Kinetička analiza stražnjeg čučnja kod različitih struktura setova

Jukić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:555656

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET
(studij za stjecanje akademskog naziva:
magistar kineziologije)

Ivan Jukić

KINETIČKA ANALIZA STRAŽNJEG ČUČNJA KOD RAZLIČITIH STRUKTURA SETOVA

Diplomski rad

Mentor:
Doc. dr. sc. Sanja Šalaj

Zagreb, travanj, 2018.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

Student:

Popis i objašnjenje kratica korištenih u ovom radu

TS	"Tradicionalna" struktura seta
RR	Struktura seta "Redistribuirani intervali odmora" *(engl. Rest Redistribution Protocol)*
HFRR	Struktura seta "Visoko frekventni redistribuirani intervali odmora" (*engl. High Frequency Rest Redistribution Protocol)*
KS	"Klaster" struktura seta
MV	Prosječna brzina koncentričnog dijela pokreta *(engl. Mean Velocity)*
MP	Prosječni izlaz snage koncentričnog dijela pokreta *(engl. Mean Power)*
PV	Vršna brzina koncentričnog dijela pokreta *(engl. Peak Velocity)*
PP	Vršni izlaz snage koncentričnog dijela pokreta *(engl. Peak Power)*
AF	Prosječna sila koncentričnog dijela pokreta *(engl. Mean Force)*
PF	Vršna Sila koncentričnog dijela pokreta *(engl. Peak Force)*
RPE	Subjektivni osjećaj opterećenja *(engl. Rating of Percieved Exortion)*
% MV	Postotak opadanja brzine koncentričnog dijela pokreta *(engl. Velocity Decrement)*
% MP	Postotak opadanja izlaza snage koncentričnog dijela pokreta *(engl. Power Decrement)*
ES	Veličina učinka / Magnituda razlika *(engl. Effect Size)*
CI	Granica sigurnosti *(engl. Confidence Interval)*
ANOVA	Analiza varijance
MVT	Minimalni prag brzine *(engl. Minimal Velocity Treshold)*

KINETIČKA ANALIZA STRAŽNJEG ČUČNJA KOD RAZLIČITIH STRUKTURA SETOVA

Sažetak

Mnoge strukture setova se danas primjenjuju prilikom izvođenja vježbi s vanjskim opterećenjem. Najčešće zastupljena struktura seta je ona tradicionalna (TS) koja podrazumijeva izvođenje ponavljanja bez intervala odmora unutar pojedinog seta. Za razliku od nje, strukture setova redistribuiranih intervala odmora (RR) kao i visoko redistribuiranih intervala odmora (HFRR) koje uključuju češće periode odmora, se također koriste u praksi. Cilj ovog istraživanja je bio usporediti utjecaje HFRR, RR i TS struktrua na brzinu izvođenja koncentričnog dijela pokreta (MV), izlaz snage (MP) kao i njihovo opadanje kroz ponavljanja te subjektivni osjećaj opterećenja (RPE). 26 iskusnih rekreativnih vježbača (starosti: 28 ± 5.44, tjelesne mase: 84.6 ± 10.5 kg, omjer 1RM/tjelesna masa: 1.82 ± 0.33) su pristupili laboratoriju četiri puta kako bi odradili 1RM test u stražnjem čučnju i tri eksperimentalna testa s pripadajućim strukturama setova. Svaka struktura se izvodila sa 70% od njihovog predodređenog 1RM-a dok je njihov redosljed bio određen po slučaju. Rezultati su pokazali značajne razlike u kojima se HFRR struktura pokazala superiornijim nad RR ($p<0.05$, ES=0.61) i TS ($p<0.05$, ES=0.81) za sprječavanje opadanja MV ali i MP ($p<0.05$, ES=0.56; $p<0.05$, ES=0.71) kroz ponavljanja kao i nižim RPE ocjenama usporedno s RR ($p<0.01$, ES=0.88) i TS ($p<0.01$, ES=1.99). Razlike između RR i TS nisu bile značajne kod analize opadanja MV ($p>0.05$, ES=0.12) i MP ($p>0.05$, ES=0.09) dok je RPE bio značajno niži kod RR usporedno s TS ($p>0.05$, ES=0.93). S višim RPE ocjenama i opadanjem kinetičkih parametara uočenih kod TS i RR, HFRR struktura se čini mnogo boljim izborom u treningu kada je cilj maksimalan razvoj brzine, snage i snižavanje RPE ocjena kod sportaša. Treneri bi trebali biti svjesni potencijalnog pada kinetičkih parametara i viših RPE ocjena povezanih s TS i RR. Sukladno tome, kraći, ali visoko frekventni intervali odmora koji su karakteristika HFRR strukture seta, bi se trebali implementirati kako bi se osigurale maksimalne trenažne adaptacije u identičnom trajanju treninga.

Ključne riječi: Trening s vanjskim opterećenjem, brzina, snaga, RPE

KINETIC ANALYSIS OF THE BACK SQUAT EXERCISE USING DIFFERENT SET STRUCTURES

Summary

Traditionally, repetitions in each set are performed in sequence with no rest between repetitions and therefore has been defined as traditional set structure (TS). One potential strategy to overcome this problem is to implement rest redistribution (RR) and high frequency rest redistribution (HFRR) protocols which consist of more frequent rest periods compared to TS. The purpose of this study was to compare the influence of TS, RR and HFRR set structures on RPE, velocity and power decrement during a high volume back squat session where the total time, number of repetitions, and load were equal across structure protocols. 26 strength-trained males (age 28 ± 5.44, body mass 84.6 ± 10.5 kg, 1RM-to-body-mass ratio 1.82 ± 0.33) reported to the lab four times to perform 1RM testing and three experimental sessions with their respective protocols. Each protocol was performed with 70% of participants' predetermined 1RM. The order of each protocol was randomized. The results showed significant differences between the protocols where HFRR was superior to RR ($p<0.05$, ES=0.61) and TS ($p<0.05$, ES=0.81) while attempting to prevent velocity decrement across the repetitions. In addition, the same was observed in power measures compared to RR ($p<0.05$, ES=0.56) and TS ($p<0.05$, ES=0.71) respectively. Significantly lower RPE scores were observed in HFRR compared with RR ($p<0.01$, ES=0.88) and TS ($p<0.01$, ES=1.99). Differences between RR and TS were not observed in velocity ($p>0.05$, ES=0.12) and power decrement ($p>0.05$, ES=0.12) while significantly lower RPE scores were observed in RR compared to TS ($p>0.05$, ES=0.93). With the higher RPE scores and decreases in velocity and power observed in TS and RR, HFRR appears to be a more appropriate protocol when the goal is to maximize velocity and power and reduce RPE scores of an athlete. Coaches should be aware of potential velocity/power decrement and higher RPE scores associated not only with TS, but to a lesser extent with RR. Therefore, shorter but more frequent rest periods should be utilized to ensure maximum training adaptation while keeping total training time the same.

Key words: Resistance Traininig, Velocity, Power, RPE

Sadržaj

1. Uvod 10
   1.1 Važnost izvođenja vježbi s otporom maksimalnom brzinom 20
   1.2. Dosadašnje spoznaje o različitim strukturama setova i njihov utjecaj na koncetrični dio pokreta kod raznih vježbi 22
2. Problem istraživanja 24
3. Cilj istraživanja 27
4. Metode istraživanja 27
   4.1. Ispitanici 27
   4.2 Eksperimentalni dizajn 27
   4.3 Protokol mjerenja 28
   4.4 Metode prikupljanja podataka 29
5. Statistička obrada podataka 31
6. Rezultati 31
7. Rasprava 35
8. Zaključak 38
9. Literatura 39

Zahvale

Gledajući unazad, ovo putovanje od 5, odnosno 6 godina koliko je trajalo, prošlo je jako brzo. Kada krenem razmišljati o upisu Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, shvatim koliko je zapravo vremena prošlo. Mnogi ljudi su utjecali na moju odluku da upišem ovaj fakultet a još više njih je utjecalo na moj osobi ali i profesionalni razvoj na mom putu do diplome. Međutim, spomenuti ću samo ključne. Prva na listi je moja majka, zbog koje mi, unatoč teškim životnim ali i financijskim situacijama, nikada ništa nije nedostajalo. Također, stvari koje si me naučila dok sam bio dijete su me spremile na potpuno osamostaljenje i život podalje od kuće. Mislim da sam se poprilično snašao i dijelom mi je žao što su naši susreti zbog toga bili jako rijetki. Hvala ti na svemu! Slično tome, iako nije imao puno vremena, zahvaljujem i svom preminulom ocu koji me učio nekim ljudskim kvalitetama koje mi danas ni malo ne olakšavaju život ali zbog kojih imam osjećaj da sve ima smisla. Stricu Anti, zbog mnogih razgovora kroz moje djetinjstvo koje su zasigurno doprinjele mom intelektualnom razvoju i uvijek širem pogledu na stvari oko nas. Izvan obitelji, nekoliko je ključnih osoba za koje smatram da ih je važno spomenuti.

Doc. dr. sc. Daniel Bok, uzimajući me za ispitanika u Vašem eksperimentu za doktorski rad, niste bili ni svjesni koliko ćete utjecati na formiranje mog pogleda na struku. Iako sam i prije dolaska na fakultet mnogo čitao van potrebnog, uvid u znanost putem sudjelovanja u vašem eksperimentu mi je dalo do znanja kojim putem želim ići. Također Vaši odgovori na mnoga pitanja kao i popriličan broj konzultacija koji uopće nisu bili tematika aktualnih predavanja već struke općenito, su me uvijek dodatno motivirale na rad.

Doc. dr. sc. Vlatko Vučetić, u suradnji s Vama u dijagnostičkom centru, gdje ste me primili iako tada nije bilo mjesta, sam u najmanju ruku naučio jako puno. Stekao mnoga poznanstva, imao velik broj susreta s vrhunskim sportašima kao i priliku testirati cijelu momčad nogometne reprezentacije. Također, veliki broj konzultacija teoretske, praktične ali i životne tematike su jako doprinjele mom osobnom razvoju. Mnogo ste mi pomogli u više navrata posuđujući opremu dijagnostičkog centra, naročito kod provođenja istraživanja za rektorovu nagradu ali i moje privatne svrhe kada sam radio u nogometnim klubovima. To se ne zaboravlja. Žao mi je što se neki planovi nisu na kraju ostvarili.

Doc. dr. sc. Sanja Šalaj, Vaše mentorstvo, sada već dvostruko, je iznimno utjecalo na moj osobni razvoj. Kod Vas sam imao priliku prvi puta biti demonstrator na strašnom predmetu "Teorija treninga" gdje sam stekao praktično iskustvo asistencije u nastavi. Također, sudjelovanjem u Vašem projektu "Motorički razvoj i vježbanje djece predškolske dobi" sam

definitivno sam sebi potvrdio što želim raditi u životu. Iako nije vezano za gore navedenu temu, iznimno sam zahvalan na tome. Velik broj puta ste pronalazili vrijeme za moja pitanja razne naravi, te me savjetovali u bezbroj slučajeva. Vjerujem da sam nekad bio dosadan i naporan, ali preživjeli ste, a meni ste puno pomogli što ću uvijek jako cijeniti. Na kraju, pod Vašim mentorstvom sam proveo prvi vlastiti eksperiment za Rektorovu nagradu te ste mi jako pomogli da taj rad bude vrijedan osvajanja iste. Hvala Vam na svemu!

Mike Young, PhD, pozivajući me na praksu u Vaš centar u North Carolini u SAD-u, ste otvorili mnoga vrata mojoj profesionalnoj karijeri. Za vrijeme mog boravka tamo, podržali ste moj rad stipendijom iako niste morali što mi je uvelike olakšalo financijsko preživljavanje u SAD-u. Također, dopustili ste mi da provedem istraživanje na kojem ću evo, čini se, diplomirati. Vi ste također mentor ovog rada iako Vaše ime nije na papiru. Poticali ste me i konstantno ukazivali na moj potencijal zbog kojeg sam radio na sebi još više. Također, Vaša ponuda da ostanem, odnosno da se vratim nakon diplome u SAD raditi, sve govori sama za sebe. Potvrdili ste ono čemu su me otac i majka učili, a to je da se rad uvijek isplati. Hvala!

James Tufano, PhD, Vaš interes za moj rad tijekom boravka u SAD-u je rezultirao današnjim projektima na kojima skupa radimo. Ne znam ni sam broj e-mailova na koje ste odgovorili kako bi ovaj, a i još neki projekti na kojima radimo, bili što kvalitetniji. Imali ste velik utjecaj u jako malo vremena na mene i moj osobni razvoj. Također, Vaša ponuda da dođem na doktorski studij pod Vašim mentorstvom je kruna ovog puta kojeg sam prolazio posljednjih 6 godina.

Vido Bošković, prijatelju moj, priče s tobom kao i treninzi u predragoj nam fakultetskoj teretani su značajno utjecale na moj osobni ali i profesionalni razvoj. Razina kriticizma koju smo gradili pričajući o razno raznim temama nas je dovela do velikog prijateljstva koje će trajati jako jako dugo. Skupa smo napisali samo jedan rad, iako smo ih mogli napisati pedeset. Samo da je bilo snimiti naše razgovore. Iako nam interesi nisu najsličniji, u onim bitnim stvarima se slažemo 100%. Na kraju, pročitao si i ovaj diplomski valjda pet puta i dao valjda 10 puta više kritika na kojima sam ti jako zahvalan. Hvala!

Mladen Jovanović, tvoji radovi i tvoj blog "Complementary Training" je drastično utjecao na način mog razmišljanja u vezi s našom strukom. Mnogo si pomogao indirektno svojim praktičnim rješenjima koje sam koristio u praksi a često i kao argumente u nekim raspravama. Čitajući tvoja razmišljanja i iskustva u praksi sam u mnogo slučajeva izgledao drugima "pametan". Konačno, danas smo prijatelji te ćemo skupa raditi na tvom doktoratu i mojoj aplikaciji za isti, a nadam se i na mnogim budućim projektima! Hvala ti na načinu razmišljanja kojem si me indirektno i direktno poučio te učinio većim stručnjakom. Nadam se da ću sljedeću zahvalu napisati u "*R markdownu*"!

Želim zahvaliti i svim svojim prijateljima, kolegama na KIFu a i ostalim poznanicima koji su učinili moj život ljepšim i lakšim u svim aspektima za vrijeme mog studiranja. Bez vas svih, to nebi bilo to.

Zahvale idu i svim mojim prijateljima ispitanicima u SAD-u bez kojih također ovo nebi bilo moguće. Odvojili ste svoje vrijeme te se pridržavali strogih metodoloških kriterija koje sam postavio ali i protokola koje sam kreirao. Imao sam osjećaj kao da testiram obitelj, a ne ljude koje sam upoznao "jučer". Iznimna mi je čast i zadovoljstvo što sam imao priliku raditi i družiti se s vama.

