



Jernej Pleša¹,
Blaž Kuzmič¹, Tim Podlogar^{2,3}

Vadba z bremenom pri vzdržljivostnih športnikih

Izvleček

Uspešnost v vzdržljivostnih športih je odvisna predvsem od najvišjega privzema kisika, drugega laktatnega praga oziroma kritične moči ter gibalne učinkovitosti. Dolgo časa je veljalo, da vadba z bremenom ni primerna za vzdržljivostne športnike predvsem z vidika obsežnega prirasta mišične mase in treniranja mišičnih vlaken, ki so za vzdržljivostne športnike neuporabna. Na podlagi pregledane literature ugotavljamo, da trening z bremenom pozitivno vpliva na številne parametre vzdržljivostnih športnikov, pri čemer študije ne poročajo o negativnih učinkih. Študije poročajo, da ima dodatni trening z bremenom lahko pozitivne učinke na uspešnost pri vzdržljivostnih športnikih že po 8-tedenski intervenciji. Vadba z bremenom tako ob pravilnem izboru vadbenih sredstev, ki so specifična na zahteve športa, pomeni priporočljivo in potencialno zelo učinkovito metodo treninga za izboljšanje športne zmogljivosti vzdržljivostnih športnikov. Omenjena oblika treninga bi lahko na uspešnost pri vzdržljivostnih preizkušnjah pozitivno vplivala predvsem z vidika izboljšanja ekonomičnosti gibanja, povečanja največje hitrosti gibanja, izboljšanja anaerobnih zmogljivosti in skladno s tem kasnejši pojav utrujenosti.

Ključne besede: vadba z bremenom, vzdržljivost, tek, kolesarjenje, zmogljivost

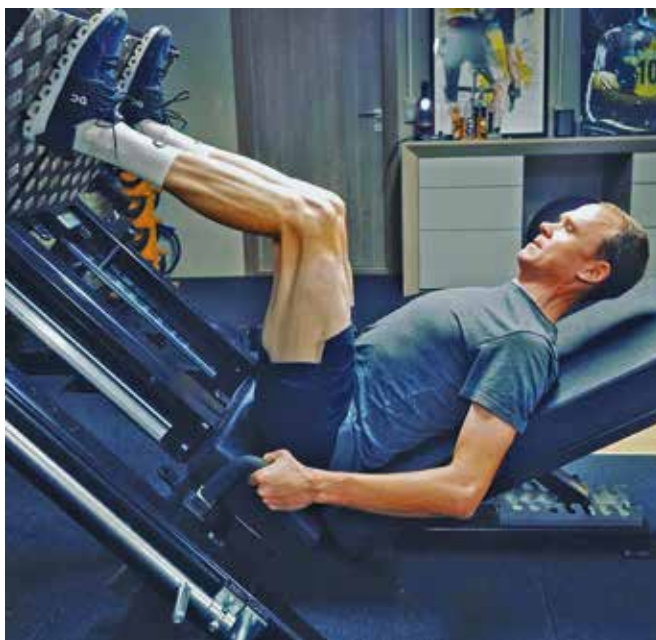


Foto: Profil Chrisa Frooma na Twitterju

Resistance training for endurance athletes

Abstract

The most important predictors of performance in endurance sports are maximal oxygen uptake, the second lactate threshold or critical power and movement efficiency. For a long time it was believed that resistance training is not suitable for endurance athletes due to unwanted increases in muscle mass and training of muscle fibres that are not important for those athletes. Based on the literature review that we performed we conclude that resistance training positively affects numerous important determinants of endurance performance and that there are no downsides reported. Studies report that addition of resistance training can have positive effects as only as 8 weeks after the onset of such training. Resistance training can thus very effectively contribute towards better performance provided that exercise is designed according to the needs of a discipline and the athlete. The main reasons for efficacy of resistance training appears to be improved movement efficiency, maximal locomotion speed, improvements of anaerobic capacity and concomitant delayed onset of fatigue.

Keywords: resistance training, endurance, running, cycling, performance

¹Študent magistrskega študija Aplikativna kineziologija, Fakulteta za vede o zdravju, Univerza na Primorskem

²Fakulteta za vede o zdravju, Univerza na Primorskem

³Odsek za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko; Institut »Jožef Stefan«

■ Uvod

Uspešnost v vzdržljivostnih športih je odvisna od treh parametrov: najvišjega privzema kisika ($\text{VO}_2 \text{ max}$), drugega laktatnega praga oziroma kritične moči ter gibalne učinkovitosti (Joyner in Coyle, 2008). Končni rezultat športnika je tako odvisen od več med seboj povezanih spremenljivk, ki jih športnik v procesu vadbe želi izboljšati.

$\text{VO}_2 \text{ max}$ predstavlja najvišjo sposobnost aerobnega metabolizma, a ker je vadba pri intenzivnosti, ki izzove $\text{VO}_2 \text{ max}$, omejena na le nekaj minut, ima pomembno vlogo tudi intenzivnost, ki jo je športnik sposoben ohraniti dlje časa in je ponavadi definirana v obliki laktatnega praga oziroma kritične moči (Joyner, 1991). Gibalna učinkovitost oziroma ekonomičnost gibanja na drugi strani govori o tem, koliko energije, proizvedene z aerobno presnovo, se dejansko spremeni v efektivno delo (tj. moč, izmerjena na pedalih, oziroma hitrost lokomocije) in pogojuje hitrost gibanja na vzdržljivostni preizkušnji (Joyner, 1991). Longitudinalne študije poročajo, da $\text{VO}_2 \text{ max}$ med športnikovo kariero lahko ostaja konstanten, medtem ko se hitrost pri $\text{VO}_2 \text{ max}$ izboljša tudi do 14 % (Jones, 2006), kar pomeni izboljšano učinkovitost gibanja (Santalla, Naranjo in Terrados, 2009). Poleg tega ne smemo pozabiti na poškodbe, ki so lahko pomemben dejavnik uspešnosti v športu. Poškodbe lahko prekinajo športniške aktivnosti za določeno obdobje oziroma mu onemogočajo polno aktivnost in s tem optimalen napredek v izbrani športni panogi. Cilj športnika skozi športno kariero je tako izboljševati oziroma ohraniti ključne determinante vzdržljivostnega športa, a hkrati zmanjšati možnost za nastanek športnih poškodb.

