



Jurij Hostnik,
Nejc Šarabon

Akutni učinki statičnega raztezanja v ogrevanju

Izvleček

Raztezne vaje se v ogrevanju pogosto uporabljajo kot del priprave za povečano športno zmogljivost in za zmanjšanje verjetnosti poškodb. V preglednem članku je ugotovljeno, da imata statično raztezanje in metoda proprioceptivne živčno-mišične facilitacije večji vpliv na akutno povečanje gibljivosti kot dinamične in balistične raztezne vaje. Dinamične in balistične raztezne vaje imajo na mišično zmogljivost pozitivne učinke, medtem ko imata statično raztezanje in metoda živčno-mišične facilitacije negativne. Pozitivno na mišično zmogljivost vplivata tudi ogrevanje in aktivacijske vaje za povečanje post-aktivacijske potenciacije. V ogrevanju se tako priporoča samo uporaba dinamičnih in balističnih raztezni vaj, s katerimi je možno pozitivno vplivati tako na akutno povečanje gibljivosti in zmanjšanje tveganja za poškodbe kot tudi na mišično zmogljivost.

Ključne besede: statično raztezanje, mišična zmogljivost, ogrevanje, akutni učinki.



Acute effects of static stretching in warm-up

Abstract

Stretching in warm-up is frequently used to increase sport performance and to decrease risk of injuries. Static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation have higher impact on range of motion than dynamic and ballistic stretching. Dynamic and ballistic stretching have positive impact on muscular performance, while static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation have even negative effects. Warm-up and activation exercises for increasing post-activation potentiation have positive effect on muscular performance as well. Only use of dynamic or ballistic stretching exercises, which can have positive effects on acute increase in flexibility, reduced injury risk and muscular performance, is recommended in warm-up.

Key words: static stretching, muscular performance, warm-up, acute effects.

■ Uvod

Raztezne vaje se pogosto uporabljajo v ogrevanju kot del priprave športnika za povečano športno zmogljivost in za zmanjšanje verjetnosti poškodb. Med njihovim izvajanjem želimo postaviti telesne segmente v položaj, v katerem je dolžina izbrane mišice in ostalih struktur, ki se raztezajo, največja (O'Sullivan, Murray in Sainsbury, 2009). Njihov glavni namen je povečati aktivni obseg giba, za kar v športni in fizioterapevtski praksi uporabljamo različne pristope. Ayala, Sainz de Baranda in Cejudo (2012) v svojem sistematičnem pregledu raziskovalne literature s področja raztezni vaj v medicini in športu, objavljene do leta 2011, opišejo naslednje najpogostejše omenjene metode za razvoj gibljivosti: balistične, dinamične in statične raztezne vaje (SR), ekscentrični trening gibljivosti in metodo proprioceptivne živčno-mišične facilitacije (PŽF).

Nelson in Bandy (2005) balistične raztezne vaje opišeeta kot zamahe z deli telesa, s katerimi se doseže visoke hitrosti podaljševanja mišice. Mišica, ki je izpostavljena raztegu, doseže največji obseg giba preko zunanje sile ali s pomočjo agonističnih mišic, ki gib izvajajo. Tudi dinamične raztezne vaje se lahko izvajajo s pomočjo zunanje sile ali s pomočjo agonističnih mišic, ki gib izvajajo, le da je gibanje od nevtralnega položaja do končne točke in nazaj v tem primeru izvedeno počasi in nadzorovano (Murphy, 1994). SR je postavljanje telesa v položaj, v katerem je razteg izbrane mišice (ali druge anatomske strukture) največji, pri čemer se položaj telesnega segmenta zadrži v skrajnem položaju (Anderson in Burke, 1991). Naslednja metoda raztezanja je ekscentrični trening gibljivosti. Pri tej metodi se z zunanjo silo dodatno razteza mišica, ki istočasno izvaja ekscentrično kontrakcijo (Esnault, 1988). Zadnja vrsta raztezanja, ki je opisana v članku, je metoda PŽF. V tem primeru gre za kombinacijo izmeničnih kontrakcij in raztegov mišic z uporabo tehnik, kot sta drži-sprostosti ali napni-sprostosti (Gama, mos, Dantas in Souza, 2007).

Na osnovi celovitega pregleda znanstvenih dokazov lahko sklenemo, da z vsemi omenjenimi načini raztezanja lahko vplivamo na dolgoročno povečanje gibljivosti, pri čemer med metodami ni razlik v uspešnosti povečevanja gibljivosti. Izjema je le balistično raztezanje, ki je z vidika dolgoročnega povečevanja gibljivosti najmanj učinkovita metoda (Ayala, Sainz de Barand in Cejudo, 2012). Isti avtorji zaključujejo, da

so posledično za potrebe športne vadbe priporočljive vse naštetete metode. Iste vaje se pogosto uporabljajo v ogrevanju za pripravo športnika za povečano športno zmogljivost z namenom izboljšanja zmogljivosti in zmanjšanja tveganja za poškodbe na račun akutnega povečanja gibljivosti (ACSM, 2000). Simic, Sarabon in Markovic (2013) v meta-analizi ugotavljajo, da ima lahko uporaba raztezni vaj tudi negativne, predvsem akutne, učinke na mišično zmogljivost v parametrih jakosti, moči in eksplozivne mišične zmogljivosti, kar je v nasprotju s splošnim prepričanjem, da raztezanje v ogrevanju deluje pozitivno na športno zmogljivost.

