

OPTIMALNO OPTEREĆENJE ZA MANIFESTACIJU VRŠNOG IZLAZA SNAGE PRI IZVEDBI VJEŽBI ČUČANJ I MRTVO DIZANJE

Prpić, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:418188>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

Matija Prpić

**OPTIMALNO OPTEREĆENJE ZA
MANIFESTACIJU VRŠNOG IZLAZA SNAGE PRI
IZVEDBI VJEŽBI ČUČANJ I MRTVO DIZANJE**

diplomski rad

Zagreb, srpanj 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Zagrebu

Kineziološki fakultet

Horvaćanski zavoј 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

Naziv studija: Kineziologija; smjer: kineziologija u edukaciji I Kondicijska priprema sportaša

Vrsta studija: Sveučilišni

Razina kvalifikacije: Integrirani prijediplomski i diplomski studij

Studij za stjecanje akademskog naziva: Sveučilišni magistar kineziologije u edukaciji i kondicijskoj pripremi sportaša

Znanstveno područje: Društvene znanosti

Znanstveno polje: Kineziologija

Vrsta rada: Znanstveno istraživački rad

Naziv diplomskog rada: je prihvaćena od strane Povjerenstva za diplomske radove Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2021./2022. dana 15. veljače 2022.

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Optimalno opterećenje za manifestaciju vršnog izlaza snage pri izvedbi vježbi čučanj i mrtvo dizanje

Matija Prpić, 0034076546

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić | Predsjednik – mentor |
| 2. doc. dr. sc. Daniel Bok | član |
| 3. izv. prof. dr. sc. Saša Vuk | član |
| 4. doc. dr. sc. Josipa Nakić | zamjena člana |

Broj etičkog odobrenja:

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kineziološkog fakulteta,

Horvaćanski zavoј 15, Zagreb

BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

University of Zagreb

Faculty of Kinesiology

Horvacanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Education and Athlete strength and conditioning

Type of program: University

Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate

Acquired title: University Master of Kinesiology in Education and Athlete strength and conditioning

Scientific area: Social sciences

Scientific field: Kinesiology

Type of thesis: Scientific-research

Master thesis: has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year 2021/2022. February 15, 2022

Mentor: associate prof. Pavle Mikulić

Optimal load for maximal power output during resisted back squat and deadlift exercises

Matija Prpić, 0034076546

Thesis defence committee:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. Assoc. Prof. Pavle Mikulić , PhD. | chairperson – supervisor |
| 2. Assist. Prof. Daniel Bok, PhD. | member |
| 3. Assoc. Prof. Saša Vuk, PhD. | member |
| 4. Assist. Prof. Josipa Nakić, PhD. | substitute member |

Ethics approval number:

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Kinesiology,

Horvacanski zavoj 15, Zagreb

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 električnoj predanoj u Knjižnici.

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Student:

Matija Prpić

OPTIMALNO OPTEREĆENJE ZA MANIFESTACIJU VRŠNOG IZLAZA SNAGE PRI IZVEDBI VJEŽBI ČUČANJ I MRTVO DIZANJE

Sažetak

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi na kojem postotku od 1RM-a se maksimizira izlazna snaga u vježbama čučanj i mrtvo dizanje. Uzorak je činilo 16 ispitanika ($n = 16$; $M = 10$, $\bar{Z} = 6$, aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija za dob iznosila je 26 ± 5 godina i tjelesnu masu $M = 88.1 \pm 8.6$ kg, $\bar{Z} = 60.6 \pm 8.4$ kg) koji su prošli kroz ukupno četiri dolazaka. Prvi preliminarni dolazak u kojem je testiran njihov 1RM u vježbama čučanj i mrtvo dizanje te tri glavna dolaska u kojem su pomoću GYMAWARE sustava mjerene brzina i izlaz snage u ove dvije vježbe s opterećenjima koja odgovaraju 30, 45, 75 i 90% od 1RM-a. Glavni nalazi ovog istraživanja ukazuju da optimalno opterećenje za manifestaciju vršnog izlaza snage u vježbi mrtvo dizanje iznosi 60% od 1RM-a (1123W), dok se najveći prosječni izlaz snage u mrtvom dizanju manifestirao na 75% od 1RM-a (568W). Optimalno opterećenje za manifestaciju vršnog izlaza snage u vježbi čučanj iznosi 45% od 1RM-a (2510W). Međutim, nisu pronađene razlike u izlaznoj snazi u širokom rasponu od 45 do 90% od 1RM-a. Prosječni izlaz snage se također manifestirao na 45% od 1RM-a (1184W), no također nisu pronađene razlike u izlaznoj snazi u rasponu od 30 do 60% od 1RM-a. Zaključno, vršni izlaz snage u treningu s otporom relativno je varijabilan podatak te nije dovoljno pouzdan kako bi se praktičari mogli osloniti isključivo na njega pri planiranju i programiranju treninga s otporom. Međutim, vršni izlaz snage može imati jednu vrlo bitnu ulogu, a to je pružanje povratne informacije sportašu o izlazu snage u stvarnom vremenu kako bi svako ponavljanje bilo izvedeno namjerom maksimalne brzine izvedbe. Kada je osigurano da je taj preduvjet ispunjen, moguće je usredotočiti se na brzinu izvedbe i usmjeravanje trenažnog procesa ovisno o potrebama sportaša.

Ključne riječi: snaga, brzina, trening s otporom

OPTIMAL LOAD FOR MAXIMAL POWER OUTPUT DURING RESISTED BACK SQUAT AND DEADLIFT EXERCISES

Abstract

The aim of this research was to determine at which percentage of 1RM the power output is maximized in the squat and deadlift exercises. The sample consisted of 16 respondents ($n = 16$; $M = 10$, $F = 6$, arithmetic mean $\pm$ standard deviation for age was 26 ± 5 years and body weight $M = 88.1 \pm 8.6$ kg, $F = 60.6 \pm 8.4$ kg) who passed through a total of four arrivals. The first preliminary in which their 1RM was tested in the squat and deadlift exercises and the three main arrivals in which, using the GYM system, speed and power output were measured in these two exercises with loads corresponding to 30, 45, 75 and 90% of 1RM. The main findings of this research indicate that the optimal load for the manifestation of peak power output in the deadlift exercise is 60% of 1RM (1123W), while the highest average power output in the deadlift was manifested at 75% of 1RM (568W). The optimal load for the manifestation of peak power output in the squat exercise is 45% of 1RM (2510W). However, no differences were found in power output over a wide range from 45 to 90% of 1RM. Mean power output also occurred at 45% of 1RM (1184W), but also no differences were found in power output ranging from 30 to 60% of 1RM. In conclusion, maximum power output in resistance training is relatively variable and is not reliable enough for practitioners to rely solely on it when planning and programming resistance training. However, it can play one very important role, that of providing real-time feedback to the athlete about power output so that each repetition is performed with the maximum possible intent. When we have ensured that this prerequisite is met, we can focus on speed data and direct the training process depending on the needs of the athlete we are working with.

Key words: power, velocity, resistance training

SADRŽAJ

UVOD	1
CILJ ISTRAŽIVANJA	5
METODE RADA	6
Uzorak ispitanika	6
Opis protokola istraživanja	7
Izvedba čučnja i mrtvog dizanja	7
1RM Test	8
Provedba protokola	9
Statistička analiza rezultata	9
REZULTATI	10
RASPRAVA	19
Praktična primjena 1	22
Praktična primjena 2	23
Praktična primjena 3	25
ZAKLJUČAK	27
LITERATURA	28

UVOD

Zadnjih godina se na tržištu pojavljuju alati koji omogućuju mjerenje komponenti brzine i snage pri pokretima u treningu s otporom. Trening temeljen na brzini (TTB) podrazumijeva mjerenje brzine pokreta i izlaza snage u treningu s otporom i isto tako propisivanja treninga snage temeljem dobivenih parametara. Ima mnogo prednosti jer uvodi brzinu pokreta kao varijablu, a koja je i objektivno i precizno izmjerena. Prilikom izvedbe vježbi, na kraju koncentrične faze pokreta uz upotrebu odgovarajućih mjernih uređaja dobivamo povratne informacije o brzini (v) i izlazu snage (P). Brzina (v) u vježbanju s otporom se pokazala da točno kvantificira razinu napora i umora tijekom vježbanja te precizno procjenjuje kada će doći do trenutnog mišićnog otkaza (Morán, Martínez, Escribano, i Courel, 2020). Treneri i sportaši koriste ove podatke u stvarnom vremenu za prilagodbu tijekom treninga ili za pregled pohranjenih podataka za dugoročne odluke o planiranju i programiranju. Jedan takav sustav za mjerenje brzine pokreta je GymAware PowerTool (GYM; Kinetic Performance Technologies, Canberra, Australija). Ovaj sustav se sastoji od jedinice s kabelom koja mjeri brzinu i prenosi podatke putem Bluetootha na tablet ili na računalo. Koristeći aplikaciju GYM, korisnik može trenutno dobiti podatke o brzini izvedbe te o izlazu snage.

