



Martin Kožuh¹,
Darjan Smajla^{1,2}, Žiga Kozinc^{1,3}

Primerjava učinkovitosti različnih pragov izgube hitrosti med vadbo proti uporabi za izboljšanje mišične zmogljivosti: sistematični pregled z metaanalizo

Izvleček

Vadba na osnovi izgube hitrosti je novejša metoda za spremljanje in optimizacijo treninga. Izguba hitrosti izvedbe vaje je razlika med najhitrejšo in izbrano izvedeno ponovitvijo ter je kazalnik živčno-mišične utrujenosti. Prevelika utrujenost negativno vpliva na razvoj jakosti, moči in hitrosti, zato je spremljanje utrujenosti prek merjenja izgube hitrosti izvedbe koristna metoda za optimizacijo treninga. To storimo tako, da vnaprej določimo, pri kakšnem pragu izgube hitrosti (merjeno v % izgube hitrosti glede na najhitrejšo ponovitev) želimo trenirati; ko vadeči doseže ta prag, serijo prekinemo, ne glede na to, koliko ponovitev je opravil. Z metaanalizo 15 znanstvenih raziskav, ki so primerjale učinke treninga pri nizkih (5–20 %) in visokih (20–45 %) pragovih izgube hitrosti, smo ugotovili, da so za razvoj hitrosti in moči najprimernejši nizki pragovi izgube hitrosti. Pri razvoju največje jakosti ni bilo večjih razlik med skupinami z nižjimi in višjimi pragovi. Za vzdržljivost v moči v metaanalizo ni bilo vključenih dovolj raziskav, da bi prišli do jasnih ugotovitev. Rezultati naše metaanalize bodo v pomoč pri načrtovanju vadbe za razvoj hitrosti in moči, največje jakosti ter vzdržljivosti v moči. Nadaljnje raziskave so potrebne, da se bolje raziščejo razlike v učinkovitosti različnih pragov izgube hitrosti v odvisnosti od velikosti bremena.

Ključne besede: vadba na osnovi izgube hitrosti, prag izgube hitrosti, hitrost, moč, jakost.



Comparison of different velocity loss thresholds during resistance training for improving muscle performance: systematic review with meta-analysis

Abstract

Velocity based training is a novel method for control and optimization of training. Velocity loss during resistance training is a difference between the fastest and the ongoing repetition. It is an indicator of neuro-muscular fatigue. Excessive fatigue has a negative influence on developing strength, power and speed, which means that monitoring fatigue by measuring velocity of repetition is a useful method for training optimization. To use this method, we first choose desired velocity loss threshold (measured in % of velocity loss compared to fastest repetition) and the set is finished, when athlete reaches that threshold, no matter how many repetitions he completed. We conducted a meta-analysis of 15 studies that compared effects of training at low (5–20%) and high (20–45%) velocity loss thresholds. Our results show that for development of speed and power, low velocity loss thresholds are most appropriate. Regarding maximal strength, we found no significant differences between low and high thresholds. For strength endurance we did not have enough studies to make clear conclusions. The results of our work will be of great help at planning resistance training for development of speed, power, strength and strength endurance. Further research is needed to better understand differences in the effectiveness of different velocity loss thresholds depending on the exercise load.

Keywords: Velocity based training, velocity loss threshold, speed, power, strength.

¹Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju, Polje 42, Izola

²InnoRenew CoE, Oddelek za preučevanje zdravja, Livade 6, Izola

³Univerza na Primorskem, Inštitut Andrej Marušič, Muzejski trg 2, Koper

■ Uvod

Vadba proti uporabi je oblika telesne dejavnosti, ki izboljša mišično jakost in moč, koristna pa je tudi za razvoj hitrosti, agilnosti, živčno-mišičnega upravljanja gibanja, ravnotežja in koordinacije ter za povečanje mišične mase (Kraemer in Ratamess, 2004). Izvajanje ustreznih oblik in metod vadbe proti uporabi izboljša izvedbo športno specifičnih gibanj, kot so skoki, šprinti in hitre spremembe smeri gibanja (Suchomel idr., 2018). Pri treningu jakosti in moči se je za določanje bremena in števila ponovitev tradicionalno uporabljal odstotek največjega bremena, ki ga je oseba zmožna dvigniti (angl. 1-repetition maximum, % 1RM). Vendar se število ponovitev, ki ga lahko opravimo z določenim odstotkom 1RM, med posamezniki precej razlikuje (koeficient variacije 8,6–33,1 %) (Sánchez-Moreno idr., 2021). To pomeni, da za vadečega določeno število ponovitev, ki jih mora opraviti v seriji pri določeni intenzivnosti oziroma danem % 1RM, lahko pomeni različno obremenitev (Rodriguez-Rosell idr., 2020a). Znanstveniki in trenerji uporabljajo ter proučujejo različne metode za objektivno določanje in spremljanje obremenitve med vadbenimi serijami.

V zadnjem času vse bolj priljubljena postaja vadba na osnovi izgube hitrosti. Ena izmed najbolj objektivnih, praktičnih in neinvazivnih spremenljivk živčno-mišične utrujenosti je prav merjenje izgube hitrosti izvedbe vaje znotraj serije (Sánchez-Medina in Gonzalez-Badillo, 2011). Pogoji za veljavno uporabo te metode je, da vadeči vse ponovitve izvede z največjo možno hitrostjo. Ko vsako ponovitev izvajamo z največjo možno hitrostjo, bodo zaradi utrujanja skozi serijo upadle sila, hitrost in moč (Ortega-Becerra idr., 2021). Visoko povezavo ($r = 0,91–0,97$) so opazili med izgubo hitrosti ter različnimi mehanskimi in presnovnimi merami utrujenosti (Sánchez-Medina in Gonzalez-Badillo, 2011). Da se izognemo negativnemu vplivu utrujenosti na razvoj hitrosti in moči, lahko uporabimo določen prag izgube hitrosti. Ko v seriji izmerimo vnaprej določen % izgube hitrosti izvedbe glede na najhitrejšo ponovitev, serijo zaključimo, ne glede na to, koliko ponovitev smo izvedli (Weakley idr., 2020). Na primer, če določimo prag izgube hitrosti 20 % in prvo ponovitev izvedemo s hitrostjo 1 m/s, bomo serijo zaključili, ko hitrost izvedbe ponovitve upade pod 0,8 m/s.