■ Akutni učinki raztezni vaj na gibljivost in tveganje za poškodbe

V sistematičnem pregledu literature (Behm idr., 2016) so avtorji ugotovili, da z metodo PŽF, dinamičnimi, statičnimi ali balističnimi raztezni vajami lahko vplivamo na akutno povečanje obsega giba, ki lahko traja tudi do 30 minut. Avtorji vzrok za akutno povečanje gibljivosti pripišejo povečani toleranci na razteg (Magnusson idr., 1996) in spremembam v mehanskih lastnostih mišice (Morse, Degens, Seynnes, Maganaris in Jones, 2008). Študij, ki primerjajo učinkovitost posameznih raztezni vaj, je veliko. V že omenjenem preglednem članku zaključijo, da med metodami, z izjemo balističnega raztezanja, ni razlik v učinkovitosti na kronično povečanje gibljivosti (Ayala, Sainz de Baranda in Cejudo, 2012). Beltrão, Ritti-Dias, Pitangui in De Araújo (2014) so v študiji ugotovili, da obstaja pozitivna povezanost med akutnim in kroničnim povečanjem gibljivosti. Posledično bi lahko sklepali, da kadar se raztezne vaje izvajajo daljše časovno obdobje, ne bo razlik med različnimi vrstami raztezanja niti v vplivu na akutno povečanje gibljivosti.

Ker je bilo v meta-analizah (Kay in Blazevich, 2012; Simic idr. 2013) ugotovljeno, da ravno SR negativno vpliva na mišično zmogljivost, nas kljub zgornji hipotezi zanima še, ali se lahko s SR bolj vpliva na akutno povečanje gibljivosti kot z ostalimi metodami. V sistematičnem pregledu Behm idr. (2016) navedejo študije, ki ne zaznajo razlik med statičnim in dinamičnim raztezanjem (Beedle in Mann, 2007; Perrier, Pavol in Hoffman, 2011; Chaouachi idr., 2017) in

študije, ki pokažejo večjo učinkovitost dinamičnih raztezni vaj (Duncan in Woodfield, 2006; Amiri-Khorasani, Abu Osman, Yusof, 2011). Največ je študij, ki kažejo na večje povečanje največjega obsega giba s SR (Samuel, Holcomb, Guadagnoli, Rubley in Wallmann, 2008; Bacurau idr., 2009; Sekir, Arabaci, Akova, in Kadagan, 2010; Barroso, Tricoli, Santos Gil, Ugrinowitsch in Roschel, 2012; Paradisis idr., 2014). V primerjavi med PŽF in SR v istem preglednem članku avtorji prav tako navedejo študije, katerih zaključki ne kažejo na razlike v akutnih učinkih na gibljivost (Condon in Hutton, 1987; Maddigan, Peach in Behm, 2012; Beltrão, Ritti-Dias, Pitangui in De Araújo, 2014). Tudi v tej primerjavi so navedene študije, ki večjo učinkovitost pripisujejo metodi PŽF (Etnyre in Lee, 1988; Ferber, Osternig in Gravelle, 2012; O'Hora, Cartwright, Wade, Hough in Shum, 2011). Večina študij kaže, da SR bolj vpliva na akutno povečanje gibljivosti kot dinamično raztezanje, pri čemer je raztezanje PŽF enako ali bolj učinkovito od SR, zato sklenemo, da sta slednji učinkovitejši metodi za akutno povečanje gibljivosti v primerjavi z dinamičnim raztezanjem. Ta ugotovitev nasprotuje sklepu s konca prejšnjega odstavka, da imajo različni tipi raztezni vaj enak vpliv na akutno povečanje gibljivosti, zato ta sklep ovržemo. Pozitivni učinki SR na akutno povečanje gibljivosti lahko trajajo tudi do 120 minut, medtem ko učinkov ostalih tipov raztezanja niso spremljali dlje kot 10 minut (Behm idr., 2016).

