



Darjan Spudić,
Vojko Strojnik, Igor Štirn

Vadba za moč na osnovi hitrosti ponovitve – teoretična izhodišča in uporabnost v praksi

Izvleček

Vadba za moč na osnovi hitrosti ponovitve (*angl.* velocity-based training – VBT) predstavlja pristop k vadbi za moč, pri katerem vadbene spremenljivke določamo na podlagi hitrosti koncentričnega dela vaje izključno pri maksimalnih eksplozivnih izvedbah gibov. Uporaba VBT je doživela razcvet v zadnjih letih zaradi napredka v tehnologiji, ki je cenovno lahko dostopna, prenosljiva in omogoča enostavno spremljanje hitrosti ponovitve v praksi. V članku so po poglavjih predstavljena osnovna izhodišča vadbe za moč na osnovi hitrosti ponovitve, in sicer povratna informacija, oprema, izbira spremenljivke, odnos breme-hitrost, ocenjevanje 1RM, upad hitrosti in načrtovanje vadbe skozi daljše časovno obdobje. Namen prispevka je kritično predstaviti vadbo moči, ki poleg tradicionalnega pristopa uvaja tudi spremljanje hitrosti izvedbe posameznih ponovitev. Na podlagi pregledane literature ocenjujemo, da gre pri uporabi VBT za preveč mehanicističen in komercialen pogled na vadbo za moč, pri čemer avtorji ignorirajo osnovna fiziološka izhodišča kot mehanizme za povečanje moči. Merjenje hitrosti v treningu moči ima pomembno vlogo, vendar v drugih kontekstih, kot so predstavljeni v dosednji literaturi. Na podlagi tega v prihodnje predlagamo uvedbo novega poimenovanja, in sicer »vadba za moč z merjenjem hitrosti izvedbe ponovitve«. Hitrost izvedbe ponovitev tako postane posledica fizioloških mehanizmov, ki jim sledimo pri vadbi za moč, in ne cilj vaje. Klasično vadbo za moč na področju aktivacije, ki izhaja iz principov delovanja živčno-mišičnega sistema, lahko optimiziramo z merjenjem hitrosti izvedbe eksplozivnih koncentričnih ponovitev, ki služi za ugotavljanje učinkovitosti izvedbe predvidenih ponovitev. Mehansko gledanje na vadbo za moč kot golo preračunavanje hitrosti, kot je to predstavljeno v dosednji literaturi, pa zamegli bistvo vadbe za moč.

Ključne besede: trening, sprint, skok, odziv, hitra moč, maksimalna moč



Velocity-based training – theoretical background and feasibility in practice

Abstract

Velocity-based training (VBT) is a contemporary method of resistance training that allows for the accurate and objective prescription of the intensity and volume of resistance training based on the velocity of the concentric part of the repetitions – exclusively for explosive types of repetition execution. The use of VBT has increased in recent years due to advances in technology that are affordable, portable, and allow for easy monitoring of exercise performance in practice. In the article, the basics of VBT training are presented in chapters, namely feedback, equipment, variable selection, load-velocity relationship, 1RM estimation, velocity loss threshold, and training planning. The aim of the article is to provide a critical presentation of the VBT approach. Based on the current literature, we evaluate the VBT approach as too mechanistically and commercially oriented, while neuromuscular and other physiological determinants of resistance training are oftentimes ignored. We believe that the measurement of movement velocity plays a crucial role in resistance training, but in some contexts unrelated to the current representation of VBT. We conclude that resistance training with measuring movement velocity would be a more appropriate term than velocity-based training. Movement velocity should not be used as a goal of the movement but as a reflection of the underlying physiological determinant of strength/power, which we want to improve through training. We argue that traditional neuromuscular activation-oriented resistance training methods, which are based on physiological mechanisms, can be optimized by measuring the velocity of movement as feedback on the quality of execution. From a mechanical perspective, solely following the velocity of the movement, as presented in the current literature, blurs the main idea of resistance training.

Key words: sprint, jump, push-off, power, strength

■ Uvod

Vadba za moč na osnovi hitrosti ponovitve (*angl.* velocity-based training – VBT) predstavlja pristop k vadbi za moč, pri katerem vadbene spremenljivke določamo na podlagi hitrosti koncentričnega dela vaje izključno pri maksimalnih eksplozivnih izvedbah gibov (Weakley idr., 2021). Pomeni alternativo tradicionalni vadbi za moč, pri kateri v nasprotju z VBT intenzivnost vadbe določamo relativno glede na največje breme pri eni ponovitvi vaje (*angl.* one repetition maximum, 1RM), tempom izvedbe ponovitev in številom ponovitev (ki je ključna spremenljivka predvsem pri metodah za povečanje mišične mase in povečanje vzdržljivosti v moči pri danem tempu izvedbe). Intenzivnost vadbe pri VBT torej ni določena z velikostjo bremena, temveč s hitrostjo oziroma območjem hitrosti izvedbe.

Moč kot gibalno sposobnost lahko z mehanskega vidika podrobneje opredelimo kot sposobnost mišic za proizvodnjo sile, hitrosti krčenja ali moči (produkta sile in hitrosti) (Strojnik idr., 2017). Moč mišic z mehanskega vidika torej ni enovita sposobnost. Da se izognemo dvoumnosti, je torej pomembno razlikovati med močjo kot gibalno sposobnostjo, kjer je pri gibanju treba delovati proti velikemu zunanemu ali notranjemu upor, in mehansko močjo (*P*), ki je opredeljena tudi kot opravljeno delo mišic v času izvedbe giba. Delovanje živčno-mišičnega sistema se glede na mehanske lastnosti mišic, opredeljene z odnosi sila-hitrost, sila-dolžina in sila-čas, razlikuje in posledično lahko predstavlja izhodišče za usmerjeno vadbo moči. V članku je moč obravnavana kot gibalna sposobnost, razen kadar je posebej označeno drugače (*P ali mehanska moč, angl.* power output).

Glavni cilji vadbe za moč so povečanje največje sile, ki jo mišica lahko ustvari (v nadaljevanju: maksimalna moč), ter povečanje hitrosti prirastka sile in največje mehanske moči (produkta med hitrostjo in silo pri krčenju), ki jo mišica lahko ustvari (v nadaljevanju: hitra moč). Pri ekscentrično-koncentričnih napreznih je cilj vadbe za moč tudi kontrola togosti mišice (Strojnik idr., 2017). Izboljšanje delovanja mišice je lahko posledica izboljšanja delovanja živčnih mehanizmov in/ali povečanja mišične mase oziroma spremembe mišične arhitekture (Cormie idr., 2011a; Sale, 1988). Prav hitra moč je v največji meri povezana z gibalno učinkovitostjo (sprint, skok, sprememba

smeri) in je z vidika spremljanja učinkov trenaznega procesa spremenljivka z največjo napovedno vrednostjo za izboljšanje športne učinkovitosti (Haff in Nimphius, 2012). V preteklosti so razvili različne metode za povečanje hitre moči. Te obsegajo tradicionalno dvigovanje uteži z eksplozivnimi ponovitvami, balistično izvedbo vaj (skoki, poskoki, meti), pliometrijo (ekscetrično-koncentrično mišično naprežanje), olimpijsko dviganje uteži in kombinacijo naštetih (Cormie idr., 2011b). Metode imajo večji ali manjši potencial za transfer v športno specifična gibanja, pri čemer je treba upoštevati biomehanske zahteve športa, živčno-mišične predispozicije, ki omogočajo izvedbo tehnično pravilnega gibanja, in stopnjo treniranosti vadečih.

Vadba za moč je hitrostno specifična. To pomeni, da se z vadbo doseže največji napredek v razvoju sile in mehanske moči v območju hitrosti ponovitev, pri kateri poteka vadba (Kawamori in Newton, 2006; McBride idr., 2002). Vadba z velikim bremenom in posledično majhnimi hitrostmi izvedbe ponovitev torej v največji meri poveča sposobnost mišice za razvoj velikih sil (maksimalno moč), in obrnjen, vadba z majhnimi bremenom in posledično velikimi hitrostmi ponovitev v največji meri poveča hitrost krčenja mišice oziroma njihovo sposobnost za proizvodnjo mehanske moči kot produkta med proizvedeno silo in hitrostjo (hitro moč). Pri zadnji ugotovitvi sta predpogoja, da so ponovitve izvedene z največjim možnim angažmajem posameznika, da torej izvede ponovitev čim hitreje in s čim večjo silo (Behm in Sale, 1993b) ali z namenom doseganja čim večje končne hitrosti ponovitve (Kawamori in Newton, 2006), ne glede na tip mišičnega naprežanja in velikost bremena (Cormie idr., 2011b). V primeru submaksimalne izvedbe ponovitev so torej predstavljeni koncepti VBT nerelevantni.

VBT se je razvil zaradi a) pomanjkljivosti v postopku določanja 1RM, ki je časovno potraten in v primeru slabše treniranosti potencialno nevaren; b) velike variabilnosti sposobnosti na dnevni ravni, kar pomeni, da določeno breme, ki smo ga določili na podlagi meritev 1RM, velikokrat ni v območju intenzivnosti za razvoj želene lastnosti mišic; Jovanović in Flanagan (2014) poročata o kar 18 % razlike v 1RM pri počepu na dnevni ravni; c) število ponovitev, ki jih posameznik lahko izvede pri relativno določenem bremenu, se med posamezniki razlikuje, npr. največje število ponovitev pri

70 % 1RM za dvigalca uteži in maratonca se lahko razlikuje tudi za 50 % (Richens in Cleather, 2014) – torej z vnaprej določenim bremenom posamezniku ne optimiziramo intenzivnosti vadbe in s tem drugih vadbениh spremenljivk (število ponovitev, serij) glede na njegove trenutne sposobnosti (González-Badillo in Sánchez-Medina, 2010; Marques, 2017) 1RM; in d) zaradi pozitivnih učinkov povratne informacije pri vadbi za moč.

VBT se je izkazal kot uporaben na različnih področjih vadbe za moč, in sicer pri podajanju neposredne povratne informacije o intenzivnosti izvedbe vaje, načrtovanju vadbe na osnovi hitrosti ponovitve, spremljanju učinkov vadbe, spremljanju utrujenosti in optimizaciji vadbe na osnovi pojava utrujenosti, oceni 1RM, načrtovanju vadbe na osnovi odnosa breme-hitrost ter programiranju vadbe za moč v daljšem časovnem obdobju na osnovi hitrosti ponovitve (Weakley idr., 2021). Osnova pristopa VBT je individualizacija vadbene intenzivnosti in s tem optimizacija vadbene procesa, kjer hitrost izvedbe odraža mero mehanskega stresa in izguba hitrosti znotraj serije odraža mero metabolnega stresa v mišici (Marques, 2017) 1RM.

Dosedanje raziskave o učinkih VBT na hitro in maksimalno moč ter funkcionalne sposobnosti športnikov (višina skoka, sprint in sprememba smeri) potrjujejo učinkovitost pristopa (Randell idr., 2011; Zhang idr., 2022). Vendar samo ena izmed treh metaanaliz, objavljenih v zadnjih letih, ugotavlja, da je VBT učinkovitejši od tradicionalnih metod vadbe za izboljšanje maksimalne moči, hitre moči, vzdržljivosti v moči, višine skoka z nasprotnim gibanjem (CMJ) in sprinterskih sposobnosti (Held idr., 2022). Druge študije zaključujejo, da ni nedvoumnih rezultatov o tem, da bi bila vadba učinkovitejša od tradicionalne za izboljšanje 1RM pri počepu, višine CMJ, sprinterskih sposobnosti in sposobnosti spremembe smeri (Id idr., 2021), pri čemer je zaznati trend k večjemu napredku pri VBT (Orange, Hritz, Pearson, Jeffries, Jones in Steele, 2022).

Zakaj hitrost ponovitve? i) izkazala se je za obratno sorazmerno z velikostjo bremena; ii) odnos med njima je linearen, kar je bilo dokazano pri številnih dvosklepnih vajah (potisk s prsi, počep, priteg na prsi); iii) hitrost mišičnega krčenja in relaksacije se zmanjšuje linearno s pojavljanjem utrujenosti mišic (Jidovtseff idr., 2006) ter iv) hitrost se izkaže za bolj zanesljivo, stabilno (Jidovtseff idr., 2006) in manj variabilno

mehansko spremenljivko upada sposobnosti mišice znotraj serije in med serijami v primerjavi s silo in mehansko močjo. Enostavno spremljanje hitrosti ponovitev zaradi naštetih razlogov olajša razumevanje in analizo podatkov.

V nadaljevanju članka so predstavljeni dejavniki vadbe za moč na osnovi hitrosti ponovitve: povratna informacija, oprema, izbira spremenljivke, odnos breme-hitrost, ocenjevanje 1RM, upad hitrosti in programiranje/načrtovanje vadbe v daljšem časovnem obdobju. Namen prispevka ni zagovarjati pristopa VBT kot najboljše izbire za vadbo maksimalne in hitre moči, ampak predstavitev pristopa, ki po mnenju avtorjev lahko poveča učinkovitost tradicionalnih metod vadbe za moč zaradi prilagajanja obremenitve na podlagi povratne informacije.