Treneri sportašima obično propisuju specifična opterećenja u treningu s otporom u odnosu na 1RM (opterećenje koje vježbač može u određenoj vježbi savladati kroz koncentričnu fazu pokreta samo jedanput) pojedinca (npr. 70% 1RM-a) (Haff i Triplett, 2015; Weakley i sur., 2017). Osim toga, sportašima se obično dodjeljuje određeni broj serija i ponavljanja (npr. 5 serija po 10 ponavljanja) na temelju željenog cilja treninga (Banyard, Tufano, Delgado, Thompson i Nosaka, 2018).

Međutim, korištenje prethodnog 1RM-a sportaša za propisivanje opterećenja tijekom treninga može biti problematično ako se sportašev 1RM promijeni kao posljedica treninga, pa se propisano opterećenje ne podudara s postotkom od 1RM-a namijenjenog za određeni trening. Osim toga, poznato je da se broj ponavljanja koji se može izvesti s danim postotkom od 1RM-a razlikuje među sportašima i, stoga, dodjeljivanje istog broja serija i ponavljanja svim sportašima može izazvati različite razine napora i umora (Richens i Cleather, 2014.; Weakley i sur., 2019). Stoga su razvijene alternativne metode kao što je trening temeljen na brzini (TTB) kako bi se pružili točni i objektivni

podaci koji podupiru propisivanje treninga s otporom (Banyard, Nosaka, Sato i Haff, 2017; Banyard, Nosaka, Vernon, i Haff, 2018; Banyard, Tufano, Delgado, Thompson i Nosaka, 2018).

Potvrđeno je kroz mnoštvo studija da je brzina pokreta (v) u treningu s otporom iznimno pouzdan podatak za procjenu 1RM-a te vrlo objektivan alat koji može praktičarima pomoći u planiranju i programiranju treninga s otporom. S druge strane, izlaz snage (P) u treningu s otporom nije u tolikoj mjeri istražen u odnosu na brzinu. Veliki broj istraživanja pokazuje da vršni izlaz snage varira od vježbe do vježbe tj. da se u različitim vježbama javlja pri različitim intenzitetima opterećenja promatrano u odnosu na 1RM. Stoga je cilj ovog istraživanja utvrditi intenzitet opterećenja koje manifestira vršni izlaz snage u vježbama čučanj i mrtvo dizanje.

Kaneko, Fuchimoto, Toji i Suei, (1983) proveli su jedno od prvih studija u kojem su istraživali učinak opterećenja tijekom vježbi s otporom na vršni izlaz snage. Zaključeno je da korištenjem otpora jednakog 30% maksimalne izometrijske snage u pokretu pregibača podlaktice maksimizira izlaznu snagu. Dodatno, trening s opterećenjem koje maksimizira izlaznu snagu (optimalno opterećenje) dovesti će do najvećeg povećanja mišićne snage. Stoga, određivanje optimalnog opterećenja u pojedinim vježbama koje se koriste u treningu snage može biti korisno baš iz tog razloga.

Iako dosljednost glede identifikacije opterećenja koje maksimizira izlaznu snagu postoji u istraživanjima koja uključuju in vitro proučavanje mišićnih vlakana (Bottinelli, Pellegrino, Canepari, Rossi i Reggiani, 1999) i jednozglobnih pokreta (Kaneko i sur., 1983; Newton i sur., 1997), istraživanja koja uključuju kompleksne vježbe s otporom dominantno donjeg dijela tijela su pokazale različite rezultate.

Cormie, Mccaulley, Triplett i McBride (2007) ispitivali su utjecaj različitih opterećenja na izlaznu snagu u skoku iz čučnja, čučnju i nabačaju kako bi se odredilo opterećenje koje maksimizira izlaznu snagu u svakoj vježbi. Optimalno opterećenje za maksimizaciju izlaza snage za skok iz čučnja bilo je 0% od 1RM; apsolutna vršna snaga bila je znatno niža pri 42, 56, 71 i 85% od 1RM. Vršna snaga u čučnju je maksimizirana na 56% od 1RM; međutim, snaga se nije značajno razlikovala u cijelom rasponu opterećenja. Vršni izlaz snage u nabačaju maksimizirao se na 80% od 1RM.

Takei, Hirayama, i Okada, (2019) su istraživali temeljne čimbenike koji određuju optimalno opterećenje tijekom HPC-a (hang power clean-a). Osam natjecateljskih olimpijskih dizača utega izveli su HPC na 40, 60, 70, 80, 90, 95 i 100% svog 1RM-a. Kriterij uspjeha tijekom HPC-a bio je postavljen iznad paralelnog čučnja u poziciji primanja. Rezultati su pokazali da su vršna snaga i relativna vršna snaga maksimizirane na 80% od 1RM-a (3975.7W, 50.4 W/kg). Vršna sila, sila pri vršnoj snazi i relativne vrijednosti imale su tendenciju povećanja s većim opterećenjem ($P < .001$).

Gantois i sur., (2023) imali su za cilj analizirati povezanost opterećenja-brzine i opterećenja-snage u vježbama stražnjeg čučnja sa slobodnim utezima (BSQ) i mrtvog dizanja sa trap šipkom (HBD). Dvadeset i pet ($n = 25$) muškaraca s iskustvom u treningu s otporom (dob = $23,7 \pm 2,8$ godina) izveli su test progresivnog opterećenja pri maksimalnoj brzini izvedbe kako bi odredili svoj BSQ i HBD maksimum jednog ponavljanja (1RM). Glavni nalazi ove studije bili su sljedeći:

(a) odnosi opterećenja i brzine u BSQ i HBD vježbama bili su visoko linearni, što omogućuje točno propisivanje opterećenja na temelju brzine kretanja;

(b) HBD je izazvao veće kinematičke rezultate u rasponu od %1RM ($< 90\%$ 1RM) u usporedbi s BSQ vježbom;

(c) opterećenja koja maksimiziraju izlaznu snagu bila su $\sim 66\%$ za BSQ i $\sim 60\%$ 1RM za HBD. Međutim, nisu pronađene razlike u izlaznoj snazi u širokom rasponu od %1RM u odnosu na P_{max} za BSQ (40–80% 1RM) i HBD (50–70% 1RM) vježbe.

Vrlo jaki odnosi opterećenja-brzine (load-velocity) za BSQ i HBD vježbe ($R^2 > 0,96$; $SEE < 5\%$ 1RM) omogućuju kondicijskim trenerima da s velikom preciznošću odrede 1RM iz srednje brzine u koncentričnoj fazi pokreta tijekom jednog ponavljanja izvedenog uz maksimalni napor koristeći submaksimalna opterećenja na dnevnoj bazi.

Morán i sur., (2020) utvrđivali su potpuni profil opterećenja-brzine (load-velocity) te snage-brzine (power-velocity) u vježbi mrtvo dizanje kako bi se dobile praktične jednadžbe i normativne vrijednosti za trenere i praktičare u treningu s otporom. Dvadeset muškaraca s iskustvom u treningu s otporom izvelo je test progresivnog opterećenja pri maksimalnoj brzini kako bi odredili svoj 1RM. Prosječna brzina i vršna brzina mjerene su tijekom koncentrične faze pokreta. Obje brzine su pokazale vrlo visoku korelaciju s %1RM ($R^2 = 0,971$ i $R^2 = 0,963$). Opterećenje koje je

maksimiziralo izlaznu snagu identificirano je na $\sim 60\%$ 1RM. Za razliku od onoga što je primijećeno u brzini, rezultati izlaza snage pokazali su lošu sposobnost predviđanja za procjenu $\%1\text{RM}$. Stoga je korištenje jednadžbi temeljenih na brzini preporučljivo za praćenje performansi sportaša i prilagođavanje opterećenja treninga u vježbi mrtvog dizanja. Ova metoda predstavlja alternativu zahtjevnim, dugotrajnim i potencijalno rizičnim 1RM testovima i omogućuje korištenje vježbe mrtvog dizanja prema TTB principima.

CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja bio je ustanoviti pri kojem intenzitetu vanjskog opterećenja, promatrano relativno u odnosu na 1RM, u vježbama čučanj i mrtvo dizanje osobe iskusne u treningu s otporom postižu najveći vršni i prosječni izlaz snage.

METODE RADA

Uzorak ispitanika

Uzorak je uključivao muškarce i žene koji nisu imali mišićno-koštane ozljede u trenutku provedbe istraživanja te koji su bili iskusni u treningu s otporom (definirano kao posjedovanje sposobnosti podizanja najmanje 100% svoje tjelesne mase u čučnju i mrtvom dizanju). Svi sudionici su također imali minimalno 1 godinu iskustva u treningu s otporom, a minimalnu tjednu učestalost treninga od dva puta tjedno. Deset muškaraca i šest žena ($n = 16$; $M = 10$, $\check{Z} = 6$) dobrovoljno se prijavilo za sudjelovanje u istraživanju i završili su sve dolaske na testiranja (aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija za dob: 26 ± 5 godina). Karakteristike ispitanika (deskriptivni pokazatelji) prikazane su u Tablici 1.

Tablica 1

Deskriptivni pokazatelji ispitanika

Varijabla	Aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija
Uzorak	$n = 16$; $M = 10$, $\check{Z} = 6$
Dob (godine)	$M = 27 \pm 5,8$ godina; $\check{Z} = 23,2 \pm 1,5$ godina
Tjelesna masa (kg)	$M = 88,1 \pm 8,6$ kg; $\check{Z} = 60,6 \pm 8,4$ kg

Od strane Povjerenstva za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu dobiveno je etičko odobrenje za provedbu samog istraživanja (broj odobrenja: 74/2020). Svi ispitanici su pristali na uvjete istraživanja nakon što su dobili pismenu obavijest o zahtjevima, prednostima i rizicima samog istraživanja te su svojim potpisom potvrdili dobrovoljno sudjelovanje.

Opis protokola istraživanja

Svi sudionici su prisustvovali testiranjima kroz ukupno četiri dolazaka, uključujući preliminarni (upoznavajući) dolazak te tri glavna dolazaka na testiranje. U preliminarnom dolasku, sudionicima je testiran njihov 1RM u vježbama čučanj i mrtvo dizanje. U ovom preliminarnom dolasku nije korišten GYM sustav, te nisu davane nikakve sugestije sudionicima koje se odnose na brzinu izvedbe. U prvom, drugom i trećem dolasku, brzina i snaga u ove dvije vježbe su mjerene s opterećenjima koja odgovaraju 30, 45, 60, 75 i 90% od 1RM. Ova opterećenja su odabrana jer generalne preporuke za razvoj mišićne snage uključuju intenzitete opterećenja u rasponu od 30-90% od 1RM-a (Haff i Nimphius, 2012). U tri dolazaka GYM sustav je bio korišten za mjerenje brzine i izlaza snage te je sudionicima bilo rečeno da podizanje tereta tijekom izvedbe vježbi izvedu maksimalnom mogućom brzinom. Svi dolasci su se održavali između 11 i 18 sati te uvijek u isto doba dana (± 1 h) za svakog sudionika, kako bi se izbjegao mogući učinak cirkadijalne varijacije (Grgic i sur., 2019). Testiranja su provedena u razmaku od 4-7 dana. Dan prije svakog dolaska na testiranje, sudionici su bili upućeni da ne izvedu bilo kakvu vrstu naporne tjelesne aktivnosti te da ne mijenjaju drastično svoj uobičajeni unos hrane.

Izvedba čučnja i mrtvog dizanja

Sudionici su izvodili "konvencionalnu" varijaciju vježbe mrtvog dizanja. Od sudionika se tražilo da uhvate šipku koristeći ili potpuno pronirani hvat ili mješoviti hvat. Vrsta hvata temeljila se na osobnom izboru, ali se od sudionika zahtijevalo da zadrže konzistentan tip hvata na svakom

testiranju. Stopala su bila postavljena otprilike u širini kukova i/ili ramena. U početnom položaju, kukovi su trebali biti niže od ramena, ali više od koljena, s blago podignutim prsima. Sudionici su morali vršiti ekstenziju u zglobu kuka te koljena kako bi u konačnici podignuli šipku s tla do uspravnog stojećeg položaja.

U vježbi čučanj, od sudionika se tražilo da uteg postave u visoku poziciju na ramenima, u tzv. „high bar“ položaj što znači da se šipka nalazi na gornjem dijelu trapeziusa vježbača. Nakon podizanja tereta s nosača, od sudionika se tražilo da se spuste vertikalno prema dolje (gdje je njihov najniži položaj uključivao postizanje barem paralele između bedra i tla) te povratak u uspravni stojeći položaj. Iskusi ocjenjivač pratio je dubinu čučnjeva radi dosljednosti.

1RM Test

Na samom početku, sudionici su pretpostavili njihov 1RM u vježbama čučanj i mrtvo dizanje. Prilikom testiranja 1RM-a prvo je izvedena vježba mrtvog dizanja, a potom je slijedio čučanj. Prije početka s protokolom testiranja 1RM-a, sudionicima je omogućeno 10 minuta samostalnog zagrijavanja.

Nakon zagrijavanja, započeo je protokol testiranja 1RM-a. Sudionici su prvo izveli tri serije prije pokušaja 1RM-a. U prvoj seriji izvedena su 8-10 ponavljanja s 50% 1RM, u drugoj seriji izvedena su 3-5 ponavljanja s 75% 1RM, u trećoj seriji izvedeno je jedno ponavljanje sa 95% od njihovog pretpostavljenog 1RM-a. Zatim, sudionici izvode 1RM pokušaje s povećanjem opterećenja u svakom slijedećem pokušaju.

Testiranje je trajalo dok sudionici nisu uspjeli dovršiti pokušaj 1RM-a. Sve vrijednosti 1RM-a su bile utvrđene unutar pet pokušaja. Predviđeni su odmori od tri minute između serija te 10 minuta između pojedinih vježbi.

Vrijednosti 1RM-a korištene su za određivanje opterećenja izračunatih kao postotke od 1RM-a za naknadna testiranja. U ovom testiranju, GYM sustav nije korišten, niti su dani nikakvi prijedlozi sudionicima u pogledu brzine kretanja.

Provedba protokola

U glavnim testiranjima, brzina i snaga u mrtvom dizanju i čučnju je procijenjena opterećenjima koja odgovaraju 30, 45, 60, 75 i 90% od 1RM. Ova testiranja bila su identične strukture te je isti ocjenjivač provodio sve procjene.

Nakon dolaska u laboratorij, sudionici su najprije izveli 10 minuta samostalnog zagrijavanja. Sudionici su bili upućeni da im zagrijavanje bude identično tijekom svih testiranja.

Nakon što je zagrijavanje završeno te prije početka testiranja, sudionici su dobili upute da izvedu svako ponavljanje tijekom svih opterećenja s maksimalnom mogućom koncentričnom brzinom uz kontroliranu ekscentričnu fazu.

Sudionici su prvo izveli mrtvo dizanje nakon čega je uslijedila vježba čučanj. U obje vježbe, opterećenje je prvo postavljeno na 30% od 1RM-a te progresivno povećano do 90% od 1RM-a. Pri svim opterećenjima do 75% od 1RM-a, sudionici su izvršili jedan set sa tri uzastopna ponavljanja, dok su na opterećenju 90% od 1RM-a sudionici izvršili jednu seriju s jednim ponavljanjem. Sudionici su se odmarali 3 minute između serija te 10 minuta između pojedinih vježbi.

Statistička analiza rezultata

Rezultati mjerenja uneseni su u Microsoft Excel, a sama analiza i obrada podataka napravljena je u programu Statistica 14.0 (StatSoft GmbH, 2023).

Izračunata je deskriptivna statistika za vršni i prosječni izlaz snage u vježbama čučanj i mrtvo dizanje pri 30, 45, 60, 75 i 90% od 1RM-a.

Za utvrđivanje razlika između izlaza snage pri različitim intenzitetima opterećenja koristila se ANOVA za ponavljana mjerenja te, u slučaju statističke značajnosti ANOVA-e, post hoc Bonferroni test za usporedbu parova. Razina statističke značajnosti postavljena je na $p < 0,05$.