Ker se raztezne vaje v ogrevanju pogosto uporabljajo z namenom zmanjšanja tveganja za poškodbe, preverjamo tudi pregledne študije s tega področja. Weldon in Hill (2003) v preglednem članku zaradi nasprotujočih zaključkov študij ne podata konkretnih zaključkov. Tudi Herbert in Gabriel (2002) poročata, da bi bilo za trdnejše zaključke potrebno vključiti več študij, a iz najdenih člankov vseeno izpeljeta sklep, da raztezanje v ogrevanju ni povezano z zmanjšanjem tveganja za poškodbe. Behm idr. (2016), ki so v pregled vključili 12 študij statičnega ali PŽF raztezanja, zaključijo, da je raztezanje v ogrevanju lahko učinkovito pri zmanjšanju tveganja za poškodbe le v športih, ki vključujejo sprinte. Do podobnih zaključkov prideta tudi avtorja dveh preglednih člankov (Shrier, 1999; Lewis, 2014). McHugh in Cosgrave (2010) prav tako poročata, da ima lahko SR v ogrevanju pozitivne učinke na zmanjšanje tveganja za nastanek poškodb, a poudarjata, da je potrebno v prihodnje to trditev preveriti z dodatnimi študijami. Avtorji ne poročajo o negativnih

akutnih učinkih raztezanja na tveganje za poškodbe.

■ Ogrevanje

SR se kot del priprave športnika na povečano športno zmogljivost v klasični vadbeni enoti najpogosteje izvaja v ogrevanju, zato se dopušča možnost, da na raztezanje in z njim povezane učinke dodatno vpliva tudi ogrevanje. Ker je v teh primerih raztezanje neločljivo povezano z ogrevanjem, so v tem poglavju natančno opisani procesi, ki jih v športniku izzove ogrevanje in ki bi lahko bili povezani z raztezanjem. Termin ogrevanje se v športni znanosti nanaša na postopek v uvodnem delu treninga ali pred tekmovanjem, s katerim se poskuša povečati športnikovo zmogljivost in zmanjšati tveganje za poškodbe (Hedric, 1992). Koncept ogrevanja je splošno sprejet (Bompa in Haff, 2009; Bushman, 2011). Bishop (2003) ogrevanje razdeli na aktivno in pasivno. Pri prvem gre za sklop vaj, medtem ko drugega opisuje kot zviševanje temperature mišic ali jedra s pomočjo zunanega medija. Meta-analiza 32 visokokakovostnih študij (glede na lestvico PEDro, 1999) je pokazala, da je aktivno ogrevanje v kar 79 % izboljšalo zmogljivost (Fradkin, Zazryn in Smoliga, 2010). Bishop (2003) predlaga naslednje z raziskavami podprte posledice ogrevanja, ki bi lahko vplivale na mišično zmogljivost: dvig temperature jedra telesa in mišic (zmanjšan viskozni upor mišic in sklepov, povečan prenos kisika do mišic, pospeševanje presnovnih reakcij, povečana stopnja prevodnosti živčevja), post-aktivacijska potenciacija in razklop aktomiozinskih kompleksov.

■ Dvig temperature

Ker se običajno raztezne vaje izvajajo v sklopu z ostalimi vadbenimi vsebinami v ogrevanju, lahko pričakujemo, da na mišično zmogljivost in gibljivost delujejo nekateri ostali dejavniki, ki so pomembni za razumevanje učinkov vadbe gibljivosti. Ob mišični kontrakciji se sprošča toplota. Kot ugotavljajo Saltin, Gagge in Stolwijk (1968), je temperatura mišice (T_m) neposredno povezana s stopnjo njenega opravljenega dela. Tako se v sedmih raziskavah T_m merjenih na globini 20 mm, z vadbo pri 80–100 % anaerobnega pragu z začetnih 35° C že po 3–5 minutah povzpne čez temperaturo jedra (37° C) in se po 10 minutah uravnovesi na 38° C. Temperatura jedra (T_j), ki je

neodvisna od temperature okolja (Bishop in Maxwell, 2009), narašča počasneje in šele po pol ure vadbe doseže 38° C. Dvig T_m lahko pozitivno vpliva na kratkotrajno dinamično silo (do 10 s) in na do 5 minut trajajoč test mišične zmogljivosti, medtem ko zgolj s spremembo T_m ne moremo izboljšati dolgotrajne zmogljivosti, ki traja dlje od 5 minut (Bishop, 2003). Ugotovimo, da se z dvigom temperature skozi ogrevanje lahko doseže nasprotno učinke na parametre jakosti, moči in eksplozivne mišične zmogljivosti, kar je potrebno upoštevati pri ocenjevanju vpliva SR. Rahel dvig temperature mišic lahko zmanjša tudi viskozni upor mišic in sklepov. V študijah se je pasivni upor metakarpalnega in kolenskega sklepa zmanjšal za 20 % (Wright in Johns, 1961; Wright, 1973). Sprememba temperature prav tako vpliva na togost mišičnih vlaken med samo mišično kontrakcijo. Povezava med spremembo temperature in spremembo togosti je negativna (Buchthal, Kaiser in Knappeis, 1944). Bishop (2003) tako ocenjuje, da je učinek temperature na elastične lastnosti mišice precej majhen, zato zgolj zaradi povečanja temperature ne pričakujemo bistvenega akutnega povečanja gibljivosti v ogrevanju. Njegov sklep potrjuje tudi študija avtorjev Gillete, Holland, Vincent in Loy (1991), v kateri je bilo z 20-minutnim ogrevalnim tekom pri preiskovancih doseženo povečanje T_j , a se hkrati ni povečal obseg giba v kolenskem sklepu.