Na kraju želim zahvaliti i svojoj djevojci Katarini koja se uvijek nosila s mojim perfekcionizmom podržavajući me, iako to nije uvijek išlo u prilog našem odnosu. Tvoja neiscrpna količina razumijevanja je uvelika pomogla da budem danas to što jesam. Mnogo puta si pomogla svojom gramatičkom "ekspertizom" kao i čitanjem i statističkim analizama mojih stvari koje uopće nisu područje tvog interesa. Uvijek si se trudila pomoći, a ne rijetko i zanemariti svoje obveze kako bi pomogla meni. Nisam to tražio, niti sam znao, ali sam shvatio da je bilo tako oduvijek zbog čega mi je malo žao, al opet i drago jer shvaćam koga imam uza sebe. Podržavala si me u svakoj mojoj odluci, iako bi to značilo da se nećemo vidjeti više mjeseci (odlazak u SAD), ali si vjerovala kako je to ispravna stvar. Nikad neću zaboraviti ni fiziologiju, ni teoriju treninga zbog kojih smo se viđali na kapaljku no ti si sve to podnosila bez primjedbi. No, zato sada dosađujemo jedan druge kao nikad. Riječ hvala je malo.

1. Uvod

Tradicionalno, sportaši koji žele povećati razinu svoje mišićne jakosti, snage, mišićne mase ili sport-specifičnih sposobnosti, najčešće navedeno postižu treningom s vanjskim opterećenjem (Kraemer, Ratamess & French, 2002). U cilju maksimiziranja benefita putem treninga s vanjskim opterećenjem, tri se principa moraju uzeti u obzir: 1) progresivno povećanje opterećenja, 2) specifičnost i 3) varijacija. Progresivno povećanje opterećenja podrazumijeva, kao što i samo ime kaže, postepeno povećanje trenažnog stresa koji sportaš podnosi za vrijeme treninga. U načelu, trening s opterećenjem učinkovit je u unapređenju sportske izvedbe isključivo ukoliko je sportaš konstantno podvrgnut sve većim opterećenjima kroz određeno vrijeme. Specifičnost se odnosi na odgovor tijela i naknadne adaptacije na različite trenažne varijable. Fiziološke adaptacije treninga s opterećenjem specifične su mišićnom radu (Dudley, Tesch, Harris, Golden & Bauchanan, 1991), brzini pokreta (Dudley i sur., 1991), opsegu pokreta (Bandy & Hanten, 1993), treniranim mišićnim skupinama, sudjelovanju energetskih sustava (Feigenbaum & Pollock, 1999) te intezitetu i volumenu treninga (Häkkinen, Komi & Alen, 1985). Najefektivniji programi kreirani su individualno za svakog pojedinca posebno kako bi osigurali navedene specifične adaptacije. Varijacija se odnosni na sistematično mijenjanje trenažnih varijabli kroz vrijeme kako bi se osigurao opstanak adekvatnog trenažnog stimulansa. Pokazalo se kako je varijacija ključna za dugoročni napredak sportaša (Stone i sur., 2000). Esencijalna stvar svakog individualiziranog trenažnog programa je akutna manipulacija varijabli kojima želimo unaprijediti određenu sposobnost. Navedene varijable su: 1) intezitet (opterećenje), 2) ekstenzitet (broj serija i ponavljanja), 3) napor, 4) izbor vježbi, 5) poredak vježbi u treningu, 6) odmor između serija, 7) brzina izvođenja vježbe, 8) subjektivni osjećaj opterećenja, 9) frekvencija. Promjena nekih od varijabli značajno utječe na akutne i kronične fiziološke adaptacije kod treninga s opterećenjem.

Kako bi se neki okvirni plan i program mogao kreirati, a zatim i trening točno definirati, potrebno je uvrstiti određene metode praćenja rezultata sportaša za vrijeme treninga. Kada je riječ o hipertrofiji, gotovo uvijek se razlike mogu uočiti samo promatranjem sportaševog

izgleda uz praćenje povećanja tjelesne mase i obima pojedinih dijelova tijela. Jakost i snaga se pak mjere različitim progresivnim testovima opterećenja, kojima je glavni cilj podići maksimalnu moguću kilažu, odnosno, skočiti što više u zrak, dalj ili baciti neki predmet što je dalje moguće. Nadalje će biti isključivo govora o testovima maksimalne jakosti.

Neki od najčešćih testova maksimalne jakosti su 1RM (opterećenje koje osoba može podići samo jednom) u čučnju, potisku s klupe, nabačaju snagom s visokom razinom pouzdanosti (ICC > 0.91; CV < 4.3%) (McMaster, Gill, Cronin & McGuigan, 2014). Tradicionalno, manipuliranjem nekim akutnim varijablama kao što su: izbor i redoslijed vježbi u treningu, intezitet odnosno opterećenje (postotak od 1RM-a), broj ponavljanja i serija te odmor između istih nastoji se postići neke specifične fiziološke adaptacije (Crewther, Cronin & Keogh, 2006; Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010; Sanchez-Medina & Gonzalez Badillo, 2011). Među navedenim varijablama, intezitet se često smatra najvažnijom te se predstavlja i kao relativno opterećenje odnosno postotak od 1RM-a (Crewther i sur., 2006, Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010). Takav tradicionalan pristup podrazumijeva testiranje sportaševih maksimuma u određenoj vježbi putem progresivnog testa opterećenja odnosno izvođenjem broja ponavljanja sa submaksimalnim težinama dok se ne postigne mišićni otkaz. Submaksimalna metoda, pomoću koje se procjenjuje 1RM u određenoj vježbi također se pokazala pouzdanom (Reynolds, Gordon & Robergs, 2006). Nadalje, navedeni pristup omogućava trenerima da utvrde sportašev 1RM te putem istog prepišu relativno opterećenje (u postotcima), ali i apsolutnu kilažu koju sportaš mora u određenoj vježbi podignuti u nekom broju serija i ponavljanja. Ovaj tradicionalan pristup se u praksi počeo provoditi davnih dana te je i danas najčešći način programiranja treninga. Međutim, može se reći kako ovaj pristup ima mnogo mana. Naime, izravan test maksimalne jakosti u čučnju često može dovesti do ozljeda sportaša, oduzima mnogo vremena i nepraktičan je u radu s velikim grupama sportaša (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010). Također, taj se maksimum (1RM) može mijenjati jako brzo, pogotovo kod „novih“ sportaša te istovremeno može biti uvjetovan normalnim biološkim varijabilitetom, sposobnošću adaptacije na trening, količini sna, životnim navikama i prehranom (Jovanović & Flanagan, 2014). Navedeno nadalje ističe probleme periodizacije treninga objašnjenih u prethodnom poglavlju.

Zbog prethodno istaknutih limitacija tradicionalnog pristupa, bilo je potrebno naći metodu koja će na objektivniji način omogućiti praćenje opterećenja za vrijeme treninga s utezima. Mnogo objektivnija, a ipak subjektivna metoda je preskripcija treninga putem subjektivnog osjećaja opterećenja sportaša (1-10 RPE skala). Originalnu RPE skalu razvio je Gunnar Borg prije više

od 40 godina (Borg, 1970) i uglavnom se koristila za praćenje opterećenja aerobnih vježbi. Navedena skala je prva koja je iskazivala ocjene u vidu percepcije napora sportaša od 1 do 10. Kasnije se počela provoditi i u treningu s vanjskim opterećenjem (Morishita, Yamauchi, Fujisawa & Domen, 2013). Ova metoda zapravo predstavlja jedan od oblika autoregulacije treninga. Termin autoreglacija odnosi se na unošenje elemenata individualizacije u određeni plan i program rada. Opisuje se i kao trening koji se prilagođava trenutnim izvedbama sportaša te dozvoljava njihov napredak vlastitim tempom u funkciji ostvarenja adaptacije na trening (Mann, 2010). Mnogo je različitih načina autoregulacije dok su oni najčešći biranje „težine" treninga na temelju sportaševe trenutne spremnosti (Colquhoun i sur., 2017; McNamara & Stearne, 2010) kao i preskripcija opterećenja (npr kilaže u određenoj vježbi s otporom) putem percipiranog napora prije nego putem 1RM-a (Zourdos, 2016). Kraemer, Noble, Clark & Culver (1987) pokazali su kako RPE značajno korelira s koncetracijom laktata u krvi (r = 0.84). Također, ustanovljeno je kako ispitanici daju više ocjene na RPE skali (veća percepcija umora) kako se vanjsko opterećenje vježbe povećava (Suminski i sur., 1997; Lagally, McCaw, Young, Medema & Thomas, 2002; Day, McGigan, Brice & Foster, 2004). Navedena istraživanja potvrđuju kako RPE skala može pouzdano procijeniti stupanj zamora izazvanog isključivo akumulacijom metaboličkih produkata poput hidrogenih iona, a ne nužno postotkom 1RM-a (Robertson i sur., 2003).

Tablica 1. Skala subjektivnog osjećaja opterećenja (Borg, 1982).

Borgova RPE skala temeljena na subjektivnom osjećaju opterećenja	
10	*Maksimalan napor*
9	*Jako teško*
8	*Teško*
7	*Teško*
6	*Donekle teško*
5	*Umjereno*
4	*Umjereno*
3	*Lagano*
2	*Lagano*
1	*Jako, jako lagano*

Kod treninga s vanjskim opterećenjem, isključivo korištenim za unapređenje jakosti i snage, sve se više koristi i RPE skala bazirana na broju ponavljanja koje određeni sportaš ima u „rezervi“ (RIR skala). Navedenu je skalu konceptualizirao Michael Tuchscherer kao modificiranu verziju Borg-ove 1-10 RPE skale (Borg, 1982). Skala se bazira na broju ponavljanja koju osoba može izvesti nakon što odradi određeni broj ponavljanja, odnosno set u nekoj vježbi (Tablica 2). Iako je ovaj koncept predstavljen u knjizi „The Reactive Training Manual“ (Tuchscherer, 2008) navedenog autora objavljenoj 2008. godine, skala je tek nedavno postala predmet znanstvenih istraživanja (Zourdos, 2016). Jedina, ali ipak značajna mana ove metode jest ta što ovisi o iskusnosti sportaša. Naime, pokazalo se kako su iskusniji vježbači puno precizniji u procjeni broja ponavljanja koje su sposobni izvesti nakon što su već odradili određeni broj ponavljanja u pojedinom setu (Testa, Noakes & Desgorces, 2012; Eston & Williams, 1988; Zourdos, 2016).

Tablica 2. Skala subjektivnog osjećaja opterećenja temeljena na broju ponavljanja u rezervi (Zourdos, 2016).

RPE skala temeljena na broju ponavljanja u rezervi	
10	*Nemogućnost izvođenja ni jednog dodatnog ponavljanja niti većeg opterećenja*
9.5	*Nemogućnost izvođenja ni jednog dodatnog ponavljanja, mogućnost malog povećanja opterećenja*
9	*Mogućnost izvođenja još jednog ponavljanja*
8.5	*Definitivno moguće izvođenje još jednog ponavljanja, možda i dva*
8	*Mogućnost izvođenja još dva ponavljanja*
7.5	*Definitivno moguće izvođenje još dva ponavljanja, možda i tri*
7	*Mogućnost izvođenja još tri ponavljanja*
5-6	*Mogućnost izvođenja još četiri do šest ponavljanja*
1-4	*Jako lagan do lagan napor*

Brzina kretanja (utega, šipke, sportaša) za vrijeme vježbe jedna je od varijabli pomoću koje možemo na objektivan način iskazati opterećenje pojedinog ponavljanja, seta, treninga

(Gonzales-Badillo & Sanchez Medina, 2010). Jedan od razloga zašto se donedavno ova metoda nije koristila je i taj što do sada nije bilo preciznih uređaja koji bi tu brzinu kretanja mogli pouzdano mjeriti (Gonzales-Badillo & Sanchez Medina, 2010). Pojavom uređaja kao što su GymAware™ (GymAware Power Tool, Kinetic Performance Technologies, Canberra, Australia) i PUSH™ (PUSH band, PUSH Inc., Toronto, Canada) postalo je moguće mjeriti brzinu kretanja za vrijeme treninga s vanjskim opterećenjem. Iako mjere brzinu pokreta i ostale fizičke izvedenice različitim putem, oba uređaja su valjana i pouzdana za mjerenja istih (Drinkwater, Galna, McKenna, Hunt & Pyne, 2007; Taylor, Cronin, Gill, Chapman & Sheppard, 2010; Crewther i sur., 2011; Balsalobre-Fernandez, Kuzdub, Poveda-Ortiz & del Campo-Vecino, 2016; Sato, Beckham, Crroll, Bayzler & Sha, 2015).



Slika 3. Gymaware uređaj za mjerenje kinetičkih parametara (Gymaware, Kinetic Performance Technologies, Canberra, Australia).

Navedeni uređaji mjere jako velik broj varijabli od kojih su prosječna sila (AF), vršna sila (PF),

prosječna brzina (MV), vršna brzina (PV), prosječna snaga (MP) i vršna snaga (PP) od najvećeg praktičnog značaja za jednog trenera i sportskog znanstvenika. Primjerice, MV uzima u obzir prosječnu brzinu koncentričnog dijela pokreta te predstavlja značajniju varijablu ukoliko se radi o vježbi zatvorenog kinetičkog lanca, dok bi PV kao vršna brzina bila korisnija kod vježbi otvorenog kinetičkog lanca. Logično je zaključiti razlog zbog kojih vršni i prosječni parametar određene varijable bolje reprezentiraju određenu vježbu. Naime, u vježbi zatvorenog kinetičkog lanca (npr. čučnja), sportaš se, podižući iz donje pozicije čučnja, zaustavlja u gornjoj krajnjoj poziciji prilikom maksimalne ekstenzije kuka i koljena. Ukoliko je opterećenje dovoljno nisko (< 50% 1RM), sportaši će gotovo pola opsega pokreta vježbe provesti u zaustavljanju kako bi izbjegli prekomjeran stres na zglobove i tetive. Rastom opterećenja, pokret je sve sporiji te deceleracija sada ne predstavlja problem, ali je pokret jako spor te nam „vršni“ parametar ovdje ne znači previše. S druge strane, ukoliko se radi o vježbi kao čučanj-skok, ili još bolje, olimpijskim dizanjima i njihovim derivatima, vršni parametri su ovdje od velikog značaja zbog silne produkcije sile pri velikim brzinama, koji su zapravo ključni pokazatelji snage pojedinca.