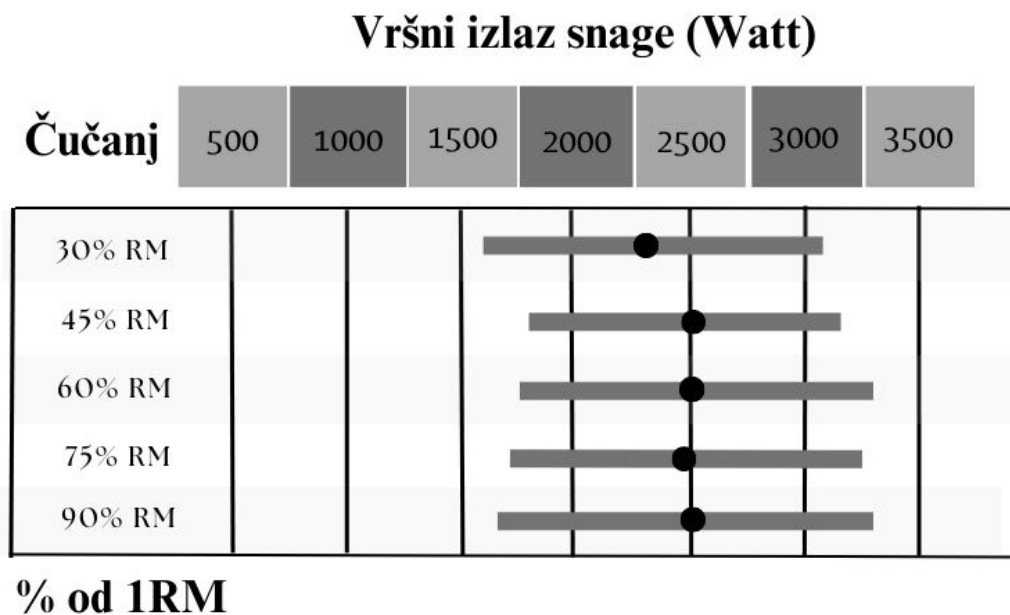
REZULTATI

Tablica 2

Rezultati deskriptivne statistike čučnja i mrtvog dizanja prikazani kao aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija

	30%1RM	45%1RM	60%1RM	75%1RM	90%1RM
Čučanj VS (W)	2374 $\pm$ 734	2510 $\pm$ 764	2503 $\pm$ 773	2481 $\pm$ 769	2505 $\pm$ 809
Čučanj PS (W)	1162 $\pm$ 343	1184 $\pm$ 358	1135 $\pm$ 349	1039 $\pm$ 321	964 $\pm$ 304
Mrtvo dizanje VS (W)	968 $\pm$ 355	1181 $\pm$ 415	1248 $\pm$ 397	1168 $\pm$ 362	1048 $\pm$ 374
Mrtvo dizanje PS (W)	435 $\pm$ 145	560 $\pm$ 179	636 $\pm$ 197	643 $\pm$ 202	564 $\pm$ 189

VS – vršni izlaz snage, PS – prosječni izlaz snage, W – Watt (mjerna jedinica)

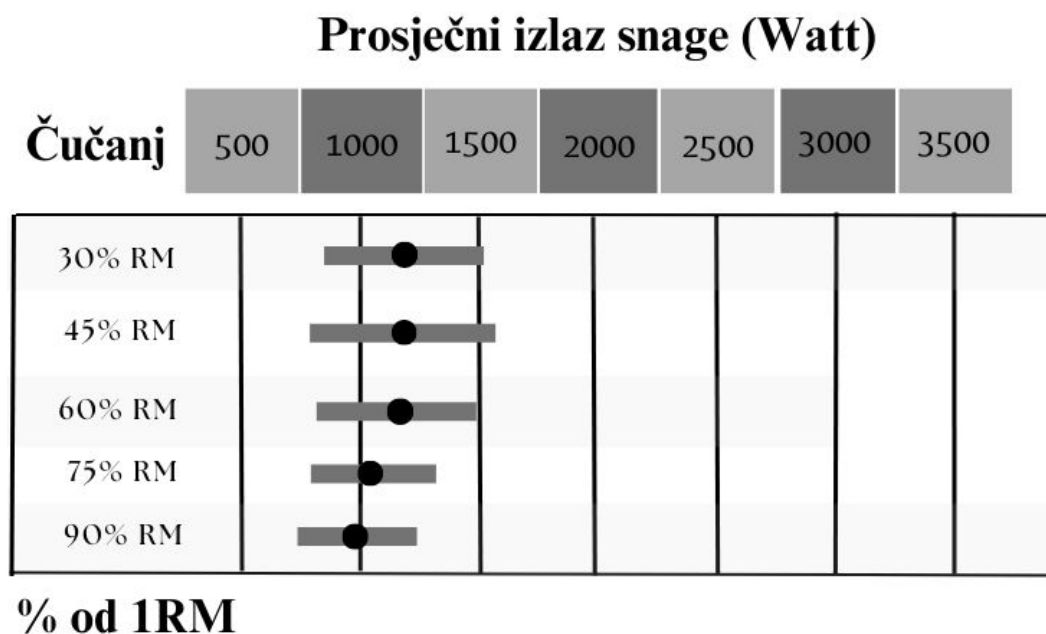


● - Označava vršni izlaz snage

■ - Označava raspon standardne devijacije

Slika 1:

Prikaz maksimalnog izlaza snage u vježbi čučanj u rasponu 30 - 90% od 1RM-a

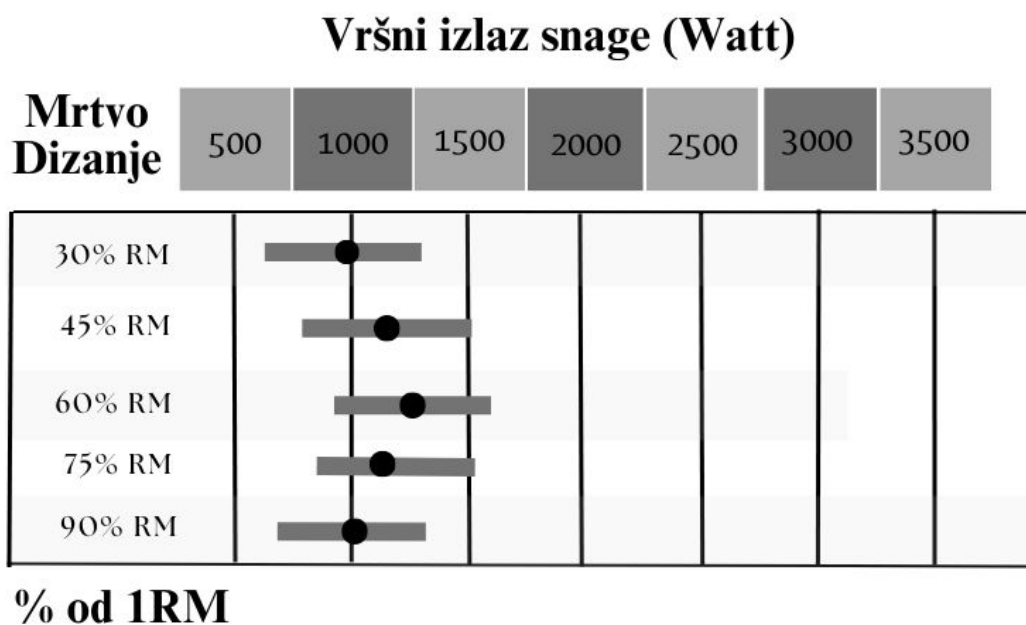


● - Označava prosječni izlaz snage

■ - Označava raspon standardne devijacije

Slika 2:

Prikaz prosječnog izlaza snage u vježbi čučanj u rasponu 30 - 90% od 1RM-a

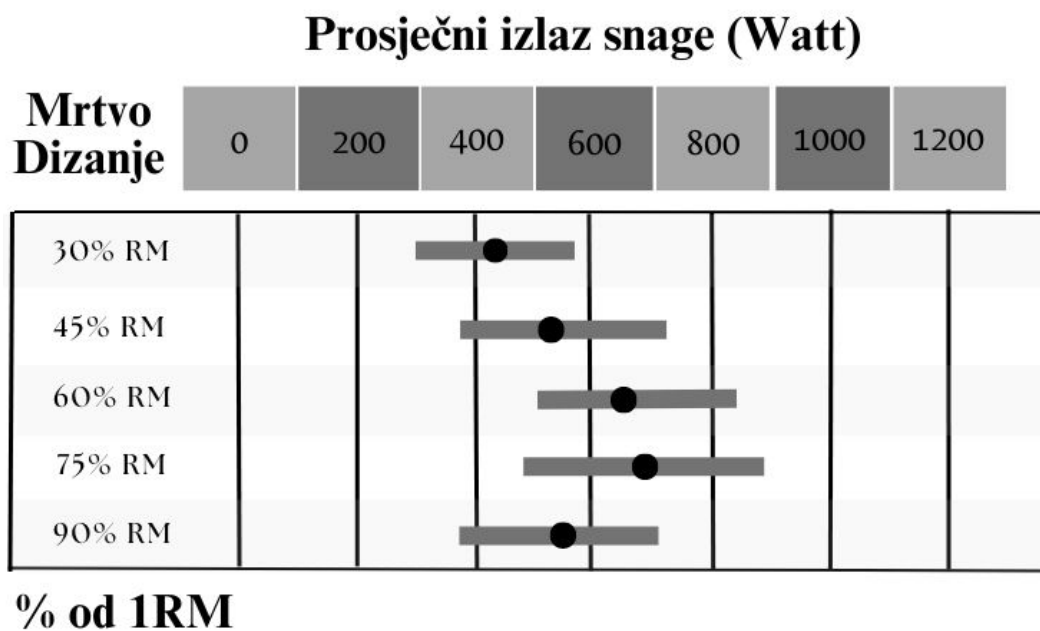


● - Označava vršni izlaz snage

■ - Označava raspon standardne devijacije

Slika 3:

Prikaz maksimalnog izlaza snage u vježbi mrtvo dizanje u rasponu 30 - 90% od 1RM-a



● - Označava prosječni izlaz snage

■ - Označava raspon standardne devijacije

Slika 4:

Prikaz prosječnog izlaza snage u vježbi mrtvo dizanje u rasponu 30 - 90% od 1RM-a

Čučanj (vršni izlaz snage)

ANOVA za ponavljana mjerenja za varijablu vršni izlaz snage, u vježbi čučanj, pokazala se statistički značajnom ($p < 0,001$).

Tablica 3

Razlike između srednje vrijednosti vršnog izlaza snage pri 30/45/60/75 i 90% od 1RM-a u vježbi čučanj izražene p vrijednošću (Bonferroni post hoc – usporedba parova).

	R1	SQ30%VS	SQ45%VS	SQ60%VS	SQ75%VS	SQ90%VS
1	SQ30%VS		0.024*	0.035*	0.144	0.025*
2	SQ45%VS	0.024*		1.000	1.000	1.000
3	SQ60%VS	0.035*	1.000		1.000	1.000
4	SQ75%VS	0.144	1.000	1.000		1.000
5	SQ90%VS	0.025*	1.000	1.000	1.000	

* Statistički značajna razlika

Čučanj (prosječni izlaz snage)

ANOVA za ponavljana mjerenja za varijablu prosječni izlaz snage, u vježbi čučanj, pokazala se statistički značajnom ($p < 0,001$).

Tablica 4

Razlike između srednje vrijednosti prosječnog izlaza snage pri 30/45/60/75 i 90% od 1RM-a u vježbi čučnja izražene p vrijednošću (Bonferroni post hoc – usporedba parova).

	R1	SQ30%PS	SQ45%PS	SQ60%PS	SQ75%PS	SQ90%PS
1	SQ30%PS		1.000	1.000	<0.001*	<0.001*
2	SQ45%PS	1.000		0.283	<0.001*	<0.001*
3	SQ60%PS	1.000	0.283		<0.001*	<0.001*
4	SQ75%PS	<0.001*	<0.001*	<0.001*		0.015*
5	SQ90%PS	<0.001*	<0.001*	<0.001*	0.015*	

* Statistički značajna razlika

Mrtvo dizanje (vršni izlaz snage)

ANOVA za ponavljana mjerenja za varijablu vršni izlaz snage, u vježbi mrtvo dizanje, pokazala se statistički značajnom ($p < 0,001$).

Tablica 5

Razlike između srednje vrijednosti vršnog izlaza snage pri 30/45/60/75 i 90% od 1RM-a u vježbi mrtvog dizanja, izražene p vrijednošću (Bonferroni post hoc – usporedba parova)

	R1	DL30%VS	DL45%VS	DL60%VS	DL75%VS	DL90%VS
1	DL30%VS		<0.001*	<0.001*	<0.001*	0.486
2	DL45%VS	<0.001*		0.779	1.000	0.005*
3	DL60%VS	<0.001*	0.779		0.308	<0.001*
4	DL75%VS	<0.001*	1.000	0.308		0.018*
5	DL90%VS	0.486	0.005*	<0.001*	0.018*	

* Statistički značajna razlika

Mrtvo dizanje (Prosječni izlaz snage)

ANOVA za ponavljana mjerenja za varijablu prosječni izlaz snage, u vježbi mrtvo dizanje, pokazala se statistički značajnom ($p < 0,001$).

Tablica 6

Razlike između srednje vrijednosti prosječnog izlaza snage pri 30/45/60/75 i 90% od 1RM-a u vježbi mrtvog dizanja izražene p vrijednošću (Bonferroni post hoc – usporedba parova).

	R1	DL30%PS	DL45%PS	DL60%PS	DL75%PS	DL90%PS
1	DL30%PS		<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*
2	DL45%PS	<0.001*		<0.001*	<0.001*	1.000
3	DL60%PS	<0.001*	<0.001*		1.000	<0.001*
4	DL75%PS	<0.001*	<0.001*	1.000		<0.001*
5	DL90%PS	<0.001*	1.000	<0.001*	<0.001*	

* Statistički značajna razlika

RASPRAVA

Koncept vršnog izlaza snage u treningu s otporom povezan je s odnosom generirane mišićne sile i brzine mišićne kontrakcije. Odnos sila-brzina kaže da je sila koju stvara mišić obrnuto proporcionalna brzini kontrakcije. Drugim riječima, kako se brzina kontrakcije povećava, sila koju stvara mišić se smanjuje, i obrnuto. Prilikom izvođenja vježbi u treningu s otporom, na brzinu kontrakcije utječe intenzitet opterećenja koje se obično izražava kao postotak od jednog maksimalnog ponavljanja (1RM). Kako se opterećenje povećava, brzina kontrakcije se smanjuje, a sila koju stvara mišić raste. Pri manjim opterećenjima (manje od 30% od 1RM), brzina kontrakcije je veća, ali je sila koju stvara mišić relativno niska. U oba slučaja, suboptimalan odnos sile i brzine rezultira manjom izlaznom snagom. Stoga, opterećenje koje proizvodi najveći vršni izlaz snage predstavlja ravnotežu između komponente sile i brzine mišićne kontrakcije, što rezultira optimalnom izlaznom snagom.

Glavni nalazi ovog istraživanja ukazuju da optimalno opterećenje za manifestaciju vršnog izlaza snage u vježbi mrtvo dizanje iznosi 60% od 1RM-a (1123W), dok se najveći prosječni izlaz snage u mrtvom dizanju manifestirao na 75% od 1RM-a (568W).

Optimalno opterećenje za manifestaciju vršnog izlaza snage u vježbi čučanj iznosi 45% od 1RM-a (2510W). Međutim, nisu pronađene razlike u izlaznoj snazi u širokom rasponu od 45 do 90% od 1RM-a. Prosječni izlaz snage se također manifestirao na 45% od 1RM-a (1184W), no također nisu pronađene razlike u izlaznoj snazi u rasponu od 30 do 60% od 1RM-a.

Rezultati ranijeg istraživanja Cormie i sur., (2007) slični su rezultatima ovog istraživanja jer se vršni izlaz snage u vježbi čučanj u tom istraživanju manifestirao pri 56% od 1RM-a, međutim, izlaz snage se nije značajno razlikovao u cijelom spektru opterećenja.

Nadalje, Gantois i sur., (2023) opazili su da se vršni izlaz snage u vježbi mrtvo dizanje sa trap šipkom manifestira pri 60% od 1RM-a, a u vježbi čučanj pri 66% od 1RM-a. Također nisu pronađene razlike u izlaznoj snazi u širokom rasponu od %1RM-a u odnosu na vršni izlaz snage za čučanj (40–80% 1RM) i mrtvo dizanje sa trap šipkom (50–70% 1RM). Dakle, i ovi nalazi podudaraju se s nalazima istraživanja ovog diplomskog rada.