Poleg specifičnega treninga vzdržljivosti športniki vzdržljivostnih športov velikokrat izvajajo tudi vadbo z bremenom. Vadba z bremenom v osnovi pozitivno vpliva na živčno-mišično zmogljivost (sposobnost jakosti, moči in eksplozivnosti), prirast mišične mase (hipertrofijo) in kostno gostoto (Zatsiorsky in Kraemer, 2006). Z vadbo proti uporam lahko povzročimo povečanje jakosti in moči z živčno-mišičnimi adaptacijami, ki niso povezane z mišično hipertrofijo in se kažejo v povečani rekrutaciji in sinhronizaciji motoričnih enot, ter učinkovitejšemu razvoju sile, ki se izraža tako v dvigu največje proizvodnje sile kot tudi izboljšani hitrosti prirasta te (Coyle idr., 1991; Zatsiorsky in Kraemer, 2006). Adaptacije na trening z

bremenom, ki so povezane z mišično hipertrofijo, pa se kažejo v povečani aktivnosti anaerobnih encimov, povečani produkciji sile, povečanju količine znotrajmišičnega glikogena in učinkoviti izmenjavi delovanja glavnih mišičnih skupin (MacDougall idr., 1979). Novejše študije, ki so proučevale vadbo z bremenom med vzdržljivostnimi športniki, poročajo, da tak trening pozitivno vpliva na uspešnost vzdržljivostnih športnikov zaradi izboljšanja ekonomičnosti, zmanjšanja in odlašanja utrujenosti, izboljšanja anaerobne kapacitete, povečanja največje hitrosti gibanja ter zmanjšanja pojavnosti poškodb (Sunde idr., 2010; Rønnestad in Mujika, 2014; Yamamoto idr., 2010). Glavni cilj vadbe z obremenitvijo je torej vplivati na živčno-mišično zmogljivost posameznika, ki pozitivno vpliva na sposobnost vzdržljivosti, zmanjša verjetnost nastanka poškodb (Yamamoto idr., 2010) in na osnovi mehanske obremenitve pripomorejo k prirastu mineralne kostne gostote ter s tem na daljši rok pomagajo preprečevati osteoporozo (Layne in Nelson, 1999).

Težava se pojavi pri medsebojni primerjavi študij na tem področju, predvsem zaradi razlik v vzorcu preiskovancev, protokolu meritev in razlik v intervencijskih ukrepih, pri čemer študije uporabljajo različne metode treninga, kot so pliometrični trening (Barnes, McGuigan, Northuis in Kilding, 2013), trening največje ali eksplozivne jakosti in moči (Berryman idr., 2017) in kombinacijo teh (Beattie, Carson, Lyons, Rossiter in Kenny, 2016; Beattie, Carson, Lyons in Kenny, 2017). Poleg tega nekatere študije preverjajo tudi učinkovitost treninga z bremenom z vztrajnostnim masnim momentom (Festa idr., 2018), pri katerem je večji poudarek na ekscentrični obremenitvi v primerjavi s standardnimi inercijskimi obremenitvami. Cilj tega prispevka je pregled literature s področja vadbe z bremenom pri vzdržljivostnih športnikih ter na podlagi izsledkov znanstvenih člankov podati smernice za trening z bremenom pri vzdržljivostnih športnikih.

■ Razprava

Dolgo časa je veljalo, da vadba z bremenom ni primerna za vzdržljivostne športnike predvsem z vidika obsežnega prirasta mišične mase in treniranja mišičnih vlaken, ki so za vzdržljivostne športnike na videz neuporabna. Navezujoč na mišično hipertrofijo kot posledico treninga z bremenom študije poročajo o povezanosti med naj-

večjo izhodno močjo pri kolesarjih in prečnim presekom mišic (Izquierdo idr., 2004). Poleg tega Rønnestad, Hansen in Raastad (2010a) poročajo o povezanosti med povečanim prečnim presekom sprednje stegenske mišice in povečano izhodno močjo po treningu z bremenom pri dobro treniranih kolesarjih. Podobno ugotavljajo tudi Mikkola, Rusko, Nummela, Pollari in Hakkinen (2007), ki na vzorcu tekačev poročajo o izboljšanju anaerobne moči po določenem obdobju treninga z bremenom. Skladno s tem študije nakazujejo na kasnejši pojav utrujenosti pri skupinah športnikov, ki so v svoj trening vključevali trening z bremenom (Cantrell, Schilling, Paquette in Murlasits 2013; Sawyer idr., 2014). Po drugi strani študije kažejo, da sočasno izvajanje vadbe z bremenom in vzdržljivostne vadbe, ki poteka v velikem obsegu (vsaj štirikrat na teden), lahko negativno vpliva na prirast mišične mase (Rønnestad, Hansen in Raastad, 2012; Egan in Zierath, 2013; Wilson idr., 2012). To pomeni, da kombinacija treninga z bremenom in vzdržljivostne vadbe lahko negativno vpliva na adaptacije vadbe z bremenom, in ne obratno, na adaptacije vzdržljivostne vadbe.