Tak pristop lahko izboljša kakovost vadbe z lajšanjem kratkoročne in dolgoročne živčno-mišične utrujenosti, poleg tega pa trenerjem omogoča spremljanje dejavnikov, povezanih z individualnimi razlikami v zmogljivosti, dnevni pripravljenosti ali razvoju utrujenosti med vadbo. Hitrost izvedbe je mogoče spremljati s čedalje večjim številom komercialno dostopnih prenosnih merilnih sistemov, kot so linearni pretvorniki položaja in hitrosti, merilniki pospeška, mobilne aplikacije in inercialne merilne enote (Pareja-Blanco in Loturco, 2022). Linearni pretvorniki in pospeškometri omogočajo tudi spremljanje sile in izhodne moči. V tem članku bomo na podlagi sistematičnega pregleda literature in metaanalize raziskali, kakšni pragovi izgube hitrosti so najprimernejši za izboljšanje jakosti, moči, hitrosti in vzdržljivosti v moči. Pridobljeni rezultati bodo v pomoč trenerjem pri načrtovanju in spremljanju treninga, saj jim bodo pomagali natančno določiti, pri kateri ponovitvi oziroma pri katerem odstotku izgube hitrosti je najprimerneje zaključiti serijo glede na cilje vadbe.

■ Metode

Na spletnem portalu PubMed smo z iskalnim nizom »velocity-based training AND (intervention OR weeks)« poiskali znanstvene članke. Iskanje je bilo izvedeno decembra 2021. Dodatno smo izvedli iskanje po že opravljenih sistematičnih pregledih literature. Skupno število zadetkov je bilo 114, po pregledu naslovov in izvlečkov smo jih 29 izbrali za nadaljnji pregled. Te članke smo nato razvrstili v 3 kategorije: prilagajanje bremena, metoda spremljanja izgube hitrosti in drugo. Po tej razvrstitvi smo ugotovili, da je v največ člankih (17) osrednja tema primerjava učinkov različnih pragov izgube hitrosti izvedbe na razvoj hitrosti, moči, največje jakosti in vzdržljivosti v moči. Vključili smo intervencijske študije, pri katerih sta sodelovali vsaj dve skupini, ki sta vadili z različnimi pragovi izgube hitrosti.

Članke smo vključili oziroma izključili po kriterijih, določenih vnaprej. Merila smo strukturirali z uporabo namenskega orodja PICOS:

- P – Populacija: pri opredelitvi populacije se nismo omejevali.
- I – Intervencija: vadba z uporabo metode spremljanja izgube hitrosti (angl. velocity-loss), pri čemer je študija vključevala

vsaj dve ločeni skupini, ki vadita z različnim pragom izgube hitrosti.

- C – Primerjava: primerjali smo učinkovitost različnih pragov izgube hitrosti, od 0 % do 50 %, pri katerih so na treningu prekinjali vaje.
- O – Izhodna spremenljivka: osredotočili smo se na mišično zmogljivost – spremenljivke mišične jakosti, moči, hitrosti in vzdržljivost v moči. Merjene so bile z 1RM, višino skokov, časi šprintov ter testi utrujanja pri različnih vajah za moč.
- S – Raziskovalni načrt študij: vse intervencijske študije, ki so vključevale vsaj dve skupini (dva različna pragova izgube hitrosti). Spremljali smo samo dolgoročne prilagoditve, zato smo izločili študije, ki so preverjale akutne vplive vadbe z različnimi pragovi izgube hitrosti.

Ko smo na podlagi navedenih kriterijev določili primernost članka, smo opravili izpis podatkov. Podatke smo zbrali v programu Microsoft Excel 2016 (Microsoft, Redmond, WA, ZDA). Izpisali smo osnovne značilnosti preiskovancev (telesna masa, telesna višina, starost, treniranost), spremenljivke intervencij (pogostost, količina, intenzivnost, število vaj, odmori, progresivnost), odstotek izvedenih vadbenih enot (angl. compliance) ter povprečne vrednosti izhodnih spremenljivk pred intervencijo in po njej.

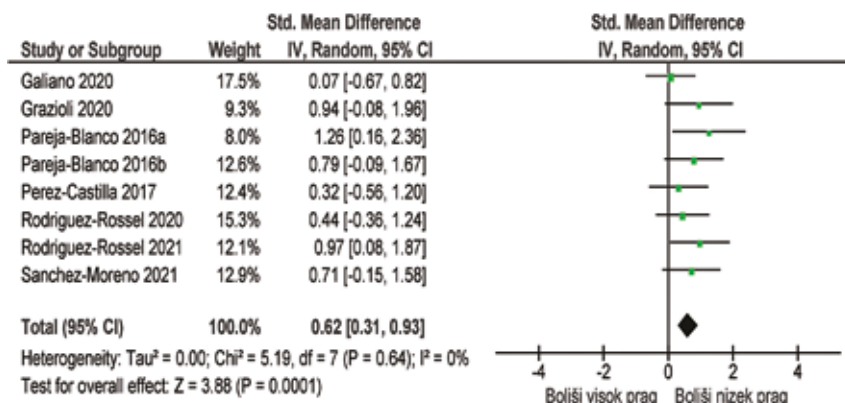
Izvedli smo metaanalizo z metodo inverzne variance po modelu naključnih učinkov. Uporabili smo program Review Manager (različica 5.3, Copenhagen: The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014, London, Združeno kraljestvo). Metaanaliza je primerjala učinke različnih pragov izgube hitrosti med izvajanjem vaj. Pragove smo razdelili na nizke in visoke. Nizki so načeloma znašali 5–20 % izgube hitrosti, visoki pa 20–45 %. Pri spremenljivkah, kjer smo pri različnih študijah prag 20 % enkrat obravnavali kot nizek, drugič pa kot visok, smo posebej izračunali rezultate še brez raziskav, ki so vključevale prag 20 %. Statistična heterogenost med študijami je bila določena z izračunom statistike I^2 (0–30 % je nizka heterogenost; 30–60 % je zmerna heterogenost; 60–90 % je visoka heterogenost; 90–100 % je zelo visoka heterogenost). Robustnost rezultatov smo po potrebi preverjali z analizo občutljivosti. Pri tem gre za izločanje posameznih študij ali skupin študij (na primer študij z majhnim vzorcem, študij na preiskovancih s posebnimi boleznimi) in preverjanje sprememb v skupnem učinku.