Slika 4. PUSH traka za mjerenje kinetičkih parametara (PUSH, Inc., Toronto, Canada)

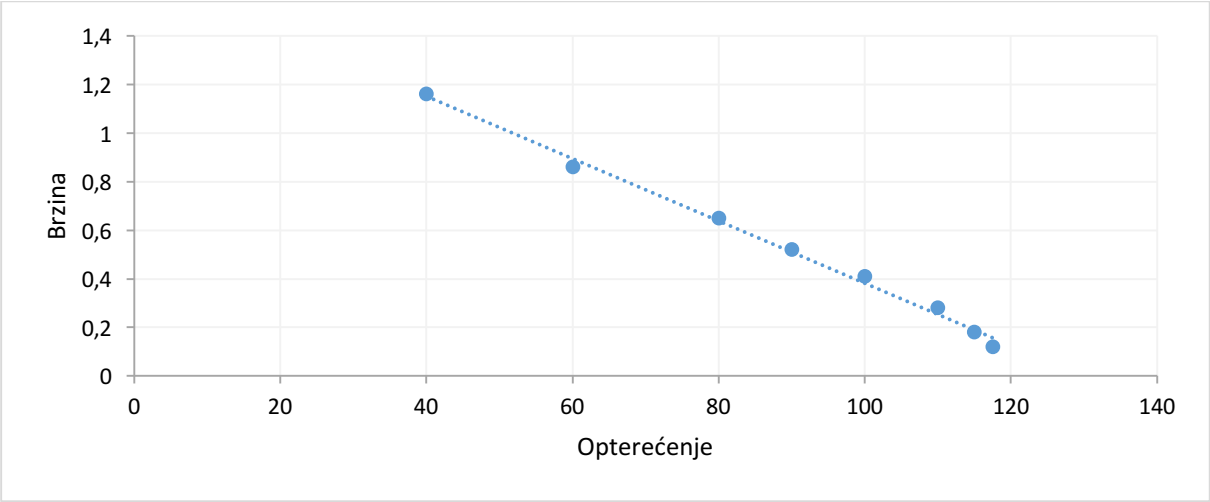
Mjerenjem brzine pokreta možemo dobiti više praktičnih informacija o našim sportašima.

1) razviti profil opterećenja/brzine pojedinog sportaša
2) procijeniti 1RM putem submaksimalnih opterećenja
3) procijeniti dnevnu spremnost, odnosno 1RM tog dana
4) razviti profil napor/brzina pojedinog sportaša
5) koristiti brzinu za programiranje treninga

Razvijanje profila opterećenja/brzine kod sportaša moguće je iz razloga što postoji nedjeljiva veza između opterećenja i brzine koja nam može omogućiti da jednim procijenimo drugo (Jovanović & Flangan, 2014). Naime, brzina koncentrične mišićne radnje se smanjuje s povećanjem proizvedene sile i povećanjem vanjskog opterećenja (Cronin, McNair& Marshall, 2004; Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010; Jidovtseff, Harris, Crielaard & Cronin, 2011, Sanchez-Medina, Perez & Gonzalez-Badillo, 2011). Postoji više metoda utvrđivanja ovog profila, od kojih je najrecentnija ona Jovanovića i Flangana (2014) koji nalažu izvođenje dva do tri ponavljanja s 40% od 1RM-a, dva ponavljanja s 40-50% 1RM-a, dva ponavljanja s 60-70% 1RM-a, jedno ponavljanje s 70-80% 1RM-a te jedno ponavljanje s 80-85% od 1RM-a. Predlažu se, u skladu s ostalom literaturom, periodi pasivnog odmora u trajanju od tri minute (Bosquet, Porta-Benache & Blais, 2010; Jovanović & Flanagan, 2014) između navedenih serija.

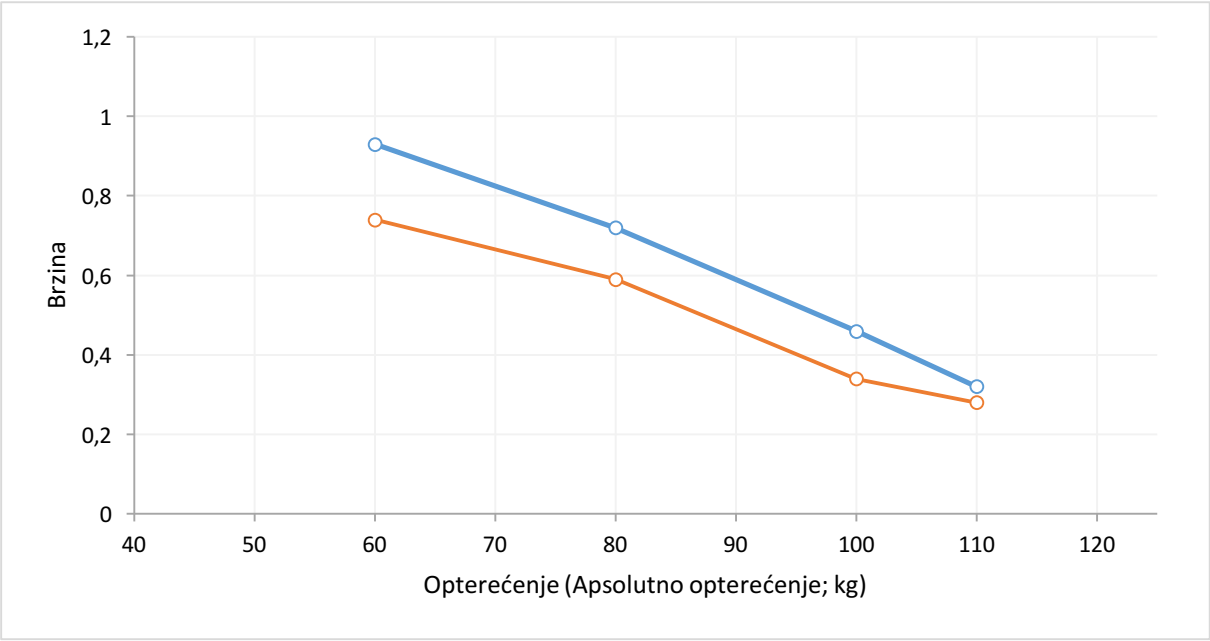
Set #	Opterećenje	Brzina (m/s)	%1RM
1	40	1.16	34%
2	60	0.86	51%
3	80	0.65	68%
4	90	0.52	77%
5	100	0.41	85%
6	110	0.28	94%
7	115	0.18	98%
8	117.5	0.12	100%

Slika 5. Profil opterećenje/brzina.



Slika 6. Progresivni test opterećenja u vježbi potisak s klupe te povezanost između brzine i količine opterećenja.

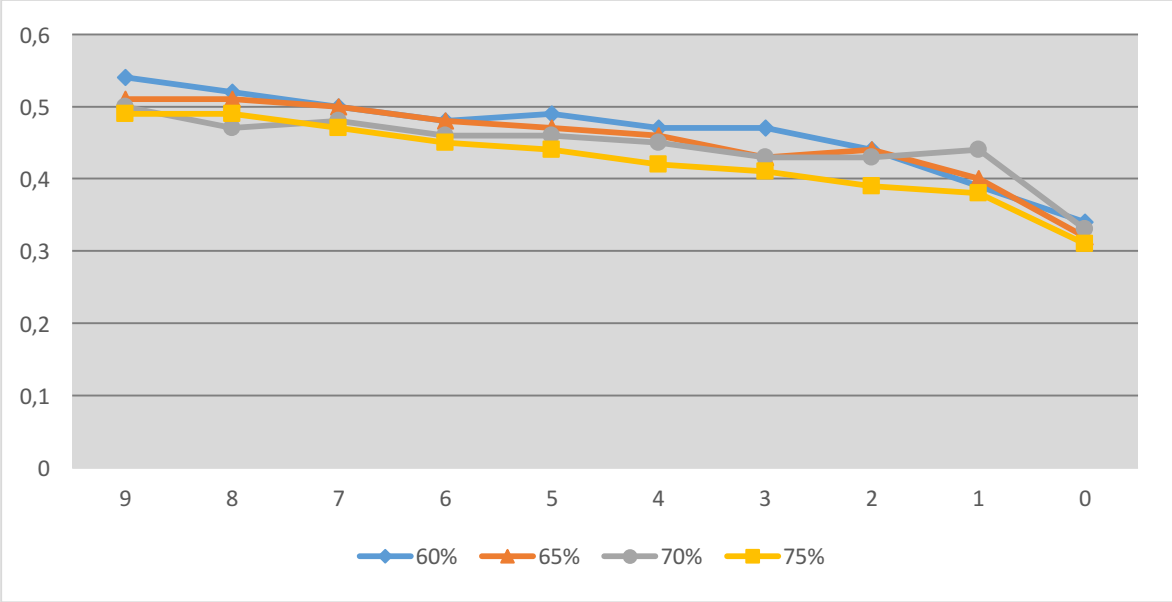
Kreiranje ovog profila u određenoj vježbi predstavlja mogućnost praćenja razvoja sportaša kroz vrijeme u određenom opterećenju putem brzine. Ovo je naročito važno za trenere kojih zanimaju specifične adaptacije vezane za brzinu pokreta, a ne isključivo razvoj maksimalne jakosti. Također, profil omogućava usporedbu sportaša kroz široki raspon brzina pokreta, ne samo 1RM-a. Slika 7. pokazuje usporedbu dvaju hipotetskih elitnih sportaša sa sličnim maksimalnim opterećenjem podignutim u potisku s klupe. Međutim, vidljivo je da jedan od njih postiže znatno veće brzine na submaksimalnim opterećenjima, sugerirajući njegove eksplozivne karakteristike koji imaju visok transfer na sportske izvedbe. Ova usporedba nije moguća isključivo mjereći 1RM sportaša.



Slika 7. Progresivni test opterećenja dvaju sportaša u vježbi potisak s klupe i njihova usporedba putem brzine izvedbe (prema Jovanović & Flanagan, 2014)

Neizostavan uvjet prilikom mjerenja brzine kretanja sportaša je njihova maksimalna intencija za vrijeme izvođenja vježbe. Kako su istraživanja pokazala jako snažnu vezu između brzine i opterećenja (Bosquet, Porta-Benache & Blais, 2010; Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010; Jidovtseff i sur., 2011), ista se najjednostavnije može dobiti te prikazati linearnom regresijom. Veličina ove povezanosti opisuje se koeficijentom korelacije (r), koeficijentom determinacije (R^2), ili standardnom pogreškom procjene (SEE) (Vincent & Weir, 2012). Jedan od ključnih pojmova kod praćenja opterećenja putem brzine pokreta je „minimalni prag brzine" (MVT), a označava onu brzinu kojom podižemo maksimalno opterećenje odnosno brzinu posljednjeg ponavljanja onog trenutka kada izvodimo vježbu do mišićnog otkaza. Taj MVT specifičan je za vježbu koja se izvodi s vrijednostima od 0.15 m/s i 0.3 m/s za potisak s klupe odnosno čučanj (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010; Izquerdo i sur., 2006). Izquerdo i suradnici (2006) pokazali su kako nema statistički značajne razlike između brzine posljednjeg ponavljanja u vježbi do otkaza i uspješnog pokušaja kod 1RM-a u potisku s klupe te čučnju. Nadalje, nije bilo ni razlike između brzina posljednjeg ponavljanja (do otkaza) i brzine 1RM-a kada su u obzir uzeta četiri različita inteziteta opterećenja (Izquerdo i sur., 2006). Ono što MVT čini zaista posebnim jest to što je jako stabilan parametar (specifično za vježbu) čak i kada dođe do porasta maksimalne jakosti (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010). To bi značilo da

će ta brzina, ukoliko određeni sportaš postiže brzinu od 0.3 m/s prilikom 1RM-a (100kg) u čučnju, biti ista (0.3 m/s) pri 1RM-u od 120 kg kada sportaš napreduje do te kilaže. MVT se može utvrditi na nekoliko načina, od kojih su najčešći direktan test maksimalne jakosti (1RM) u određenoj vježbi te maksimalnim brojem ponavljanja do mišićnog otkaza nekim submaksimalnim opterećenjem.



Slika 8. Profil napor/brzina koji označava vezu između brzine izvedbe pokreta te broja ponavljanja u rezervi (Jovanović & Flanagan, 2014).

Kreiranje „napor/brzina“ profila je također moguće praćenjem brzine pokreta za vrijeme treninga s opterećenjem. Napor se, kako smo prije naveli, često prezentira kao postotak ponavljanja od mišićnog otkaza (npr. 8 od 10 mogućih ponavljanja u seriji). U trenerskom žargonu često se naziva i „brojem ponavljanja u rezervi“. Ako napravimo 8 od mogućih 10 ponavljanja u seriji, ostaju 2, a ukoliko napravimo 10 od 10, ne ostaje nam ni jedno ponavljanje u rezervi i time je napor maksimalan. Izquerdo i suradnici (2006) su, kako smo već naveli, istraživali vezu između brzine ponavljanja te opterećenja kroz četiri različita protokola. Specifično, uzeli su u obzir testove do mišićnog otkaza u potisku s klupe s 60, 65, 70 i 75% or 1RM-a, gdje su gledali brzine svakog ponavljanja izvođenog maksimalnom intencijom. Jovanović i Flanagan (2014) su prema (Izquerdo i sur., 2006), vidjevši da je MVT kod svih navedenih protokola (bez značajne razlike) stabilan, odlučili izraziti ta ponavljanja u smislu

„broja ponavljanja u rezervi“ koji označava napor (slika 8). Ono što je korisno zaključiti iz ovoga jest to da su, bez obzira na intezitet vježbe (%1RM-a), brzine ponavljanja na određenoj razini napora (broju ponavljanja u rezervi) jako slične (CV od 3 do 6%). Na ovaj se način može sa sigurnošću procijeniti broj ponavljanja do mišićnog otkaza, a samim time i kontrolirati stupanj zamora prilikom izvođenja pojedinog seta.

Razumijevanje pojmova „opterećenje/brzina“ profila, MVT-a te „napor/brzina“ profila, ostavlja širok spektar mogućnosti praktične primjene za jednog trenera i znanstvenika. Kreiranjem navedenih profila, testirajući ih prethodno objašnjenim postupkom (Jovanović & Flanagan, 2014) te poznavajući MVT pojedinog sportaša u određenoj vježbi, možemo i procijeniti sportašev 1RM, koristeći samo brzinu submaksimalnih opterećenja putem regresijskih formula.

Danas velik broj aplikacija, najčešće onih od samih uređaja koji fizičke parametre i mjere, automatizirano procjenjuje 1RM sportaša u datom trenutku. Na ovaj način imamo uvid u dnevnu spremnost sportaša, što je jako važno ako uzmemo u obzir poznate dnevne varijacije jakosti od čak 18% (Jovanović & Flanagan, 2014). Navedenu procjenu možemo dobiti jednostavnim izvođenjem nekoliko progresivnih serija zagrijavanja (uz uvjet maksimalne intencije izvođenja vježbe).

Na kraju, ukoliko imamo kreirane profile sportaša, možemo sa sigurnošću i programirati treninge putem brzine. Primjer bi bio prepisati početnu brzinu ponavljanja koju od sportaša želimo te izvođenje ponavljanja dok brzina ne padne ispod one koju smo odredili. Često se u praksi koriste tzv. „stop-brzine“ koje predstavljaju brzinu koja označava prekid izvođenja vježbe. Na ovaj se način puno učinkovitije može kontrolirati trenažno opterećenje kao i stupanj zamora pojedinca.