Vpliv treninga z bremenom na parametre vzdržljivostne vadbe

Kot najpomembnejši napovedovalci rezultata v vzdržljivostnih športih veljajo $\text{VO}_2 \text{ max}$, laktatni prag (kritična moč) in ekonomičnost gibanja (Joyner, 1991), pri čemer je pomen posameznega odvisen od lastnosti vzdržljivostne preizkušnje. S tega vidika številne študije proučujejo vpliv vadbe z bremenom na omenjene parametre.

Največji privzem kisika

Številne študije, ki proučujejo vpliv treninga z bremenom na sposobnost vzdržljivosti, spremljajo tudi vpliv omenjene vadbe na vrednosti $\text{VO}_2 \text{ max}$, saj se ta v študijah pojavlja kot najpogostejše uporabljen parameter za spremljanje aerobnih sposobnosti pri vzdržljivostnih športnikih. Beattie in sodelavci (2017) so na vzorcu 15 kolesarjev raziskovali vpliv 20-tedenskega treninga z bremenom na fiziološke parametre, ki pogojujejo uspešnost kolesarjenja. Preiskovanci so bili razdeljeni v dve skupini, in sicer na kontrolno skupino, ki je izvajala zgolj vzdržljivostni trening, in na eksperimentalno skupino, ki je poleg vzdržljivostnega treninga dvakrat na teden izvajala še trening z bremenom. Rezultati študije ne poročajo o značilnih spremembah v vrednostih VO_2

max pri kolesarjih. Po zelo podobnem protokolu so Beattie idr. (2016) raziskovali vpliv vadbe z bremenom na fiziološke parametre tudi pri tekačih, kjer prav tako ne poročajo o značilnih spremembah v vrednosti $\dot{V}O_2$ max po 40-tedenski vadbeni intervenciji. Skladno s temi rezultati poročajo tudi Barnes idr. (2013), ki na vzorcu tekačev ne poročajo o spremembah v vrednostih $\dot{V}O_2$ max pri moški populaciji, ki je izvajala trening z bremenom ali pliometrični trening, medtem ko pri ženski populaciji ugotavljajo manjše izboljšave v vrednostih $\dot{V}O_2$ max pri obeh skupinah. Rezultati v omenjeni študiji kažejo, da so ženske bolj napredovale v vseh merjenih parametrih, kar lahko pripišemo bodisi nižji stopnji treniranosti žensk v primerjavi z moškimi z vidika vzdržljivostnih sposobnosti bodisi nižji stopnji treniranosti žensk z vidika jakosti in moči, kar se potem izraža v večjih prilagoditvah telesa na trening z bremenom. O takih rezultatih na vzorcu rekreativnih tekačev poročajo tudi Berryman, Maurel in Bosquet (2010), Damasco idr. (2010) ter Ferrauti, Bergermann in Fernandez-Fernandez (2010). Slednji poročajo celo o povečanju vrednosti $\dot{V}O_2$ peak po 8-tedenski vadbeni intervenciji, vendar razlike med časovnimi točkama (pred intervencijo in po njej) niso značilne.

Tudi študije na kolesarjih ne poročajo o negativnih spremembah treninga z bremenom na $\dot{V}O_2$ max tako pri treniranih kolesarjih (Bishop, Jenkins, Mackinnon, McEniery in Carey, 1999; Beattie idr., 2017; Hansen, Rønnestad, Vegge in Raastad, 2012; Rønnestad, Hanes, Holland in Ellefsen, 2015; Sunde in Støren, 2009) in rekreativnih kolesarjih (Psilander, Frank, Flockhart in Sahlin, 2015; Vikmoen idr., 2015) kot tudi pri vzdržljivostno netreniranih posameznikih (Cantrell idr., 2013). Rezultati študij torej kažejo na to, da trening jakosti in moči nima negativnega vpliva na $\dot{V}O_2$ max, pri čemer Rønnestad, Hansen in Raastad (2011) v svoji študiji na dobro treniranih rekreativnih kolesarjih poročajo celo o značilnem dvigu vrednosti $\dot{V}O_2$ max po 12-tedenskem sočasnem izvajanju treninga vzdržljivosti in treninga z bremenom.

Laktatni prag

O podobnih ugotovitvah o vplivu treninga z bremenom na $\dot{V}O_2$ max poročajo tudi študije o vplivu treninga z bremenom na laktatni prag. Beattie in sodelavci (2017) na vzorcu 15 kolesarjev ne poročajo o spremembi moči pri 2 mmol/L in 4 mmol/L laktata v krvni plazmi po 20-tedenskem treningu z

bremenom. Skladno s tem poročajo tudi Psilander idr. (2015) na vzorcu rekreativnih kolesarjev in Rønnestad idr. (2015) na vzorcu vrhunskih kolesarjev, kjer rezultati ne kažejo na značilne razlike v producirani moči pri 4 mmol/L laktata v krvi po vadbeni intervenciji.

O enakih ugotovitvah poročajo tudi študije na tekačih. Beattie idr. (2016) na vzorcu tekačev ne opažajo značilnih sprememb v hitrosti teka pri 2 in 4 mmol/L laktata v krvi po 40-tedenskem sočasnem vzdržljivostnem treningu in treningu z bremenom. Skladno s tem na vzorcu rekreativnih tekačev poročajo tudi Ferrauti idr. (2010) ter Festa idr. (2018). Slednji so v intervencijskem delu namesto značilnega inercialskega upora za trening z bremenom uporabljali trening z vztrajnostnim masnim momentom (angl. fly wheel training), ki predstavlja metodo treninga z bremenom, kjer je večji poudarek na ekscentričnih obremenitvah nasproti standardnim inercialnim obremenitvam.