Također, Morán i sur. (2020) utvrdili su da opterećenje koje je maksimiziralo izlaznu snagu u vježbi mrtvo dizanje iznosi 60% 1RM. Međutim, rezultati izlaza snage pokazali su lošu sposobnost predviđanja za procjenu %1RM.

Načelno se rezultati većine istraživanja podudaraju i ukazuju na to da se vršni izlaz snage manifestira na oko 60% od 1RM-a u vježbi mrtvo dizanje. S druge strane, vršni izlaz snage kod čučnja (te u nekim istraživanja i kod mrtvog dizanja) se pokazao kao iznimno varijabilan u širokom rasponu od %1RM-a što u konačnici daje neprecizne podatke o vršnom izlazu snage u vježbi čučanj.

Moguće da objašnjenje ove pojave leži u tome da je čučanj generalno kompleksniji pokret za usvajanje u odnosu na mrtvo dizanje i s većim varijacijama u izvedbi. Iskustvo ispitanika u treningu s otporom izводеći čučanj i mrtvo dizanje može imati utjecaj na krajnje rezultate. Također, potencijalna ograničavajuća sposobnost ispitanika da konzistentno savladavaju uteg maksimalnom mogućom brzinom može kontaminirati krajnji rezultat.

Ta pretpostavka se može potkrijepiti argumentom da se tijekom mrtvog dizanja izvodi isključivo koncentrični dio pokreta, dok se u vježbi čučnja izvodi prvo ekscentrični dio (u kojem se šipka usporava do zaustavljanja), zatim slijedi koncentrični dio pokreta u kojem se bilježe podaci o brzini i izlazu snage. To dodaje još jedan sloj kompleksnosti i potencijalno otežava ispitanicima da savladavaju uteg maksimalnom mogućom brzinom.

Ako bih predlagao argument za moje istraživanje, (vršni izlaz snage u čučnju iznosi ~45% od 1RM-a, u mrtvom dizanju iznosi ~60% od 1RM-a) pretpostavlja se da temeljne razlike između ova dva pokreta čine razliku u izlazu snage.

Stoga, uočava se tendencija da se maksimalni izlaz snage generalno manifestira na nešto većem postotku od 1RM-a u vježbi mrtvo dizanje u odnosu na čučanj. Možda objašnjenje leži u temeljnim razlikama između ove dvije vježbe:

a) Razlika u kinetičkim pokazateljima i dominantnim mišićnim skupinama

Choe, Coburn, Costa i Pamukoff D (2018) uspoređivali su kinetiku zglobova donjih ekstremiteta - vršni neto zglobni moment i obavljen rad u zglobu između stražnjeg čučnja i mrtvog dizanja.

Mrtvo dizanje pokazalo je veći vršni neto zglobni moment u zglobu kuka od stražnjeg čučnja. Nadalje, rad mišića ekstenzora kuka bio je veći tijekom mrtvog dizanja u usporedbi sa stražnjim čučnjem. Naspram tome, u zglobu koljena oba parametra imala su veće vrijednosti kod izvedbe stražnjeg čučnja. Nalazi ovog istraživanja ukazuju da je tijekom izvedbe mrtvog dizanja poseban naglasak na aktivaciji mišića ekstenzora u zglobu kuka, dok je pri izvedbi čučnja fokus na mišićima ekstenzorima u zglobu koljena.

b) Razlika u vršnom izlazu sile

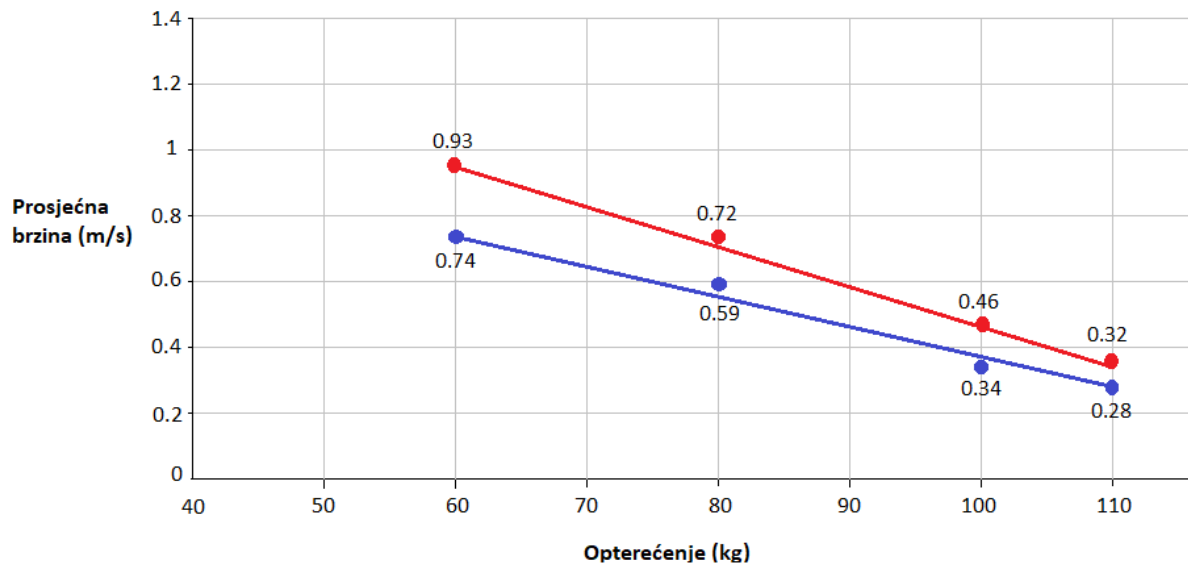
Dvir (1996) je istraživao vrijednosti mišićne sile pri izokinetičkim koncentričnim i ekscentričnim mišićnim akcijama tijekom kombinirane aktivnosti ekstenzora koljena i kuka. Prosječna vršna sila za ekstenzore kuka bila je blizu 10 Nm/kg tjelesne mase u koncentričnim te preko 15 Nm/kg tjelesne mase u ekscentričnim mišićnim akcijama. Prosječna vršna sila za ekstenzore koljena iznosila je približno 8 Nm/kg tjelesne mase u koncentričnim te 10 Nm /kg tjelesne mase u ekscentričnim mišićnim akcijama. Ovi nalazi ukazuju da u prosjeku ekstenzori kuka proizvode veću vršnu silu u odnosu na ekstenzore koljena i to kako u koncentričnom, tako i u ekscentričnom režimu mišićnog rada.

Znači li to da su ekstenzori kuka jači u odnosu na ekstenzore koljena (tj. proizvode veću silu) te će se stoga u konačnici maksimalni izlaz snage manifestirati pri većem postotku od 1 RM-a (dakle, bliže vršnom izlazu sile) u vježbi mrtvo dizanje u odnosu na čučanj?

Sagledavajući gore navedene argumente, može se zaključiti da bi to potencijalno mogao biti dio odgovora na pitanje zašto je u prosjeku vršni izlaz snage evidentan pri nešto većem izlazu sile (tj. većem postotku od 1RM-a) u vježbi mrtvo dizanje u odnosu na čučanj.

Praktična primjena 1 - Usporedba pojedinaca pomoću profila opterećenja/brzine (eng. load/velocity) i praćenje promjena tijekom vremena.

Stvaranje profila opterećenja/brzine u identificiranoj ključnoj vježbi omogućuje trenerima mogućnost praćenja napretka sportaša, tijekom vremena. Ovo se posebno odnosi na trenere koji su zainteresirani za prilagodbu na specifičnu brzinu (v) u treningu, a ne samo usmjereni na razvoj maksimalne snage. Stvaranje profila opterećenja/brzine također omogućuje trenerima da međusobno usporede sportaše po „brzini spektra“, umjesto isključivo korištenja 1RM-a. Slika 7 prikazuje takvu usporedbu. Oba sportaša su vrhunski igrači ragbija, koji igraju na istoj poziciji sa sličnim potiskom s ravne klupe 1RM-om od približno 125 kg. Od te dvojice igrača, igrač 2 pokazuje veće brzine pri sub-maksimalnim opterećenjima, što sugerira da ima veću „karakteristiku brzine“, koje bi mogle dovesti do dodatnog prijenosa na sportsku izvedbu. Ovo promatranje nije moguće s mjerenjem isključivo 1RM-a (Jovanović i Flanagan, 2014).