Povišana temperatura mišic lahko pospeši tudi oksidativne in anaerobne presnovne reakcije. Tako na primeru podgan ugotovijo, da stopnja fosforilacije ob spremembi T_m s 35° C na 42° C naraste s 750 nmol ATP x min⁻¹ x mg beljakovin⁻¹ na 950 nmol ATP x min⁻¹ x mg⁻¹ protein, medtem ko je vrednost pri $T_m = 25^\circ\text{C}$ celo dvakrat nižja od vrednosti pri $T_m = 42^\circ\text{C}$ (Jarmuszkiwicz, Woyda-Ploszczyca, Koziel, Majerczak in Zoladz, 2015). Povišana T_j vodi tudi do statično značilnega povečanja glikogenolize (Logan-Sprenger, Heigenhauser, Jones in Spriet, 2012; Febbraio, Snow, Stathis, Hargreaves in Carey, 1996). Učinke na anaerobne reakcije ima prav tako povišanje T_m , ki se kaže v povečani razgradnji kreatin fosfata in adenozin trifosfata v prvih dveh minutah intenzivne vadbe (Gray, Soderlund, Watson in Ferguson, 2011). Bishop (2003) zaključuje, da pospešena razgradnja glikogena, povezana s povišanjem T_j , negativno vpliva na dolgotrajno zmogljivost, medtem ko pospeševanje anaerobne presnove pozitivno vpliva na kratkotrajno zmogljivost.

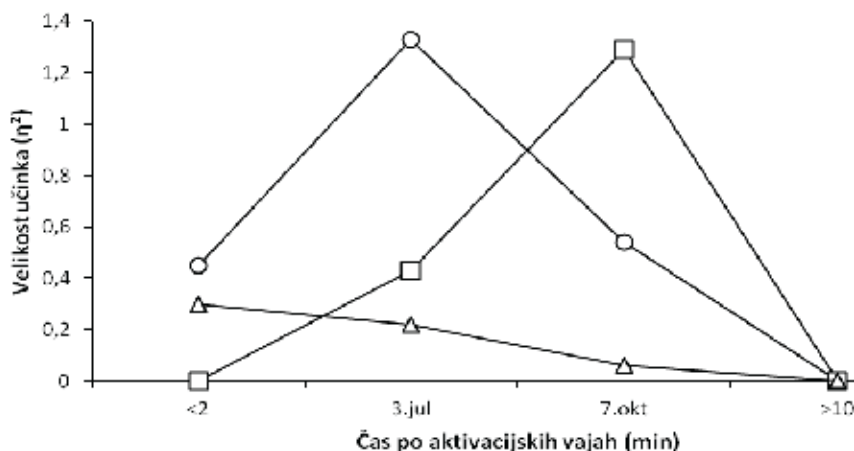
Halar, DeLis in Brozovich (1980) ugotavljajo, da se hitrost prevajanja živčnih impulzov po ohlajanju spodnjih okončin zmanjša. Kot lahko sklepamo, tudi zvišana T_m poveča hitrost prevajanja živčnih impulzov in tako izboljša delovanje centralnega živčevja, kar opisuje Karvonen (1992 v Karvonen, Lemon in Iliev, 1992).

■ Razklop aktomiozinskih kompleksov

Eden od razlogov za povečano togost mišice v mirovanju bi lahko bil razvoj povezave med aktinom in miozinom (Bishop, 2003). Ogrevanje lahko na te povezave vpliva in posledično prispeva k zmanjšanju togosti mišice, saj sama vadba povzroči razklop določenega števila povezav (Wiegner, 1987). Pri proizvajanju mehanske moči obstaja določena optimalna raven togosti mišice, ki ne sme biti niti previsoka niti prenizka, da se lahko med samo aktivnostjo čim bolje izkorišča elastično energijo (Arampatzis, Schade, Walsh in Brüggemann, 2001). Na ta način bi lahko ogrevanje povečalo kratkotrajno mišično zmogljivost.

■ Post-aktivacijska potenciacija

Post-aktivacijska potenciacija (PAP) je pojav, ki se izzove z večjim obremenjevanjem mišice z namenom povečati rekrutacijo motoričnih enot in frekvenčno modulacijo ter vplivati na fosforilacijo miozin-regulatornih lahkih verig (Tillin in Bishop, 2009). Ker s SR na parametre največje jakosti, moči in eksplozivne mišične zmogljivosti vplivamo negativno, sklepamo, da bi jih bilo možno izničiti z aktivacijskimi vajami, s katerimi bi dosegli post-aktivacijsko potenciacijo, ki na omenjene parametre vpliva pozitivno. Ker s težkimi bremenami povečujemo tudi utrujenost mišice (Gossen in Sale, 2000), je tako sama učinkovitost mehanizma odvisna od ravnotežja med mišično utrujenostjo in njeno post-aktivacijsko potenciacijo (Tillin in Bishop, 2009). MacIntosh, Robillard in Tomaras (2012) v preglednem članku ugotavljajo, da PAP učinkuje zgolj prvih 5 minut po obremenitvi mišice, kar pomeni, da je sama zmogljivost izboljšana le kratkotrajno. Meta-analiza (Wilson idr., 2013), v kateri je bilo zajetih 32 študij, ki so preučevale PAP in mišično moč, pokaže, da vaje za povečanje PAP tudi do 7-krat bolj učinkujejo na populaciji športnikov v primerjavi



Slika 1. Učinek aktivacijskih vaj skozi čas.