Rezultati

Vpliv nizkih in visokih pragov izgube hitrosti na napredek v hitrosti in hitri moči

Višina skoka z nasprotnim gibanjem je bila vrednotena v osmih študijah, v katerih je sodelovalo skupno 172 preiskovancev, vsi moškega spola. V dveh študijah je šlo za nogometaše, medtem ko so v preostalih študijah preiskovance opisali zgolj kot »trenirane« oziroma posameznike, ki redno izvajajo vadbo proti upor. Nizek prag izgube hitrosti je bil 5 % v eni študiji, 10 % v štirih študijah, 15 % v dveh študijah in 20 % v eni študiji. Visok prag izgube hitrosti je bil 20 % v treh študijah, 30 % v dveh študijah, 40 % v eni študiji in 45 % v dveh študijah. Skupni učinek kaže statistično značilno večje napredke v skupinah, ki so trenirale z nižjim pragom izgube hitrosti (standardna povprečna razlika (SPR) = 0,62; IZ = od 0,31 do 0,93; $p < 0,001$), pri čemer so bile študije zelo homogene ($I^2 = 0\%$). Absolutna razlika pri tem znaša 1,6 cm (interval zaupanja (IZ): od 0,89 do 2,60 cm). V primeru izključitve študij, ki so imele za kateri koli prag vrednost postavljeno pri 20 % (srednji prag, za katerega nismo prepričani, ali bi ga šteli za nizkega ali visokega), ostane učinek podoben (SPR = 0,78; $I^2 = 0\%$; $p < 0,007$), z absolutno razliko 1,88 cm (IZ = od 0,92 do 2,83 cm). Po treningu z nizkim pragom je v le eni študiji višina skoka upadla (za 0,6 cm), v vseh preostalih pa zrasla (razpon 1,8–4,7 cm). Po treningu z visokim pragom je prišlo do znižanja višine skoka v dveh študijah (za 0,9 in 2,7 cm v eni in drugi študiji), v preostalih pa do povečanja (1,3–3,0 cm). Čeprav nekatere študije niso pokazale statistično značilnih razlik med pragovoma, je treba omeniti, da niti ena študija ni kazala rezultatov v nasprotno smer v primerjavi s skupnim učinkom (boljši učinek nizkega praga). Rezultati so prikazani tudi na Sliki 1. Dodatno smo študije razdelili glede na uporabljeno velikost bremena, pri čemer jih je pet uporabilo nižja bremena (50–70 % 1RM), tri pa višja (75–85 % 1RM). Skupni učinek je bil praktično enak v obeh podskupinah študij (SPR = 0,62 in 0,63; $p = 0,970$), kar nakazuje, da je bil nizek prag primernejši ne glede na velikost bremena.

V eni izmed študij (Grazioli idr., 2020) so spremljali spremembe v skoku iz počepa pri skupinah, ki so trenirale pri različnih pragovih izgube hitrosti. Skupina z nizkim pragom (10 %) ga je izboljšala za 0,8 cm, pri skupini z visokim pragom (20 %) pa se je celo poslabšal za 3,6 cm.

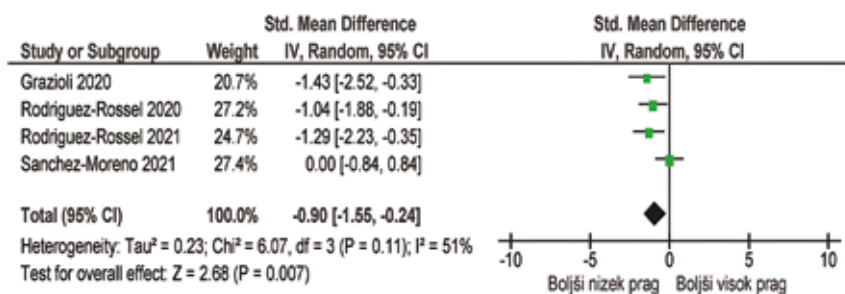


Slika 1. Primerjava vpliva nizkih in visokih pragov izgube hitrosti pri treningu na višino skoka z nasprotnim gibanjem

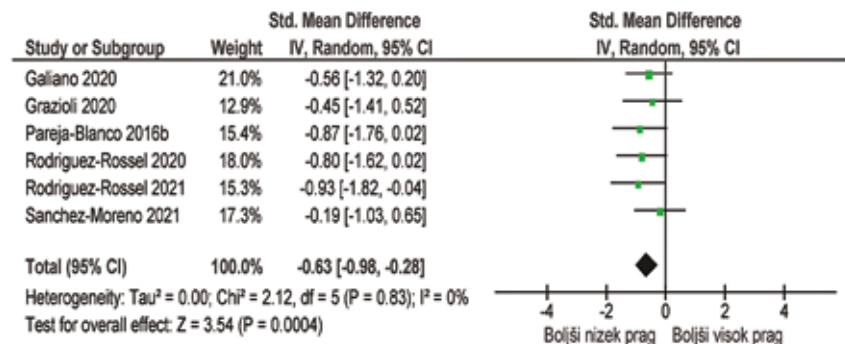
Štiri študije so vključevale meritve šprinta na 10 m (Slika 2, zgornji graf). Vse so bile opravljene na moških preiskovancih – ena na nogometaših in tri na treniranih moških, ki niso bili profesionalni športniki (skupno število vseh preiskovancev je bilo 86). Nižji prag izgube hitrosti je bil v treh študijah 10 % in v eni študiji 15 %, medtem ko je bil višji prag 20 % v eni študiji, 30 % prav tako v eni študiji in 45 % v dveh študijah. Podobno kot za skok z nasprotnim gibanjem je bilo ugotovljeno, da je nižji prag izgube hitrosti statistično značilno ($p = 0,007$) učinkovitejši

(SPR = -0,90; IZ = od -1,55 do -0,24), pri čemer so bile študije nekoliko heterogene ($I^2 = 51\%$). Absolutna razlika med pragovoma je bila -0,04 s (IZ = od -0,07 do 0,01 s). V primeru izključitve študije, ki je primerjala 10- in 20-odstotni prag, rezultat postane statistično neznačilen ($p = 0,06$), ob nekoliko manjši velikosti učinka (SPR = -0,76). Sicer je bil razpon sprememb v posameznih študijah pri nizkem pragu od -0,08 do -0,01 s. Po drugi strani je bilo po visokem pragu v dveh študijah opaziti odsotnost sprememb (+0,00 s) ali celo poslabšanje

Sprint 10 m



Sprint 20 m



Slika 2. Primerjava vpliva nizkih in visokih pragov izgube hitrosti pri treningu na rezultat šprinta na 10 m in 20 m

rezultata (+0,01 s), v dveh študijah pa so prav tako ugotovili izboljšanje (−0,01 s in −0,02 s). Ko smo študije razdelili po velikosti bremena (dve študiji z manjšimi bremenoma 50–70 % 1RM in dve študiji s 75–85 % 1RM), je postalo razvidno, da je razlika med pragovoma izrazitejša pri nizkih bremenih (SPR = −1,35) kot pri visokih (SPR = −0,52). Za izboljšanje šprinta na 10 m je torej predvsem pri uporabi nekoliko nižjih bremen nujno uporabiti nižje pragove izgube hitrosti.