Ekonomičnost gibanja in gibalna učinkovitost

Ekonomičnost gibanja vrednotimo kot privzem kisika pri hitrosti gibanja, gibalno učinkovitost pa kot delež efektivne moči pri skupni proizvodnji energije (Jones in Carter, 2000; Saunders, Pyne, Telford in Hawley, 2004). Ekonomičnost gibanja je torej pomembna z vidika hitrosti teka, medtem ko pri kolesarjenju govorimo o gibalni učinkovitosti, ki predstavlja razmerje moči in porabe energije. Pomembnost ene in druge se kaže v močni povezanosti z uspešnostjo na vzdržljivostnih preizkušnjah med tekmovalci s primerljivimi vrednostmi največjega privzema kisika (Horowitz, Sidossis in Coyle, 1994). Skladno s tem je velika verjetnost, da bo izboljšanje ekonomičnosti vadbe povezano z izboljšanjem sposobnosti vzdržljivosti (Rønnestad in Mujika, 2014).

Zmogljivost kolesarjev v zaključku dirke je odvisna od tedanje utrujenosti. Rønnestad idr. (2011) so v svoji študiji omenjeno utrujenost stimulirali na način, da so pred 5-minutnim testom največje zmogljivosti preiskovanci 3 ure kolesarili pri submaksimalni intenzivnosti. Rezultati študije kažejo na povečanje moči pri 5-minutnem testu največje zmogljivosti po 12-tedenskem treningu z bremenom pri vrhunskih kolesarjih. Omenjene izboljšave so bile povezane z izboljšano učinkovitostjo kolesarjenja in zmanjšano fiziološko obremenitvijo v zadnji uri submaksimalnega kolesarjenja, kar pomeni nižjo stopnjo utrujenosti pred

5-minutnim testom največje zmogljivosti. O podobnih rezultatih v svoji študiji poročajo tudi Vikmoen, Rønnestad, Ellefsen in Raastad (2017), ki na vzorcu duatletinj (kolesarke in tekačice) poročajo o zmanjšanem $\dot{V}O_2$ in znižani srčni frekvenci po dolgotrajnem kolesarjenju pri skupini, ki je poleg vzdržljivostnega treninga izvajala tudi trening z bremenom.

O izboljšani ekonomičnosti/učinkovitosti poročata tudi longitudinalni študiji Beattie idr. (2016) na tekačih (40-tedenska intervencija) in Beattie idr. (2017) na kolesarjih (20-tedenska intervencija). V omenjenih študijah so z obsežnimi meritvami fizioloških značilnosti pri teku/kolesarjenju, sposobnosti jakosti in moči ter analizo telesne sestave spremljali skupini športnikov, ki so izvajali trening vzdržljivosti, in skupino, ki je poleg treninga vzdržljivosti izvajala še trening z bremenom. Pri obeh študijah poročajo o izboljšani ekonomičnosti oziroma učinkovitosti gibanja pri skupini, ki je izvajala trening z bremenom. Podobno poročajo tudi Barnes idr. (2013) na vzorcu mladih tekmovalnih tekačev in Berryman s sodelavci (2017) na rekreativnih tekačih, pri čemer slednji poročajo, da se je pliometrični trening izkazal kot bolj učinkovit za izboljšanje ekonomičnosti teka kot trening z bremenom. S pliometričnim treningom na osnovi ekscentrično-koncentričnih mišičnih kontrakcij izboljšujemo izkoristek elastične energije, ki je pri teku glavni dejavnik ekonomičnosti gibanja (Cavagna, Saibene in Margaria, 1964).

Vpliv treninga z bremenom na druge parametre vzdržljivostnih športnikov

Eden izmed potencialnih neželenih učinkov vadbe z bremenom je povečanje telesne mase, ki lahko negativno vpliva na parametre vzdržljivosti, kot sta ekonomičnost gibanja in $\dot{V}O_2$ max (Beattie idr., 2016). V povezavi s tem Sunde in Støren (2009) v svoji študiji poročata o izboljšanju ekonomičnosti kolesarjenja in časa do izčrpanosti po 8-tedenskem treningu z bremenom brez povečanja telesne mase kolesarja. Te podatke potrjujejo tudi rezultati raziskave Beattie idr. (2016), ki so po 20-tedenskem treningu z bremenom pri vzdržljivostnih tekačih zaznali izboljšanje vrednosti $\dot{V}O_2$ max in ekonomičnosti teka, pri čemer sprememba telesne mase ni bila značilna. Podobno poročajo tudi Ramirez-Campillo idr. (2014) ter Damasceno idr. (2015) pri vzdržljivostnih tekačih, medtem ko longitudinalne študije

na kolesarjih (Beattie idr., 2017; Rønnestad idr., 2015) v 20- oz. 25-tedenskem obdobju poročajo o prirastu telesne mase za 1–2 %. V vseh omenjenih študijah je bila vadbena intervencija sestavljena iz 2–3 treningov z bremenami na teden, pri čemer Balsalobre-Fernandez idr., Santos-Concejero in Grivas (2015) navajajo, da zgolj en trening z bremenami na teden pomeni premajhen stimulus za povečanje jakosti in moči pri vrhunskih vzdržljivostnih tekačih.