Legenda: ○ – Športniki, □ – Trenirani, Δ – Netrenirani.

Vir: Povzeto po Wilson idr., 2013.

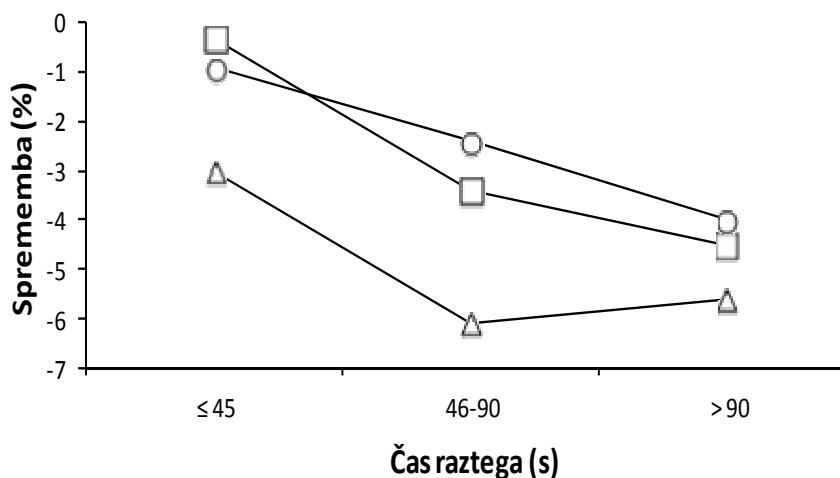
z netreniranimi preiskovanci. Prav tako se izkaže, da je učinek na moč pri športnikih do 5-krat večji, če vaje izvajamo v več serijah. Izvedba v serijah pri netreniranih ne izboljša mišične zmogljivosti, kar lahko pripišemo večji utrujenosti. Omenjene raziskave ne pokažejo razlik med moškimi in ženskami ter prav tako ne zaznajo razlik v učinkovanju statične obremenitve in dinamične obremenitve.

Positivni učinki aktivacijski vaj so pri športnikih največji od 3 do 7 minut po obremenitvi, medtem ko je pri treniranih preiskovancih največji učinek obremenitve po 7 do 10 minutah. Pri netreniranih je učinek najvišji po 2 minutah in zatem linearno pada. Učinek obremenitve se pri vseh treh skupinah popolnoma izniči po 10 minutah (Slika 1). Razlike so statistično značilne. Analiza kaže, da je za optimalne učinke PAP potrebna zmerna obremenitev (60–84 % enkratnega največjega bremena), saj so zaznane statistično značilne razlike ($p < 0,05$) v primerjavi s težko obremenitvijo (> 85 %). Ker so pozitivni učinki PAP pri športnikih največji že od 3 do 7 minut po vajah, bi bila lahko uporaba aktivacijskih vaj smiselna za zmanjševanje negativnih učinkov SR.

■ Vprašanje primernosti umestitve treninga raztezanja pred glavni del treninga

V praksi se pogosto najdemo v situaciji, ko se zdi, da je smiselno (iz organizacijskih ali drugih razlogov) trening gibljivosti umestiti pred glavni del vadbene enote.

Raztezne vaje se v ogrevanju izvajajo z namenom povečanja mišične zmogljivosti, kljub temu da se v literaturi omenja tudi negativne učinke. Simic idr. (2013) v opravljeni meta-analizi opisujejo, kako SR vpliva na naslednje, v študijah najpogosteje uporabljene, parametre za opis mišične zmogljivosti: na največjo mišično jakost, mišično moč in eksplozivno mišično zmogljivost. Za spremljanje največje mišične jakosti so v raziskavah po večini uporabili bodisi parametre največjega navora bodisi največjega bremena, ki smo ga sposobni premagati enkrat samkrat (tj. enkratno največje breme). Za spremljanje mišične moči sta bila uporabljena parametra povprečna in največja moč med skoki – največkrat je uporabljen skok z nasprotnim gibanjem – ali kolesarjenjem, medtem ko so pod eksplozivno mišično zmogljivost uvrstili parametre hitrost prirastka navora ter rezultate sprintov, metov in skokov – višina skoka.



Slika 2. Akutni učinki statičnega raztezanja na mišično zmogljivost.