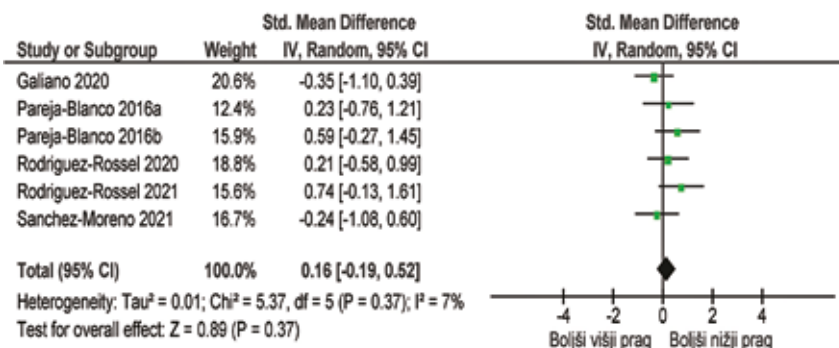
V šestih študijah so spremljali rezultat šprinta na 20 m (Slika 2, spodnji graf). Vse študije so bile opravljene na moških preiskovancih – ena na nogometaših in pet na treniranih moških, ki niso bili profesionalni športniki. Nižji pragovi izgube hitrosti so bili 5 % (ena študija), 10 % (tri študije), 15 % (ena študija) in 20 % (ena študija). Višji pragovi so bili 20 % (dve študiji), 30 % (ena študija), 40 % (ena študija) in 45 % (dve študiji). Tako kot za šprint na 10 m je skupni učinek statistično značilno kazal v prid nižjemu pragu (SPR = −0,63; IZ = od −0,98 do −0,28; $p < 0,001$), pri čemer so bile študije zelo homogene ($I^2 = 0\%$). Absolutna razlika med pragovoma je bila −0,04 s (IZ = od −0,06 do −0,02 s). Po treningu z nizkim pragom se je v prav vseh študijah čas šprinta na 20 m izboljšal (razpon od −0,01 do −0,15 s). Po treningu z visokim pragom se je rezultat poslabšal v dveh študijah (+0,01 in +0,03 s) ter izboljšal v štirih študijah (od −0,02 do −0,11 s). Tudi če izvezemo vse tri študije, pri katerih so za enega izmed pragov uporabili 20 %, je skupni učinek povsem enak (SPR = −0,63; $p = 0,010$), le interval zaupanja se nekoliko poveča (od −1,12 do −0,14). V nasprotju s šprintom na 10 m pri šprintu na 20 m ni bilo razlik med podskupinami študij z manjšimi (SPR = −0,64) in večjimi bremenoma (SPR = −0,63).

Šprint na 15 m in na 30 m so merili vsakega posebej le v eni študiji (Perez-Castilla idr., 2018; Pareja-Blanco idr., 2017). Pri šprintu na 15 m se je pri obeh skupinah (prag 10 % in prag 20 %) rezultat poslabšal za 0,01 s, medtem ko se je pri šprintu na 30 m izboljšal. Skupina z nižjim pragom (15 %) je bila hitrejša za 0,02 s, skupina z višjim pragom (30 %) pa za 0,01 s.

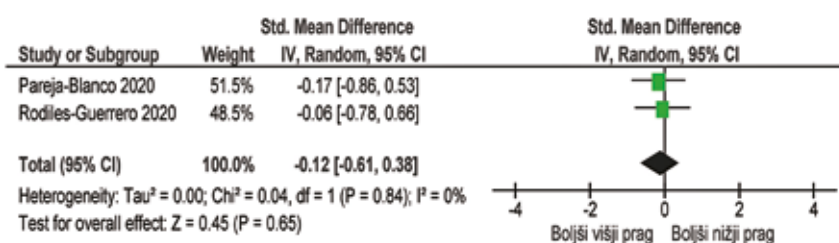
Vpliv nizkih in visokih pragov izgube hitrosti na napredek v največji jakosti

V šestih študijah (skupaj 135 preiskovancev) so spremljali 1RM pri vaji počep (Slika 3, spodaj). V eni študiji so bili preiskovanci nogometaši, v preostalih pa trenirani aktivni

1 RM - Počep



1 RM - Potisk iz prsi



Slika 3. Primerjava vpliva nizkih in visokih pragov izgube hitrosti pri treningu na napredek v največji jakosti, merjeni prek 1RM (angl. 1-repetition-maximum)

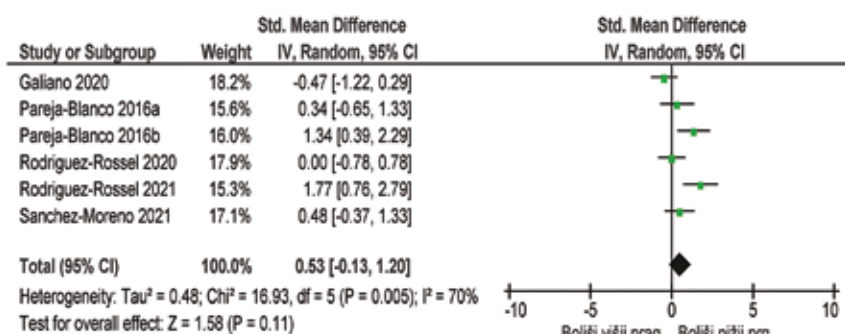
moški. Najpogosteje uporabljeni nizki prag izgube hitrosti je bil 10 %, po ena študija pa je imela za nizek prag 5 %, 15 % in 20 %. Visok prag je bil 20 % v eni študiji, 30 % v dveh študijah, 40 % v eni študiji ter 45 % v dveh študijah. Analiza ni pokazala statistično značilnih razlik ($p = 0,370$) med pragovoma (SPR = 0,16; IZ = od −0,19 do 0,52), pri čemer je bila heterogenost med študijami zanemarljiva ($I^2 = 7\%$). Če izločimo študiji, ki sta za enega izmed pragov izbrali 20 %, je skupni učinek še vedno statistično neznačilen ($p = 0,150$), vendar se pomakne nekoliko v prid nižjih pragov (SPR = 0,31; IZ = od −0,11 do 0,73). V vseh skupinah vseh študij je bilo sicer zaznati napredek v 1RM pri počepu, in sicer po treningu z nizkim pragom od +3,2 do +10,8 kg ter po treningu z visokim pragom med +6,5 in 13,5 kg. Če smo študije razdelili na podskupine glede na velikost bremena, ni bilo opaziti razlike (SPR = 0,17 za nižja bremena od 50 do 70 % 1RM in SPR = 0,18 za višja bremena od 75 do 85 % 1RM).