Povratna informacija o hitrosti izvedbe

Povratna informacija o hitrosti ponovitve ima pozitiven psihološki učinek in omogoča objektivacijo trenajnega procesa. Pri izvajanju vadbe za moč na osnovi hitrosti ponovitve (Thompson idr., 2022) avtorji najpogosteje uporabljajo vizualno, verbalno in zvočno povratno informacijo. Ne glede na njen tip takojšnja povratna informacija omogoča nadzor nad tem, ali je vaja izvedena maksimalno pri vsaki ponovitvi. Z vidika vadbe za razvoj hitre moči je maksimalna izvedba pomembna iz več razlogov. Bistveni sta rekrutacija velikih motoričnih enot z večjo frekvenco proženja akcijskih potencialov in proksimalno-distalna uskladitev začetka vključevanja posamezne mišice kinetične verige v izvedbo gibanja, kar posledično pomeni doseganje večje končne hitrosti gibanja (Cormie idr., 2011a). Ker

se pri večini športov gibalne akcije odvijajo v omejenem časovnem intervalu (sprint, skok, sprememba smeri), sta hiter prirastek sile in posledično proizvedena mehanska moč glavni cilj trenajnih procesov za izboljšanje tekmovalne uspešnosti. Behm in Sale (1993) sta že pred 30 leti ugotovila, da se sposobnost mišice za razvoj sile poveča v območjih velikih hitrosti ne glede na to, ali je bila vadba izvedena z večjim bremenom (majhno hitrostjo ponovitev) ali manjšim bremenom (veliko hitrostjo ponovitev) – vendar le, če so ponovitve izvedene z namenom premika bremena s čim večjo hitrostjo in silovitostjo (Behm in Sale, 1993a). Poleg hitrosti ponovitve, ki jo določimo z velikostjo bremena pri VBT, je torej način izvedbe (čim hitreje in čim siloviteje) odločilen za doseganje želenih prirastkov v moči (Kawamori in Haff, 2004; Kawamori in Newton, 2006; McBride idr., 2002).

V Tabeli 1 so povzeti učinki povratne informacije na hitrost ponovitve. Povratna informacija o hitrosti ponovitve akutno in kronično (Randell idr., 2011) poveča povprečno hitrost izvedbe in druge mehanske spremenljivke znotraj serije – učinek se je izkazal za pozitivnega pri obeh spolih, vseh starostih ter treniranih in netreniranih posameznikih (Weakley idr., 2019, 2021). Avtorji akutno izboljšanje pripisujejo predvsem povečanju motivacije in tekmovalnosti ter manjšemu zavedanju napora zaradi zunanje pozornosti (Weakley idr., 2019).

V literaturi smo našli samo eno raziskavo, ki je primerjala učinkovitost vadbe s takojšnjo povratno informacijo o hitrosti ponovitve z učinkovitostjo vadbe, pri kateri vadeči povratne informacije niso imeli, ampak so preprosto sledili navodilu, da ponovitev izvedejo »čim hitreje in s čim večjo silo«.

Ugotovili so, da so preiskovanci 45 % 1RM breme potiskali s prsi hitreje ob prejetju navodila, da se morajo z izvedbo približati čim večji hitrosti (nedosegljiva meja je bila določena z 1 m/s), pri čemer jim je bila po ponovitvi dana povratna informacija o hitrosti ponovitve (Hirsch in Frost, 2019). Do podobnih rezultatov je prišel Weakley s sodelavci (2019) pri počepanju. Dodatno pa so ugotovili tudi, da povratna informacija omogoči poznejši upad hitrosti ponovitev znotraj serije in s tem potencialno lahko vpliva na boljši učinek vadbe na dolgi rok zaradi večjega števila maksimalno izvedenih ponovitev znotraj serije. Ciljno območje hitrosti se tako izkaže za dobro zunanjo motivacijo pri maksimizaciji izvedbe. Omembe vredna je študija Nagate in sodelavcev (2020) pri kateri so primerjali timing (čas od izvedbe ponovitve do prejete povratne informacije) podajanja povratne informacije o hitrosti ponovitve. Primerjali so takojšnjo povratno informacijo (po vsaki ponovitvi), po opravljeni seriji petih ponovitev, povratno informacijo z analizo posnetka in vse kontrolirali z izvedbo brez povratne informacije. Ugotovili so, da so v višini CMJ po štirih tednih vadbe najbolj napredovali posamezniki, ki so povratno informacijo prejeli po vsaki ponovitvi vaje.

Poleg povečanja notranje in zunanje motivacije za vadbo ter spodbujanja zdrave tekmovalnosti zaradi objektivnega vpogleda v trenutne sposobnosti in napredek Thompson s sodelavci (2022) poroča še o vplivu povratne informacije na razumevanje vadbe (edukacijo) športnikov. Povratna informacija namreč vzbuja zanimanje za učinke vadbe, zanimanje za možnosti za napredek, postopnost vadbe in s tem tudi vpliva na večjo samostojnost vadečih.

Tabela 1
Spremenljivke povratne informacije pri vadbi za moč in njihova učinkovitost

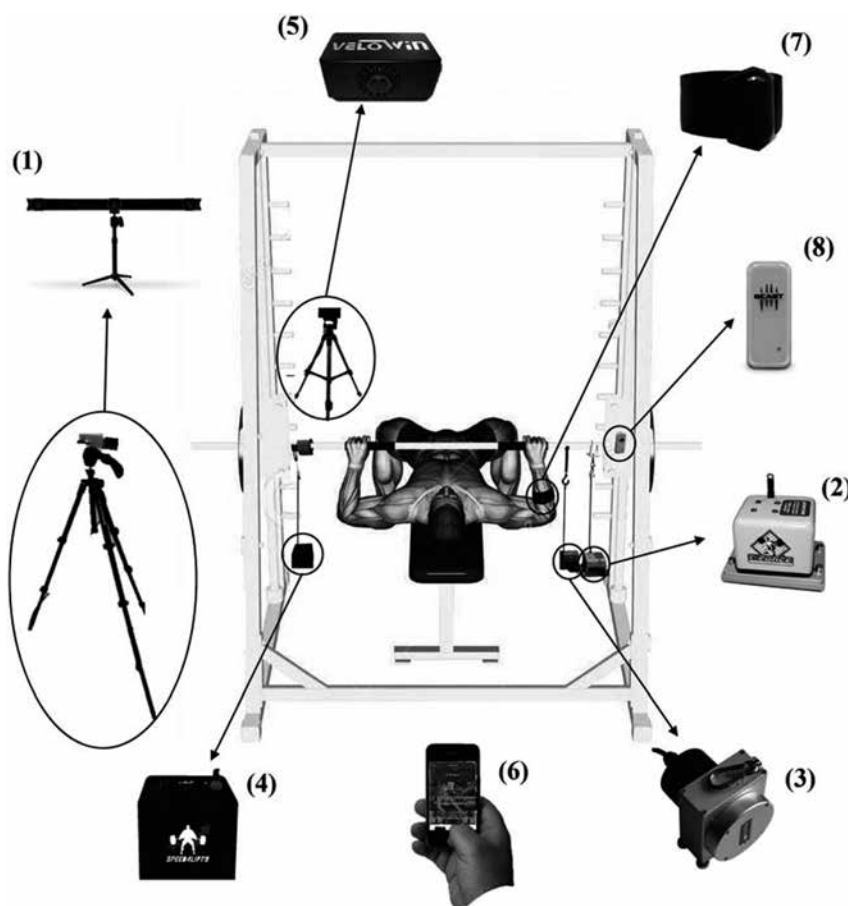
Spremenljivka	Ugotovitev
Timing PI	Najboljše takoj po vsaki ponovitvi (Nagata idr., 2020)
Kvantitativna ali kvalitativna PI	Kvalitativna povratna informacija (stolpec, številka) učinkovitost poveča bolj kot analiza posnetka (npr. kinematična analiza) (Nagata idr., 2020)
Bolj ali manj odgovorni športniki	PI (predvsem verbalna) ima največji vpliv pri manj vestnih, manj odgovornih športnikih (Weakley, Wilson idr., 2020)
Motivacija in tekmovalnost	PI ima pozitiven vpliv na motivacijo in tekmovalnost pri moških in ženskah (Weakley idr., 2019; Weakley, Wilson idr., 2020)
Notranje in zunanje motivirani športniki	Notranje motivirani športniki = vizualna PI, zunanje motivirani športniki = verbalna PI (Weakley, Wilson idr., 2020)
Spodbuda	Verbalna spodbuda na podlagi PI poveča hitrost ponovitve (Weakley, Wilson idr., 2020).
Eksplוזiven način izvedbe ali zadevanje določene hitrosti giba	Doseganje ciljne hitrosti povzroči večje hitrosti gibanja v primerjavi s samo navodilom »čim hitreje in čim siloviteje« (Hirsch in Frost, 2019)

Opomba. PI – povratna informacija.

Objektivna povratna informacija v sklopu metod vadbe pa omogoča še nadzor nad intenzivnostjo vadbe in kontrolo volumna vadbe pri maksimalni izvedbi vaj oziroma nadzor nad utrujenostjo, kar opisujemo v nadaljevanju.

Oprema

Vadba za moč na osnovi hitrosti ponovitve je v zadnjih letih doživela razcvet prav zaradi pospešenega razvoja tehnologije, ki omogoča spremljanje hitrosti ponovitve. Hitrost izvedbe se v praksi in v raziskovalnem svetu najpogosteje spremlja z linearnim dajalnikom (*angl.* linear encoder, linear transducer) (npr. *Gymaware*, *Speed4Lift* in *ChronoJump*). Sledijo pospeškometri, giro-skopi ali inercialne merilne enote – IMU (nameščene na ročko ali telo vadečega) (npr. *PUSH band*, *Beast sensor*, *Vmaxpro*), pritiskovne plošče (npr. *Kistler*, 2D in 3D kinematična analiza (npr. *Elite Form*), infrardeči laserski optični senzorji (npr. *Flex*, *Velowin*). V zadnjem času pa so se razvile tudi mobilne aplikacije, ki delujejo a) na podlagi ročnega določanja amplitude giba (npr. *RepSpeed*, *PowerLift*) ter b) na podlagi računalniškega vida s samostojnim zaznavanjem in umerjanjem prostora glede na olimpijske uteži (kolute) (npr. *MetricVBT*) ali z zaznavanjem delov telesa s pomočjo strojnega učenja (tj. umetne inteligence) (npr. *Spleeft*). Pri izbiri opreme je treba biti pozoren na a) veljavnost in zanesljivost rezultatov, b) dostopnost s finančnega vidika (pri čemer so zanesljivejše naprave dražje), c) aplikativnost glede na šport (individualna vadba, ekipni trening, prenosljivost, vključitev v trenažni prostor) ter enostavnost uporabe (spremljanje učinkov vadbe ali neposredna povratna informacija, enostavnost programske opreme). Poleg naštetih strojne opreme mora biti torej trener pozoren na programsko opremo, ki lahko omogoča uporabo vseh (ali zgolj nekaterih) prednosti vadbe za moč na osnovi hitrosti ponovitve (Thompson idr., 2022). V študiji Pérez-Castilla idr. (2019) so primerjali rezultate sedmih komercialno dostopnih naprav s pripadajočo programsko opremo za beleženje povprečne hitrosti potiska s prsi v Smithovi kletki. V primerjavi s 3D kinematično analizo (Trio-OptiTrack), ki velja za zlati standard, je bila ugotovljena odlična veljavnost naprav (majhna absolutna napaka in velika povezanost med rezultati, $r = 0,947\text{--}0,995$; $p < 0,001$), z izjemo inercialne merilne enote, nameščene na olimpijsko ročko ($r = 0,765$; $p < 0,001$). Glede na medobiskovno zanesljivost pa so naprave razdelili v



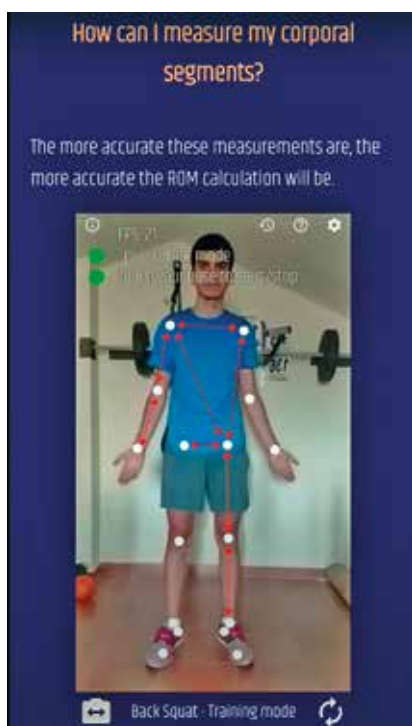
Slika 1. Najpogosteje uporabljena merilna tehnologija za vadbo moči na osnovi hitrosti ponovitve

Opomba. (1) Trio-OptiTrack. (2) T-Force. (3) ChronoJump. (4) Speed4Lift. (5) Velowin. (6) PowerLift. (7) PUSH band. (8) Beast sensor. Iz: »Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press«, avtorji A. Pérez-Castilla, A. Piepoli, G. Delgado-García, G. Garrido-Blanca in A. García-Ramos, 2019, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1258–1265.

naslednjem vrstnem redu (od najbolj do najmanj zanesljive): (a) Speed4Lift – linearni dajalnik (koeficient variance [CV] = 2,61 %); (b) Velowin – optični senzor (CV = 3,99 %), PowerLift – mobilna aplikacija (CV = 3,97 %), Trio-OptiTrack – 3D kinematika (CV = 4,04 %), T-Force – linearni dajalnik (CV = 4,35 %), ChronoJump – linearni dajalnik (CV = 4,53 %); (c) PUSH band – inercialna merila enota na podlahti (CV = 9,34 %) in (d) Beast sensor – inercialna merila enota na olimpijski ročki (CV = 35,0 %) (Pérez-Castilla, Piepoli, Delgado-García idr., 2019; Pérez-Castilla, Piepoli, Garrido-Blanca idr., 2019) (Slika 1). IMU pa se v nasprotju z raziskavo Pérez-Castilla in sodelavcev (2019) izkažejo za zanesljivo (intraklasni korelacijski koeficient, ICC > 0,992) in veljavno alternativo linearnemu dajalniku ($r > 0,94$) pri počepanju, potisku s prsi in iztegu kolka v leži na hrbtu v študiji Balsalobre-Fernández in sodelavcev (2017),

zato mora biti uporabnik previden pri sklepanju o kakovosti tehnologije zgolj iz nekaj študij, predvsem tistih, ki so jih financirala zainteresirana podjetja, ali tistih, katerih avtorji sodelujejo pri razvoju tehnologije za uporabo v praksi.