Ugotovili so, da SR negativno vpliva tako na največjo mišično jakost kot tudi na mišično moč in eksplozivno mišično zmogljivost, pri čemer je velikost učinka odvisna od trajanja raztega (Slika 2).

Učinki bi lahko negativno vplivali na športnikov rezultat na tekmi ali na učinkovitost treninga hitrosti in moči. V 40 študijah, zajetih v meta-analizi Simica idr. (2013), kjer so merili vpliv raztezanja na višino različnih skokov, so iztegovalke gležnja raztezali v 33, iztegovalke kolena v 35 in upogibalke kolena v 31 študijah. V približno polovici od teh študij so poleg teh treh mišič raztegovali še upogibalke in iztegovalke kolka. Podobne rezultate je pokazala tudi druga meta-analiza (Kay in Blazevich, 2012). V tem primeru sta avtorja študije parametre razdelila na enake tri skupine. V obeh člankih avtorji ugotavljajo, da raztegi, krajši od 45 sekund, ne vplivajo na moč in eksplozivno mišično zmogljivost, saj je razlika statistično značilna le v 11 % študij. Vpliv na upad največje jakosti pri enako dolgih raztegih je nekoliko večji (3–4 %) ter je statistično značilen v 36 % študij. SR, ki traja dlje od 45 sekund, negativno vpliva tako na moč in eksplozivno mišično zmogljivost (2–5 %) kot tudi na največjo jakost (6–7 %) (Kay in Blazevich, 2012; Simic idr., 2013). V nobeni raziskavi niso spremljali trajanja učinkov raztezanja.

Behm idr. (2016) v preglednem članku, v katerega so vključili 48 študij, poročajo celo o rahlem pozitivnem vplivu dinamičnega raztezanja, kamor uvrščata tudi balistično raztezanje, na mišično zmogljivost. Dinamično raztezanje je tako za 2,1 % izboljšalo rezultate skokov, medtem ko so rezultati agilnostnih testov in testov hitrosti (sprintov, metov in skokov – višina skoka).

ti) izboljšani za 1,4 %. V istem preglednem članku so avtorji analizirali tudi akutni vpliv metode PŽF in ugotovili negativen vpliv na največjo jakost, moč in eksplozivno mišično zmogljivost, ki v povprečju znaša 4,4 % in je podoben vplivu SR. Študije, ki bi spremljale vpliv ekscentričnega treninga gibljivosti na mišično zmogljivost, niso bile najdene. Behm idr. (2016) po pregledu literature zaključijo, da spremembe v togosti mišic, spremembe v odnosu sila-dolžina in z raztezanjem izzvane mišične poškodbe zelo verjetno niso vzrok za upad mišične zmogljivosti, ki se izzove z raztezanjem. Kot najverjetnejši razlog navedejo zmanjšan centralni eferentni priliv. Trajano, Seitz, Nosaka in Blazevich (2013 in 2014) opisujejo, da se ta pojav pokaže tako z zmanjšanjem razmerja med amplitudo elektromiograma in M-valom (EMG/M), kot tudi z zmanjšanjem zavestne stopnje aktivacije, ki je merjena s tehniko interpoliranega skrčka, ali z zmanjšanjem Hoffmanovega refleksa (H-refleks) po raztezanju.

■ Zaključek

Statične raztezne vaje se v ogrevanju uporabljajo z namenom priprave športnika za povečano športno zmogljivost in z namenom zmanjšanja tveganja za poškodbe. Rezultati predstavljenih raziskav kažejo, da ima lahko SR pozitiven vpliv na akutno povečanje gibljivosti in s tem povezanim zmanjšanim tveganjem za poškodbe, a so istočasno učinki SR na mišično zmogljivost negativni. Negativne učinke SR bi bilo predvidoma možno zmanjšati z aktivacijskimi vajami, s katerimi se izzove post-aktivacijska potenciacija. Učinkovitost aktivacijskih vaj v izoliranih pogojih je bila potrjena v številnih raziskavah, medtem ko takoj po izvedbi SR učinki aktivacijskih vaj še niso bili preverjeni. V ogrevanju se posledično za zdaj odsvetuje uporaba SR in priporoča izvajanje dinamičnih in balističnih razteznihih vaj, ki imajo pozitiven vpliv na akutno povečanje gibljivosti ter hkrati pozitiven vpliv na mišično zmogljivost.