● Sportaš 1, ● Sportaš 2

Slika 7.

Razlika u odnosu opterećenja/brzina dva igrača ragbija s istim 1RM-om (približno 125 kg) u potisku s ravne klupe (modificirano prema Jovanović i Flanagan, 2014).

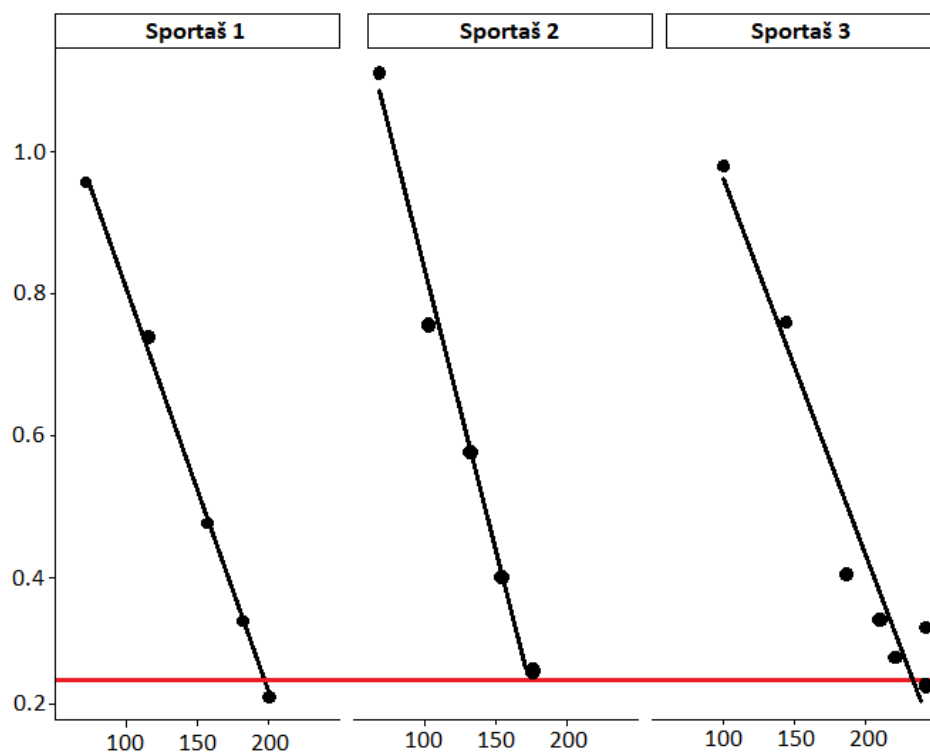
Testiranjem profila opterećenja/brzine može se utjecati na odluke o treningu kao što je provođenje više vremena razvijajući eksplozivnu jakost ili specifične „karakteristike brzine“, a ne maksimalne snage kod određenih sportaša, ili obrnuto. Praćenje sportaševog profila opterećenja/brzine tijekom vremena, treneri mogu mjeriti specifične prilagodbe brzine (v) treningu i procijeniti poboljšava li program treninga prilagodbu kroz cijeli spektar brzine/opterećenja (Jovanović i Flanagan, 2014).

Praktična primjena 2 - Korištenje brzine (v) za procjenu 1 RM-a

Ako grafički prikazemo brzinu ponavljanja u odnosu na opterećenje, dobit ćemo ravnu liniju koju možemo koristiti za procjenu 1RM-a. Slika 8 prikazuje koncentričnu srednju brzinu (MV) uzduž nekoliko opterećenja tijekom 1RM testiranja mrtvog dizanja za tri sportaša. Svako ponavljanje radi se s maksimalnom namjerom da se podigne što je brže moguće (što je ključna pretpostavka i zahtjev).

Kao što se može vidjeti na slici 8, što je veće opterećenje, to je sporija izvedba pokreta. Taj se odnos može prikazati jednostavnom linearnom regresijskom linijom. Točka u kojoj ova linija siječe x-os naziva se L_0 , što se konceptualno može shvatiti kao neka vrsta izometrijske jakosti budući da je brzina nula. Ali pokušaj 1RM-a se ne događa pri nultoj brzini, već pri brzini od 1RM ($v1RM$). Na slici 8 ta je brzina prikazana vodoravnom crvenom linijom. Svaka vježba ima određeni $v1RM$ (npr. koristeći srednju koncentričnu brzinu, $v1RM$ za potisak s ravne klupe je oko 0,15 m/s, $v1RM$ za čučanj je oko 0,3 m/s, a $v1RM$ za mrtvo dizanje je oko 0,35 m/s, iako to varira između pojedinaca). Sportaši također pokazuju varijacije u $v1RM$ -u, tako da je važno znati individualni $v1RM$.

Zanimljivo je da se pojedinačni $v1RM$ čini stabilnim tijekom trenažne intervencije. Prema dosadašnjim istraživanjima, čini se da je pojedinačni $v1RM$ stabilniji od 1RM-a kroz fazu treninga ili istraživačku intervenciju. Koliko se ova metrika mijenja tijekom vremena još uvijek nije dobro istraženo, ali zasad se čini korisnim smatrati je dovoljno stabilnom da se može koristiti za predviđanje 1RM-ova. Jednostavnije rečeno, to znači da ako se vaš 1RM poboljša ili opadne, brzina (v) pri pokušaju 1RM-a će ostati prilično slična. To omogućuje "predviđanje" 1RM iz submaksimalnih pokušaja (Jovanović, 2020).



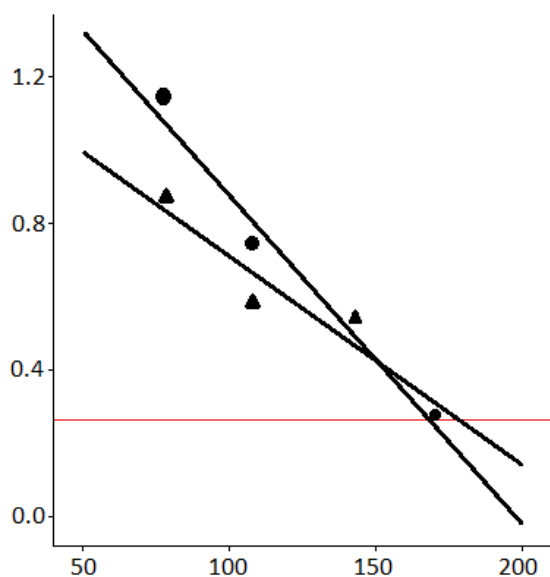
X os – Težina (kg), Y os - Prosječna brzina (m/s)

Slika 8.

Prosječna koncentrična brzina u odnosu na opterećenja tijekom 1RM testiranja mrtvog dizanja za tri sportaša. crvena vodoravna linija predstavlja (prosjek grupe) brzinu na 1RM (v_{1RM}), u ovom slučaju 0,25 m/s (modificirano prema Jovanović, 2020).

Praktična primjena 3 - Procjena dnevne spremnosti ili dnevnog 1RM-a.

Još jedna zanimljiva upotreba je korištenje serija za zagrijavanje kao ugrađenog testiranja za procjenu 1RM-a. Sve ovo, naravno, pretpostavlja maksimalnu moguću koncentričnu brzinu tijekom izvođenja ponavljanja (tj. namjeru). Zbog promjena u tehnici vježbe (dubina, odskok, pauza, namjera) tijekom serija, procjene mogu biti potpuno pogrešne - stoga bi ova metoda procjene 1RM trebala biti rezervirana samo za iskusne dizače sa "stabilnom" tehnikom te za vježbe koje imaju dobro ograničen startni i krajnji položaj. To uključuje, ali nije ograničeno na, mrtvo dizanje, čučanj s trap šipkom, horizontalni potisak s klupe i povlačenje s klupe. Graf 9 pokazuje što će se dogoditi s procjenom 1RM-a (točka gdje regresijska linija prelazi isprekidanu v1RM liniju) kada namjera nije maksimalna sa submaksimalnim pokušajima (Jovanović, 2020).



X os – Težina (kg), Y os – Prosječna brzina (m/s)

● Podizanje utega maksimalnom namjerom, ▲ Podizanje utega sub maks. Namjerom

Slika 9

Izvođenje zadatka ispod razine 1RM submaksimalnom brzinom izvedbe će precijeniti 1RM. Od iznimne je važnosti da se sva ponavljanja rade s namjerom maksimalno brzog podizanja u koncentričnom dijelu pokreta, ali uz tehnička ograničenja (modificirano prema Jovanović, 2020).