V zadnjem letu se na trgu pojavlja več aplikacij za telefone, ki na podlagi računalniškega vida s samostojnim zaznavanjem in sledenjem olimpijske ročke v prostoru (npr. *My Lift app*) ali koluta/uteži (npr. *MetricVBT*) verodostojno izračunajo povprečno ali največjo hitrost dviga in njegovo amplitudo (Balsalobre-Fernández idr., 2020). Nedavno je na trg prišla tudi aplikacija, ki z zaznavanjem delov telesa s pomočjo strojnega učenja (tj. umetne inteligence) (npr. *Spleeft*) spremlja gibanje telesnih segmentov in ne glede na uporabljeni vadbeni pripomoček ponudi povratno informacijo o hitrosti li-



Slika 2. Prikaz delovanja aplikacije Spleeft

Iz: »Spleeft is a valid and reliable app to measure movement velocity at resistance training«, avtor I. L. Rogero, 2023, <https://medium.com/@ivandelucasrogero/spleeft-is-a-valid-and-reliable-app-to-measure-movement-velocity-at-resistance-training-f51c56103c32>

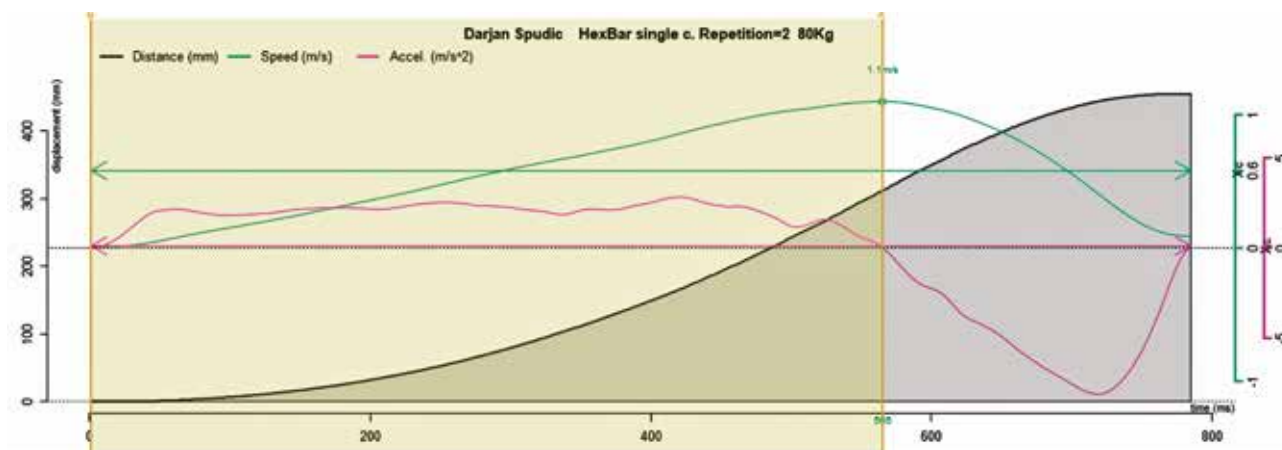
nearnega gibanja (npr. počep). Trenutno v literaturi ni raziskav, ki bi potrjevale veljavnost tovrstno pridobljenih rezultatov, vendar je z vidika aplikativnosti pristop zelo obetaven.

Izbira spremenljivke

Pri spremljanju rezultatov in predvsem pri primerjanju rezultatov med različnimi teh-

nologijami je treba biti pozoren tudi na izbiro spremenljivke. Najpogosteje sta v literaturi poročana povprečna hitrost koncentričnega dela ponovitve in povprečna propulzivna hitrost koncentričnega dela ponovitve. Manj pogosto se pojavlja največja koncentrična hitrost ponovitve (Weakley idr., 2021). Povprečna hitrost predstavlja hitrost, izračunano od začetnega do končnega položaja ponovitve, medtem ko

povprečna propulzivna hitrost predstavlja povprečno hitrost, izračunano od začetka koncentričnega dela do trenutka koncentričnega dela ponovitve, ko pospešek pade pod pozitivno vrednost (Slika 3). Gre samo za del pospeševanja v smeri dviga, ki neposredno odraža delovanje mišic. Pri skokih je ta vrednost določena z $-9,81 \text{ m/s}^2$, saj ta vrednost teoretično predstavlja trenutek začetka faze leta.



Slika 3. Prikaz povprečne in propulzivne faze (rumeno) koncentričnega dela počepa s pomočjo linearnega dajalnika

Opomba. Črna črta predstavlja opravljeno pot olimpijske ročke, zelena krivulja hitrost gibanja olimpijske ročke, vijoličasta pa njen pospešek. Osebni arhiv.

Avtorji dosedanje literature na temo izbire spremenljivke predlagajo izbiro spremenljivk zgolj na podlagi znotrajlaborske in medlaborske zanesljivosti merjenja določene spremenljivke, brez ozira na njeno zunanjo veljavnost. Hitrosti v določenih časovnih intervalih izvedbe koncentričnega naprežanja so odvisne od fizioloških mehanizmov, ki vplivajo na razvoj sile v mišici. Poudariti je torej pomembno, da je hitrost propulzivne faze bolj občutljiva spremenljivka na začetno pospeševanje, ker ne vključuje faze zaviranja (Slika 3). Posledično je z vidika eksplozivne izvedbe, ki cilja na kratek gibalni čas, boljša izbira. Povprečna hitrost vključuje tudi del zaviranja in je (po leg največje hitrosti) boljša izbira, če želimo dobiti zanesljivo informacijo o končni hitrosti giba, ne glede na eksplozivnost začetka akcije.

Prav tako je bistvenega pomena izbira primerne spremenljivke pri skokih. Povprečna in povprečna propulzivna hitrost gibanja sta pri balistični izvedbi manj verodostojni, saj je samo z uporabo tenziometrijskih plošč in z videoanalizo mogoče z gotovostjo določiti trenutek izmeta npr. žoge ali zadnjega trenutka dotika stopal s podlago pri skoku. Pri balističnih akcijah, kjer so tudi bremena relativno lažja, se tako v večji meri predlaga uporaba največje hitrosti v času odhoda in/ali meta (Pérez-Castilla, Jiménez-Reyes, idr., 2021).

Postavlja se tudi vprašanje o smiselnosti meritev hitrosti pri eksplozivni koncentrični izvedbi z velikimi bremenoma. V literaturi so jasno opredeljeni fiziološki mehanizmi, odgovorni za eksplozivno izvedbo koncentrične akcije in povečanje hitrosti prirastka sile (Aagaard, Simonsen, Andersen in Magnusson, 2002; Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson idr., 2002; Andersen idr., 2010; Del Vecchio idr., 2022; Hernández-Davó in Sabido, 2014; Maffiuletti idr.,

2016). Pri klasičnih metodah vadbe za moč zasledujemo oziroma treniramo fiziološke mehanizme, katerih izboljšanje navzven opazimo kot povečanje hitre moči. Večina nevarnih mehanizmov, odgovornih za povečanje hitrega prirastka sile, poteka v kratkih časovnih obdobjih (do 100 ali 200 ms po začetku prirastka sile) oziroma celo pred začetkom prirastka sile, kjer navzven še ni vidnega premika težkega bremena. Zato je smiselnost merjenja hitrosti kot povratne informacije o kakovosti izvedbe eksplozivne akcije z velikim bremenom vprašljiva in je metoda verjetno bolj uporabna pri uporabi srednje težkih ali lahkih bremen, kjer prej pride do premika uteži, kar se odraža na spremembi hitrosti. Hitrost izvedbe (ne glede na tip spremenljivke) je torej bolj indikativna spremenljivka pri metodah hitre moči, ko uporabljamo lahka do srednja bremena, kjer je premik uteži bolj neposredno povezan z delovanjem fizioloških mehanizmov.

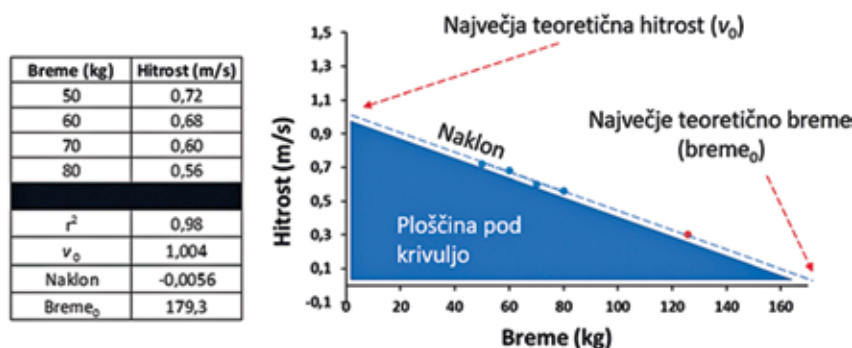
Odnos breme-hitrost

Merjenje hitrosti ponovitve nam omogoča izračun odnosa med velikostjo bremena in proizvedeno hitrostjo s pomočjo regresijske analize. S povečevanjem velikosti bremena se obratno sorazmerno in linearno (poročani determinacijski koeficient korelacije, $r^2 > 0,9$) zmanjšuje povprečna hitrost koncentričnega dela vaje (Banyard idr., 2017; Conceição idr., 2016; Dorrell idr., 2020). Ker se je odnos izkazal za visoko linearnega pri večsklepni gibanjih, se je v praksi uveljavila tudi metoda računanja odnosa samo z dvema bremenoma (*angl.* two-load), ki se je v literaturi izkazala za veljavno (Pérez-Castilla idr., 2022). Kljub temu z vidika verodostojnosti pridobljenih rezultatov in povečanja medlaborske zanesljivosti ter na podlagi svojih izkušenj predlagamo, da se v izračun izhodnih spremenljivk vstopa

vsaj s štirimi bremenoma (Jovanović in Flanagan, 2014). Pri dvotočkovni metodi lahko majhno odstopanje od prave vrednosti zaradi variabilnosti v izvedbi vaje pomembno vpliva na končni rezultat, medtem ko se pomanjkljivosti v izvedbi pri enem izmed izbranih bremen z računanjem odnosa z večtočkovno metodo zabišejo.

Prav ugotovitev, da je odnos med velikostjo bremena in zmanjševanjem hitrosti pri večsklepni gibanju linearen (za več informacij priporočamo (Bobbett, 2012; Jaric, 2015; Samozino idr., 2012), omogoča enostaven izračun presečišča regresijske premice z osjo x (tj. največja teoretična hitrost dviga), izračun presečišča z osjo y (največje teoretično breme) (Slika 4) in ocene 1RM (Slika 5). 1RM se lahko izračuna kot masa bremena pri hitrosti izvedbe giba pri 1RM – hitrost pri 1RM lahko pridobimo neposredno ali jo poiščemo v literaturi glede na vajo, ki izvajamo. Postopek je podrobneje opisan pri razdelku »Ocena največjega bremena pri eni ponovitvi vaje«. Površina pod linearno krivuljo (polovica produkta med težo največjega teoretičnega bremena $[v_N]$ in hitrostjo) pa nam daje informacije o sposobnosti posameznika za proizvajanje sile, hitrosti oziroma njunega produkta – mehanske moči (Pérez-Castilla, Jukic idr., 2021) (Slika 4). Spremenljivke nam omogočajo objektivno načrtovanje vadbe in spremljanje učinkov vadbe.