Pomemben dejavnik sposobnosti vzdržljivosti je tudi parameter časa do utrujenosti pri dani obremenitvi. Psilander idr. (2015), Canttrel idr. (2013) in Rønnestad idr. (2011) v svojih raziskavah ugotavljajo, kako dodatni trening z bremenami vpliva na parameter časa do utrujenosti pri vzdržljivostnih športnikih. Avtorji prvih dveh omenjenih študij so ugotavljali stopnjo utrujenosti glede na sposobnost ohranjanja kadence, medtem ko so Rønnestad idr. (2011) stopnjo utrujenosti določali z uporabo Borgove lestvice. Vsi omenjeni avtorji poročajo o izboljšanju časa do utrujenosti po zaključeni 8- do 12-tedenski intervenciji, pri čemer so trening z bremenami izvajali 2-krat na teden.

Vpliv treninga z bremenami na rezultatsko uspešnost

Na podlagi pregledane literature ugotavljamo, da trening z bremenami pozitivno vpliva na številne parametre vzdržljivostnih športnikov, pri čemer študije ne poročajo o negativnih učinkih. Kljub temu moramo za dober vpogled v vpliv treninga z bremenami na sposobnost vzdržljivosti odgovoriti na vprašanje, kako omenjeni tip treninga vpliva na rezultatsko uspešnost vzdržljivostnih športnikov.

Vikmoen idr. (2017) v svoji študiji poročajo o izboljšanju zmogljivosti ob koncu dolgotrajne submaksimalne intenzivnosti teka in kolesarjenja pri skupini preiskovank, ki je sočasno izvajala trening vzdržljivosti in trening z bremenami. Enake rezultate navajajo tudi Hansen idr. (2012), ki poročajo o izboljšani učinkovitosti kolesarjenja pri 5-minutnem »all out« testu po predhodnem 185-minutnem kolesarjenju pri submaksimalni intenzivnosti. Na podlagi omenjenih študij lahko predpostavljamo, da trening z bremenami pomembno vpliva na zmogljivost v fazi utrujenosti, ki se navadno pojavi ob koncu dirke, medtem ko omenjeni del nemalo krat odloča o zmagovalcu vzdržljivostne preizkušnje. Poleg tega študije pri vrhunskih kolesarjih (Rønnestad idr., 2015), kjer so izvajali trening z bremenami, poročajo

tudi o izboljšani izhodni moči pri 40-minutnem »all out« kolesarjenju (~7 %). Ob tem v študiji poročajo tudi o povečani največji izhodni moči in izhodni moči pri testu Wingate (30 s), kar nakazuje na potencialno izboljšanje sposobnosti izvedbe sprintov.

Tudi študije na vzorcu tekačev poročajo o pozitivnih učinkih treninga z bremenami na rezultatsko uspešnost. Damasceno idr. (2015) na vzorcu tekačev poročajo o izboljšanjem rezultatu pri teku na 10 km, pri čemer so se izboljšave pojavile predvsem zaradi povečanja hitrosti v zadnji četrtini 10-kilometrskega teka. Rezultati omenjene študije kažejo, da trening z bremenami pripomore k temu, da se utrujenost na 10-kilometrski tekaški preizkušnji pojavi pozneje, brez opaznih fizioloških sprememb (VO_2 max, ekonomičnost gibanja in anaerobne sposobnosti). O pozitivnem vplivu treninga z bremenami na rezultatsko uspešnost pri teku poročajo tudi Ramirez-Campillo idr. (2014), kjer so po uporabi pliometričnega treninga v 6-tedenskem časovnem obdobju poročali o izboljšanju rezultata pri teku na 2,4 km, ter Festa idr. (2018), kjer ugotavljajo, da trening z vztrajnostnim masnim momentom pripomore k izboljšanju rezultata pri teku na 2 km in 10 km.

Čas, potreben za dosego učinkov treninga z bremenami pri vzdržljivostnih športnikih

Pregled literature kaže, da se prve prilagoditve na trening z bremenami, ki se izražajo v izboljšani zmogljivosti prej omenjenih parametrov, ki pogojujejo sposobnost vzdržljivosti, pojavijo že po osmih tednih (Berryman idr., 2010; Damasceno idr., 2015; Festa idr., 2018; Sunde idr., 2010; Sawyer idr., 2014), medtem ko Ramirez-Campillo in sodelavci (2014) v svoji študiji poročajo o pozitivnih učinkih na nekatere izbrane parametre že po šestih tednih treninga z bremenami. Sicer večina študij primerja trening z bremenami v obdobju 12–25 tednov (Hansen idr., 2012; Rønnestad idr. 2015), pri čemer je ena izmed študij preverjala celo 40-tedenski protokol treninga z bremenami pri tekačih (Beattie idr., 2016). Pri vseh omenjenih študijah poročajo o pozitivnih učinkih vadbe z bremenami na izbrane parametre sposobnosti vzdržljivosti pri tekačih in kolesarjih.