V dveh študijah (skupno 62 preiskovancev, aktivni trenirani moški) so spremljali 1RM pri vaji potisk s prsi (Slika 3, spodaj). Višji prag izgube hitrosti je bil v obeh študijah 50 %, nižji prag pa 10 % v eni in 15 % v drugi študiji. Analiza je pokazala, da ni bilo razlik med pragovoma (SPR = −0,12; IZ = od

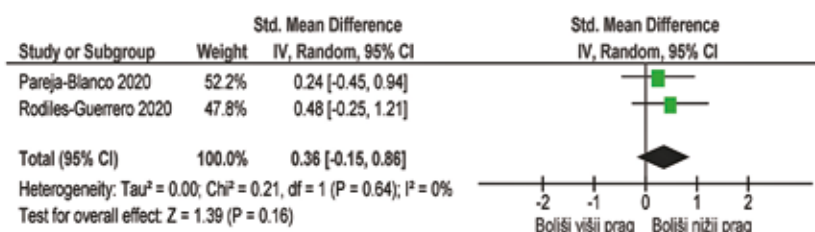
−0,61 do 0,31; $p = 0,650$). V obeh študijah so torej ugotovili podoben povprečen napredek, in sicer v prvi +9,5 kg za nizek in +10,8 kg za visok prag, v drugi pa +6,4 kg za nizek prag in +6,8 kg za visok prag.

Po eno študijo so opravili tudi za 1RM pri vaji zgibi (Sánchez-Moreno idr., 2020), potisk z eno nogo (Andersen idr., 2021), potisk s tal (Kilgallon idr., 2021), mrtvi dvig (Held idr., 2021), poteg s klopi (Held idr., 2021) in izteg kolena z eno nogo (Pelka, 2021). Pri zgibih so poleg telesne teže preiskovancev dodajali dodatne uteži in tako merili 1RM. Veliko boljši rezultati so se pokazali pri skupini z nižjim pragom izgube hitrosti (25 %), ta skupina je izboljšala 1RM za 5,9 kg, skupina z višjim pragom (50 %) pa le za 0,8 kg. Potisk z eno nogo je pokazal približno enake rezultate za obe skupini (skupina s pragom 15 % je napredovala za 33,1 kg, skupina s pragom 30 % pa za 34,7 kg). Za potisk s prsi so primerjali prag pri 20 % z vadbo do odpovedi, ki se je izkazala kot uspešnejša (napredek 5,7 kg pri 1RM), medtem ko je skupina s pragom 20 % zvišala 1RM za 1,7 kg. Zanimivo je, da je bila za mrtvi dvig opravljena le ena študija, pa še ta je primerjala prag 10 % z vadbo do odpovedi. Ker so bili v raziskavo vključeni moški in ženske različnih mas in velikosti, so dvignjeno težo merili v odstotkih tele-

Povprečna hitrost - Počep



Povprečna hitrost - Potisk iz prsi



Slika 4. Primerjava vpliva nizkih in visokih pragov izgube hitrosti pri treningu na napredek v povprečni hitrosti izvedbe vaj

sne mase (% TM) namesto v kilogramih. Skupina s pragom 10 % je 1RM izboljšala za 32,1 % TM, skupina z vadbo do odpovedi pa za 18,8 % TM. Ista študija je preverjala tudi rezultat pri vaji poteg s klopi. Skupina s pragom 10 % je napredovala za 9,3 % TM, skupina do odpovedi pa za 2,1 % TM. V eni študiji so preverjali tudi izteg 1RM pri iztegu kolena z eno nogo. Tam so skupine ločili na vadbo na podlagi izgube hitrosti in tradicionalno vadbo proti upor in tudi po spolu. Pri obeh spolih je bil večji napredek pri vadbi na podlagi izgube hitrosti v skupini s pragom 20 % (moški +16,4 kg, ženske +8,9 kg), pri tradicionalni vadbi proti upor pa so moški napredovali za 13,4 kg, ženske pa za 4,1 kg.

Študije, ki so zaznale napredek v 1RM (Slika 3), so ob tem vrednotile tudi povprečno hitrost izvedbe vaje (počepa oziroma potiska iz prsi), natančneje povprečno hitrost od začetka koncentrične faze in dokler se pospešek ne zniža pod raven gravitacije oziroma dokler se hitrost droga ne začne manjšati. Analiza teh rezultatov je predstavljena na Sliki 4. Pri potisku s prsi sta obe študiji kazali rahlo tendenco v prid nizkega praga izgube hitrosti, vendar je bil skupni učinek majhen ($SPR = 0,36$) in ni bil statistično značilen ($p = 0,160$). Podobno kaže analiza pri vaji počep, pri čemer je bil skupni

učinek nekoliko večji ($SPR = 0,53$; $IZ =$ od $-0,13$ do $1,20$) in bližje statistični značilnosti ($p = 0,110$). Študije so bile dokaj heterogene ($I^2 = 70\%$).

Vpliv nizkih in visokih pragov izgube hitrosti na napredek v vzdržljivosti v moči

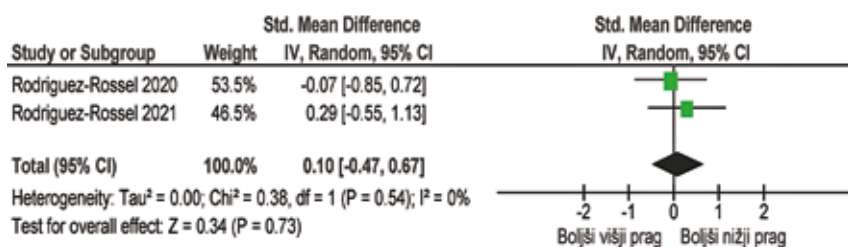
Pri dveh študijah (skupaj 47 preiskovancev, trenirani moški) so poleg 1RM merili tudi vzdržljivost v moči pri počepu (Slika 5); vrednotili so jo s testom ponovitev počepa do odpovedi. Za breme so pri obeh študijah določili težo, ki so jo preiskovanci lahko v spočitem stanju dvignili s hitrostjo 0,84 m/s, kar znaša približno 70 % 1RM. V obeh študijah sta bila nižja pragova izgube hitrosti 10 %, višji pa v eni študiji 30 % in v drugi 45 %. Analiza ni pokazala razlik med prago-

voma ($SPR = 0,10$; $IZ =$ od $-0,47$ do $0,67$; $p = 0,730$). V eni študiji je bil napredek 8,0 in 8,1 ponovitve v skupini z nižjim oziroma višjim pragom, v drugi študiji pa so napredovali za 6,1 oziroma 5,4 ponovitve. Razpon povprečij ponovitev pred začetkom intervencije je bil od 11 do 13, po intervenciji pa od 17,5 do 22,0.

Vzdržljivost v moči so testirali tudi pri vajah potisk s prsi (Pareja-Blanco idr., 2020c) in zgibi (Sanchez-Moreno idr., 2020), za vsako je bila opravljena le po ena študija. Pri potisku s prsi se je višji prag izgube hitrosti izkazal za primernejšega; skupina s pragom 0 % (izvedena le ena ponovitev) je napredovala za 4,1 ponovitve, s pragom 15 % za 5,6 ponovitve, s pragom 25 % za 6,3 ponovitve in s pragom 50 % za 7 ponovitev. Nasprotno pa je bilo pri zgibih, kjer je skupina z nižjim pragom (25 %) napredovala za 2,3 ponovitve, skupina z višjim pragom (50 %) pa le za eno ponovitev.