V literaturi avtorji poročajo o dveh protokolih merjenja odnosa breme-hitrost, da bi dobili čim bolj zanesljive rezultate. In sicer postopek po Weakleyju (2021) in/ali Rodríguez-Rosellu (2021). Prvi postopek zajema izvedbo vaje pri različnih relativno določenih bremenih (ocena glede na 1RM) (Tabela 2), torej vsaj štirih hitrostih izvedbe. Postopek povečevanja bremena se lahko zaključi pri submaksimalnem bremenu ali pa se nadaljuje do največjega bremena, ki



Slika 4. Prikaz regresijskega odnosa breme-hitrost in teoretične izhodne spremenljivke

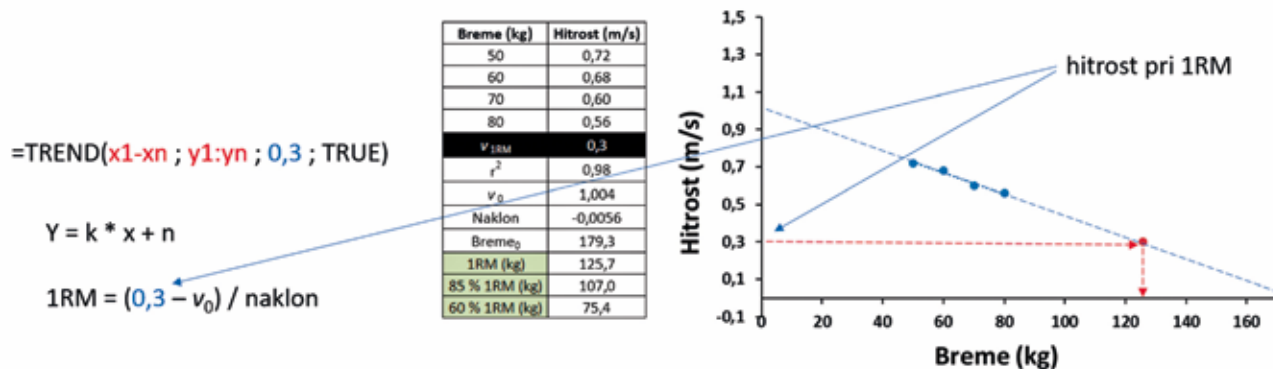
Opomba. r^2 = determinacijski koeficient regresijskega odnosa.

Tabela 2

Prikaz postopka meritev odnosa breme-hitrost po Weakleyju (2021)

Breme	Hitrost (m/s)	Št. pon.
30–40 % 1RM	> 1	2–3
40–50 % 1RM	0,65–1	2
60–70 % 1RM	< 0,65	1–2
70–80 % 1RM	< 0,65	1
Če želimo hitrost pri 1RM		
+ 2,5–5 kg	< 0,5	1

Opomba. 1RM = največje breme pri eni ponovitvi vaje; Št. pon. = število ponovitev.



Slika 5. Grafični prikaz izračuna največjega bremena pri eni ponovitvi počepa s šestrobno palico s pomočjo odnosa breme-hitrost v Excelu

Opomba. r^2 = determinacijski koeficient regresijskega odnosa; v_0 = največja teoretična hitrost; Breme₀ = največje teoretično breme; 1RM = največje breme pri eni ponovitvi vaje.

ga je posameznik sposoben dvigniti. Bolj ko se približamo 1RM, v večji meri je ocena 1RM s pomočjo odnosa breme-hitrost verodostojna, kar podrobneje opisujemo v nadaljevanju. Drugi postopek pa zajema izbiro prvega, najlažjega, bremena (npr. 10 kg pri vajah za spodnje ekstremitete) in povečevanje bremena iz serije v serijo (npr. za 20 kg pri spodnjih ekstremitetah in 10 kg pri zgornjih ekstremitetah), dokler hitrost koncentričnega dela ne pade pod 0,5 m/s, ne glede na vajo (Rodríguez-Rosell idr., 2021). Razlika med najtežjim in najlažjim bremenom mora biti vsaj 0,5 m/s. Pri obeh protokolih so med različnimi pogoji (masami bremena) vsaj 3 minute odmora, v regresijsko analizo vstopamo z najhitrejšo ponovitvijo pri posameznem bremenju.

Ocena največjega bremena pri eni ponovitvi vaje (1RM)

Neposredno določanje 1RM ima nekatere omejitve oziroma pomanjkljivosti (Marques, 2017). Zaradi velikega bremena je povečana možnost za nastanek poškodb, protokol je časovno potraten in zato manj uporaben v ekipnih športih. Manj uporaben je tudi za posebne skupine posameznikov, npr. starejše. Zato so že v preteklosti razvili posredne metode določanja 1RM, pri katerih posameznik z določenim bremenom izvede število ponovitev do odpovedi (najbolj zanesljiva je velikost bremena, ki omogoča izvedbo do 10 ponovitev) (Amarante idr., 2007). Ugotovljeno je bilo tudi, da število ponovitev, ki jih posameznik lahko izvede pri relativno določenem bremenju, med posamezniki zelo variira (npr. največje število ponovitev pri 70 % 1RM za dvigalca uteži in maratonca se lahko razlikuje tudi za 50 % (Richens in Cle-

ather, 2014)). Zato se je razvila alternativna metoda, ki največje breme (1RM) določa na podlagi merjenja hitrosti ponovitev pri različnih bremenih. Ta metoda se je izkazala za celo bolj verodostojno od Mayhewove in Wathanove metode posrednega določanja 1RM na podlagi ponovitev do odpovedi pri navpičnem in vodoravnem pritegu na prsi (Perez-Castilla idr., 2021). Breme 1RM na podlagi hitrosti ponovitve dobimo tako, da izračunamo presečišče linearne premice odnosa breme-hitrost s hitrostjo dviga pri 1RM. Prav pravilno izbrana hitrost pri 1RM določa verodostojnost izračuna, pridobimo pa jo lahko z lastnimi meritvami ali z upoštevanjem generalnega priporočila v literaturi (opisano v nadaljevanju).

Hitrost pri največjem dvignjenem bremenju (hitrost 1RM) je hitrost, s katero lahko dvignemo največje breme (Slika 5). Ta se lahko določi neposredno z dvigom največjega bremena, z izvedbo serije do odpovedi (hitrost zadnje ponovitve) (Izquierdo idr., 2006) ali z vrednostjo, priporočeno v literaturi. Vrednost ostaja stabilna ob povečanju moči (test-retest vrednosti se zelo malo razlikujejo) (Conceição idr., 2016), tj. 0,00–0,01 m/s v obdobju štirih tednov. Po drugi strani pa se hitrosti pri 1RM v veliki meri razlikujejo med različnimi vajami in med različnimi populacijami, kjer bolj trenirani posamezniki dosegajo manjše hitrosti. V Tabeli 3 so zbrani rezultati študij, v katerih so primerjali izračunane 1RM na podlagi odnosa breme-hitrost in dejanske vrednosti 1RM. Ugotovljeno je bilo, da so ocenjene vrednosti bolj zanesljive pri splošno trenirani populaciji in manj pri športih moči. S tega vidika je treba biti v praksi pozoren na vrednosti hitrosti pri 1RM, ki jih uporabimo. Pri tem se ravnamo glede

na pomen informacije o 1RM za potrebe športa. Z drugimi besedami, če je namen ocene 1RM zgolj spremljanje učinkov vadbe na moč ali prilagajanje intenzivnosti vaje glede na trenutne sposobnosti posameznika, je relevantna informacija o hitrosti pri 1RM ta, ki jo razberemo iz literature, oziroma izberemo generalno priporočilo. Če je športna uspešnost odvisna neposredno od 1RM, je priporočeno, da se hitrost pri 1RM na prvotnih meritvah neposredno določi z dvigom največjega bremena. Zelo zanimivi so rezultati študije Izquierda in sodelavcev (2006), ki so ugotovili, da je hitrost ponovitve pri zadnji ponovitvi v seriji do odpovedi enaka kot pri bremenju 1RM, ne glede na relativno velikost bremena. Torej tudi s serijo do odpovedi lahko določimo hitrost pri 1RM, s katero vstopamo v izračun 1RM s pomočjo odnosa breme-hitrost. Avtorji za izračun 1RM priporočajo uporabo povprečne hitrosti, ker se izkaže za bolj zanesljivo, se manj razlikuje med različnimi napravami, ob tem je odnos med povprečno hitrostjo in bremenom najbolj linearen, razlika med posamezniki v povprečni hitrosti dviga z bremenom 1RM pa najmanjša (Weakley idr., 2021).

Protokol se izkaže za verodostojnega, ni utrujajoč in je lahko izvedljiv v praksi na skupini ali posamezniku. Izvedba je zato mogoča tudi med ogrevanjem, kar omogoča neposredno povratno informacijo trenerju in športniku ter s tem dnevno regulacijo vadbene intenzivnosti.

Upad hitrosti ponovitve

Upad hitrosti ponovitve je spremenljivka, ki odraža zmanjšanje hitrosti koncentričnega dela ponovitve v posamezni seriji ali

Tabela 3

Prikaz postopka meritev odnosa breme-hitrost, Weakley (2021)

Vaja	Študije	Vzorec	Izračun Mv_{1RM}	Dejanska v_{1RM}	Generalno priporočilo
Potisk s prsi	(Marques, 2017)	120 zdravih moških	$0,16 \pm 0,04$ m/s	0,17 m/s	0,15 m/s
	(Sánchez-Medina idr., 2014)	75 atletov	$0,17 \pm 0,04$ m/s		
	(García-Ramos idr., 2018)	30 zdravih moških	$0,17 \pm 0,03$ m/s		
	(Helms idr., 2017)	15 dvigalcev uteži	$0,10 \pm 0,04$ m/s		
Počep	(Conceição idr., 2016)	15 moških atletov	$0,32 \pm 0,04$ m/s	0,30 m/s	0,3 m/s
	(Sanchez-Medina in González-Suárez, 2009)	80 zdravih moških	$0,32 \pm 0,03$ m/s		
	(Banyard idr., 2017)	17 zdravih moških	$0,24 \pm 0,06$ m/s		
	(Helms idr., 2017)	15 dvigalcev uteži	$0,23 \pm 0,05$ m/s		

Opomba. v_{1RM} = povprečna hitrost pri 1RM; Mv_{1RM} = v študiji izračunana povprečna hitrost pri eni ponovitvi dviga iz regresijskega odnosa breme-hitrost.

med serijami (Slika 6). Medtem ko začetna hitrost (največja hitrost koncentričnega dela vaje v seriji) določa mero mehanskega stresa, upad hitrosti določa mero metaboličnega stresa za mišico (Marques, 2017). Upad hitrosti je visoko povezan s številom izvedenih ponovitev v seriji (Rosell in Custodio, 2018). Odraža stopnjo utrujenosti in napora. Velika povezanost je bila ugotovljena med upadom hitrosti (za 10, 20 ali 30 %) in koncentracijo laktata in amonijaka v krvi (Sanchez-Medina in González-Suárez, 2009) in stopnjo subjektivnega napora (Weakley idr., 2022). Navadno je prag izgube hitrosti določen relativno, v odstot-

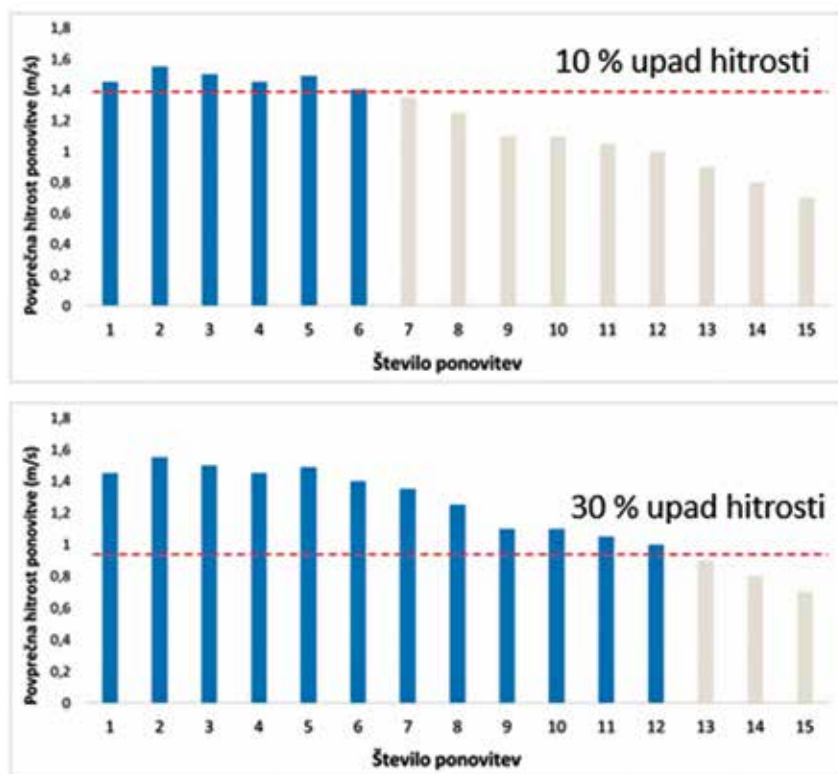
kih glede na najhitrejšo ponovitev v seriji. V praksi in literaturi pa se srečamo tudi z absolutnimi pragi izgube hitrosti (npr. 0,05 m/s). Prag izgube hitrosti se določi glede na najhitrejšo ponovitev znotraj serije, ki je navadno druga ali tretja ponovitev, verjetno zaradi učinka potenciacije. Zato je zmotno prepričanje, ki velja v praksi, da se prag izgube hitrosti določa glede na prvo ponovitev znotraj serije.