■ Literatura

1. ACSM. (2000). *Guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
2. Amiri-Khorasani, M., Abu Osman, N. A. in Yusof, A. (2011). Acute effect of static and dynamic stretching on hip dynamic range of motion during instep kicking in professional

- soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1647–1652.
3. Anderson, B. A. in Burke, E. R. (1991). Scientific, Medical and Practical Aspects of Stretching. *Clinics in Sports Medicine*, 10(1), 63–86.
4. Arampatzis, A., Schade, F., Walsh, M. in Brüggemann, G. P. (2001). Influence of leg stiffness and its effect on myodynamic jumping performance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 11, 355–364.
5. Ayala, F., Sainz de Baranda, P., Cejudo, A. (2012). Flexibility training: Stretching techniques. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(3), 105–112.
6. Bacurau, R. F., Monteiro, G. A., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Cabral, L.F. in Aoki, M.S. (2009). Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23, 304–308.
7. Bangsbo, J. (1997). The physiology of intermittent activity in football. *Science and Football III*, 43–53.
8. Barroso, R., Tricoli, V., Santos Gil, S. D., Ugrinowitsch, C. in Roschel, H. (2012). Maximal strength, number of repetitions, and total volume are differently affected by static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2432–2437.
9. Beedle, B. B in Mann, C. L. (2007). A comparison of two warm-ups on joint range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21, 776–779.
10. Behm, D. G., Blazevich, A. J., t, A. D. in McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: A systematic review. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 41, 1–11.
11. Beltrão, N. B., Ritti-Dias, R. M., Pitangui, A. C. R. in De Araújo, R. C. (2014). Correlation between Acute and Short-Term Changes in Flexibility Using Two Stretching Techniques. *International Journal of Sports Medicine*, 35, 1151–1154.
12. Bishop, D. (2003). Warm up I: Potential Mechanisms and the Effects of Passive Warm Up on Exercise Performance. *Sports Medicine*, 33 (6), 439–454.
13. Bishop, D. in Maxwell, N. S., (2009). Effects of active warm up on thermoregulation and intermittent-sprint performance in hot conditions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 196–204.
14. Bompa, T. in Haff, G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
15. Buchthal, F., Kaiser, E. in Knappeis, G. G. (1944). Elasticity, viscosity and plasticity in the cross striated muscle fibre. *Acta Physiologica Scandinavica*, 8, 16–37.

16. Bushman, B. (2011). *ACSM's complete guide to fitness & health*. Champaign, IL: Human Kinetics.
17. Chaouachi, A., Padulo, J., Kasmir, S., Othmen, A. B., Chatra, M. in Behm, D. G. (2017). Unilateral static and dynamic hamstrings stretching increases contralateral hipflexion range of motion. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37, 23–29.
18. Condon, S. M. in Hutton, R.S. (1987). Soleus muscle electromyographic activity and ankle dorsiflexion range of motion during four stretching procedures. *Physical Therapy*, 67, 24–30.
19. Duncan, M. J. in Woodfield, L. A. (2006). Acute effects of warm-up protocol on flexibility and vertical jump in children. *Journal of Exercise Physiology*, 9, 9–16.
20. Esnault, M. (1988). Deux notions distinctes dans l'étirement musculaire de type Stretching: la tension passive et la tension active. *Annales Kinésithérapie*, 15, 69–70.
21. Etnyre, B. L. in Lee, E. J. (1988). Chronic and acute flexibility of men and women using three different stretching techniques. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 59, 222–228.
22. Febbraio, M. A., Snow, R. J., Stathis, C. G., Hargreaves, M., Carey, M. F. (1996). Blunting the rise in body temperature reduces muscle glycogenolysis during exercise in humans. *Experimental Physiology*, 81(4), 685–93.
23. Ferber, R., Osternig, L. In Gravelle, D. (2002). Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 12, 391–397.
24. Fradkin, A. J., Zazryn, T. R. in Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1),140–148.
25. Gama, Z. A. S., Medeiros, C. A. S., Dantas, A. V. R., Souza, T.O. (2007). Influência da frequência de alongamento utilizando facilitação neuromuscular proprioceptiva na flexibilidade dos músculos isquiotibiais; Influence of the stretching frequency using proprioceptive neuromuscular facilitation in the flexibility of the hamstring muscles. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13, 33–38.
26. Gillete, T. M., Holland, G. J., Vincent, W. J. In Loy S. F. (1991). Relationship of body core temperature and warm-up to knee range of motion. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 13(3),126–131.
27. Gossen, E. R. in Sale, D. G. (2000). Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *European Journal of Applied Physiology*, 83(6), 524–530.
28. Gray, S. R., Soderlund, K., Watson, M. in Ferguson, R. A. (2011). Skeletal muscle ATP turnover and single fibre ATP and PCr content