Razprava

Namen članka je bil na podlagi pregleda literature raziskati, kakšni pragovi izgube hitrosti so najprimernejši za izboljšanje jakosti, moči, hitrosti in vzdržljivosti v moči. Moč je bila v raziskavah najpogostejše merjena z višino skoka z nasprotnim gibanjem, v eni študiji pa tudi s skokom iz počepa. Prav vse raziskave kažejo v prid nižjim pragovom izgube hitrosti (5–20 %) v primerjavi z visokimi pragovi (20–45 %) za namen izboljšanja višine skoka. Zelo podobno je bilo ugotovljeno za izboljšanje hitrosti, ki so jo v večini študij merili s šprinti na 10 oz. 20 metrov, v eni študiji pa so spremljali razdalje 15 in 30 metrov. Na splošno so nizki pragovi znašali med 5 in 20 %, visoki pa med 20 in 45 %. Pri študijah, v katerih so delali šprint na 10 oz. 20 metrov, rezultati statistično značilno kažejo v prid nizkim pragovom, pri šprintu na 15 in 30 metrov pa ni bilo statistično značilnih razlik. Pri 1RM za počep in potisk s prsi ni statistično značilnih



Slika 5. Primerjava vpliva nizkih in visokih pragov izgube hitrosti pri treningu na napredek v vzdržljivosti v moči pri počepu

razlik med pragovima, vendar za počep rezultati vseeno nakazujejo v prid nizkim pragovom, za potisk s prsi pa v prid visokim pragovom. Prav tako ni večjih razlik med pragovima glede napredka v testu jakosti potiska z eno nogo. Pri zgibih je precej bolj napredovala skupina z nizkim pragom (25 %; visok prag 50 %). Iz teh rezultatov bi lahko sklepali, da je najprimernejši prag izgube hitrosti za razvoj največje jakosti okrog 20 %. O vplivu različnih pragov izgube hitrosti na razvoj vzdržljivosti v moči ni bilo opravljenih veliko raziskav, dve za vajo počep in po ena za potisk s prsi in zgibi. Pri počepih ni bilo statistično značilnih razlik med nizkim (10 %) ter visokim pragom (30 in 45 %). Pri potisku s prsi so bili višji pragovi (50 in 25 %) bolj učinkoviti kot nizki pragovi (0 in 15 %), obrnjenost pa je bilo pri zgibih, kjer se je nižji prag (25 %) izkazal kot primernejši za razvoj vzdržljivosti v moči kot višji prag (50 %).

Za izboljšanje hitrosti in moči so, kot kaže, najprimernejši nižji pragovi izgube hitrosti (5–20 %), saj ob uporabi teh izvedemo manjše število ponovitev, s čimer preprečimo pojav večje utrujenosti. Ponovitve izvajamo z večjo povprečno hitrostjo in posledično proizvajamo večjo izhodno moč. Vadba z maksimalnim naprežanjem (v primerjavi s submaksimalnim) izboljša aktivacijo motoričnih enot z visokim pragom rekrutacije, ki jih v večji meri sestavljajo hitra mišična vlakna. Izboljšanje zmogljivosti teh vlaken vodi v izboljšanje jakosti, moči in hitrosti (Duchateau idr., 2006). Vadba z višjim pragom izgube hitrosti, pri kateri izvedemo večje število ponovitev, privede do večje mišične utrujenosti in je izvedena z manjšo povprečno hitrostjo. Razlog za izgubo hitrosti skozi serijo je izpraznjenje virov energije, ki omogočajo anaerobni metabolizem (Sahlin, 2014), to pa povzroči utrujenost. Sánchez-Medina in Gonzalez-Badillo (2011) sta dokazala, da se pri vadbi z višjimi pragovi povečajo presnovni markerji utrujenosti. Poleg tega počasnejše ponovitve zmanjšajo aktivacijo vlaken tipa IIx in spodbujajo njihovo pretvorbo v vlakna tipa IIa (Rodriguez-Rossel, 2021). Vadba pri višjih pragovih oziroma bližje mišični odpovedi zahteva okvirno 48 ur regeneracije (Pareja-Blanco idr., 2020b), to pa otežuje razvoj drugih gibalnih sposobnosti, ki so prav tako pomembne v trenažnem procesu. Po drugi strani pa je premalo ponovitev, torej prag izgube hitrosti 0 do 5 %, kar pomeni izvedbo le 1 do 3 ponovitev na serijo, premajhen stimulus, da bi dosegli večje prilagoditve (Rodriguez-Rossel idr., 2021).

Podobni mehanizmi vplivajo tudi na razvoj največje jakosti, kjer pa kljub temu ni večjih razlik med nizkimi in visokimi pragovi. Razlog za to bi lahko bil, da je za razvoj jakosti precej pomembna tudi mišična masa, ki jo učinkoviteje razvijamo z uporabo višjih pragov izgube hitrosti (Pareja-Blanco idr., 2020b). Pri vzdržljivosti v moči presenetljivo rezultati niso kazali v prid visokim pragovom. Rodriguez-Rossel idr. (2021) so v raziskavi dokazali, da je med napredkom pri testu utrujanja in skupnim številom izvedenih ponovitev med vadbo nizka in neznatna korelacija ($r = -0,158$). Po drugi strani pa so (Rodriguez-Rossel idr., 2020b) našli veliko večjo povezavo med 1RM in vzdržljivostjo v moči ($r = 0,712$). Velika količina vadb tako, kot kaže, ni nujno potrebna za izboljšanje vzdržljivosti v moči, medtem ko to lahko povečamo tudi z napredkom v največji jakosti (ob povečanju % 1RM dana absolutna obremenitev pomeni manjšo relativno obremenitev). Naše ugotovitve se ujemajo s predhodno študijo, ki je poročala o podobnem napredku pri vzdržljivosti v moči ne glede na to, ali je bil trening izveden do mišične odpovedi (Izquierdo idr., 2006).