Spremljanje upada hitrosti v okviru serije je koristno z vidika optimizacije števila ponovitev v seriji in optimizacije števila serij, ki jih posameznik lahko izvede maksimalno. S

spremljanjem upada hitrosti nadzorujemo vpliv utrujenosti na izvedbo in s tem individualiziramo vadbeno obremenitev. Ugotovljeno je bilo, da število ponovitev, ki jih posameznik lahko izvede pri predhodno relativno določenem bremenu, zelo varira med posamezniki. Število ponovitev pri določenem bremenu je torej odvisno od spola, izkušenj z vadbo za moč, vrste vadbe v preteklosti in moči posameznika (Weakley idr., 2021). Spremljanje upada hitrosti je smiselno na vsaki vadbeni enoti posebej, saj se je medobiskovna zanesljivost števila ponovitev pri upadih hitrosti za 10, 20 in 30 % izkazala za zelo slabo (Pearson idr., 2020; Weakley, Ramirez-Lopez idr., 2020). Ravno nasprotno pa povprečna hitrost in mehanska moč posamezne serije kažeta odlično medobiskovno zanesljivost, seveda če je vaja izvedena z istim relativnim (% 1RM) bremenom (Pearson idr., 2020; Weakley, Ramirez-Lopez idr., 2020). Okvirno 40-odstotni upad hitrosti znotraj serije se približa številu ponovitev do odpovedi.

Še posebej pomemben se pristop VBT izkaže pri vadbi za hitro moč in maksimalno moč, kjer ima preveliko število ponovitev celo kontraproduktiven vpliv zaradi pojava utrujenosti in metaboličnega stresa na mišico, kar negativno vpliva na izvedbo prihodnjih vadbenih enot ter povzroča spremembo strukture mišičnih vlaken v počasnejša (Weakley idr., 2021). S spremljanjem upada hitrosti znotraj serije in med serijami imamo torej nadzor nad tem, da je vaja izvedena maksimalno, s čimer kontroliramo vpliv utrujenosti na izvedbo in posledično lahko večji volumen vadbe za moč izvedemo pri večji intenzivnosti – v eni vadbeni enoti ali daljšem časovnem obdobju.

Veslači so izvajali 8-tedensko vadbo za moč z bremenom 80 % 1RM, 5 vajami, 4 se-



Slika 6. Prikaz manjšega in večjega upada hitrosti znotraj serije

rijami, 2–3-minutnim odmorom, 2-krat na teden, in sicer ena skupina z eksplozivnimi koncentričnimi ponovitvami do 10 % upada hitrosti in druga skupina s tekočimi koncentričnimi ponovitvami do odpovedi. Ugotovljeno je bilo, da se vadeči hitreje regenerirajo in so pod manjšim psihološkim stresom zaradi intenzivnosti vadbe z uporabo VBT kot pri tradicionalni vadbi s ponovitvami do odpovedi (Held idr., 2021). Nižja bremena in večji upad hitrosti pri izvedbi eksplozivnih koncentričnih ponovitev povzročita večjo utrujenost in poznejši povratek višine CMJ in časa sprinta na 20 m v začetno stanje v primerjavi z manjšim upadom hitrosti in višjim vadbenim bremenom (60 % 1RM in 40-odstotni upad proti 80 % 1RM in 20-odstotni upad) (Pareja-Blanco idr., 2019). Izvedba eksplozivnih koncentričnih ponovitev z večjim upadom hitrosti (40 % proti 20 %) v večji meri poveča odstotek težkih verig miozina vlaken la, medtem ko vadba z manjšim upadom hitrosti v večji meri poveča odstotek težkih verig miozina vlaken IIx (Pareja-Blanco idr., 2017). To z drugimi besedami pomeni, da vadba z manjšim upadom hitrosti znotraj serije privede do izrazitejših prilagoditev hitrejših mišičnih vlaken. Rezultati kažejo, da je za iste prilagoditve pri ženskah, v primerjavi z moškimi, priporočljivo izvajati eksplozivne koncentrične ponovitve z nekoliko večjim upadom hitrosti znotraj serije (40 % namesto 20 %) (Walker in Blanco, 2022). Slika 6 povzema bistvene ugotovitve o akutnem in kroničnem vplivu izvedbe vaj pri manjšem in večjem upadu hitrosti znotraj serije.

Upad hitrosti je spremenljivka, ki je obratno sorazmerna z velikostjo bremena. Na to opozarjamo zaradi zaključkov nekaterih študij, ki rezultate vadbenih protokolov pri različnih pragih upada hitrosti pripisujejo upadu hitrosti, ne ozirajoč se na velikost bremena, uporabljenega za vadbo. Primerjava učinkov tovrstnih programov vadbe je relevantna ob izenačenju volumna vadbe med eksperimentalnim skupinami, saj samo tako lahko pričakujemo dovolj velik vadben impulz, da povzroči drugačne prilagoditve mišic med vadbenimi protokoli (Riscart-Lopez idr., 2021; Spudić, 2022).

Načrtovanje vadbe

Načrtovanje vadbe za moč na osnovi hitrosti ponovitve je trenutno slabo raziskano. Verjetno zaradi številnih možnosti uporabe VBT, ki se med seboj prepletajo in je doprinos posamezne spremenljivke težko sle-

dljiv skozi daljše časovno obdobje. Z drugimi besedami, na podlagi hitrosti ponovitve je mogoče uspešno načrtovati celoten makrocikel vadbe za moč (Rodríguez-Rosell idr., 2021), vendar je glede na poznavanje fizioloških adaptacijskih procesov v mišici in živčnem sistemu verjetno na dolgi rok vadbo za moč učinkovitejše načrtovati s tradicionalnimi metodami vadbe, koncepte VBT pa uporabiti v ključnih obdobjih razvoja maksimalne moči in hitre moči. V naslednjih poglavjih podajamo ključne informacije o prilagajanju intenzivnosti, načrtovanju vadbene enote in načrtovanju daljšega obdobja vadbe na osnovi VBT na podlagi trenutnih izsledkov v literaturi.

Prilagajanje intenzivnosti

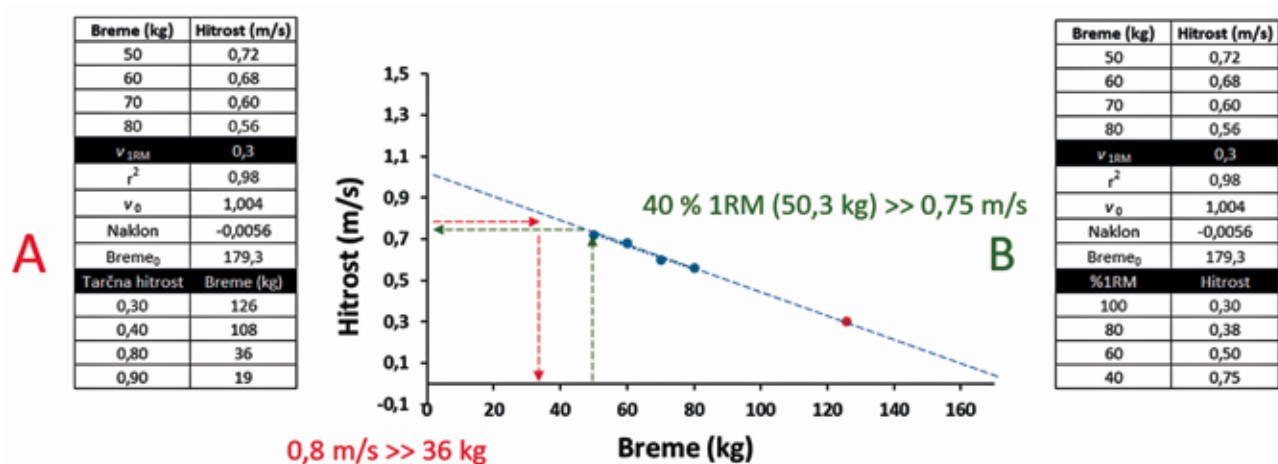
Določitev 1RM s pomočjo odnosa bremena-hitrost nam omogoča določitev območja vadbe glede na intenzivnost, torej hitrost ponovitve (Marques, 2017). Poznamo dva pristopa: Slika 7, A) izbira absolutnega bremena za doseganje ciljne hitrosti ponovitve (primer na sliki: 0,8 m/s je 36 kg) in B) določanje relativnega bremena in spremljanje hitrosti ponovitve (primer na sliki: 40 % 1RM je 0,75 m/s). Obe metodi omogočata učinkovito programiranje vadbe. Tretja metoda, ki temelji na priporočilih proizvajalcev, ki pa niso podkrepljena z znanstvenimi raziskavami (Slika 9), je metoda območij absolutnih hitrosti za razvoj določene vrste moči. Poleg tega se moramo zavedati, da je povprečna hitrost ponovitve odvisna od amplitude vaje, torej se

absolutne vrednosti razlikujejo med različno velikimi posamezniki in predvsem med različnimi vajami, in da je absoluten pristop lahko zavajajoč. Tovrsten pristop bi imel smisel samo, če bi iz analize hitrosti gibanja v koncentričnem delu tehnične prvine določenega športa razbrali hitrost gibanja in nato pri vadbi vedno izbrali velikost bremena, ki bi se ob maksimalni izvedbi po kriteriju hitrosti približalo športno specifičnemu gibanju.

Kontrola nad največjo hitrostjo ponovitev (glede na prejšnjo vadbeno enoto ali znotraj vadbene enote – iz serije v serijo) nam v primerjavi s tradicionalno vadbo omogoča prilagajanje velikosti bremena (manjšanje, večjanje) glede na trenutne (dnevne) sposobnosti posameznika, s čimer ostajamo v območju določene hitrosti ponovitve in posledično stimulaciji želenih fizioloških mehanizmov, odgovornih za razvoj zelene strukture moči (npr. hitra moč ali maksimalna moč). Tovrsten pristop je smiselno uporabljati zaradi hitrostno specifičnih prilagoditev pri vadbi za moč, opisanih v prvem poglavju prispevka. Dnevne razlike v sposobnostih večinoma nastanejo zaradi drugih vsakodnevnih obveznosti športnika, utrujenosti, vadbe drugih gibalnih sposobnosti ali tehnično-taktičnih prvin v isti vadbeni enoti (Slika 8, rdeča in zelena krivulja). V literaturi se najpogosteje prilagaja breme iz serije v serijo, če se povprečna hitrost serije od predhodne serije razlikuje za 0,06 m/s (Weakley idr., 2021), kar presega napako meritve. Kljub dobrim teoretičnim izho-

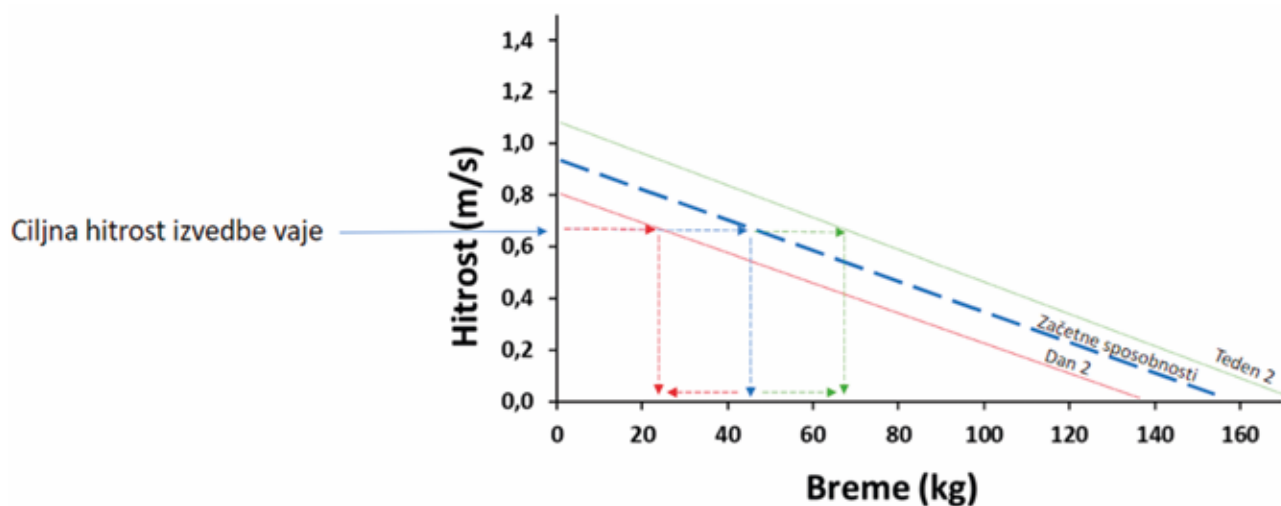
Kronične prilagoditve	↓	Mišična masa	↑↑
	↑↑	% IIx tipa MV	↓
	↓	% I tipa MV	↑↑
	↑↑	Hitra moč (P)	↓
	↑↑	Maksimalna moč (F)	↓
	↓	Vzdržljivost	↑↑
	↑↑	CMJ, sprint	↓
Manjši (< 10 %) Upad hitrosti Večji (> 20 %)			
Akutni odziv	↓	Volumen	↑↑
	↓	RPE	↑↑
	↓	Metabolni stres (La, NH ₃ , H ⁺)	↑↑
	↓	Utrujenost	↑↑

Slika 7. Povzetek pregleda literature akutnih in kroničnih učinkov vadbe z majhnim in velikim upadom hitrosti znotraj serij pri istem relativnem bremenu (Jukic idr., 2022; Pareja-Blanco idr., 2017; Weakley idr., 2021)



Slika 8. Določanje relativne intenzivnosti vadbe s pomočjo hitrostjo izvedbe

Opomba. r^2 = determinacijski koeficient regresijskega odnosa; v_0 = največja teoretična hitrost; Breme₀ = največje teoretično breme; 1RM = največje breme pri eni ponovitvi vaje.