1.1 Važnost izvođenja vježbi s otporom maksimalnom brzinom

Brzina pokreta prilikom vježbanja je važna i iz pogleda samog treninga i adaptacija koje proizlaze iz istog. Naime, kondicijski treneri često nalažu sportašima eksplozivno izvođenje

koncentričnog dijela pokreta. Razlog tome je taj što takav način izvođenja vježbe regrutira mišićna vlakna tipa II te u konačnici dovodi do značajnijih trenažnih efekata usporedno s „namjerno“ sporijim mišićnim kontrakcijama (Hatfield, Kraemer, Spiering & Häkkinen, 2006, Padulo i sur., 2012). Ovdje se sada može jasnije vidjeti šira primjena praćenja trenažnog opterećenja, ali i važnost fokusa na brzinu izvođenja vježbi. Nažalost, izvođenje vježbi maksimalnom brzinom dovodi do akumulacije umora, naročito ukoliko je struktura seta u nekoj vježbi s vanjskim opterećenjem, tradicionalnog (TS) karaktera (Duffey & Challis, 2007; Haff i sur., 2003). TS podrazumijeva izvođenje određenog broja ponavljanja u setu nakon kojeg slijedi predodređeno trajanje intervala odmora bez dodatnih intervala odmora između samih ponavljanja (Tufano, Brown & Haff, 2017). Ovakva se struktura seta nastavlja dok se ne odrade svi setovi predodređeni u jednom treningu sportaša.

Jedan od najprihvaćenijih uzročnika mišićnog zamora je smanjena dostupnost fosfokreatina (FK) i brzine resinteze adenozin-trifosfata (ATP-a) unutar radnih mišića (Bogdanis i sur., 1996; Bogdanis i sur., 1995; Bogdanis i sur., 1998). Logično se da zaključiti da će brzina izvođenja ponavljanja padati kako broj ponavljanja u setu raste, što nadalje govori da TS struktura seta nije optimalan pristup programiranju treninga. Međutim, neki zapravo ističu važnost pada brzine izvođenja ponavljanja, a time i mišićnog umora, u izazivanju hipertrofijskih adaptacija te povećanju jakosti mišića ističući kako se na taj način povećava „vrijeme pod tenzijom“ mišića (Burd i sur., 2012; Mohamad, Cronin & Nosaka, 2012; Tran & Docherty, 2006). Ipak, važno je napomenuti kako pojava mišićnog zamora te smanjenje dostupnosti energije putem ATP i FK energetskih putova rezultira povećanjem glikolize, a samim time i akumulacijom metabolita u mišićima. Nadalje, smanjuju se pH vrijednosti te posljedično dolazi do pada sposobnosti (Bogdanis i sur., 1995; Bogdanis i sur., 1998; Gorostiaga i sur., 2012). Iako je danas uvriježeno mišljenje kako smanjeni periodi odmora između serija te namjerno sporija koncentrična faza pokreta u funkciji povećanja vremena pod tenzijom mišića, rezultira povećanjem mišićne mase i jakosti, novija istraživanja govore upravo suprotno (Gonzalez-Badillo, Rodriguez-Rosell, Sanchez-Medina, Gorostiaga & Parjea-Blanco, 2014; Pareja-Blanco, Rodrigues-Rosell, Sanchez-Medina, Gorostiaga & Gonzalez-Badillo, 2014; Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011).

Naime, Hatfield i suradnici (2006) su pokazali kako „namjerno“ sporije izvođenje vježbe u tradicionalnoj strukturi seta rezultira izvedbom manjeg broja ponavljanja, manjom produkcijom

sile, snage i ukupnog volumena rada usporedno s istom vježbom, ali izvođenom većom brzinom. Gonzalez-Badillo i suradnici (2014) pokazali su kako izvođenje potiska s klupe maksimalnom brzinom (intencijom) u koncentričnom dijelu pokreta rezultira većim porastom jakosti usporedno sa sporijim načinom izvođenja pokreta (Gonzalez-Badillo i sur., 2014). Također, kod potiska s klupe jedna grupa ispitanika ostvarila je veći porast jakosti izvodeći pokret maksimalnom brzinom za razliku od grupe koja je izvodila pokret sporijim načinom dizanja (Padulo, Mignogna, Mignardi, Tonni & D'ottavio, 2012). Sličan efekt su brže kontrakcije imale i kod čučnja te na prijenos tih efekata na sportsku izvedbu. Konkretno, Pareja-Blanco i suradnici (2014) istražili su utjecaj maksimalne brzine te umjerene brzine koncentrične faze pokreta kod stražnjeg čučnja na sprint i skok. Zaključili su kako maksimalno brzo izvođenje koncentričnog dijela čučnja dovodi do većeg napretka eksplozivnih pokreta kao što su sprint odnosno skok. Također, isti su autori istaknuli veću važnost bržih koncentričnih pokreta od vremena pod tenzijom mišića kada je u pitanju razvoj maksimalne jakosti (Pareja-Blanco i sur., 2014). Navedena istraživanja skupno daju uvid u važnost izvođenja pokreta maksimalnom brzinom kada je cilj maksimalni razvoj jakosti, snage i općenito unapređenje sportske izvedbe. Zaključno, čini se kako je brzina izvođenja vježbi s vanjskim opterećenjem jako važna. Uzimajući u obzir deterioracijski efekt velikog broja ponavljanja u setu određene vježbe, često viđenog kod TS, na brzinu izvođenja vježbe zbog akumulacije umora, čini se logičnim implementirati strategije koje će pokušati održati brzinu izvođenja vježbe konstantnom kroz ponavljanja.

1.2. Dosadašnje spoznaje o različitim strukturama setova i njihov utjecaj na koncetrični dio pokreta kod raznih vježbi

U prethodnom se poglavlju mogla uočiti važnost brzine koncentričnog dijela pokreta iz dva aspekta; onog kontroliranja opterećenja vježbe te trenažnih efekata koje takav način izvođenja vježbe može polučiti. Prije toga smo utvrdili značaj varijacije u treningu u funkciji unapređenje sportske izvedbe. Često zanemarena metoda uvrštavanja varijacije u trening sportaša jest manipulacija strukture seta u vježbama s vanjskim opterećenjem (Haff i sur., 2008[a]). Primjerice, manipulacija trenažnog opterećenja, broja setova, ponavljanja, kao i intervala odmora između istih također može izazvati različite trenažne efekte (Tufano i sur., 2017). Već smo spomenuli TS i njezine probleme vezane uz brzinu izvođenja ponavljanja te je sada potrebno istaknuti relativno noviju metodu struktuiranja setova – klaster setove (KS). KS kao struktura seta podrazumijeva uključivanje uz uobičajene intervale odmora između setova i intervale odmora

unutar samog seta (Boullosa, Abreu, Beltrame, Behm, 2013; Haff i sur., 2003; Hardee i sur., 2012). Ovaj dodatan period odmora unutar samih setova predstavlja strategiju sprečavanja pretjerane akumulacije umora, što je čest slučaj kod tradicionalne strukture (Girman, Jones, Matthews & Wood, 2014; Haff, Burgess & Stone, 2008[b]). Iako je produkcija sile kroz veći broj setova slična kod TS i KS, brzina pokreta, a time i izlaz snage znatno opada kod TS za razliku od KS (Haff i sur., 2003; Hardee i sur., 2012). Iz ovog se razloga savjetuje kako KS može dovesti do značajnijeg trenažnog stimulansa kada je u pitanju razvoj snage. Već smo prije naveli kako akumulacija umora ne predstavlja benefite u funkciji unapređenja mišićne jakosti, nego brzina koncentričnog dijela pokreta kod vježbi s vanjskim opterećenjem. Ukoliko KS uspijeva održati brzinu koncentričnog dijela pokreta, s razlogom ju možemo smatrati superiornijom strukturom seta od TS. Također, istraživanja u kojima su ispitanici izvodili vježbu do maksimalne akumulacije umora (mišićnog otkaza) su pokazala kako navedena metoda nije preduvjet unapređenja mišićne jakosti (Drinkwater i sur., 2007, Folland, Irish, Roberts, Tarr & Jones, 2002), dok veća brzina koncentričnog dijela pokreta jest (Gonzalez-Badillo i sur., 2014; Hatfield i sur., 2006). Ovo nadalje potvrđuje logiku korištenja KS. Na kraju, i kada je u pitanju hipertrofija, zbog toga što dozvoljava izvođenje većeg broja ponavljanja od TS (Denton & Cronin, 2006; Iglesias-Soler i sur., 2013), a time i veći volumen rada, KS predstavlja jači stimulans za povećanje mišićne mase (Krieger, 2010; Loenneke, 2012; Sooneste, Tanimoto, Kakigi, Saga & Katamoto, 2013).

U sportskoj znanosti često se nastoji standardizirati terminologija koliko je god to moguće, no nažalost, uza sav trud, čini se kako terminološki problemi i dalje postoje. Ovo je zaista veliki problem zbog toga što u sportu znanstvenici rade u suradnji s praktikantima (trenerima, kondicijskim trenerima) i ostalim stručnim kadrom koji moraju imati „zajednički jezik“ kako bi došli do zajedničkog cilja – unapređenja sportaša. KS su također „žrtva“ terminoloških problema iz razloga što se danas pod KS svrstava svaka konstrukcija seta koja nije tradicionalna. Tako se danas strukture seta kao što su redistribuirani intervali odmora (RR), metoda „odmor-pauza“, metoda „jednak rad u odnosu na odmor“ i slično, nazivaju KS iako to nisu. Originalna KS struktura podrazumijeva, pojednostavljeno gledajući, tradicionalnu strukturu s dodatkom kratkih intervala odmora (15-45 sec) između grupa ponavljanja, čime se ukupno vrijeme odmora povećava (Haff i sur., 2008). Naprimjer, RR predstavlja potkategoriju KS koju dobijemo kada redistribuiramo intervale odmora između setova određene vježbe (Asadi & Ramirez-Campillo, 2016; Denton & Cronin, 2006; Girman i sur., 2014). U ovom se slučaju dugi intervali odmora između setova često smanjuju, dok im se povećava frekvencija

čineći ukupno vrijeme odmora identičnim. Primjerice, 3 serije od 6 ponavljanja s 3 minute odmora između setova zamijenimo s 9 serija po 2 ponavljanja sa samo 45 sekundi odmora između serija. Na ovaj način je volumen, kao i ukupno vrijeme odmora, identično. Možemo reći da, ukoliko vrijeme odmora ostaje isto, znamo da se radi o nekoj od potkategorija KS, a da se radi o KS kada je vrijeme odmora veće od ukupnog odmora u TS. KS, kao i njezine potkategorije pokazale su se kao superiornije od TS kada je u pitanju razvoj jakosti, snage, hipertrofije pa i sportskih izvedbi u jako velikom broju istraživanja (Denton & Cronin, 2006; Girman i sur., 2014; Hansen, Cronin & Newton, 2011, Haff i sur., 2008[b]; Haff i sur., 2008[a]; Hardee i sur., 2012). Međutim, može se reći kako su najveću pozornost znanosti, ali i prakse dobili klasični klaster setovi. Njihov jedini problem, uz mnoštvo prethodno navedenih benefita, jest to što se vrijeme treninga kada se isti primjenjuju jako povećava. Tufano i suradnici (2017) pokazali su kako trening u kojem se primjenjuju klasični klaster setovi traje od 69 do 164% duže od treninga u kojem se koristi tradicionalna struktura seta. To je veliki problem za praktičare iz razloga što, primjerice u timskim sportovima, vrijeme predstavlja limitirajući faktor zbog velikog broja tehničko-taktičkih zadataka koje sportaši svakodnevno izvršavaju. Iz navedenog razloga potrebno je istražiti metodu koja će spriječiti deterioraciju produkcije sile, brzine i snage kao i održati što nižu razinu subjektivnog osjećaja opterećenja (RPE) u jednakom vremenu trajanja treninga u usporedbi s ostalim strukturama seta.

2. Problem istraživanja

Tradicionalni modeli periodizacije su karakterizirani periodima treninga u kojima je cilj razvoj specifičnog fizičkog kapaciteta, nakon čega je cilj razvoj nekog drugog fizičkog kapaciteta. Iako su se navedeni modeli pokazali uspješnim (Baker, 1994; Suzuki i sur., 2006; Rhea & Alderman, 2004) trajanje treninga kao i natjecateljske sezone u određenom sportu predstavljaju limitirajući faktor unapređenja ili održavanja željenih fizičkih kapaciteta. Tradicionalna periodizacija kod treninga s vanjskim opterećenjem često za krajnji cilj ima unapređenje jakosti

i snage. Međutim, ti isti modeli nerijetko sadrže preliminarne periode treninga s fokusom na mišićnu hipertrofiju. Te su faze treninga karakterizirane visokim volumenom treninga s vanjskim opterećenjem uz veliku akumulaciju umora. Takav način treninga provodi se uz jako malo pažnje posvećenoj brzini koncentričnog dijela pokreta, kao i izlazu snage, iako se navedeni faktori smatraju najvažnijim za gotovo svaki sport. Potencijalno rješenje bi moglo biti implementacija „paralelne periodizacije" kojoj je cilj istovremeni razvoj više fizičkih kapaciteta poput jakosti, snage i hipertrofije.

Jedna od najvažnijih varijabli vezanih uz periodizaciju je varijacija treninga (Haff i sur., 2008[a]). Najčešće korištene varijacije u treningu su manipulacije trenažnim opterećenjem, izborom vježbi, brojem setova, ponavljanja i strukture seta. Međutim, jako zanemareni faktor kreiranja trenažnog programa s vanjskim opterećenjem je manipulacija strukture pojedinih setova u vježbi (Haff i sur., 2008[a]).

Tradicionalno, ponavljanja u svakom setu izvode se bez odmora između ponavljanja te se zato i zovu tradicionalne strukture setova (TS) (Haff i sur., 2008[a]; Haff i sur., 2008[b]; Haff i sur., 2003). Koristeći TS, brzina koncentričnog dijela pokreta u određenoj vježbi opada kako broj ponavljanja raste u određenom setu (Haff i sur., 2003; Gorostiaga i sur., 2014; Gorostiaga i sur., 2013) zbog akumulacije mišićnog umora. Mišićni umor podrazumijeva smanjenu dostupnost fosfokreatina (FK) i brzine resinteze adenozin trifosfata (ATP) kod radnih mišića (Bogdanis i sur., 1996; Bogdanis i sur., 1995; Bogdanis i sur., 1998). Također, događa se opadanje brzine kao i izlaza snage ako se TS ekstenzivno koristi bez adekvatnog nadomještanja energetskih rezervi. Ovo je naročito slučaj kod velikog volumena treninga (Haff i sur., 2008; Folland i sur., 2002). Umor rezultira povećanjem ukupnog vremena pod tenzijom mišića (TUT) kao posljedica sporije mišićne kontrakcije (Burd i sur., 2012; Mohamad i sur., 2012; Tran & Docherty, 2006) i povećanjem mioelektrične aktivnosti (Joy i sur., 2013,Walker, Davis, Avela & Hakkinen, 2012). Navedena dva faktora su se smatrala preduvjetom razvoja jakosti (Ahtiainen, 2003; Ahtiainen, 2004; Fleck & Kraemer, 2004). Oslanjajući se na tu logiku, kondicijski treneri često zagovaraju TS kada im je cilj razvoj jakosti i/ili hipertrofije njihovih sportaša.