Nadalje, još jedna primjena VBT-a je korištenje brzine (v) za propisivanje treninga, umjesto korištenja %1RM i broja ponavljanja. Na primjer, netko može propisati trening koristeći početnu brzinu od 0,5 m/s te zaustavljanje seta kada brzina (v) dosegne 0,4 m/s. To znači da treba pronaći težinu (kg) koja daje srednju koncentričnu brzinu (MV) od 0,5 m/s za prvo ponavljanje i izvoditi ponavljanja dok srednja koncentrična brzina ne padne ispod 0,4 m/s. Čini se da propisivanje težine utega i ponavljanja korištenjem brzine uzima u obzir svakodnevnu varijabilnost izvedbe kao i stope poboljšanja (Jovanović, 2020).

Također, VBT pruža sportašima trenutnu povratnu informaciju o stvarnoj brzini kretanja (PV), što ih može potaknuti da pokušaju izraziti maksimalan napor. Izravno mjerenje brzine također omogućuje trenerima da optimiziraju i prate trening „specifičan za brzinu“. Također se pokazalo da pružanje neposredne povratne informacije o izvedbi u stvarnom vremenu (kao što je vršna brzina) daje višu dosljednost između treninga, bolju prilagodbu te veće učinke treninga u odnosu na trening bez povratne informacije (Randell, Cronin, Keogh, Gill i Pedersen, (2011).

ZAKLJUČAK

Vršni izlaz snage kod vježbi mrtvog dizanja i čučnja generalno se manifestira na oko 60% od 1RM-a, no često nema značajne razlike u velikom rasponu (40-80% od 1RM-a).

Možda bi trebalo pristupiti utvrđivanju ove varijable individualno, svakom sportašu za pojedinu vježbu. Na taj način moguće bi bilo dobiti jasniji uvid te mogućnost bolje i preciznije primjene varijable vršnog izlaza snage u samom trenažnom procesu.

Zaključno, vršni izlaz snage u treningu s otporom relativno je varijabilan podatak te nije dovoljno pouzdan kako bi se praktičari mogli osloniti isključivo na njega pri planiranju i programiranju treninga s otporom. Međutim, može imati jednu vrlo bitnu ulogu, to je pružanje povratne informacije sportašu o izlazu snage u stvarnom vremenu kako bi svako ponavljanje bilo izvedeno maksimalnom mogućom namjerom. Kada je osigurano da je taj preduvjet ispunjen, moguće je usredotočiti se na brzinu izvedbe i usmjeravanje trenažnog procesa ovisno o konkretnim potrebama sportaša.

LITERATURA

- Banyard, H. G., Nosaka, K., Sato, K. i Haff, G.G. (2017). Validity of various methods for determining velocity, force and power in the back squat. *The International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(9):1170–1176. DOI: [10.1123/ijsp.2016-0627](https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0627)
- Banyard, H. G., Nosaka, K., Vernon, A. D. i Haff, G. G. (2018). The reliability of individualized load velocity profiles. *The International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(6):763–769. DOI: [10.1123/ijsp.2017-0610](https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0610)
- Banyard, H. G., Tufano, J., Delgado J, Thompson, W. S. i Nosaka K. (2018). Comparison of velocity-based training and traditional 1RM percent-based training methods. *The International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2):246–255. DOI:[10.1123/ijsp.2018-0147](https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0147)
- Bottinelli, R., Pellegrino, M. A., Canepari, M., Rossi, R. i Reggiani, C. (1999). Specific contributions of various muscle fibre types to human muscle performance: an in vitro study, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9(2):87–95. DOI: [10.1016/s1050-6411\(98\)00040-6](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(98)00040-6)
- Choe, K. H., Coburn J. W., Costa P. B. i Pamukoff D. N. (2018). Hip and Knee Kinetics During a Back Squat and Deadlift. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(5):1364-1371. DOI: [10.1519/JSC.0000000000002908](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002908)
- Cormie, P., Mccauley G. O., Triplett, N. T. i McBride J. M. (2007). Optimal Loading for Maximal Power Output during Lower-Body Resistance Exercises. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2):340-9. DOI: [10.1249/01.mss.0000246993.71599.bf](https://doi.org/10.1249/01.mss.0000246993.71599.bf)
- Dvir, Z. (1996). An isokinetic study of combined activity of the hip and knee extensors. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 11(3):135-138. DOI: [10.1016/0268-0033\(95\)00040-2](https://doi.org/10.1016/0268-0033(95)00040-2)

- Gantois, P., Fonseca, F., Nakamura, F. Y., Fortes, S. L., Fernandez, J. i Batista, R. G. (2023). Analysis of velocity- and power-load relationships of the free-weight back-squat and hexagonal bar deadlift exercises. *Biology of Sport*, 40(1):201–208. DOI: [10.5114/biolsport.2023.112966](https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.112966)
- Grgic, J., Lazinica, B., Garofolini, A., Schoenfeld, B. J., Saner, N. J. i Mikulic, P. (2019). The effects of time of day-specific resistance training on adaptations in skeletal muscle hypertrophy and muscle strength: a systematic review and metaanalysis. *Chronobiology International*, 36(4):449–460. DOI: [10.1080/07420528.2019.1567524](https://doi.org/10.1080/07420528.2019.1567524)
- Haff, G. i Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6):2–12. DOI: [10.1519/SSC.0b013e31826db467](https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826db467)
- Haff, G. G. i Triplett, N. T. (2015). Essentials of Strength Training and Conditioning (Vol. 452). (4th ed). Champaign, IL: *Human Kinetics*.
- Jovanović, M. i Flanagan, E. (2014). Researched applications of velocity based strength training. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 22(2):58-69.
- Jovanović, M. (2020). *Strength Training Manual: The Agile Periodization Approach (Volume One & Two: Theory)*. Poland, Wroclaw: Amazon Fullfilment.
- Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji, H. i Suei, K. (1983). Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 5, 50–55.
- Morán, N. R., Martínez, C. A., Escribano, P. P. i Courel, I. J. (2020). Load-velocity relationship of the deadlift exercise. *European Journal of Sport Science*, 21(5):678-684. DOI: [10.1080/17461391.2020.1785017](https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1785017)
- Newton, R. U., Murphy, A., Humphries, B. J., Wilson, G. J., Kraemer, W. i Hakkinen, K. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(4):333–342. DOI: [10.1007/s004210050169](https://doi.org/10.1007/s004210050169)

- Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., Gill, N. D. i Pedersen, M.C. (2011). Reliability of performance velocity for jump squats under feedback and nonfeedback conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(12):3514-8. DOI: [10.1519/JSC.0b013e318216001f](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318216001f)
- Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., Gill, N. D. i Pedersen, M. C. (2011): Effect of instantaneous performance feedback during 6 weeks of velocity-based resistance training on sport-specific performance tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1): 87–93. DOI: [10.1519/JSC.0b013e3181fee634](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fee634)
- Richens, B. i Cleather, D. J. (2014). The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biology of Sport*. 31(2):157–161. DOI: [10.5604/20831862.1099047](https://doi.org/10.5604/20831862.1099047)
- Statsoft Europe GmbH (2023). Preuzeto s <https://www.statistica.com/en/>
- Takei, S., Hirayama, K. i Okada, J. (2019). Is the Optimal Load for Maximal Power Output During Hang Power Cleans Submaximal? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6:1-7. DOI: [10.1123/ijsp.2018-0894](https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0894)
- Van Leeuwen, J. L. (1991). Optimum power output and structural design of sarcomeres. *Journal of Theoretical Biology*, 149(2):229–256.
- Weakley, J. J. S., Till, K., Read, D. B., Roe, G. A. B., Darrall-Jones, J., Phibbs P. J. i Jones, B. (2017). The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. *European Journal of Applied Physiology*, 117(9):1877–1889. DOI: [10.1007/s00421-017-3680-3](https://doi.org/10.1007/s00421-017-3680-3)
- Weakley, J., McLaren, S., Ramirez-Lopez, C., Garcia-Ramos, A., Dalton-Barron, N., Banyard, H., Mann, B., Weaving, D. i Jones, B. (2019). Application of velocity loss thresholds during free-weight resistance training: Responses and reproducibility of perceptual, metabolic, and neuromuscular outcomes. *Journal of Sports Sciences*, 38(5):477–485. DOI: [10.1080/02640414.2019.1706831](https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1706831)