Slika 9. Prikaz prilagajanja bremena glede na trenutne (dnevne) sposobnosti vadečega

diščem pa še nimamo nedvoumnih dokazov o tem, da bi bil pristop učinkovitejši od vadbe brez prilagajanja bremena (torej pri manjši ali večji hitrosti izvedbe z istim, neprilagojenim, bremenom) in kontrolo upada hitrosti (npr. serija zaradi utrujenosti, izvedena z manjšo hitrostjo izvedbe kot načrtovano, vendar z omejenim številom ponovitev z % upada hitrosti), seveda ob pogoju, da so ponovitve izvedene z namenom doseganja čim večje hitrosti vaje ob vsaki ponovitvi.

Spremembe hitrosti ponovitve so lahko posledica utrujenosti (pretreniranosti), potenciacije ali drugega napredka v sposobnostih. Pri tem je pomembno, da ločimo spremembe, ki so lahko posledica napake v meritvi (*angl.* SEE – standard error

of measurement), in spremembe zaradi dejanskega napredka kot posledica vadbe (*angl.* MDC – minimal detectable change). Vrednost 0,1 m/s se je izkazala za MDC pri različnih vajah in jo v praktične namene lahko uporabimo kot pokazatelj napredka oziroma poslabšanja (Weakley idr., 2021). Torej, če pri istem bremenu v naslednji vadbeni enoti ugotovimo zmanjšanje največje povprečne hitrosti pri izvedbi vaje, ki presega 0,1 m/s, lahko spremembo pripišemo utrujenosti, in obrnjen, če po določenem obdobju vadbe ugotovimo povečanje največje povprečne hitrosti pri izvedbi vaje, ki presega 0,1 m/s, lahko spremembo pripišemo izboljšanju delovanja živčno-mišičnega sistema.

Načrt obremenitve znotraj vadbene enote

Najpogostejši uporabljeni načini prilagajanja obremenitve v vadbeni enoti na podlagi VBT so predstavljeni v Tabeli 4. Bistven pristop, ne glede na uporabljeno metodo vadbe, je variabilno breme, določeno glede na hitrost ponovitve. Torej velikost bremena znotraj vadbene enote spreminjamo tako, da je vadeči sposoben vajo izvajati z zeleno hitrostjo glede na cilje vadbene enote (opis postopka prilagajanja bremena znotraj vadbene enote v poglavju *Prilaganje intenzivnosti*). Metode se nato razlikujejo še po številu serij (določeno, prilagodljivo) in številu ponovitev, ki je večinoma določeno z odstotkom upada hitrosti ponovitve.

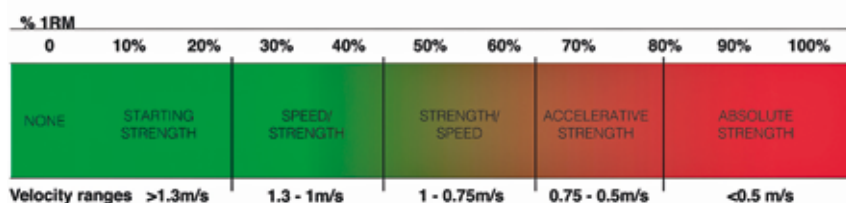
Tabela 4

Najpogostejši načini prilagajanja vadbenih spremenljivk v okviru vadbene enote

Metoda	Št. serij	Št. ponovitev	Velikost bremena
Povprečna hitrost serije	Določeno	Določeno	Določeno kot % 1RM z odnosom breme-hitrost Prilagodljivo iz serije v serijo, če se povprečna hitrost serije razlikuje za $\pm 0,06$ m/s
Povprečna hitrost serije + upad hitrosti	Določeno	Prilagodljivo: Št. pon. do določenega % upada hitrosti	Določeno kot % 1RM z odnosom breme-hitrost Prilagodljivo iz serije v serijo, če se povprečna hitrost serije razlikuje za $\pm 0,06$ m/s
Ciljna hitrost + upad hitrosti	Določeno	Prilagodljivo: Št. pon. do določenega % upada hitrosti	Breme določeno s ciljno hitrostjo serije (npr. 0,7 m/s)
Določeno št. serij + upad hitrosti	Določeno	Prilagodljivo: Št. pon. do določenega % upada hitrosti	Določeno kot % 1RM z odnosom breme-hitrost
Določeno število ponovitev + upad hitrosti	Prilagodljivo: Št. serij, potrebno za izvedbo določenega št. pon.	Prilagodljivo: Določeno št. pon. na vadbeni enoti (npr. 25) + št. pon. do določenega % upada hitrosti	Določeno kot % 1RM z odnosom breme-hitrost
Določeno število ponovitev znotraj serij + upad hitrosti	Določeno	Prilagodljivo: Št. pon. do določenega % upada hitrosti + št. pon. znotraj serije (npr. 5)	Določeno kot % 1RM z odnosom breme-hitrost

Opombe. Prirejeno po: »Velocity-Based Training: From Theory to Application«, avtorji J. Weakley, B. Mann, H. G. Banyard in S. McLaren, 2021, Strength & Conditioning Journal, 43(2), str. 31–49.

VELOCITY ZONES



Slika 10. Metoda območij absolutnih hitrosti za razvoj različnih struktur moči

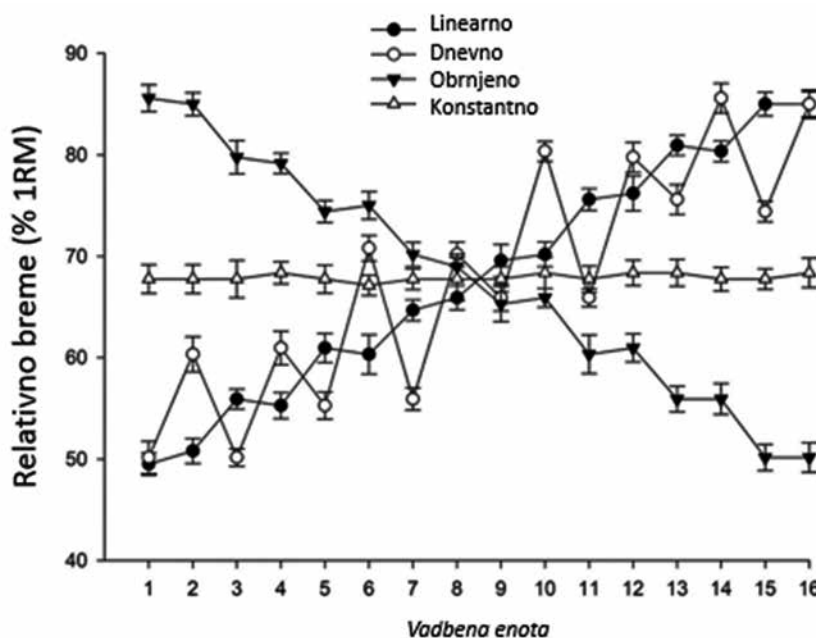
Opomba. Velocity Based Training Zones Explained, 2023, (https://gymaware.com/velocity_zones/).

zmanjševanje bremena in povečevanje hitrosti ponovitev) ter d) *konstantno* (prilagajanje bremena, da je hitrost izvedbe konstantna). Srednje trenirani moški ($n = 43$) so vadbo izvajali 8 tednov s tremi serijami eksplozivnih koncentričnih ponovitev do števila ponovitev pri 20-odstotnem upadu hitrosti znotraj serije, velikostjo bremena 50–85 % 1RM (pri konstantnem bremenu v povprečju 67,5 % 1RM) in 4-minutnim vmesnim odmorom. Med različnimi proto-

Načini stopnjevanja obremenitve skozi daljše časovno obdobje

Trenutno v literaturi primanjkuje raziskav, ki bi primerjale učinke različnih načinov programiranja vadbe na osnovi hitrosti izvedbe ponovitev. Treba je poudariti, da so opisani načini v literaturi predstavljeni zelo površno, brez dolgoročnega cilja pri vadbi za moč. Prav cilj bi moral biti vodilo za izbiro primernih metod za doseg tega. Zato mora biti bralec kritičen do informacij, ki nam jih posreduje trenutna literatura, nekaj jih predstavljamo v nadaljevanju.

Avtorji opisujejo štiri različne načine spreminjanja velikosti bremena in posledično hitrosti izvedbe skozi daljše časovno obdobje (Riscart-Lopez idr., 2021; Rodríguez-Rosell idr., 2021) (Slika 10), in sicer: a) *linearno* povečevanje bremena (zmanjševanje hitrosti ponovitev), b) *dnevno* spreminjanje bremena (manjšanje/večanje hitrosti ponovitev z vadbe na vadbo), c) *obrnjeno* (linearno



Slika 11. Primeri prilagajanja bremena skozi vadbena obdobje (Riscart-Lopez idr., 2021; Rodríguez-Rosell idr., 2021)

koli niso ugotovili razlik v napredku sprinta na 30 m, bremenu 1RM pri počepu in višini CMJ (Riscart-Lopez idr., 2021). Druga študija, pri kateri so primerjali *linearno* povečevanje bremena in *dnevno* prilagajanje bremena, pa poroča o večji učinkovitosti *linearnega* pristopa (Rodríguez-Rosell idr., 2021). Tudi z vidika praktične uporabnosti se linearni pristop izkaže za ugodnejšega, predvsem enostavnejšega.

Poleg spreminjanja velikosti bremena in posledično hitrosti ponovitev, ki določa mehanski stres na mišico, je skozi časovno obdobje smiselno spreminjati tudi odstotek upada hitrosti, ki določa metabolni stres na mišico (Sanchez-Medina in González-Suárez, 2009). Z vidika stopnjevanja mehanskega stresa na mišico (velikosti sile) je torej smiselno skozi časovno obdobje zmanjševati hitrost ponovitev (povečevati breme) in z vidika zmanjševanja metabolnega stresa na mišico sočasno zmanjševati upad hitrosti znotraj serije (zmanjševati število ponovitev). Prikaz linearnega stopnjevanja intenzivnosti je prikazan na Sliki 11 (levo), prikaz stopnjevanja intenzivnosti v treh mezociklih (blokkih) pa na Sliki 11 (desno). Prav z vidika prilagoditev nevarnih mehanizmov je pristop vprašljiv, ker gre za maksimalno izvedbo ponovitev, ne glede na hitrost ponovitve, kjer je treba biti pozoren na pojav centralne utrujenosti (Zajac idr., 2015). Podoben koncept prilagajanja obremenitve se lahko izbere tudi na tedenski ravni oziroma na ravni mikrocikla med tekmovalnim delom sezone, kjer z namenom kontrole nad utrujenostjo volumen vadbe znižujemo in breme povečujemo, bližje ko smo tekmovalju. Prav tako nam neposredna informacija omogoča, da intenzivnost vadbe prilagodimo trenutnemu stanju pred tekmo, oziroma nam daje

informacijo o pripravljenosti športnika na tekmo.

Medtem ko je pri prilagajanju bremena hitrosti izvedbe vaje znotraj vadbene enote (med ponovitvami in serijami) vodilo maksimalno hitra in močna izvedba – torej razmerje med pojavom utrujenosti in potenciacijo –, moramo pri prilagajanju bremena hitrosti izvedbe ponovitev med vadbenimi enotami in skozi daljše časovno obdobje pogledati širšo sliko prilagoditev živčno-mišičnega sistema. Zgodba namreč ni tako enostavna, kot je predstavljena v sedanjih literaturi. Dober primer tega je udarni mezocikel, pri katerem je cilj vadbe povzročiti nekoliko večjo utrujenost v omejenem časovnem obdobju. Prilagajanje bremena ciljni hitrosti izvedbe, predstavljeno v dosednji literaturi, torej ne pride v poštev. V tem primeru bi bilo verjetno smiselno pri izvedbi vaj ciljati na določen odstotek največje hitrosti, izmerjene v spočitem stanju športnika (npr. 80 %), s čimer bi kontrolirali utrujenost pri eksplozivni izvedbi ponovitev. Vendar so za navedbo naših predvidevanj potrebne dodatne raziskave.

