuated by short-term ischaemic preconditioning. *Clinical and experimental pharmacology and physiology*, 32(1-2), 86–90.
16. Kraemer, W. J. in Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 674–688.
17. Kraemer, W. J. in Ratamess, N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports medicine*, 35(4), 339–361.
18. Krstrup, P., Söderlund, K., Relu, M. U., Ferguson, R. A. in Bangsbo, J. (2009). Heterogeneous recruitment of quadriceps muscle portions and fibre types during moderate intensity knee-extensor exercise: effect of thigh occlusion. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19(4), 576–584.
19. Loenneke, J. P. in Pujol, T. J. (2009). The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength & Conditioning Journal*, 31(3), 77–84.
20. Loenneke, J. P., Wilson, G. J. in Wilson, J. M. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International journal of sports medicine*, 31(01), 1–4.
21. Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Marín, P. J., Zourdos, M. C. in Bemben, M. G. (2012a). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European journal of applied physiology*, 112(5), 1849–1859.
22. Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Sherk, V. D., Thiebaud, R. S., Abe, T., ... in Bem-

- ben, M. G. (2012b). Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise. *European journal of applied physiology*, 112(8), 2903–2912.
23. Madarame, H., Neya, M., Ochi, E., Nakazato, K., Sato, Y. in Ishii, N. (2008). Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(2), 258–263.
24. Madarame, H., Sasaki, K. in Ishii, N. (2010a). Endocrine responses to upper-and lower-limb resistance exercises with blood flow restriction. *Acta Physiologica Hungarica*, 97(2), 192–200.
25. Madarame, H., Kurano, M., Takano, H., Iida, H., Sato, Y., Ohshima, H., ... in Nakajima, T. (2010b). Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction on coagulation system in healthy subjects. *Clinical physiology and functional imaging*, 30(3), 210–213.
26. Manini, T. M. in Clark, B. C. (2009). Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and sport sciences reviews*, 37(2), 78–85.
27. Mitchell, C. J., Churchward-Venne, T. A., West, D. W., Burd, N. A., Breen, L., Baker, S. K. in Phillips, S. M. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *Journal of applied physiology*, 113(1), 71–77.
28. Miyachi, M., Kawano, H., Sugawara, J., Takahashi, K., Hayashi, K., Yamazaki, K., ... in Tanaka, H. (2004). Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance. *Circulation*, 110(18), 2858–2863.
29. Moore, D. R., Burgomaster, K. A., Schofield, L. M., Gibala, M. J., Sale, D. G. in Phillips, S. M. (2004). Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. *European journal of applied physiology*, 92(4–5), 399–406.
30. Narici, M. V., Reeves, N. D., Morse, C. I. in Maganaris, C. N. (2004). Muscular adaptations to resistance exercise in the elderly. *Journal of musculoskeletal and neuronal interactions*, 4(2), 161–164.
31. Nakajima, T., Kurano, M., Iida, H., Takano, H., Oonuma, H., Morita, T., ... in Nagata, T. (2006). Use and safety of KAATSU training: results of a national survey. *International Journal of KAATSU Training Research*, 2(1), 5–13.
32. Ogasawara, R., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S. in Abe, T. (2013). Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. *International Journal of Clinical Medicine*, 4(02), 114–121.
33. Pedersen, B. K. (2013). Muscle as a secretory organ. *Comprehensive Physiology*, 3(3), 1337–1362.
34. Pierce, J. R., Clark, B. C., Ploutz-Snyder, L. L. in Kanaley, J. A. (2006). Growth hormone and muscle function responses to skeletal muscle ischemia. *Journal of applied physiology*, 101(6), 1588–1595.
35. Rossow, L. M., Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Sherk, V. D., Abe, T. in Bemben, M. G. (2012). Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clinical physiology and functional imaging*, 32(5), 331–337.
36. Russell, B., Motlagh, D., Ashley, W. W. (2000) Form follows function: how muscle shape is regulated by work. *J Appl Physiol* 88:1127–32.
37. Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and sport sciences reviews*, 30(3), 138–143.
38. Schoenfeld, B. J., Peterson, M. D., Ogborn, D., Contreras, B. in Sonmez, G. T. (2015). Effects of low-vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(10), 2954–2963.
39. Schoenfeld, B. J., Wilson, J. M., Lowery, R. P. in Krieger, J. W. (2016). Muscular adaptations in low-versus high-load resistance training: A meta-analysis. *European journal of sport science*, 16(1), 1–10.
40. Shield, A. in Zhou, S. (2004). Assessing voluntary muscle activation with the twitch interpolation technique. *Sports Medicine*, 34(4), 253–267.
41. Slys, J., Stultz, J. in Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(8), 669–675.
42. Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y. in Ishii, N. (2000a). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of applied physiology*, 88(6), 2097–2106.
43. Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S. in Ishii, N. (2000b). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of applied physiology*, 88(1), 61–65.
44. Takarada, Y., Tsuruta, T. in Ishii, N. (2004). Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *The Japanese journal of physiology*, 54(6), 585–592.
45. Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K. I., Kato, M., Uno, K., ... in Eto, F. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European journal of applied physiology*, 95(1), 65–73.
46. Tanimoto, M., Madarame, H. in Ishii, N. (2005). Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between “KAATSU” and other types of regimen. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(2), 51–56.
47. Wernbom, M., Augustsson, J. in Raastad, T. (2008). Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(4), 401–416.
48. West, D. W., Kujbida, G. W., Moore, D. R., Atherton, P., Burd, N. A., Padzik, J. P., ... in Baker, S. K. (2009). Resistance exercise-induced increases in putative anabolic hormones do not enhance muscle protein synthesis or intracellular signalling in young men. *The Journal of physiology*, 587(21), 5239–5247.
49. Williams, M. A., Haskell, W. L., Ades, P. A., Amsterdam, E. A., Bittner, V., Franklin, B. A., ... in Stewart, K. J. (2007). Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update. *Circulation*, 116(5), 572–584.
50. Wise, F. M. in Patrick, J. M. (2011). Resistance exercise in cardiac rehabilitation. *Clinical rehabilitation*, 25(12), 1059–1065.
51. Yasuda, T., Abe, T., Sato, Y., Midorikawa, T., Kearns, C. F., Inoue, K., ... in Ishii, N. (2005). Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(2), 65–70.
52. Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sato, Y. in Abe, T. (2010). Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clinical physiology and functional imaging*, 30(5), 338–343.

Tim Kambič, dipl. kin.
študent magistrskega študija Kineziologije
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
tim.kambic@gmail.com