Unatoč tome, u zadnje vrijeme sve više istraživanja ističe važnost maksimalne brzine kontrakcije za vrijeme treninga u funkciji povećanja jakosti, snage i sport specifičnih sposobnosti (Gonzalez-Badillo i sur., 2014, Hatfield i sur., 2006; Padulo i sur., 2012; Pareja-

Blanco i sur., 2014). Na primjer, Hatfield i suradnici (2006) su ispitali razlike između namjerno sporih koncentričnih mišićnih akcija i onih brzih kod čučnja i ramenog potiska koristeći TS. Namjerno spore kontrakcije su rezultirale manjom produkcijom vršne sile (PF), izlazom vršne snage (PP) i ukupnim manjim volumenom treninga usporedno s istim vježbama izvedenim većom brzinom. Slične su nalaze dobili i Gonzalez-Badillo i suradnici (2014) te Padulo i suradnici (2012) kod vježbe potisak s klupe. Parjea-Blanco i suradnici (2014) su istražili efekte maksimalne brzine koncentričnog dijela pokreta kod čučnja na sprint i skok, usporedno sa sporijim koncentričnim brzinama kod iste vježbe. Zaključili su kako brža izvedba pruža više benefita u funkciji poboljšanja sprinta te skoka koristeći ista opterećenja (Parjea-Blanco i sur., 2014). Temeljem navedenih istraživanja razumno je implementirati strategije koje će dozvoliti maksimalnu koncentričnu brzinu pokreta limitirajući time umor koji se često događa kod TS. Nadalje, prethodna su istraživanja pokazala kako se brzina koncentričnog dijela pokreta (Gonzalez-Badillo i Sanchez-Medina, 2010, 2011) te subjektivni osjećaj opterećenja (RPE) (Kraemer i sur., 1987;Suminski i sur., 1997) mogu koristiti kao validni indikatori razine umora pojedinca.

U skladu s navedenim faktorima, konfiguracija seta također može značajno utjecati na RPE sportaša jer je povezana s intezitetom, volumenom i metaboličkim odgovorima na opterećenje treninga (Willardson & Burkett, 2006; Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011). Prethodna istraživanja pokazala su kako se korištenjem klasičnih KS (Hardee i sur., 2012; Tufano i sur., 2016; Oliver i sur., 2016) osigurava niži RPE usporedno s TS čemu je uzrok bio održavanje brzine koncentričnog dijela pokreta i izlaza snage. Iako njihova implementacija ima višestruke benefite, u želji postizanja jednakog trenažnog volumena vrijeme se treninga ovim načinom značajno povećava. Ovo predstavlja logistički problem za sportaše i njihove trenere kada ukupno trajanje pojedinog treninga predstavlja limitirajući faktor. Uvrštavanjem strukture seta „redistribucije odmora“ (RR) (Lawton, Cronin, Drinkwater, Linsell & Pyne, 2004; Hardee i sur., 2012; Iglesias-Soler i sur., 2016; Mayo, Iglesias-Soler & Fernandez Del-Olmo, 2014) se može otkloniti i taj problem te samim time izvući maksimalne benefite održavajući nizak RPE, maksimalne mjere brzine i snage uz jednak ukupni volumen treninga kao i ukupno vrijeme trajanja treninga. Međutim, za sada je nepoznato postoje li dodatne prednosti visoko frekventnih redistribuiranih odmora (HFRR) kao načina organizacije strukture seta u vježbama s vanjskim opterećenjem.

3. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je bio usporediti utjecaje triju različitih struktura setova na MV, MP, RPE kao i opadanje kinetičkih parametara za vrijeme visokog volumena treninga u vježbi čučanj s identičnim opterećenjima, brojem ponavljanja te ukupnim vremenom trajanja treninga u svim strukturama. Specifično, istražit će se benefiti strukture seta visoko frekventnih redistribuiranih odmora (HFRR) u odnosu na RR i TS. Pretpostavilo se kako će HFRR omogućiti veću brzinu kao i izlaz snage uz manje vrijednosti RPE-a s jednakim opterećenjem, kao i trajanjem treninga usporedno s RR i TS strukturama setova.

4. Metode istraživanja

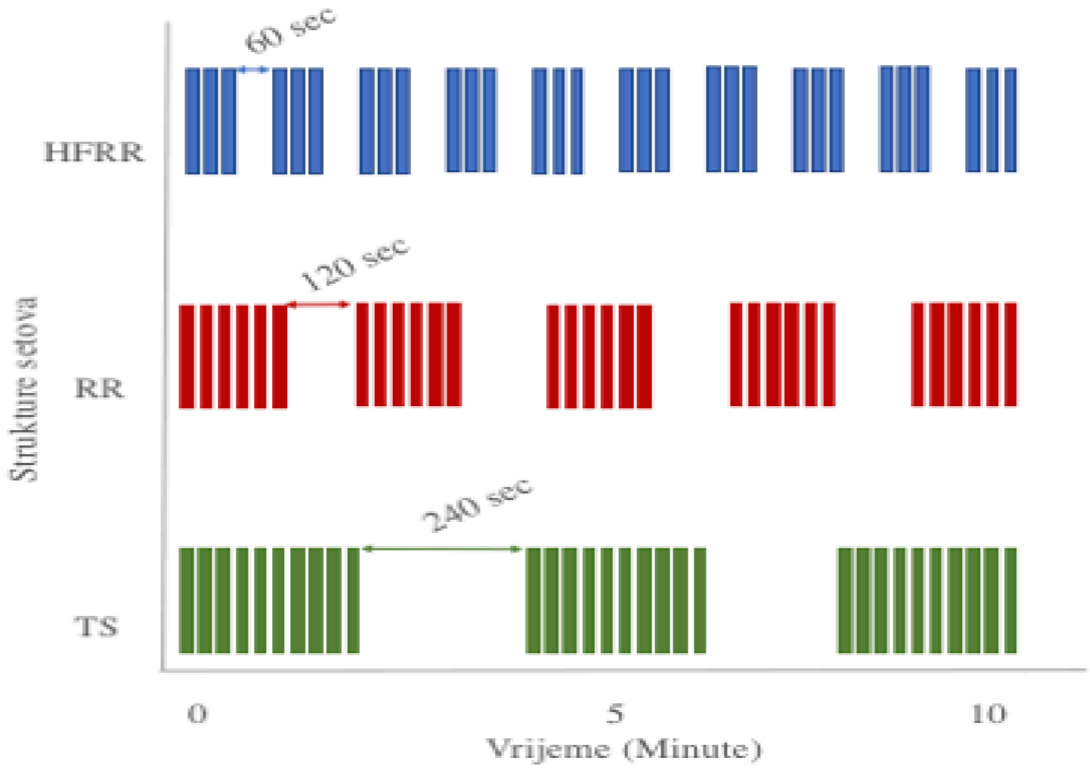
4.1. Ispitanici

Uzorak ispitanika sačinjavao je 26 rekreativnih vježbača (starosti: 28 ± 5.44 godina, tjelesne mase: 84.6 ± 10.5 kg) koji su imali barem godinu dana iskustva s treningom jakosti u vježbi čučanj te koji su mogli podići barem svoju tjelesnu masu u navedenoj vježbi. Ispitanici su isključeni iz istraživanja ukoliko su prijavili bilo koje recentne mišićnoskeletne ozljede. Prosječan 1RM ispitanika je bio 152.7 ± 25.9 kg, a relativni 1RM u odnosu na vlastitu masu: 1.82 ± 0.33. Svi su ispitanici potpisali dobrovoljni pristanak za sudjelovanje u istraživanju.

4.2 Eksperimentalni dizajn

Testiranje se provodilo u 4 dana te je uključivalo testiranje 1RM-a u čučnju te 3 eksperimentalna testiranja. Koristeći randomizirani dizajn, ispitanici su odradili svaki od 3 struktura setova zasebno, odvojenih 5-7 dana odmora između. Ispitanici su bili upućeni da izostave svaki oblik treninga koji opterećuje donji dio tijela najmanje 48 sati prije svakog testiranja. Sve strukture setova su se sastojale od 30 ponavljanja u vježbi stražnji čučanj koristeći 70% 1RM-a svakog ispitanika uz različito definirane periode odmora (slika 9).

Ispitanici su dali svoje ocjene subjektivnog osjećaja opterećenja (RPE) (tablica 1) jednu minutu nakon odrađenih protokola. Prethodna istraživanja su pokazala kako opterećenje od 70% 1RM-a podrazumijeva opterećenje od otprilike 12RM-a u stražnjem čučnju na Smith mašini (Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011). Zbog toga je korišteno opterećenje od 70% kako bi se izbjegao mišićni otkaz prilikom testiranja. Kao rezultat testiranja, svi ispitanici su uspješno odradili svih 30 ponavljanja u svim strukturama setova.



Slika 9. Shematski prikaz struktura setova koji su bili predmet ovog istraživanja

4.3 Protokol mjerenja

Testiranje 1RM-a u stražnjem čučnju (Testiranje 1.)

Tjelesna masa ispitanika mjerena je kalibliranom digitalnom vagom. Nakon dinamičkog zagrijavanja (6-8 minuta) ispitanici su izveli 20 čučnjeva sa šipkom (Eleiko, Sweeden), nakon čega su napravili 8 ponavljanja s 50% te 5 ponavljanja s 60% od samoprocijenjenog 1RM-a u čučnju. 1RM u čučnju se nastavio testirati počevši od 80% samoprocjenjenog s 2-3 minute odmora između svakog pokušaja. Opterećenje se progresivno povećavalo dok 1RM nije postignut koristeći prethodno utvrđene metode testiranja (Matuszak, Fry, Weiss, Irleand &

McKnight, 2003). Ispitanici su morali postići dubinu čučnja u kojoj je gornji dio natkoljenice bio barem paralelan u odnosu na tlo.

Eksperimentalna testiranja: Testiranje 2, 3 i 4.

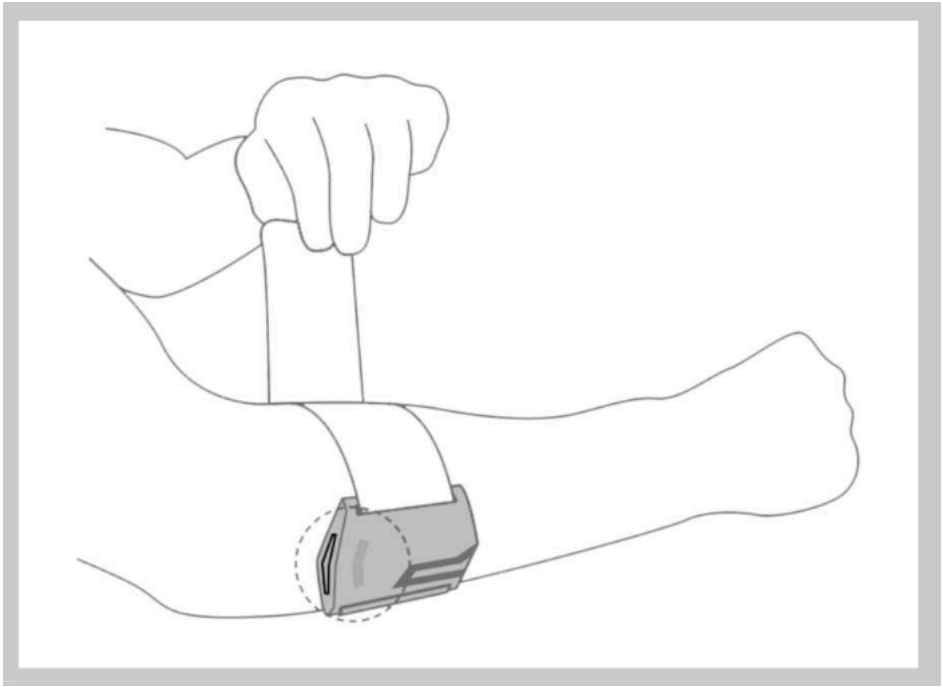
Eskerimentalna testiranja 2, 3 i 4 sačinjavala su identično zagrijavanje kao i u testiranju 1, ali su sada opterećenja u zagrijavanju bila bazirana na stvarnom 1RMu svakog pojedinca. Svako od testiranja se sastojalo od različitih struktura setova. Konkretno, HFRR se sastojao od 10 serija po 3 ponavljanja s 70% 1RM-a i intervalima odmora između serija u trajanju od 60 sekundi. RR se sastojao od 5 serija po 6 ponavljanja s identičnim opterećenjem, ali sa 120 sekundi odmora između serija. TS se sastojao od 3 serije po 10 ponavljanja također s identičnim opterećenjem, ali i većim odmorom u trajanju od 240 sekundi između serija (slika 9).

Kako bi postigli maksimalne vrijednosti brzine i snage, ispitanici su trebali izvoditi koncentrični dio čučnja što je moguće brže do stojeće pozicije (Cormie, McCaulley, Tripplet & McBride, 2007) dok su se u ekscentrični dio pokreta spuštali kontroliranom brzinom. Svaki se ispitanik spuštao u čučanj prema samoodabranoj brzini kretanja kako bi osigurali konstantnost među ispitanicima. Ispitanici su imali verbalnu podršku od strane istraživača za vrijeme svih testiranja. Također, kao i kod maksimalnog testa, morali su postići dubinu u kojoj je gornji dio natkoljenice bio barem paralelan u odnosu na podlogu, što je kontrolirano od strane istraživača. Za vrijeme svih ponavljanja stopala ispitanika morala su biti u konstantnom kontaktu s podlogom (bez skoka ili podizanja na prste (Cormie i sur., 2007) te su nakon svakog ponavljanja morali napraviti kratku pauzu kako bi se mogla uočiti potpuna ekstenzija koljena i kuka. Nakon jedne minute od završetka svakog od protokola ispitanici su dali svoje ocjene subjektivnog osjećaja opterećenja na RPE skali.