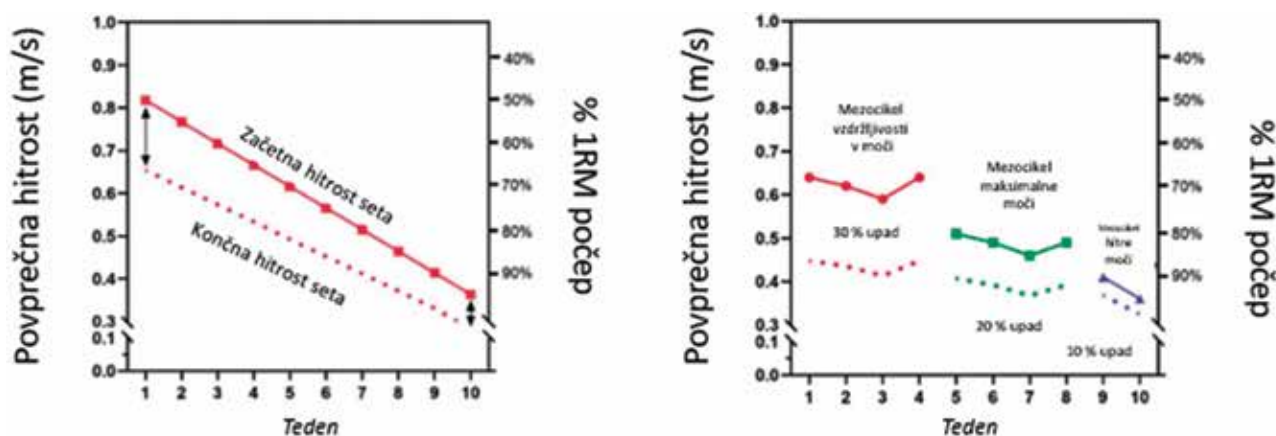
■ Zaključek

V članku smo povzeli temelje vadbe za moč na osnovi hitrosti ponovitve. Treba je poudariti, da so vsi predstavljeni koncepti verodostojni samo ob maksimalni izvedbi (»čim hitreje in čim bolj silovito« oziroma s ciljem doseči čim večjo hitrost ponovitve) ter da za učinkovito spremljanje hitrosti ponovitve potrebujemo verodostojno merilno in programsko opremo, ki jo v zadnjem času zamenjujejo mobilne aplikacije.

Ker so vsi predstavljeni koncepti verodostojni samo v primeru maksimalne izvedbe,

so učinki vadbe za moč na osnovi hitrosti ponovitve z vidika fizioloških mehanizmov usmerjeni predvsem v aktivacijo živčno-mišičnega sistema, česar trenutna literatura ne poudarja. Potencial eksplozivnih ponovitev za povečanje mišične mase je zanemarljiv in prav to je ena izmed največjih pomanjkljivosti dosedanjih raziskav – nepodprtost rezultatov in zasnov študij z dobro poznanimi fiziološkimi mehanizmi prilagoditev živčno-mišičnega sistema na obremenitev pri vadbi za moč. Prilagoditve živčno-mišičnega sistema na obremenitev so specifične, zato so rezultati študij, ki zaključujejo, da je pristop VBT k vadbi za moč bolj učinkovit od tradicionalnega, pri čemer se primerjajo različne metode (večinoma pri VBT usmerjene v aktivacijo in pri tradicionalnem treningu v hipertrofijo), popolnoma nesmiselni in vsebinsko napačni. Večina študij, ki poroča o pozitivnejših rezultatih vadbe za moč VBT, namreč sledi tovrstnem pristopu.

Ugotavljamo, da lahko govoriti »na osnovi« ali »z merjenjem« hitrosti, konceptualno predstavlja povsem različni zadevi. Slepo držanje hitrosti izvedbe (»na osnovi«) večinoma ni povezano z delovanjem živčno-mišičnega sistema. Podrobneje smo se tej problematiki posvetili v poglavju »Izbira spremenljivke«. Medtem ko je pri vadbi za moč »na osnovi hitrosti izvedbe giba« cilj hitrost izvedbe giba, »vadba za moč z merjenjem hitrosti« sledi drugačnemu konceptu, ki izhaja iz fizioloških mehanizmov. Pri vadbi z merjenjem hitrosti izvedbe namreč na podlagi hitrosti izvedbe pridobivamo povratno informacijo o kakovosti izvedbe (eksplozivnih koncentričnih) ponovitev, pri čemer podpremo fiziološke procese prilagoditev živčno-mišičnega sistema pri vadbi za moč. Hitrost izvedbe ponovitev je torej



Slika 12. Primeri postopnega dviga intenzivnosti vadbe s pomočjo hitrosti ponovitve in upada hitrosti (Weakley idr., 2021)

posledica teh mehanizmov, ki jim sledimo, in ne cilj, s čimer ne zabrišemo osnovne ideje metod vadbe za moč (Strojnik idr., 2017).

Z merjenjem hitrosti si torej omogočimo bolj kakovostno izvedbo vadbe za moč na področjih aktivacije v smislu povratne informacije, ki omogoča določanje optimalnega števila ponovitev, števila serij in trajanja odmora med serijami/vadbami/ponovitvami ter pogostosti vadbe. Pri tem je pomembno, ali gre za krajšanje gibalnega časa, kjer je pomembna hitrost prirastka sile oziroma pospešek bremena ali končna hitrost gibanja. V zvezi s tem se izbere tudi ustrezna spremenljivka, ki jo spremljamo. Če je mogoče veljavno izračunati pospešek ali ga izmeriti, je za gibalni čas to pravi parameter. Če pa gre za direktno meritev hitrosti in je računanje pospeškov problematično, je najboljši približek povprečna propulzivna hitrost. Za končno hitrost je glavna spremenljivka največja hitrost.

Priporočamo, da trenerji in kineziologi vadbo na podlagi hitrosti ponovitve uvajajo v vadbo postopno zaradi maksimalne izvedbe, velike intenzivnosti vadbe in s tem možnosti za nastanek poškodb (Thompson idr., 2022). Vadba za moč na osnovi hitrosti ponovitve je smiselni pristop k povečevanju maksimalne in hitre moči pri večsklepnih vajah, kjer je namen srednje veliko ali veliko breme premakniti čim hitreje, torej proizvesti veliko mehansko moč. Mehanska moč je namreč spremenljivka, ki v največji meri pojasni učinkovitost pri športno specifičnih gibanjih (npr. sprint, sprememba smeri, skok). Pri izbiri intenzivnosti vadbe svetujemo, da je ciljna hitrost večja, kot jo je posameznik sposoben doseči po teoretičnem izračunu. Takšen pristop še dodatno motivira posameznika za maksimalno izvedbo vaje.

Povratna informacija o hitrosti ponovitve je lahko tudi kontraproduktivna. Predvsem pri posameznikih z manj izkušnjami z vadbo za moč in šibkejših posameznikih se na račun hitrejših izvedb poslabša tehnična izvedba gibanja. Zunanja motivacija (doseganje določene hitrosti) lahko torej negativno vpliva na tehnično izvedbo. To se izkaže v večji variabilnosti pri izvedbi ponovitev vaje znotraj serije, spremljanje upada hitrosti je oteženo, podatki so neverodostojni, vadba ima lahko negativen učinek in možnost za nastanek poškodb se poveča (Thompson idr., 2022). Prav tako dodatna analiza podatkov in sledenje posameznikov na vsaki

vadbeni enoti za trenerje lahko pomeni dodatno delo in nezadovoljstvo.

Trenutno vse raziskave zajemajo samo analizo hitrosti v koncentričnem delu ponovitev. Z vidika transferja v šport smo torej omejeni na športe, ki so izrazito koncentrične narave, saj teh ni veliko. S tega vidika bi bilo v prihodnje smiselno preveriti koncepte tudi na drugih tipih izvedbe ponovitev (ekscetričnem, ekscetrično-koncentričnem [tipa nasprotno gibanje in tipa poskok] in balističnem koncentričnem – npr. skok iz počepa).

Koncepti vadbe s povratno informacijo o hitrosti izvedbe so bili preizkušeni tudi na starostnikih, pri čemer so se metode vadbe za razvoj hitre moči izkazale za pozitivne pri izboljšanju gibalnih sposobnosti (Bezerra idr., 2019; Orsatto idr., 2018). Trenutno še ni raziskav, ki bi koncepte preverjale na drugih posebnih skupinah, pri katerih je upad moči posledica nevrlnih obolenj ali pa je utrujenost eden izmed glavnih omejitvenih dejavnikov napredka pri vadbi (npr. vadba pri multipli sklerozi, Parkinsonovi bolezni). Eksploziven način izvedbe vaj z nadzorom nad utrujenostjo ima lahko celo veliko večji potencial pri razvoju moči za posebne skupine kot pa v športu. Na tem področju trenutno ni raziskav, zato bi bilo treba naše predpostavke v prihodnje preveriti.

V praksi ugotavljamo veliko variabilnost v hitrosti izvedbe vaj pri večjem številu ponovitev (torej velikem, > 20 %, upadu hitrosti izvedbe). To pomeni, da je težko določiti končno število ponovitev znotraj serije, saj se velikokrat zgodi, da posameznik z eno ponovitvijo pade pod želeno mejo hitrosti izvedbe, takoj z naslednjo ponovitvijo pa znova poveča hitrost izvedbe in še vedno vadi v omejenem območju upada hitrosti. S tega vidika priporočamo, da se trenerji/kineziologi v praksi držijo pravila dveh ponovitev – torej, da vadeči zaključijo izvedbo serije, ko dveh zaporednih ponovitev ni sposoben izvesti pod določeno mejo upada hitrosti (npr. določena meja s 5-odstotnim upadom hitrosti, posameznik pa 2 zaporedni ponovitvi izvede z več kot 5-odstotnim upadom hitrosti).

Predstavljeni koncepti so praktično uporaben način za relativno prilagajanje bremena in načrtovanje obremenitve pri inercialski vadbi za moč (Spudić, 2022), kjer zaradi narave inercialskega bremena ni mogoče neposredno določiti 1RM. Ne smemo pa pozabiti tudi na to, da je lahko merjenje

hitrosti izvedbe giba uporabna povratna informacija za kontrolo tempa izvedbe tekočih koncentričnih ponovitev, ki se uporabljajo v metodah povečanja mišične mase in vzdržljivosti v moči.

V prihodnje so potrebne dodatne študije, saj kljub predstavljenim konceptom, ki se vsak zase izkažejo kot uporabni v praksi in učinkoviti za povečanje moči, ni empiričnih dokazov o tem, da je sistematična vadba na podlagi hitrosti ponovitve bolj učinkovita od tradicionalnih metod vadbe za moč (Orange, Hritz, Pearson, Jeffries, Jones, Steele idr., 2022). Te so v literaturi dobro teoretično podkrepjene s fiziološkimi mehanizmi. Glede na trenutne ugotovitve o učinkovitosti VBT, vzporednice tradicionalni vadbi in praktične izkušnje ima VBT največji potencial za razvoj hitre in maksimalne moči kot komplementarna metoda tradicionalnim metodam vadbe za moč. Klasično vadbo za moč na področju aktivacije, ki izhaja iz principov delovanja živčno-mišičnega sistema, lahko torej optimiziramo z merjenjem hitrosti izvedbe ponovitve, ki služi za ugotavljanje učinkovitosti izvedbe predvidenih ponovitev – predvsem eksplozivnih koncentričnih. Mehansko gledanje na vadbo za moč kot golo preračunavanje hitrosti, kot je to predstavljeno v dosednji literaturi, zamegli bistvo vadbe za moč in pomeni korak nazaj pri optimizaciji ciljno usmerjenih protokolov vadbe.