Negativni učinki treninga z bremenami

Od vseh pregledanih študij zgolj tri študije ne poročajo o pozitivnih učinkih treninga z bremenami pri izboljšanju sposobnosti

vzdržljivosti (Bishop idr., 1999; Ferrauti idr., 2010; Schumann, Pelletari, Doma, Karavirta in Häkkinen, 2016), medtem ko nobena izmed teh študij, ne glede na vzorec preiskovancev (rekreativni športniki ali tekmovalci) in metodo treninga z bremenami, ne poroča o negativnem vplivu vadbe z bremenami na sposobnost vzdržljivosti. Bishop idr. (1999) so v svoji študiji na vzorcu 21 kolesark ugotavljali vpliv treninga z bremenami na največjo zmogljivost pri enournem kolesarjenju. Eksperimentalna skupina je 2-krat na teden izvajala trening z bremenami v obdobju 12 tednov. Trening z bremenami je sestavljalo 5 serij počepa do odpovedi v režimu 2–8 ponovitev. Eden izmed razlogov za neučinkovitost treninga z bremenami je lahko slabo zasnovan intervencijski protokol oziroma statistična napaka tipa 2. Ferrauti idr. (2010) v svoji študiji ne poročajo o vplivu treninga z bremenami na ekonomičnost gibanja in hitrosti pri določeni vrednosti laktata v krvi (2, 3 in 4 mmol/L), pri večstopenjskem testu na tekalni stezi ter konstantni hitrosti na tekalni stezi, ki predstavlja hitrost maratonskega teka. V študiji poročajo o značilnem dvigu hitrosti pri anaerobnem pragu (pri vrednosti 4 mmol/L laktata v krvni plazmi) pri obeh skupinah (skupini, ki je izvajala trening z bremenami, in skupini, ki ni izvajala treninga z bremenami), pri čemer razlika med skupinama ni značilna. Kljub temu, da v študiji ne poročajo o značilnih spremembah med skupinama z vidika ekonomičnosti teka in hitrosti teka pri določeni vrednosti laktata v krvi, rezultati kažejo na značilne spremembe v mišični jakosti med skupinama po vadbni intervenciji, kar ima potencialno pozitivne učinke na daljši rok (zapoznel koordinacijski prenos izboljšane mišične zmogljivosti v ciklično gibanje ali preventiva pred pojavom morebitnih poškodb). Poleg tega rezultati statistične moči pri nekaterih parametrih kažejo na premajhen vzorec preiskovancev ($n = 20$) in tveganje za pojav statistične napake tipa 2. Zadnja izmed študij, ki ne poroča o pozitivnih učinkih vadbe z bremenami, je študija Schumanna in sodelavcev (2016), kjer so vadbo z bremenami vključili neposredno po vadbni enoti vzdržljivostne vadbe, kar najverjetneje zaradi predhodne utrujenosti ni idealno in je morebitni razlog za neučinkovitost omenjene metode. Cilj vadbe z bremenami pri vzdržljivostnih športnikih je namreč izboljšati največjo in eksplozivno jakost ter togost mišično-tetivnega sistema, zaradi česar se mora vadba z bremenami pogosteje izvajati v počitem stanju, kar je

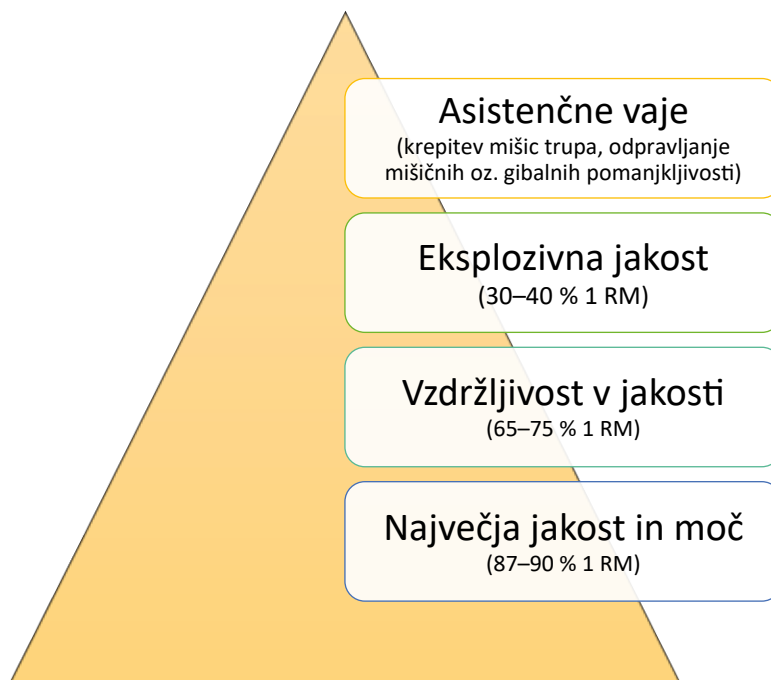
ravno nasprotno intervencijskemu protokolu omenjene študije.

Praktične usmeritve

Za namen prilagoditve treninga z bremenom moramo upoštevati specifične zahteve športa. Tako je ena izmed glavnih razlik med tekom in kolesarjenjem izkoristek elastične energije pri teku po principu ekscentrično-koncentrične mišične kontrakcije (Cavagna idr., 1964), medtem ko so pri kolesarjenju glavne mišice aktivne večinoma v koncentrični mišični akciji. Poleg razlik v načinu mišičnega krčenja so razlike med omenjenima športoma tudi v aktivaciji različnih mišičnih skupin, smeri aplikacije sile, stabilnostnih pogojih itd. Zato je pomembno, da se specifičnost vadbe z bremenom izraža v več parametrih, upoštevajoč vrsto mišičnega krčenja, razmerje sila/hitrost, obseg giba, režim treninga (število ponovitev, serij in vrsto bremena), smer aplikacije sile, stabilnostne pogoje, vključene mišične skupine itd. Poleg tega je v določeni meri smiselno vključiti dodatne vaje, ki so usmerjene predvsem v krepitev mišic trupa in razvoj senzorično-motorične kontrole medenično-ledvenega predela ter korekcijo mišičnih in gibalnih pomanjkljivosti.