4.4 Metode prikupljanja podataka

Svih 30 ponavljanja za vrijeme izvođenja stražnjeg čučanja u svim strukturama setova mjereno je *PUSH* trakom, inovativnim bežičnim uređajem spojenog s „pametnim“ telefonom/uređajem u svrhu praćenja brzine kretanja za vrijeme velikog broja vježbi s vanjskim opterećenjem (*PUSH*, Inc., Toronto, Canada). PUSH traka postavljala se na lijevu ruku svakog ispitanika

kako bi se održala konzistentnost, s rukom u supinaciji, na vrhu ulne kosti, 2 cm distalno od lakta i s glavnim gumbom lociranim proksimalno u skladu s uputama proizvođača (slika 10). *PUSH* bežični uređaj sastoji se od akcelerometra i giroskopa koji pruža 6 stupnjeva slobode u svom koordinatnom sustavu. *Butterworth* filtar koristi se za pročišćavanje podataka akcerelacije te se vertikalna brzina računa pomoću integracije vertikalne akceleracije u odnosu na vrijeme pomoću algoritma. *PUSH* softver detektira početak i kraj koncentričnog dijela pokreta svakog ponavljanja također pomoću algoritma koji nije podijeljen s javnošću. Za optimalno korištenje *PUSH* trake nije potrebna nikakva vrsta kalibracije. Frekvencija uzorkovanja kod PUSH trake iznosi 200 Hz. Kako bi mjerili kinetičke parametre pomoću PUSH trake, uređaj je bio spojen s *iPod* uređajem (*Apple,* Inc., California, US) te *PUSH* aplikacijom verzije 3.1.7 koristeći Bluetooth 4.0 *LTE* priključak. Nadalje, bruto rezultati su eksportirani iz *PUSH portal* internetskog *cloud*-a u Microsoft Excel (Microsoft, Seattle, WA, USA), gdje su pripremljeni za kasniju statističku obradu. Uređaj se u prijašnjim istraživanjima pokazao valjanim i pouzdanim (Balsalobre-Fernandez i sur., 2016; Sato i sur., 2015).



Slika 10. Ispravno pozicioniranje PUSH trake na podlakticu prilikom mjerenja kinetičkih parametara (Balsalobre-Fernandez i sur., 2016)

5. Statistička obrada podataka

Izračunate su prosječne vrijednosti, standardne devijacije kao i veličine učinka za svaku od varijabli. Kako bi se testiralo postojanje značajnih razlika među strukturama setova, korištena je analiza varijance (ANOVA) za ponovljena mjerenja. U slučaju utvrđene značajnosti, proveden je Bonferronijev *post-hoc* test kako bi se identificirale razlike između pojedinih struktura setova. Regresijskom se analizom pokušao utvrditi trend testiranih kinetičkih parametara u svim strukturama. Cohen-ov *d* uz granice sigurnosti od 90% (ES±90%CI) je korišten kako bi se utvrdila praktična veličina učinka (ES), odnosno magnitude razlika. Magnitude razlika su određene putem kriterija: *<0.2* (trivijalna), *0.2-0.5* (niska), *0.5-0.8* (umjerena), i *>0.8* (velika) (Cohen, 1988). Svi testovi su izvedeni u statističkom paketu (SPSS, verzija 23.0; IBM, Chicago, USA) uz prag prihvaćanja postavljenog na $p < 0.05$.

6. Rezultati

Prosječne vrijednosti (M) i raspršenja rezultata (SD) svih varijabli su prezentirane u tablici 3. Kod različitih struktura setova može se vidjeti numerička prednost HFRR u brzini i snazi, a istovremeno i manja procjena napora.

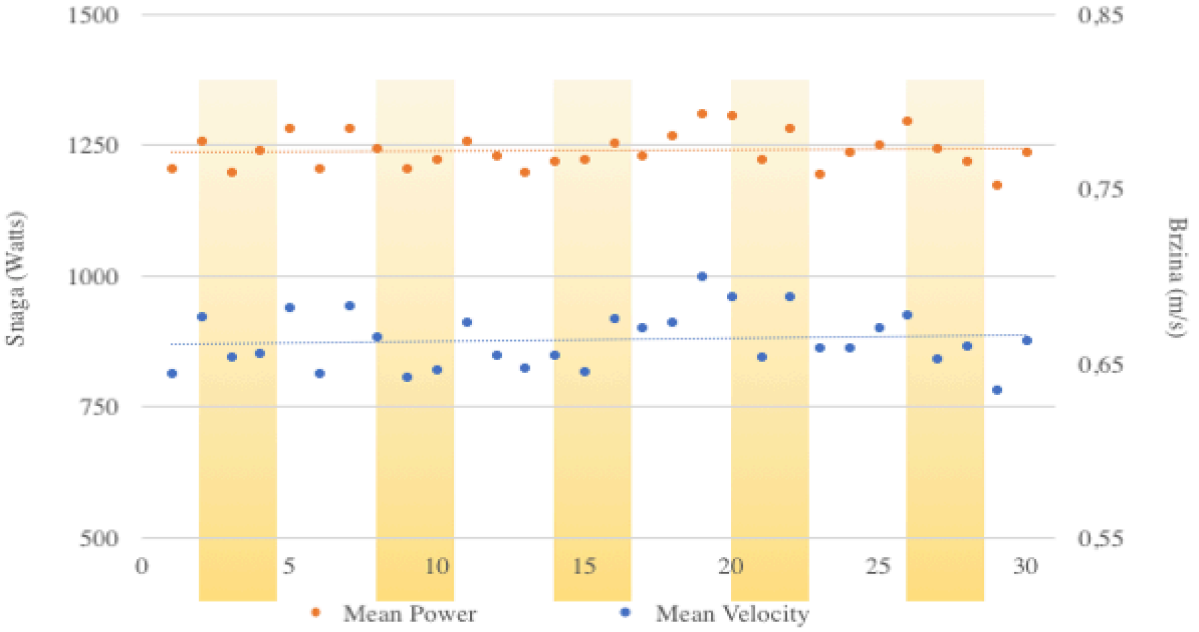
Tablica 3. Prosječne vrijednosti i raspršenja rezultata svih varijabli

	MV		MP		RPE	
Struktura seta	Brzina (m/s)	SD	Snaga (Watts)	SD	Napor (1-10)	SD
HFRR	*0.67*	*0.10*	*1256.73*	*310.02*	*5.23*	*1.18*
RR	*0.63*	*0.1*	*1194.82*	*276.89*	*6.35*	*1.36*
TS	*0.62*	*0.08*	*1152.25*	*161.54*	*7.5*	*1.11*

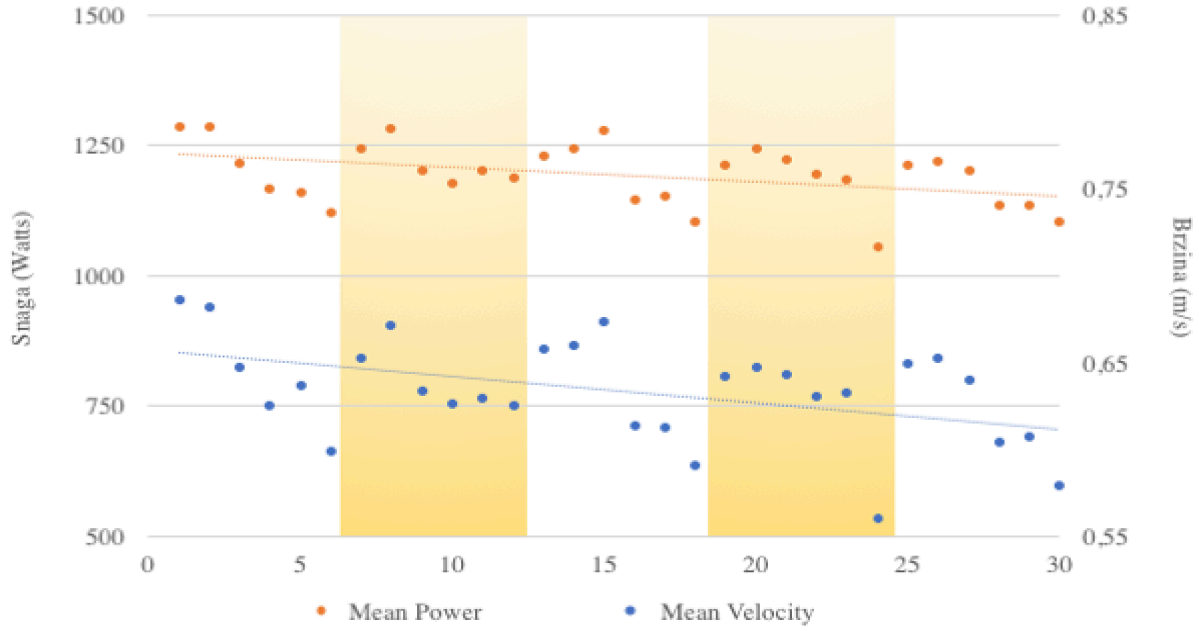
Legenda: MV, prosječna brzina; MP, prosječna snaga; RPE, subjektivni osjećaj opterećenja, HFRR, struktura seta visoko frekventnih redistribuiranih intervala odmora; RR, struktura seta redistribuiranih intervala odmora; TS, tradicionalna struktura seta.

Regresijska analiza (slika 11; slika 12; slika 13.) je pokazala umjerenu ali značajnu negativnu povezanost između broja ponavljanja i MV ($R^2 = 0.19$, $p < 0.05$) te MP ($R^2 = 0.16$, $p < 0.05$)

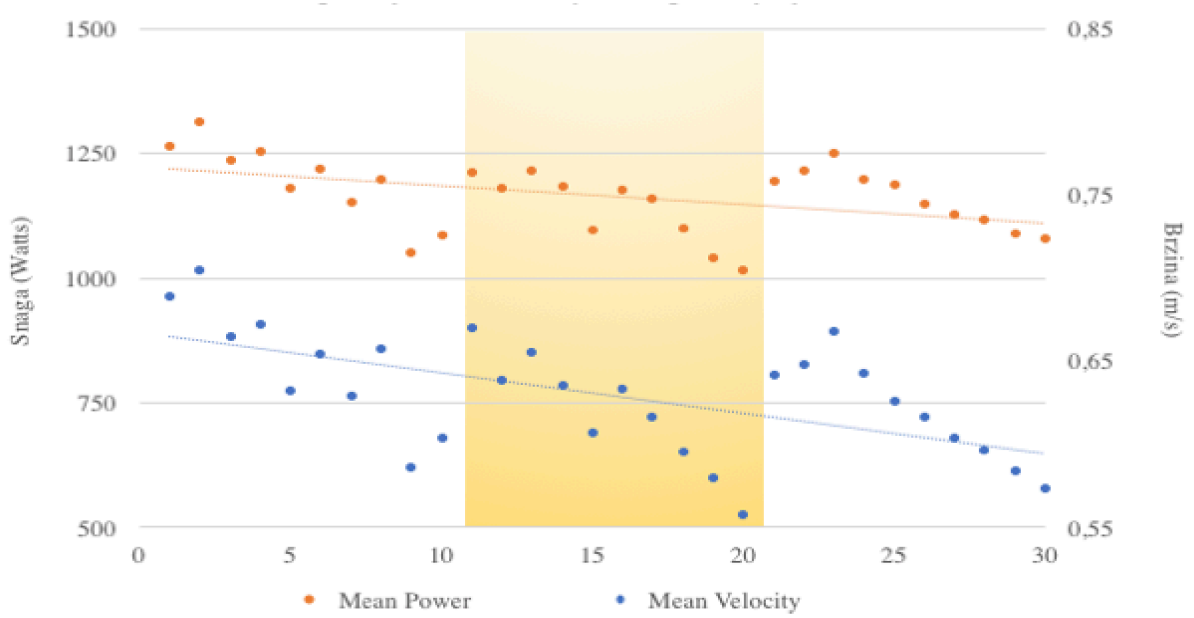
za vrijeme RR kao i za vrijeme TS ($R^2 = 0.32$, $p < 0.01$; $R^2 = 0.2$, $p < 0.05$). S povećanjem broja ponavljanja mjere brzine i snage opadaju za vrijeme RR i TS, ali ne i HFRR ($R^2 = 0.00$, $p > 0.05$; $R^2 = 0.00$, $p < 0.05$).



Slika 11. Trend testiranih kinetičkih parametara u HFRR strukturi seta kroz ponavljanja



Slika 12. Trend testiranih kinetičkih parametara u RR strukturi seta kroz ponavljanja



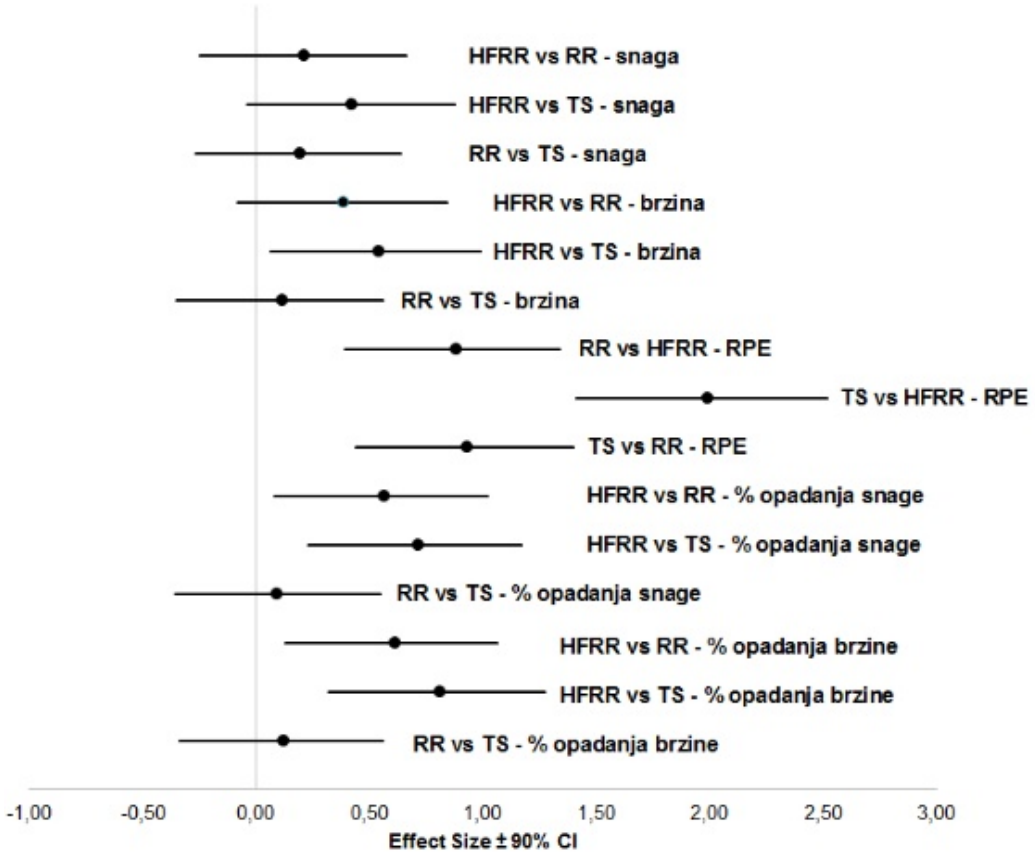
Slika 13. Trend testiranih kinetičkih parametara u TS strukturi seta kroz ponavljanja

Analiza varijance (Tablica 4) te kalkulacija veličine učinka (Tablica 4, Slika 14) za postotak opadanja MP između struktura setova su pokazali značajne razlike te su uočeni umjereni efekti učinka između HFRR i RR ($p < 0.05$, ES = 0.56), HFRR i TS ($p < 0.05$, ES = 0.71) uz neznačajne razlike i trivijalne efekte između RR i TS ($p > 0.05$, ES = 0.09). Kod MV su pronađene značajne razlike te veliki efekti između HFRR i TS ($p < 0.05$, ES = 0.81) i HFRR i RR ($p < 0.05$, ES = 0.61) ali uz umjereni efekt učinka. Međutim, značajne razlike nisu uočene između RR i TS ($p > 0.05$, ES = 0.12) uz trivijalan efekt učinka (tablica 4). Magnitude razlika između struktura setova u svim testiranim varijablama kao i postotku opadanja kinetičkih parametara su prikazane na slici 14. Konkretno, uz prethodno navedene, veliki efekti učinka su uočeni i između HFRR i TS (ES = 1.99), HFRR i RR (ES = 0.88) te RR i TS (ES = 0.93) kod RPE varijable.