- during intense exercise at different muscle temperatures in humans. *European Journal of Physiology*, 462(6), 885–93.
29. Halar, E. M., DeLisa, J. A. in Brozovich, F. V. (1980). Nerve conduction velocity. Relationship of skin, subcutaneous and intramuscular temperatures. *Rehabilitation and Medicine Services*, 61(5), 199–203.
 30. Herbert, R. D., Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *Archivos de Medicina del Deporte*, 21, 251–256.
 31. Jarmuszkievicz, W., Woyda-Ploszczyca, A., Koziel, A., Majerczak, J. in Zoladz, J. A. (2015). Temperature controls oxidative phosphorylation and reactive oxygen species production through uncoupling in rat skeletal muscle mitochondria. *Free Radical Biology and Medicine*, 83, 12–20.
 32. Karvonen, J. (1992). Importance of warm up and cool down on exercise performance. V: Karvonen, J., Lemon, P. W. R., Iliev, I. *Medicine and sports training and coaching*. Basel: Karger, 190–213.
 33. Kay, A. D., Blazevich, A. J. (2012). Effect of Acute Static Stretch on Maximal Muscle Performance: A Systematic Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44, 154–164.
 34. Lewis, J. (2014). A systematic literature review of the relationship between stretching and athletic injury prevention. *Orthopaedic Nursing*, 33(6), 312–320.
 35. Logan-Sprenger, H. M., Heigenhauser, G. J., Jones, G. L. in Spriet, L. L. (2012). Increase in skeletal-muscle glycogenolysis and perceived exertion with progressive dehydration during cycling in hydrated men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(3), 220–9.
 36. MacIntosh, B. R., Robillard, M. E. in Tomaras, E. K. (2012). Should postactivation potentiation be the goal of your warm-up? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37, 546–550.
 37. Maddigan, M. E., Peach, A. A. in Behm, D.G. (2012). A comparison of assisted and unassisted proprioceptive neuromuscular facilitation techniques and static stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 1238–1244.
 38. Magnusson, S. P., Simonsen, E. B., Aagaard, P., Dyhre-Poulsen, P., McHugh, M. P. in Kjaer, M. (1996). Mechanical and physical responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77, 373–378.
 39. McHugh, M. P. in Cosgrave, C. H. (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(2), 169–181.
 40. Morse, C. I., Degens, H., Seynnes, O. R., Maganaris, C. N. in Jones, A. J. (2008). The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. *Journal of Physiology*, 586, 97–106.
 41. Murphy, D. R. (1994). Dynamic Range of Motion Training: An Alternative to Static Stretching. *Chiropractic Sports Medicine*, 8(2), 59–66.
 42. Nelson, R. T., Bandy, W. D. (2005). An update on flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 10–16.
 43. O'Hara, J., Cartwright, A., Wade, C. D., Hough, A. D. in Shum, G. L. (2011). Efficacy of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretch on hamstrings length after a single session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1586–1591.
 44. O'Sullivan, K., Murray, E. In Sainsbury, D. (2009). The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10, 37–46.
 45. Paradisis, G. P., Pappas, P. T., Theodorou, A. S., Zacharogiannis, E. G., Skordilis, E. K. in Smirniotou, A.S. (2014). Effects of static and dynamic stretching on sprint and jump performance in boys and girls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 154–160.
 46. Perrier, E. T., Pavol, M. J. In Hoffman, M. A. (2011). The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1925–1931.
 47. Sale, D.G. (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise And Sport Sciences Reviews*, 30, 3, 138–143.
 48. Saltin, B., Gagge, A. P. in Stolwijk, J. A. J. (1968). Muscle temperature during submaximal exercise in man. *Journal of Applied Physiology*, 25, 679–88.
 49. Samuel, M. N., Holcomb, W. R., Guadagnoli, M. A., Rubley, M. D. In Wallmann, H. (2008). Acute effects of static and ballistic stretching on measures of strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1422–1428.
 50. Sekir, U., Arabaci, R., Akova, B. In Kadagan, S. M. (2010). Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. *Scandinavian Journal of Science and Medicine in Sports*, 20, 268–281.
 51. Shrier, I. (1999). Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: A critical review of the clinical and basic science literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 9(4), 221–227.
 52. Simic, L., Sarabon, N., Markovic, G. (2013). Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scandinavian Journal of Science and Medicine in Sports*, 23, 131–148.
 53. Tillin, N. A. in Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39, 147–166.
 54. Trajano, G. S., Seitz, L. B., Nosaka, K. in Blazevich, A. J. (2014). Can passive stretch inhibit motoneuron facilitation in the human plantar flexors? *Journal of Applied Physiology*, 117(12), 1486–1492.
 55. Trajano, G. S., Seitz, L., Nosaka, K. in Blazevich, A. J. (2013). Contribution of central vs. peripheral factors to the force loss induced by passive stretch of the human plantar flexors. *Journal of Applied Physiology*, 115, 212–218.
 56. Weldon, S. M. in Hill, R. H. (2003). The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: A systematic review of the literature. *Manual Therapy*, 8(3), 141–150.
 57. Wiegner, A. W. (1987). Mechanism of thixotropic behaviour at relaxed joints in the rat. *Journal of Applied Physiology*, 62, 1615–21.
 58. Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M. C. idr. (2013). Metaanalysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854–859.
 59. Wright, V. (1973). Stiffness: a review of its measurement and physiological importance. *Physiotherapy*, 59, 59–111.
 60. Wright, V. in Johns, R. J. (1961). Quantitative and qualitative analysis of joint stiffness in normal subjects and in patients with connective tissue disease. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 20, 36–46.

Dr. Nejc Šarabon
Univerza na Primorskem,
Fakulteta za vede o zdravju
nejc.sarabon@fvz.upr.si