Literatura

1. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L. in Magnusson, P. (2002). Increase rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol*, 93, 1318–1326. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>
2. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P. in Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1318–1326. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>
3. Amarante, M., Cyrino, E. S. in Nakamura, F. Y. (2007). Validation of the Brzycki equation for the estimation of 1-RM in the bench press. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13(1), 40–42.
4. Andersen, L. L., Andersen, J. L., Zebis, M. K. in Aagaard, P. (2010). Early and late rate of force development: Differential adaptive responses to resistance training? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(1), 162–169. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00933.x>

5. Balsalobre-Fernández, C., Geiser, G., Krzyszkowski, J. in Kipp, K. (2020). Validity and reliability of a computer-vision-based smartphone app for measuring barbell trajectory during the snatch. *Journal of Sports Sciences*, 38(6), 710–716. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1729453>
6. Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Baz-Valle, E., Alonso-Molero, I., Jiménez, S. L. in Muñoz-López, M. (2017). Analysis of Wearable and Smartphone-Based Technologies for the Measurement of Barbell Velocity in Different Resistance Training Exercises. *Front. Physiol.*, 8(August), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00649>
7. Banyard, H. G., Nosaka, K. in Haff, G. G. (2017). Reliability and Validity of the Load-Velocity Relationship to Predict the 1RM Back Squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 1897–1904. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001657>
8. Behm, D. G. in Sale, D. G. (1993a). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 359–368. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.1.359>
9. Behm, D. G. in Sale, D. G. (1993b). Velocity Specificity of Resistance Training. *Sports Medicine*, 15(6), 374–388.
10. Bezerra, E. D. S., Pinto, S., Nogueira, T., Mendes, L., Avelino, A., Streit, I. in Abderrahman, A. Ben. (2019). Changes Neuromuscular and Functional Performance of Elderly After Velocity-based Resistance Training. *The Swedish Journal of Scientific Research*, 6(1), 51–56.
11. Bobbert, M. F. (2012). Why is the force-velocity relationship in leg press tasks quasi-linear rather than hyperbolic? *J Appl Physiol*, 112(12), 1975–1983. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00787.2011>
12. Conceição, F., Fernandes, J., Lewis, M., González-Badillo, J. J. in Jimenez-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *Journal of Sports Sciences*, 34(12), 1099–1106. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1090010>
13. Cormie, P., McGuigan, M. in Newton, R. (2011a). Developing Maximal Neuromuscular Power, Part 1. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38. <https://doi.org/10.1002/polb.23243>
14. Cormie, P., McGuigan, M. in Newton, R. (2011b). Developing Maximal Neuromuscular Power, Part 2. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146.
15. Del Vecchio, A., Casolo, A., Dideriksen, J. L., Aagaard, P., Felici, F., Falla, D. in Farina, D. (2022). Lack of increased rate of force development after strength training is explained by specific neural, not muscular, motor unit adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 132(1), 84–94. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00218.2021>
16. Dorrell, H. F., Moore, J. M., Gee, T. I., Dorrell, H. F., Moore, J. M., Comparison, T. I. G. in Moore, J. M. (2020). Comparison of individual and group-based load-velocity profiling as a means to dictate training load over a 6-week strength and power intervention dictate training load over a 6-week strength and power intervention. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–8. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1767338>
17. García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J. in Gregory Haff, G. (2018). Mean Velocity vs. Mean Propulsive Velocity vs. Peak Velocity: Which Variable Determines Bench Press Relative Load With Higher Reliability? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1273–1279.
18. González-Badillo, J. in Sánchez-Medina, L. (2010). Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *Int J Sports Med*, 31(April), 346–352.
19. Haff, G. G. in Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 2–12. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826db467>
20. 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*, 1–9.
21. Held, S., Speer, K., Rappelt, L., Wicker, P. in Donath, L. (2022). The effectiveness of traditional vs. velocity-based strength training on explosive and maximal strength performance: A network meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 13(August), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.926972>
22. Helms, E. R., Storey, A., Cross, M. R., Brown, S. R., Lenetsky, S., Ramsay, H., Dillen, C. in Zourdos, M. C. (2017). RPE and velocity relationships for the Back Squat, Bench Press, and Deadlift in Powerlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 292–297. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001517>
23. Hernández-Davó, J. L. in Sabido, R. (2014). Rate of force development; Reliability, improvements and influence on performance. *European journal of human movement*, 33(December), 46–69.
24. Hirsch, S. M. in Frost, D. M. (2019). *Considerations for Velocity-Based Training: The Instruction to Move "As Fast As Possible" Is Less Effective Than a Target Velocity*. 15.
25. Id, K. L., Wang, X., Han, M., Li, L., Id, G. P. N. in Id, Y. L. (2021). Effects of velocity based training vs. traditional 1RM percentage-based training on improving strength, jump, linear sprint and change of direction speed performance: A Systematic review with meta-analysis. *PLoS ONE*, 16(11), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259790>
26. Izquierdo, M., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ibáñez, J., Kraemer, W. J., Altadill, A., Eslava, J. in Gorostiaga, E. M. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*, 27(9), 718–724. <https://doi.org/10.1055/s-2005-872825>
27. Jaric, S. (2015). Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance Tasks. *Int J Sports Med*, 36(9), 699–704.
28. Jidovtseff, B., Croisier, J. L., Lhermerout, C., Serre, L., Sac, D. in Crielaard, J. M. (2006). The concept of iso-inertial assessment: Reproducibility analysis and descriptive data. *Isokinetics and Exercise Science*, 14(1), 53–62. <https://doi.org/10.3233/ies-2006-0221>
29. Jovanović, M. in Flanagan, E. P. (2014). RESEARCHED APPLICATIONS OF VELOCITY BASED STRENGTH TRAINING. *Cond., J. Aust. Strength*, 22(2), 58–69.
30. Kawamori, N. in Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 675–684. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2)
31. Kawamori, N. in Newton, R. U. (2006). Velocity Specificity of Resistance Training: Actual Movement Velocity Versus Intention to Move Explosively. *National Strength and Conditioning Association*, 28(2), 86–91.
32. Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N. in Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 109–1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
33. Marques, M. C. (2017). Movement velocity vs. strength training. *Motricidade*, 13(1), 1–2. <https://doi.org/10.6063/motricidade.12080>
34. McBride, J., Triplett-McBride, T., Davie, A. in Newton, R. U. (2002). The Effect of Heavy-Vs. Light-Load Jump Squats on the Development of Strength, Power, and Speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75–82.
35. Nagata, A., Doma, K., Yamashita, D., Hasegawa, H. in Mori, S. (2020). The effect of augmented feedback type and frequency on velocity-based training-induced adaptation and retention. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(11), 3110–3117. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002514>
36. Orange, S. T., Hritz, A., Pearson, L., Jeffries, O., Jones, T. W. in Steele, J. (2022). Comparison of the effects of velocity-based vs. traditional resistance training methods on adaptations in strength, power, and sprint speed: A systematic review, meta-analysis, and quality of

- evidence appraisal. *Journal of Sports Sciences*, 40(11), 1220–1234. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2059320>
37. Orange, S. T., Hritz, A., Pearson, L., Jeffries, O., Jones, T. W., Steele, J., Sciences, S. in Tyne, N. U. (2022). Effects of velocity-based training vs. alternative resistance training on changes in strength, power and sprint speed: a systematic review, meta-analysis and quality of evidence appraisal. *J Sports Sci*, 40(11), 1220–1234.
38. Orssatto, L. B. da R., Cadore, E. L., Andersen, L. L. in Diefenthaler, F. (2018). Why Fast Velocity Resistance Training Should Be Prioritized for Elderly People. *Strength and Conditioning Journal*, 41(1), 105–114. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000407>
39. 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. A. L. 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 and Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
40. Pareja-Blanco, F., Villalba-Fernández, A., Cornejo-Daza, P. J., Sánchez-Valdepeñas, J. in González-Badillo, J. J. (2019). Time course of recovery following resistance exercise with different loading magnitudes and velocity loss in the set. *Sports*, 7(3), 1–10. <https://doi.org/10.3390/sports7030059>
41. Pearson, M., García-Ramos, A., Morrison, M., Ramirez-Lopez, C., Dalton-Barron, N. in Weakley, J. (2020). Velocity loss thresholds reliably control kinetic and kinematic outputs during free weight resistance training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186509>
42. Pérez-Castilla, A., Jiménez-Reyes, P., Haff, G. G. in García-Ramos, A. (2021). Assessment of the loaded squat jump and countermovement jump exercises with a linear velocity transducer: which velocity variable provides the highest reliability? *Sports Biomechanics*, 20(2), 247–260. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1540651>
43. Pérez-Castilla, A., Jukic, I. in García-Ramos, A. (2021). Validation of a novel method to assess maximal neuromuscular capacities through the load-velocity relationship. *Journal of Biomechanics*, 127(August), 14–17. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110684>
44. Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Delgado-García, G., Garrido-Blanca, G. in García-Ramos, A. (2019). Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1258–1265. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000003118>
45. Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C. in García-Ramos, A. (2019). Precision of 7 commercially available devices for predicting bench-press 1-repetition maximum from the individual load-velocity relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1442–1446. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0801>
46. Pérez-Castilla, A., Ramirez-Campillo, R., Fernandes, J. F. T. in García-Ramos, A. (2022). Feasibility of the 2-point method to determine the load-velocity relationship variables during the countermovement jump exercise. *Journal of Sport and Health Science*, 00, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.11.003>
47. Perez-Castilla, A., Suzov, D., Domanovic, A. in Fernandes, John F.T. Garcia-Ramos, A. (2021). Validity of Different Velocity-Based Methods and Repetitions-To-Failure Equations for Predicting the 1Repetition Maximum During 2 Upper-Body Pulling Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(7), 1800–1808. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003076>
48. Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W. L., Gill, N. D. in Pedersen, M. C. (2011). Effect of instantaneous performance feedback during 6 weeks of velocity-based resistance training on sport-specific performance tests. *J Strength Cond Res*, 25(1), 87–93. www.nsca-jscr.org
49. Richens, B. in Cleather, D. J. (2014). The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biology of Sport*, 31(2), 157–161. <https://doi.org/10.5604/20831862.1099047>
50. Riscart-Lopez, J., Rendeiro-Pinho, G., Mil-Homens, P., Soares-daCosta, R., Loturco, I., Pareja-Blanco, F. in Leon-Prados, J. A. (2021). Effects of Four Different Velocity-Based Training Programming Models on Strength Gains and Physical Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 35(3), 596–603.
51. Rodríguez-Rosell, D., Martínez-Cava, A., Yáñez-García, J. M., Hernández-Belmonte, A., Mora-Custodio, R., Morán-Navarro, R., Pallarés, J. G. in González-Badillo, J. J. (2021). Linear programming produces greater, earlier and uninterrupted neuromuscular and functional adaptations than daily-undulating programming after velocity-based resistance training. *Physiology and Behavior*, 233(January). <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113337>
52. Rosell, D. R. in Custodio, R. M. (2018). Relationship Between Velocity Loss and Repetitions in Reserve in the Bench Press and Back Squat Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1–11. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002881>
53. Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 20(5), 135–145.
54. Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A. in Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements-Altius: Citius or Fortius? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(2), 313–322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>
55. Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., Pérez, C. E. in Pallarés, J. G. (2014). Velocity and power-load relationships of the bench pull vsBench press exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 35(3), 209–216. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1351252>
56. Sanchez-Medina, L. in González-Suárez, J. (2009). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine & Science in Sports*, 43(April), 142–152. <https://doi.org/10.1249/MSS.ObO>
57. Spudić, D. (2022). PRIMERJAVA RAZLIČNIH PROTOKOLOV INERCIJSKE VADBE ZA MOČ NOG. V Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=139102>
58. Strojnik, V., Štirn, I. in Dolenec, A. (2017). Struktura moči kot izhodišče vadbe za moč. *Šport: revija za teoretična in praktična vprašanja športa*, 65(1/2), 153–158.
59. Thompson, S. W., Olusoga, P., Rogerson, D., Ruddock, A. in Barnes, A. (2022). “Is it a slow day or a go day?“. The perceptions and applications of velocity-based training within elite strength and conditioning. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 0(0), 1–12. <https://doi.org/10.1177/17479541221099641>
60. Walker, J. R. S. in Blanco, F. P. (2022). Velocity-based resistance training: do women need greater velocity loss to maximize adaptations? *European Journal of Applied Physiology*, 122(5), 1269–1280. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04925-3>
61. Weakley, J., Mann, B., Banyard, H. G. in McLaren, S. (2021). Velocity-Based Training: From Theory to Application. *Strength & Conditioning Journal*, 43(2), 31–49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000560>
62. Weakley, J., McLaren, S., Ramirez-lopez, C., García-, A., Dalton-barron, N., Banyard, H., Mann, B., Weaving, D. in Jones, B. (2022). Application of velocity loss thresholds during free-weight resistance training: Responses and reproducibility of perceptual, metabolic, and neuromuscular outcomes. *Journal of Sports Sciences*, 00(00), 1–9. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1706831>
63. 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*, 14(2), 180–188. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-1008>
64. Weakley, J., Wilson, K. M., Till, K., Read, D. B., Darrall-Jones, J., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J. in Jones, B. (2019). Visual feedback attenuates mean concentric barbell velocity loss and improves motivation, competitiveness, and perceived workload in male adolescent athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(9), 2420–2425. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002133>
65. Weakley, J., Wilson, K., Till, K., Banyard, H., Dyson, J., Phibbs, P., Read, D. in Jones, B. (2020). Show Me, Tell Me, Encourage Me: The Effect of Different Forms of Feedback on Resistance Training Performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(11), 3157–3163.
66. Zając, A., Chalimoniuk, M., Golaś, A., Lngfort, J. in Maszczyk, A. (2015). Central and peripheral fatigue during resistance exercise – A critical review. *Journal of Human Kinetics*, 49(1), 159–169. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0118>
67. Zhang, X., Feng, S., Peng, R. in Li, H. (2022). *The Role of Velocity-Based Training (VBT) in Enhancing Athletic Performance in Trained Individuals : A Meta-Analysis of Controlled Trials*.

dr. Darjan Spudić, mag. kin.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport

darjan.spudic@fsp.uni-lj.si