Tablica 4. Rezultati testiranja značajnosti razlika između pojedinih struktura setova uz pripadajuće veličine učinka.

	Usporedba	ANOVA	Veličina Učinka (ES)
% MV	HFRR vs RR*	*F = 4.91, p < 0.05*	*0.61†*
	HFRR vs TS*	*F = 7.5, p < 0.05*	*0.81††*
	RR vs TS	*F = 0.19, p > 0.05*	*0.12*
% MP	HFRR vs RR*	*F = 4.51, p < 0.05*	*0.56†*
	HFRR vs TS*	*F = 5.46, p < 0.05*	*0.71 †*
	RR vs TS	*F = 0.09, p > 0.05*	*0.09*
MV	HFRR vs RR	*F = 2.70, p > 0.05*	*0.38*
	HFRR vs TS	*F = 3.61, p > 0.05*	*0.53†*
	RR vs TS	*F = 0.18, p > 0.05*	*0.1*
MP	HFRR vs RR	*F = 1.32, p > 0.05*	*0.21*
	HFRR vs TS	*F = 2.48, p > 0.05*	*0.43*
	RR vs TS	*F = 0.54, p > 0.05*	*0.19*
RPE	HFRR vs RR**	*F = 14.8, p < 0.01*	*0.88††*
	HFRR vs TS**	*F = 47.1, p < 0.01*	*1.99††*
	RR vs TS*	*F = 9.9, p < 0.05*	*0.93††*

Legenda: %MV, postotak opadanja brzine; %MP, postotak opadanja snage; MV, prosječna brzina; MP, prosječna snaga; RPE, subjektivni osjećaj opterećenja. HFRR, struktura seta visoko frekventnih redistribuiranih intervala odmora; RR, struktura seta redistribuiranih intervala odmora; TS, tradicionalna struktura seta
Bonferroni post hoc test: * značajnost na razini p < 0.05; ** značajnost na razini p < 0.01
Cohen-ov *d:* † umjerena (ES) (>0.5); †† velika ES (>0.8)



Slika 14. Veličina učinka u svim varijablama s pripadajućim granicama sigurnosti između svih testiranih struktura setova

7. Rasprava

Glavni nalazi ovog istraživanja su da HFRR struktura seta koja sadrži frekventnije intervale odmora rezultira boljim održavanjem mjera brzine i snage u jednakom volumenu kao i trajanju treninga. Specifično, frekventniji, ali ne i duži intervali odmora između setova utječu na povećanje MV, MP te nižim RPE-om u usporedbi s RR i TS. HFRR struktura seta omogućila je ispitanicima potpuno održavanje, a čak i blagi porast vrijednosti brzine i snage, dok se kod RR i TS mogao uočiti negativni trend, odnosno opadanje brzine i snage kroz ponavljanja. Međutim, gledajući prosječne vrijednosti mjera brzine i snage, nisu uočene značajne razlike među strukturama setova.

Ovi rezultati se slažu s prethodnim israživanjima u kojima se brzina i snaga smanjivala kod TS, pogotovo onih visokog volumena (Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011; Oliver i sur.,

2016; Iglesias-Soler i sur., 2014). Također, prijašnje su studije zaključile kako češći intervali odmora rezultiraju bojlim održavanjem brzine pokreta te izlaza snage za vrijeme raznih KS struktura i njihovih potkategorija kao RR (Hansen i sur., 2011; Joy i sur., 2013; Lawton i sur., 2004; Moreno i sur., 2014; Oliver i sur., 2016; Tufano i sur., 2016). Međutim, zbog vremenskih ograničenja s kojim se mnogi sportaši suočavaju, duže trajanje treninga koristeći KS može iste činiti logistički nemogućima. Naprimjer, Tufano i suradnici (2017) su u svom istraživanju uočili kako implementacija KS produžuje vrijeme treninga za 69 do 164% usporedno s TS strukturom. Time se da zaključiti to da je, unatoč benefitima KS-a za brzinu i snagu, ukupna efikasnost treninga (ukupan rad po jedinici vremena) lošija od TS. U ovom istraživanju su volumen, opterećenje i ukupno vrijeme treninga za odrađivanje svih struktura setova bili identični, sugerirajući kako je HFRR superiornija struktura seta za unapređenje brzine i snage bez žrtvovanja efikasnosti treninga.

Konkretno, potrebno vrijeme za izvođenje 3 ponavljanja kod HFRR iznosilo je 6-8 sekundi, dok je za 6 ponavljanja u RR-u trebalo 20-22 sekunde, odnosno 33-35 sekundi za 10 ponavljanja u TS strukturi. Ovi nalazi su od velikog praktičnog značaja za kondicijske trenere i ostali stručni kadar u sportu kojima se nameću razna pravila, regulacije i logističke limitacije koje umanjuju ukupno vrijeme dostupno za trening s vanjskim opterećenjem.

Zanimljivo je i to da nije pronađena razlika između RR i TS izuzev u RPE ocjenama. Prethodna istraživanja na RR strukturama pokazala su veći izlaz snage kao i veću brzinu koncentričnog dijela pokreta usporedno s TS-om (Joy i sur., 2013; Moreno i sur., 2014; Oliver i sur., 2016; Oliver i sur., 2015; Oliver i sur., 2013), dok to nije bio slučaj u ovom istraživanju. Jedno od mogućih objašnjenja je i to da je i dalje teško održati mjere snage i brzine izvodeći 6 ponavljanja u jednom setu. Ovo konstatacija je podržana nalazima (Burd i sur., 2010) koji su pokazali maksimalnu EMG aktivnost mišićana sredini seta (peto ponavljanje) od 10 ponavljanja u nožnoj ekstenziji na trenažeru koristeći opterećenje od 70% 1RM-a. Rezultati istraživanja (Burd i sur., 2010) sugeriraju kako izvedba ponavljanja nakon te točke (50% od završetka seta) rezultira smanjenom aktivacijom mišićnih vlakana, naročito mišićnih vlakana tipa IIx. Nadalje, ovo možda objašnjava činjenicu da je trebalo mnogo više vremena za izvedbu setova sa 6 i 10 ponavljanja, za razliku od setova sa samo 3 ponavljanja. Zbog toga što su ispitanici ovog istraživanja dobili instrukciju da maksimalnom intencijom izvode svako ponavljanje, frekventno su imali pauzu na kraju pokreta nakon određenog broja ponavljanja kako bi udahnuli te se fokusirali. Isto nije primijećeno kod ispitanika za vrijeme HFRR strukture seta.

Kao što se i očekivalo, ocjene RPE-a su bile značajno više kod TS (7.50 ± 1.1) usporedno s RR (6.35±1.36) i HFRR (5.23 ± 1.18) strukturom seta. Ovo, nadalje, podržava ideju implementacije frekventnijih intervala odmora kada je cilj simultani razvoj određenih sposobnosti. Iz razloga što je umor determinanta volumena treninga, strukture seta koje manje „umaraju“ dozvoljavaju odrađivanje većeg volumena rada (Hardee i sur., 2013). Znanost je danas sigurna u činjenicu kako je volumen treninga ključni faktor povećanja mišićne hipertrofije (Schoenfeld, 2014, Krieger, 2010; Sooneste i sur., 2013; Terzis i sur., 2010), što također podržava korištenje HFRR i RR naspram TS. Međutim, HFRR se može koristiti i za unapređenje mjera brzine i snage za razliku od RR i TS. Zbog toga je smisleno koristiti ovu metodu organizacije treninga s vanjskim opterećenjem. Može se pretpostaviti kako češći intervali odmora mogu dozvoliti odstranjivanje metaboličkih nusprodukata te nadomještanje fosfatnih energetskih supstrata. Ovu pretpostavku su potvrdili Gorostiaga i suradnici pokazavši kako povećanje frekvencije intervala odmora (5 serija s 10 ponavljanja vs 10 serija s 5 ponavljanja) smanjuje razinu laktata u krvi te omogućava održavanje izlaza snage, ATP i fosfokreatinskih rezervi za vrijeme treninga (Gorostiaga i sur., 2014; Gorostiaga i sur., 2013; Gorostiaga i sur., 2010).

Unatoč svemu navedenom, magnitude razlika s pripadajućim granicama sigurnosti ne pokazuju praktičnu značajnost navedenih razlika u prosječnim vrijednostima kinetičkih parametara između struktura setova izuzev mjera snage kod HFRR vs TS. Međutim, zbog značajnih opadanja brzine i snage kod RR i TS jako su velike magnitude razlika uočene kod RPE vrijednosti, što pokazuje kako je ispitanicima HFRR struktura bila mnogo lakša za izvesti usporedno s RR i TS. Ovo dodatno dobiva na važnosti ukoliko se u obzir uzme činjenica kako se kapacitet jakosti mnogo brže vraća na početno stanje nakon treninga jakosti za razliku od subjektivnog osjećaja umora i upaljenosti mišića (Marshall, Cross & Haynes, 2018). Navedeno jako utječe na sportaševu percepciju o svojoj spremnosti za trening ili natjecanje, što nadalje jako utječe na njegovu kasniju sportsku izvedbu. Uzimajući u obzir značajno opadanje kinetičkih parametara za vrijeme RR i TS, značajne razlike bi se razlike također trebale uočiti i kod prosječnih vrijednosti navedenih parametara između struktura setova. Međutim, to u ovom istraživanju nije bio slučaj. Jedno od mogućih objašnjenja je i to da neki ispitanici nisu dali svoj maksimum za vrijeme svakog ponavljanja. Navedeno predstavlja jako veliki problem iz razloga što je maksimalna intencija prilikom izvođenja vježbe glavni preduvjet pouzdanog praćenja opterećenja putem brzine pokreta. Ispitanici su redovno koristili uređaje te prakticirali

izvođenje vježbi maksimalnom brzinom i prije početka ovog istraživanja. Također, kao što je već rečeno, za vrijeme izvođenja svih struktura setova su bili maksimalno verbalno stimulirani od strane istraživača da budu što brži. Nadalje, količina opterećenja od 70% 1RM-a koju su ispitanici morali podizati neovisno o strukturi je poprilično niska za utrenirane ljude poput ispitanika ovog istraživanja. Naime, gledajući ocjene subjektivnog osjećaja opterećenja moglo se procijeniti kako su ispitanici bili daleko od mišićnog otkaza neovisno o strukturi seta, što je i bio cilj metodologije ovog istraživanja. Navedeno također govori u prilog malim razlikama u prosječnim vrijednostima kinetičkih parametara. No, analizirajući postotak opadanja mjera brzine i snage te RPE vrijednosti, značajne razlike kao i umjereni do veliki efekti učinka su uočeni između struktura setova što potvrđuje važnost nalaza ovog istraživanja.

8. Zaključak

Zahtjevi modernog sporta danas su izrazito veliki. Također, zbog izrazitog utjecaja treninga s vanjskim opterećenjem na sportske izvedbe, treneri i stručni kadrovi često pokušavaju naći najbolju metodu treninga s otporom. Istovremeno, vrijeme koje se može posvetiti izoliranoj sposobnosti je često limitirano zbog velikog broja tehničkih i taktičkih zadataka kojima se sportaši moraju posvetiti. Uzimajući to u obzir, sve više se koriste paralelni modeli periodizacije u kojima se nastoji simultano razvijati više sposobnosti. U podlozi svake periodizacije je varijacija treninga koja uvjetuje napredak svakog sportaša. Jedan od najviše zanemarenih aspekata varijacije treninga jest manipulacija strukture setova u okviru treninga s vanjskim opterećenjem. Tradicionalne strukture setova koje se gotovo uvijek nalaze u programima treninga sportaša imaju mnogo mana, od kojih su najveće one pretjerane akumulacije umora, a time i opadanja brzine te snage za vrijeme izvođenja vježbi. Početkom su prošlog desetljeća KS strukture dobile veliki interes znanosti. Kada su pitanju trenažni efekti, mnoga istraživanja su pokazala njihovu superiornost u odnosu na TS. Međutim, njihova primjena u praksi često nailazi na logističke probleme koji zahtijevaju neko drugo rješenje uz identične efekte. Sukladno tome, razumno se okrenuti nekim drugim strukturama setova koje mogu otkloniti navedene probleme. U literaturi su se RR strukture setova pokazale kao potencijalno rješenje za prevenciju nastanka umora. Razlog tome je taj što se nerijetko sastoje od većeg broja setova

i manjeg broja ponavljanja usporedno s TS strukturom. Međutim, do sad je bilo nepoznato može li jako visoka frekvencija intervala odmora, a time i broja setova dovesti do dodatnih benefita po pitanju subjektivnog osjećaja opterećenja sportaša kao i mjera brzine i snage. Rezultati ovog istraživanja su pokazali kako se implementacijom HFRR strukture seta mogu ostvariti značajniji trenažni efekti. Razlog tome su niži stupanj umora koji se javlja kod sportaša za vrijeme izvedbe navedene strukture kao i potpuno održavanje brzine i snage. Po svemu sudeći, visoko frekventni intervali odmora, odnosno veći broj setova kao i manji broj ponavljanja u pojedinom setu pozitivno utječe na trening i oporavak. Praktični značaj ovog istraživanja je od velike važnosti za kondicijske trenere i ostale stručne kadrove u sportu. Uzimajući u obzir nalaze ovog istraživanja, treneri bi, naročito u pripremnim fazama sportaša kada je volumen treninga izrazito visok, mogli primijeniti HFRR strukture setova zbog boljih trenažnih efekata. Specifično, snižavanjem percepcije umora kod svojih sportaša mogu osigurati njihov brži oporavak i spremnost za idući trening ili natjecanje. Također, održavanjem visokih brzina kao i mjera snage za vrijeme treninga s otporom, mogu se ostvariti značajniji trenažni efekti usporedno sa submaksimalnim mjerama kinetičkih parametara. Svoju bi superiorniju praktičnu primjernu HFRR mogao naći i u natjecateljskim periodima kada je cilj gotovo uvijek održavanje ili umjereni razvoj prethodno ostvarenih trenažnih kapaciteta u pripremnim periodima. U tim su periodima brz oporavak te što niži stupanj umora nakon treninga od esencijalne važnosti. Zaključno s ovim, treneri imaju višestruke razloge za implementaciju HFRR strukture seta kao još jednog alata u svrhu unapređenja svojih sportaša.

9. Literatura

Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Hakkinen, K. (2004). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes. *Canadian Journal of Applied Physiology*, *29*(5), 527-543.

Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2003). Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs. maximum repetitions multiple resistance exercises. *International journal of sports medicine*, *24*(06), 410-418.

Asadi, A., & Ramírez-Campillo, R. (2016). Effects of cluster vs. traditional plyometric training sets on maximal-intensity exercise performance. *Medicina*, *52*(1), 41-45.

Baker, D., Wilson, G., & Carlyon, R. (1994). Periodization: The effect on strength of manipulating volume and intensity. *J Strength Cond Res*, *8*(4), 235-42.

Balsalobre-Fernández, C., Kuzdub, M., Poveda-Ortiz, P., & del Campo-Vecino, J. (2016). Validity and reliability of the push wearable device to measure movement velocity during the back squat exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(7), 1968-1974.

Bandy, W. D., & Hanten, W. P. (1993). Changes in torque and electromyographic activity of the quadriceps femoris muscles following isometric training. *Physical Therapy*, *73*(7), 455-465.

Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of applied physiology*, *80*(3), 876-884.

Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K., & Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *The Journal of physiology*, *482*(2), 467-480.

Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Lakomy, H. K. A., & Boobis, L. H. (1998). Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. *Acta Physiologica*, *163*(3), 261-272.

Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand j rehabil med*, *2*, 92-98.

Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med sci sports exerc*, *14*(5), 377-381.

Bosquet, L., Porta-Benache, J., & Blais, J. (2010). Validity of a commercial linear encoder to estimate bench press 1 RM from the force-velocity relationship. *Journal of sports science & medicine*, *9*(3), 459.

Boullosa, D. A., Abreu, L., Beltrame, L. G., & Behm, D. G. (2013). The acute effect of different half squat set configurations on jump potentiation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(8), 2059-2066.

Burd, N. A., Andrews, R. J., West, D. W., Little, J. P., Cochran, A. J., Hector, A. J., ... & Phillips, S. M. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *The Journal of physiology*, *590*(2), 351-362.

Burd, N. A., Holwerda, A. M., Selby, K. C., West, D. W., Staples, A. W., Cain, N. E., ... & Phillips, S. M. (2010). Resistance exercise volume affects myofibrillar protein synthesis

and anabolic signalling molecule phosphorylation in young men. *The Journal of physiology*, *588*(16), 3119-3130.

Colquhoun, R. J., Gai, C. M., Walters, J., Brannon, A. R., Kilpatrick, M. W., D'Agostino, D. P., & Campbell, W. I. (2017). Comparison of powerlifting performance in trained men using traditional and flexible daily undulating periodization. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(2), 283-291.

Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., & Mcbride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, *39*(2), 340-349.

Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cunningham, D. J., Cook, C., Owen, N., & Yang, G. Z. (2011). Validating two systems for estimating force and power. *International journal of sports medicine*, *32*(4), 254.

Crewther, B., Keogh, J., Cronin, J., & Cook, C. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation. *Sports medicine*, *36*(3), 215-238.

Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(2), 353-358.

Delp, S. L., & Maloney, W. (1993). Effects of hip center location on the moment-generating capacity of the muscles. *Journal of biomechanics*, *26*(4), 485-499.

Denton, J., & Cronin, J. B. (2006). Kinematic, kinetic, and blood lactate profiles of continuous and intraset rest loading schemes. Journal of strength and conditioning research, 20(3), 528-534.

Drinkwater, E. J., Galna, B., McKenna, M. J., Hunt, P. H., & Pyne, D. B. (2007). Validation of an optical encoder during free weight resistance movements and analysis of bench press sticking point power during fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(2), 510.

Dudley, G. A., Tesch, P. A., Harris, R. T., Golden, C. L., & Buchanan, P. (1991). Influence of eccentric actions on the metabolic cost of resistance exercise. *Aviation, space, and environmental medicine*, *62*(7), 678-682.

Duffey, M. J., & Challis, J. H. (2007). Fatigue effects on bar kinematics during the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(2), 556.

Eston, R. (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *International journal of sports physiology and performance*, *7*(2), 175-182.

Feigenbaum, M.S., Pollock, M.L. (1999). Prescription of resistance training for health and

disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31:38–45.

Fleck, S. J., & Kraemer, W. (2014). *Designing Resistance Training Programs, 4E*. Human Kinetics.

Folland, J. P., Irish, C. S., Roberts, J. C., Tarr, J. E., & Jones, D. A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *British journal of sports medicine*, *36*(5), 370-373.

Girman, J. C., Jones, M. T., Matthews, T. D., & Wood, R. J. (2014). Acute effects of a cluster-set protocol on hormonal, metabolic and performance measures in resistance-trained males. *European journal of sport science*, *14*(2), 151-159.

González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International journal of sports medicine*, *31*(05), 347-352.

González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European journal of sport science*, *14*(8), 772-781.

González-Badillo, J., Marques, M., & Sánchez-Medina, L. (2011). The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *Journal of human kinetics*, *29*(Special Issue), 15-19.

Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A., Hellsten, Y., Cusso, R., Guerrero, M., ... & Izquierdo, M. (2012). Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. *PloS one*, *7*(7), e40621.

Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A., Hellsten, Y., Cusso, R., Guerrero, M., ... & Izquierdo, M. (2013). Correction: Energy Metabolism during Repeated Sets of Leg Press Exercise Leading to Failure or Not. *PloS one*, *8*(1).

Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A., Sánchez-Medina, L., Cusso, R., Guerrero, M., ... & Izquierdo, M. (2014). Blood ammonia and lactate as markers of muscle metabolites during leg press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(10), 2775-2785.

Haff, G. G., Hobbs, R. T., Haff, E. E., Sands, W. A., Pierce, K. C., & Stone, M. H. (2008[a]). Cluster training: A novel method for introducing training program variation. *Strength & Conditioning Journal*, *30*(1), 67-76.

Haff, G. G., Whitley, A. D. R. I. A. N., Mccoy, L. B., O'bryant, H. S., Kilgore, J. L., Haff, E. E., ... & Stone, M. H. (2003). Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *17*(1), 95-103.

Haff, G., Burgess, S., & Stone, M. (2008[b]). Cluster training: Theoretical and practical applications for the strength and conditioning professional. *Prof Strength Cond*, *12*, 12-17.

Häkkinen, K., Pakarinen, A., Alén, M., & Komi, P. V. (1985). Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *53*(4), 287-293.

Häkkinen, K., Komi, P. V., & Alen, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force-and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica*, *125*(4), 587-600.

Hansen, K. T., Cronin, J. B., & Newton, M. J. (2011). The effect of cluster loading on force, velocity, and power during ballistic jump squat training. *International journal of sports physiology and performance*, *6*(4), 455-468.

Hardee, J. P., Lawrence, M. M., Utter, A. C., Triplett, N. T., Zwetsloot, K. A., & McBride, J. M. (2012). Effect of inter-repetition rest on ratings of perceived exertion during multiple sets of the power clean. *European journal of applied physiology*, *112*(8), 3141-3147.

Hardee, J. P., Lawrence, M. M., Zwetsloot, K. A., Triplett, N. T., Utter, A. C., & McBride, J. M. (2013). Effect of cluster set configurations on power clean technique. *Journal of sports sciences*, *31*(5), 488-496.

Hatfield, D. L., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., & Häkkinen, K. (2006). The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(4), 760.

Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sánchez-Otero, T., Mayo, X., & Fernández-del-Olmo, M. (2014). Performance of maximum number of repetitions with cluster-set configuration. *International journal of sports physiology and performance*, *9*(4), 637-642.

Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Río-Rodríguez, D., Carballeira, E., Fariñas, J., & Fernández-Del-Olmo, M. (2016). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *Journal of sports sciences*, *34*(15), 1473-1484.

Izquierdo, M., Gonzalez-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ibanez, J., Kraemer, W. J., Altadill, A., ... & Gorostiaga, E. (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*(09), 718-724.

Jidovtseff, B., Harris, N. K., Crielaard, J. M., & Cronin, J. B. (2011). Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(1), 267-270.

Jovanović, M., & Flanagan, E. P. (2014). Researched applications of velocity based strength training. *J Aust Strength Cond*, *22*(2), 58-69.

Joy, J. M., Oliver, J. M., McCleary, S. A., Lowery, R. P., & Wilson, J. M. (2013). Power output and electromyography activity of the back squat exercise with cluster sets. *J Sports Sci*, *1*, 37-45.

Kraemer, W. J., Noble, B. J., Clark, M. J., & Culver, B. W. (1987). Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *International journal of sports medicine*, *8*(04), 247-252.

Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & French, D. N. (2002). Resistance training for health and performance. *Current sports medicine reports*, *1*(3), 165-171.

Krieger, J. W. (2010). Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(4), 1150-1159.

Lagally, K. M., McCaw, S. T., Young, G. T., Medema, H. C., & Thomas, D. Q. (2004). Ratings of perceived exertion and muscle activity during the bench press exercise in recreational and novice lifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(2), 359-364.

Lawton, T., Cronin, J., Drinkwater, E., Lindsell, R., & Pyne, D. (2004). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *Journal of sports medicine and physical fitness*, *44*(4), 361.

Loenneke, J. P. (2012). Skeletal Muscle Hypertrophy: How important is Exercise Intensity? *Journal of Trainology*, *1*(2), 28-31.

Marshall, P. W., Cross, R., & Haynes, M. (2018). The fatigue of a full body resistance exercise session in trained men. *Journal of science and medicine in sport*, *21*(4), 422-426.

Matuszak, M. E., Fry, A. C., Weiss, L. W., Ireland, T. R., & McKnight, M. M. (2003). Effect of rest interval length on repeated 1 repetition maximum back squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *17*(4), 634-637.

Mayo, X., Iglesias-Soler, E., & Fernández-Del-Olmo, M. (2014). Effects of set configuration of resistance exercise on perceived exertion. *Perceptual and motor skills*, *119*(3), 825-837.

McMaster, D. T., Gill, N., Cronin, J., & McGuigan, M. (2014). A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. *Sports Medicine*, *44*(5), 603-623.

McNamara, J. M., & Stearne, D. J. (2010). Flexible nonlinear periodization in a beginner college weight training class. *The Journal of strength & conditioning research*, *24*(1), 17-22.

Mohamad, N. I., Cronin, J. B., & Nosaka, K. K. (2012). Difference in kinematics and kinetics between high-and low-velocity resistance loading equated by volume: implications for hypertrophy training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(1), 269-275.

Morishita, S., Yamauchi, S., Fujisawa, C., & Domen, K. (2013). Rating of perceived exertion for quantification of the intensity of resistance exercise. *Int J Phys Med Rehabil*, *1*(172), 2.

Oliver, J. M., Jagim, A. R., Sanchez, A. C., Mardock, M. A., Kelly, K. A., Meredith, H. J., ... & Fluckey, J. D. (2013). Greater gains in strength and power with intraset rest intervals in hypertrophic training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(11), 3116-3131.

Oliver, J. M., Kreutzer, A., Jenke, S. C., Phillips, M. D., Mitchell, J. B., & Jones, M. T. (2016). Velocity drives greater power observed during back squat using cluster sets. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(1), 235-243.

Oliver, J. M., Kreutzer, A., Jenke, S., Phillips, M. D., Mitchell, J. B., & Jones, M. T. (2015). Acute response to cluster sets in trained and untrained men. *European journal of applied physiology*, *115*(11), 2383-2393.

Padulo, J., Mignogna, P., Mignardi, S., Tonni, F., & D'ottavio, S. (2012). Effect of different pushing speeds on bench press. *Int J Sports Med*, *33*(5), 376-380.

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J. (2014). Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *International journal of sports medicine*, *35*(11), 916-924.

Paulus, M. P., Potterat, E. G., Taylor, M. K., Van Orden, K. F., Bauman, J., Momen, N., ... & Swain, J. L. (2009). A neuroscience approach to optimizing brain resources for human performance in extreme environments. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *33*(7), 1080-1088.

Reynolds, J. M., Gordon, T. J., & Robergs, R. A. (2006). Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(3), 584.

Rhea, M. R., & Alderman, B. L. (2004). A meta-analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs. *Research quarterly for exercise and sport*, *75*(4), 413-422.

Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... & Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *35*(2), 333-341.

Sanchez-Medina, L., & 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.

Sato, K., Beckham, G. K., Carroll, K., Bazyler, C., & Sha, Z. (2015). Validity of wireless device measuring velocity of resistance exercises. *Journal of Trainology*, *4*(1), 15-18.

Schoenfeld, B. J., Ratamess, N. A., Peterson, M. D., Contreras, B., Sonmez, G. T., & Alvar, B. A. (2014). Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(10), 2909-2918.

Sooneste, H., Tanimoto, M., Kakigi, R., Saga, N., & Katamoto, S. (2013). Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(1), 8-13.

Stone, M. H., Potteiger, J. A., Pierce, K. C., Proulx, C. M., O'bryant, H. S., Johnson, R. L., & Stone, M. E. (2000). Comparison of the Effects of Three Different Weight-Training Programs on the One Repetition Maximum Squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *14*(3), 332-337.

Suminski, R. R., Robertson, R. J., Arslanian, S., Kang, J., Utter, A. C., DaSilva, S. G., ... & Metz, K. F. (1997). Perception of Effort During Resistance Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *11*(4), 261-265.

Suzuki, S., Sato, T., Maeda, A., & Takahashi, Y. (2006). Program design based on a mathematical model using rating of perceived exertion for an elite Japanese sprinter: a case study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(1), 36.

Taylor, K. L., Cronin, J., Gill, N. D., Chapman, D. W., & Sheppard, J. (2010). Sources of variability in iso-inertial jump assessments. *International journal of sports physiology and performance*, *5*(4), 546-558.

Terzis, G., Spengos, K., Mascher, H., Georgiadis, G., Manta, P., & Blomstrand, E. (2010). The degree of p70S6k and S6 phosphorylation in human skeletal muscle in response to resistance exercise depends on the training volume. *European journal of applied physiology*, *110*(4), 835-843.

Testa, M., Noakes, T. D., & Desgorces, F. D. (2012). Training state improves the relationship between rating of perceived exertion and relative exercise volume during resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(11), 2990-2996.

Tran, Q. T., & Docherty, D. (2006). Dynamic training volume: a construct of both time under tension and volume load. *Journal of sports science & medicine*, *5*(4), 707.

Tuchscherer, M. (2008). The Reactive Training Manual: Developing your own custom training program for powerlifting. *Reactive Training Systems*, *15*.

Tufano, J. J., Brown, L. E., & Haff, G. G. (2017). Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: a systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(3), 848-867.

Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Haff, G. G. (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International journal of sports physiology and performance*, *11*(7), 885-892.

Vincent, W., & Weir, J. (2012). *Statistics in Kinesiology 4th Edition*. Human Kinetics.

Walker, S., Davis, L., Avela, J., & Häkkinen, K. (2012). Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *22*(3), 356-362.

Zourdos, M. C., Klemp, A., Dolan, C., Quiles, J. M., Schau, K. A., Jo, E., ... & Blanco, R. (2016). Novel resistance training–specific rating of perceived exertion scale measuring repetitions in reserve. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(1), 267-275.