Na podlagi literature priporočamo izvedbo vsaj dveh treningov z bremenom na teden in izvedbo treninga v režimu med 90 % 1 RM in 75 % 1 RM, po 2–3 serije na izbrano vajo, z vmesnim odmorom 2–5 minut. V tekmovalnem obdobju, kjer trening z bremenom ni prioriteta, lahko z enim visokointenzivnim treningom (bremena intenzivnosti okrog 90 % 1 RM) na teden vzdržujemo raven predhodnih prilagoditev na trening z bremenom (Rønnestad, Hansen in Raastad, 2010b; Aagaard idr., 2011; Rønnestad idr., 2015).

V praksi to pomeni naslednje. Osrednji del treninga z bremenom pri kolesarjih naj bo trening jakosti v režimu 87–90 % 1 RM, skupaj s treningom vzdržljivosti v jakosti z intenzivnostjo okrog 65–75 % 1 RM. V manjšem obsegu lahko dodamo tudi trening eksplozivne jakosti, ki se po priporočilih izvaja v režimu 4 in 6 ponovitev, pri relativno nizkih bremenih (30–40 % 1 RM) z največjo hitrostjo izvedbe gibalnega vzorca. Vadbena sredstva naj bodo tako smiselno umeščena skozi celotni kontinuum jakostne amplitude, pri čemer naj bodo glavne vaje izbrane na podlagi specifičnih značilnosti športa (tip mišičnega krčenja, smer aplikacije sile, obseg giba, vključene mišične skupine, stabilnostni pogoji itd.). Poleg glavnih vaj naj



Slika 1. Shematski prikaz porazdelitve načina treninga z bremenom za vzdržljivostne športnike.

trening z bremenom obsega še dodatne/asistenčne vaje, ki so usmerjene predvsem v krepitev mišic trupa in korekcijo morebitnih mišičnih oziroma gibalnih pomanjkljivosti, ki bi lahko pomenile tveganje za nastanek poškodb.

Zaključek

Po pregledu literature ugotavljamo, da ima dodaten trening z bremenom pozitivne učinke na uspešnost pri vzdržljivostnih športnikih. Omenjena oblika treninga bi lahko na uspešnost na vzdržljivostnih preizkušnjah pozitivno vplivala z vidika izboljšanja ekonomičnosti gibanja in anaerobnih kapacitet ter povečanja največje hitrosti gibanja, v skladu s tem pa tudi z vidika kasnejšega pojava utrujenosti. Bojazen, da bo vključitev treninga z bremenom negativno vplivala na sposobnost športnikov, je odveč, saj nobena študija ne poroča o negativnih vplivih vadbe z obremenitvijo na kazalnike vzdržljivostne sposobnosti, kar kaže na to, da lahko vadba z bremenom pozitivno vpliva na zmogljivost vzdržljivostnih športnikov, medtem ko so negativni učinki te malo verjetni.

Na podlagi pregledane literature lahko zaključimo, da je vadba z bremenom ob pravilnem izboru vadbenih sredstev, ki so smiselno umeščena v celostni trenajni proces

vzdržljivostnih športnikov, in hkratnem spremljanju individualnega odziva posameznika priporočljiva in potencialno zelo učinkovita metoda treninga za izboljšanje športne zmogljivosti vzdržljivostnih športnikov.

Literatura

1. Aagaard, P., Andersen, J. L., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J. L., Crameri, R., Magnusson, S. P. in Kjaer, M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21, 298–307.
2. Balsalobre-Fernandez, C., Santos-Concejero, J. in Grivas, G. (2015). The effects of strength training on running economy in highly trained runners: a systematic review with meta-analysis of controlled trials. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/JSC.0000000000001316
3. Barnes, K., McGuigan, M., Northuis, M. E. in Kilding, A. (2013). Effects of resistance training on running economy and cross-country performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(12), 2322–2331.
4. Bassett, D. R. in Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 70–84.

5. Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M. in Kenny, I. C. (2017). The effect of maximal- and explosive-strength training on performance indicators in cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 470–480.
6. Beattie, K., Carson, P. B., Lyons, M., Rossiter, A. in Kenny C. I. (2016). The effect of strength training on performance indicators in distance runners. *Journal of strength and conditioning research*, 31(1), 9–23.
7. Berryman, N., Maurel, D. in Bosquet, L. (2010). Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1818–1825.
8. Berryman, N., Mujika, I., Arvisais, D., Roubeix, M., Binet, C. in Bosquet, L. (2017). Strength training for middle- and long-distance performance: a meta-analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0032>
9. Bishop, D., Jenkins, D. G., Mackinnon, L. T., McEniery, M. in Carey, M. F. (1999). The effects of strength training on endurance performance and muscle characteristics. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(6), 886–891.
10. Cantrell, G. S., Schilling, B. K., Paquette, M. R. in Murlasits, Z. (2013). Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. *European Journal of Applied Physiology*. doi 10.1007/s00421-013-2811-8
11. Cavagna, G. A., Saibene, F. P. in Margaria, R. (1964). Mechanical work in running. *Journal of Applied Physiology*, 19, 249–256.
12. Coyle, E. F., Feltner, M. E., Kautz, S. A., Hamilton, M. T., Montain, S. J., Baylor, A. M., Abraham, L. D. in Petrek, G. W. (1991). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 93–107.
13. Damasceno, M., Lima-Silva, A. E., Pasaqua, L. A., Tricoli, V., Duarte, D., Bishop, D. J. in Bertuzzi, R. (2014). Effects of resistance training on neuromuscular characteristics and pacing during 10-km running time trial. *European Journal of Applied Physiology*. doi 10.1007/s00421-015-3130-z
14. Egan, B. in Zierath, J. R. (2013). Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metabolism*, 17(2), 162–184. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2012.12.012>
15. Ferrauti, A., Bergerman, M. in Fernandez-Fernandez, J. (2010). Effects of a concurrent strength and endurance training on running performance and running economy in recreational marathon runners. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2770–2778.
16. Festa, L., Tarperi, C., Skroce, K., Boccia, G., Lippi, G., La Torre, A. in Schena, F. (2018) Effects of flywheel strength training on the running economy of recreational endurance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(3), 684–690.
17. Hansen, E. A., Rønnestad, B. R., Vegge, G. in Raastad, T. (2012). Cyclists' Improvement of Pedaling Efficacy and Performance After Heavy Strength Training. *International journal of sports physiology and performance*, 7, 313–321.
18. Horowitz, J. F., Sidossis, L. S. in Coyle, E. F. (1994). High efficiency of type I muscle fibers improves performance. *International Journal of Sports Medicine*, 15(3), 152–157.
19. Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Rampinini, E., Mognoni, P. in Sassi, A. (2005). Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 747–751.
20. Izquierdo, M., Ibáñez, J., Häkkinen, K., Kraemer, W. J., Ruesta, M. in Gorostiaga, E. M. (2004). Maximal strength and power, muscle mass, endurance and serum hormones in weightlifters and road cyclists. *Journal of Sports Science*, 22, 465–478.
21. Jones, A. M. (2006). The physiology of the world record holder for the women's marathon. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 1, 101–116.
22. Jones, A. M. in Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29, 373–386.
23. Joyner, M. J. (1991). Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 70(2), 683–687.
24. Joyner, M. J. in Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of physiology*, 586(1), 35–44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
25. Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Newton, R. U., Triplett, N. T. in Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78, 976–989.
26. Layne, J. E. in Nelson, M. E. (1999). The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(1), 25–30.
27. MacDougall, J. D., Sale, D. G., Moroz, J. R., Elder, G. C., Sutton, J. R. in Howald, H. (1979). Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training. *Medicine of Science in Sports*, 11, 164–166.
28. Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T. in Häkkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 602–611.
29. Psilander, N., Frank, P., Flockhart, M. in Sahlin, K. (2015). Adding strength to endurance training does not enhance aerobic capacity in cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25, 353–359.
30. Ramirez-Campillo, R., Alvarez, C., Henriquez-Olquin, C., Baez, E. B., Martinez, C., Andrade, D. C. in Izquierdo, M. (2014). Effects of plyometric training on endurance and explosive strength performance in competitive middle- and long-distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 97–104.
31. Rønnestad, B. R., Hansen, E. A. in Raastad, T. (2010a). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 108, 965–975.
32. Rønnestad, B. R., Hansen, E. A. in Raastad, T. (2010b). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *European Journal of Applied Physiology*, 110, 1269–1282.
33. Rønnestad, B. R., Hansen, E. A. in Raastad, T. (2012). High volume of endurance training impairs adaptations to 12 weeks of strength training in well-trained endurance athletes. *European journal of applied physiology*, 112(4), 1457–1466.
34. Rønnestad, B. R., Hansen, E. A. in Raastad, T. (2011). Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21, 250–259.
35. Rønnestad, B. R., Hansen, J., Holland, I. in Ellefsen, S. (2015). Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25, 89–98.
36. Rønnestad, R. B. in Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24, 603–612.
37. Santalla, A., Naranjo, J. in Terrados, N. (2009). Muscle efficiency improves over time in world-class cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(5), 1096–1101.
38. Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D. in Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34, 465–485.
39. Sawyer, B. J., Stokes, D. G., Womack, C. J., Morton, R. H., Weltman, A. in Gaesser, G. A. (2014). Strength training increases endurance time to exhaustion during high-intensity exercise despite no change in critical power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 601–609.

40. Schumann, M., Peltari, P., Doma, K., Karavirta, L. in Häkkinen, K. (2016). Neuromuscular adaptations to same-session combined endurance and strength training in recreational endurance runners. *International Journal of Sports Medicine*. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-112592>
41. Sunde, A. in Støren, O. (2009). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. the journal of strength and conditioning research. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2157–2165.
42. Sunde, A., Støren, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J. in Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2157–2165.
43. Vikmoen, O., Ellefsen, S., Trøen, Ø., Holan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T. in Rønnestad, B. R. (2015). Strength training improves cycling performance, fractional utilization of $\dot{V}O_2$ max and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. doi: 10.1111/sms.12468
44. Vikmoen, O., Rønnestad, R. B., Ellefsen, S. in Raastad, T. (2017). Heavy strength training improves running and cycling performance following prolonged submaximal work in well-trained female athletes. *Physiological Reports*, 5(5). <https://doi.org/10.14814/phy2.13149>
45. Yamamoto, M. L., Klau, F. J., Casa, J. D., Kraemer, J. W., Armstrong, E. L. in Maresh, M. C. (2010). The effects of resistance training on road cycling performance among highly trained cyclists: a systematic review. *The journal of strength and conditioning research*, 24(2), 560–566. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c8658>
46. Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M. C., Loenneke, J. P. in Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: A meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2293–2307. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d>
47. Zatsiorsky, M. V. in Kraemer, J. W. (2006). Science and practice of strength training. Champaign (IL): Human kinetics.

Jernej Pleša, študent magistrskega študija
 Aplikativne kineziologije
 Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede
 o zdravju
jernej.plesa@hotmail.com