V zvezi s primerjavo različnih pragov izgube hitrosti smo našli še dve metaanalizi z nekoliko drugačnim pristopom k obdelavi podatkov. Hernández-Belmonte in Pállarés (2022) sta podatke iz raziskav razdelili v dve skupini, in sicer na nizke do srednje visoke pragove, ki vključujejo skupine s pragom izgube hitrosti 25 % ali manj, ter srednje do visoke pragove, kamor spadajo izgube hitrosti, višje od 25 %. Gantois idr. (2021) pa so podatke razdelili v skupine z nizkim (< 15 %), srednjim (≥ 15 %; < 30 %) in visokim pragom (≥ 30 %). Rezultati obeh metaanaliz se ujemajo v ugotovitvah o najprimernejših pragovih za razvoj hitrosti in moči, saj sta Hernández-Belmonte in Pállarés določila 25 % in nižje, Gantois idr. pa nižje od 30 %. To je primerljivo z našimi rezultati, ki kažejo, da so primerni nizki pragovi med 5 in 20 %. Pri razvoju jakosti se naši rezultati ujemajo s študijo Hernández-Belmonteja in Pállarésa. Mi smo ugotovili, da so primerni pragovi okrog 20 %, Hernández-Belmonte in Pállarés pa sta prišla do sklepa, da so najučinkovitejši pragovi 25 % in manj. Do drugačnih ugotovitev pa so prišli Gantois idr., ki so kot najprimernejše pragove za razvoj jakosti določili tiste pod 15 %. Za vzdržljivost v moči nismo imeli na voljo dovolj raziskav, ki so se osredotočile na to sposobnost, hkrati so si bili rezultati nasprotujoči, zato nismo prišli do jasnih zaključkov. Po-

dobno so tudi Gantois idr. dobili različne rezultate, saj ni bilo razlik med skupinami z nizkimi, srednjimi in visokimi pragovi. Sta pa Hernández-Belmonte in Pállarés kot najprimernejše pragove za razvoj vzdržljivosti v moči določila 25 % in nižje.

Omeniti je treba nekaj omejitev naše metaanalize. Uporabili smo razmeroma majhno število študij in še te so bile večinoma opravljene na treniranih moških, štiri celo na športnikih, le tri pa so vključevale tudi žensko populacijo. Zato rezultate težko splošimo na splošno netrenirano populacijo in na predstavnice ženskega spola. Flores idr. (2011) so dokazali, da pri ženskah regeneracija po vadbi proti uporabi traja dlje časa kot pri moških. Ker je ena glavnih prednosti vadbe proti uporabi na osnovi izgube hitrosti prav manjša utrujenost, bi ta metoda lahko bila še primernejša za žensko populacijo. Še ena pomanjkljivost je, da smo primerjali samo višji in nižji prag posameznih raziskav, ki sta se med študijami razlikovala. Tako je na primer prag izgube hitrosti 20 % bil ponekod upoštevan kot nižji prag, ponekod pa kot višji. Poleg tega smo imeli na voljo omejeno število spremenljivk, ki so jih spremljali v večjem številu študij in smo jih lahko analizirali, za preostale pa rezultatov nismo mogli primerjati. Zadnja in najbrž največja omejitev študije je premajhno število podatkov, da bi natančno preučili učinke različnih pragov izgube hitrosti v odvisnosti od velikosti bremena. Razlike v učinkih nižjih in višjih pragov bi bile lahko močno odvisne od velikosti bremena. Treba se je zavedati, da različna praga pri različnih bremenih lahko rezultirata v enakem številu ponovitev. Razlike med pragovima izgube hitrosti je zato povsem verodostojno primerjati le, ko je velikost bremena izenačena. Študije smo v zadnji fazi analize razdelili po velikosti bremena, pri čemer smo (glede na razpoložljiv razpon bremen) arbitrarno določili nižja bremena pri 50–70 % 1RM in višja pri 75–85 % 1RM (višjega od 85 % 1RM ni uporabila nobena študija). Razlike med pragovima so bile enake pri obeh velikostih bremen pri skoku z nasprotnim gibanjem, 1RM počepa in šprinta na 20 m. Pri sprintu na 10 m se je pokazalo, da so nižji pragovi precej učinkovitejši kot višji, kadar uporabljamo lažja bremena, medtem ko je razlika med pragovima pri uporabi višjih bremen manjša. Za večino uporabljenih testov zmogljivosti se tako nakazuje, da so razlike med pragovima neodvisne od velikosti bremena, vsaj v območju od 50 do 85 % 1RM (tj., ne glede na breme so nižji pragovi učinkovitejši za

izboljšanje moči, medtem ko je napredek v največji jakosti enak ne glede na prag). Vendar bi bilo te domneve treba raziskati v nadaljnji študiji, v kateri bi različne skupine vadile z različnimi kombinacijami pragov izgube hitrosti ter velikosti bremen.

■ Zaključek

S sistematičnim pregledom literature in metaanalizo smo ugotovili, da so za razvoj hitrosti in moči najprimernejši nizki prago- vi izgube hitrosti (5–20 %), saj ima izvajanje dodatnih ponovitev z manjšo hitrostjo ne- gativne učinke na razvoj teh sposobnosti. Pri razvoju največje jakosti ni bilo večjih razlik med skupinami z nižjimi in višjimi prago- vi, pri počepu rezultati kažejo malo v prid nizkim pragovom, pri potisku s prsi pa v prid visokim. Višji pragovi bi pomenili preveč počasnih ponovitev, nižji pa prema- lo celotnega volumna treninga za doseglo hipertrofije, ki je pomemben dejavnik pri razvoju jakosti. Za vzdržljivost v moči v me- taanalizo ni bilo vključenih dovolj raziskav, da bi prišli do jasnih ugotovitev. Je pa v do- sedanjih raziskavah dokazano, da je vzdr- žljivost v moči močno povezana z največjo jakostjo. Rezultati članka bodo v pomoč pri načrtovanju vadbe za razvoj hitrosti in moči, največje jakosti ter vzdržljivosti v moči. Spremljanje vadbe s pripravami za merjenje hitrosti izvedbe nam omogoča, da optimalno prilagodimo število ponovi- tev v seriji glede na posameznikove spo- sobnosti in njegove cilje. Rezultati naloge hkrati služijo tudi kot pregled literature, ki bo dobra referenca za nadaljnje raziskova- nje na tem področju.

■ Literatura

- Andersen, V., Paulsen, G., Stien, N., Baarholm, M., Seynnes, O. in Saeterbakken, A. H. (2021). Resistance Training With Different Velocity Loss Thresholds Induce Similar Changes in Strength and Hypertrophy. *Journal of strength and conditioning research*, 10.1519/JSC.0000000000004067. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004067>
- Duchateau, J., Semmler, J. G. in Enoka, R. M. (2006). Training adaptations in the behavior of human motor units. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 101(6), 1766–1775. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00543.2006>
- Flores, D. F., Gentil, P., Brown, L. E., Pinto, R. S., Carregaro, R. L. in Bottaro, M. (2011). Dis- sociated time course of recovery between genders after resistance exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 25(11), 3039–3044. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212dea4>
- Galiano, C., Pareja-Blanco, F., Hidalgo de Mora, J. in Sáez de Villarreal, E. (2022). Low-Velocity Loss Induces Similar Strength Gains to Moderate-Velocity Loss During Resistance Training. *Journal of strength and conditioning research*, 36(2), 340–345. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003487>
- Gantois, P., Nakamura, F. Y., Alcazar, J., de Sousa Fortes, L., Pareja-Blanco, F. in de Souza Fonseca, F. (2021, June 29). The effects of different intra-set velocity loss thresholds on lower-limb adaptations to resistance training in young adults: A systematic review and meta-analysis. <https://doi.org/10.31236/osf.io/v3tr9>
- Grazioli, R., Loturco, I., Lopez, P., Setuain, I., Goulart, J., Veeck, F., Inácio, M., Izquierdo, M., Pinto, R. S. in Cadore, E. L. (2020). Effects of Moderate-to-Heavy Sled Training Using Different Magnitudes of Velocity Loss in Professional Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 10.1519/JSC.0000000000003813. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003813>
- Hernández-Belmonte, A. in Pallarés, J. G. (2022). Effects of Velocity Loss Threshold during Resistance Training on Strength and Athletic Adaptations: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Applied Sciences*, 12(9), 4425. <https://doi.org/10.3390/app12094425>
- Held, S., Hecksteden, A., Meyer, T. in Donath, L. (2021). Improved Strength and Recovery After Velocity-Based Training: A Randomized Controlled Trial. *International journal of sports physiology and performance*, 16(8), 1185–1193. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2020-0451>
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., French, D. N., Eslava, J., Altadill, A., Asai- ain, X. in Gorostiaga, E. M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 100(5), 1647–1656. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01400.2005>
- Kilgallon, M. J., Johnston, M. J., Kilduff, L. P. in Watsford, M. L. (2021). A Comparison of Training With a Velocity Loss Threshold or to Repetition Failure on Upper-Body Strength Development in Professional Australian Footballers. *International journal of sports physiology and performance*, 16(12), 1758–1763. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2020-0882>
- 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. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000121945.36635.61>
- Ortega-Becerra, M., Sánchez-Moreno, M. in Pareja-Blanco, F. (2021). Effects of Cluster Set Configuration on Mechanical Performance and Neuromuscular Activity. *Journal of strength and conditioning research*, 35(2), 310–317. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003907>
- Pareja-Blanco, F., Alcazar, J., Cornejo-Daza, P. J., Sánchez-Valdepeñas, J., Rodríguez-Lopez, C., Hidalgo-de Mora, J., Sánchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., Alegre, L. M. in Ortega-Becerra, M. (2020c). Effects of velocity loss in the bench press exercise on strength gains, neuromuscular adaptations, and muscle hypertrophy. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 30(11), 2154–2166. <https://doi.org/10.1111/sms.13775>
- Pareja-Blanco, F., Alcazar, J., Sánchez-Valdepeñas, J., Cornejo-Daza, P. J., Piqueras-Sanchiz, F., Mora-Vela, R., Sánchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., Ortega-Becerra, M. in Alegre, L. M. (2020a). Velocity Loss as a Critical Variable Determining the Adaptations to Strength Training. *Medicine and science in sports and exercise*, 52(8), 1752–1762. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002295>
- Pareja-Blanco, F. in Loturco, I. (2022). Velocity-Based Training for Monitoring Training Load and Assessing Training Effects. In: Muñoz-López, A., Taiar, R., Sañudo, B. (eds) Resistance Training Methods. Lecture Notes in Bioengineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81989-7_9
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Aagaard, P., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., Mora-Custodio, R., Otero-Esquina, C., Yáñez-García, J. M. in González-Badillo, J. J. (2020b). Time Course of Recovery From Resistance Exercise With Different Set Configurations. *Journal of strength and conditioning research*, 34(10), 2867–2876. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002756>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. in González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
- Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L. in González-Badillo, J. J. (2017). Effects of Velocity Loss During Resistance Training on Performance in Professional Soccer Players. *International journal of sports physiology and performance*, 12(4), 512–519. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2016-0170>
- Pelka, E. Z. in Clayton, R. P. (2019). Comparison Of Velocity-based And Traditional Resistance Exercise Training.

20. Pérez-Castilla, A., García-Ramos, A., Padial, P., Morales-Artacho, A. J. in Ferliche, B. (2018). Effect of different velocity loss thresholds during a power-oriented resistance training program on the mechanical capacities of lower-body muscles. *Journal of sports sciences*, 36(12), 1331–1339. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1376900>
21. Rodiles-Guerrero, L., Pareja-Blanco, F. in León-Prados, J. A. (2020). Effect of Velocity Loss on Strength Performance in Bench Press Using a Weight Stack Machine. *International journal of sports medicine*, 41(13), 921–928. <https://doi.org/10.1055/a-1179-5849>
22. Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., Pareja-Blanco, F., Ravelo-García, A. G., Ribas-Serna, J. in González-Badillo, J. J. (2020b). Velocity-based resistance training: impact of velocity loss in the set on neuromuscular performance and hormonal response. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 45(8), 817–828. <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0829>
23. Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J. in González-Badillo, J. J. (2021). Effect of velocity loss during squat training on neuromuscular performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 31(8), 1621–1635. <https://doi.org/10.1111/sms.13967>
24. Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Sánchez-Medina, L., Mora-Custodio, R. in González-Badillo, J. J. (2020a). Relationship Between Velocity Loss and Repetitions in Reserve in the Bench Press and Back Squat Exercises. *Journal of strength and conditioning research*, 34(9), 2537–2547. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002881>
25. Sahlin K. (2014). Muscle energetics during explosive activities and potential effects of nutrition and training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 2(Suppl 2), S167–S173. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0256-9>
26. Sánchez-Medina, L. in González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
27. Sánchez-Moreno, M., Cornejo-Daza, P. J., González-Badillo, J. J. in Pareja-Blanco, F. (2020). Effects of Velocity Loss During Body Mass Prone-Grip Pull-up Training on Strength and Endurance Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 34(4), 911–917. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003500>
28. Sánchez-Moreno, M., Rodríguez-Rosell, D., Díaz-Cueli, D., Pareja-Blanco, F. in González-Badillo, J. J. (2021). Effects of Velocity Loss Threshold Within Resistance Training During Concurrent Training on Endurance and Strength Performance. *International journal of sports physiology and performance*, 16(6), 849–857. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0349>
29. Sánchez-Moreno, M., Rendeiro-Pinho, G., Mil-Homens, P. V. in Pareja-Blanco, F. (2021). Monitoring Training Volume Through Maximal Number of Repetitions or Velocity-Based Approach. *International journal of sports physiology and performance*, 16(4), 527–534. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0214>
30. Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R. in Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
31. Weakley, J., Ramirez-Lopez, C., McLaren, S., Dalton-Barron, N., Weaving, D., Jones, B., Till, K. in Banyard, H. (2020). The Effects of 10%, 20%, and 30% Velocity Loss Thresholds on Kinetic, Kinematic, and Repetition Characteristics During the Barbell Back Squat. *International journal of sports physiology and performance*, 15(2), 180–188. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-1008>

Žiga Kozinc
Univerza na Primorskem
Fakulteta za vede o zdravju
Polje 42, 6310 Izola
ziga.kozinc@fvz.upr.si