

Test-retest pouzdanost GymAware uređaja u treningu s otporom

Ščapec, Bela

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:117:849791>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-01**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

Bela Ščapec

**TEST-RETEST POUZDANOST „GYMAWARE“
UREĐAJA U TRENINGU S OTPOROM**

diplomski rad

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Zagreb, srpanj, 2020.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena 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: izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Student: Bela Ščapec

Sažetak

Trening baziran na brzini zadnjih godina postaje sve popularniji, kako u sportskoj znanosti, tako i u trenerskoj praksi. Jedan od najpopularnijih uređaja za određivanje brzine izvedbe u vježbama s otporom je Gymaware PowerTool (GYM) uređaj. Kako bi korisnici ovog uređaja mogli sigurno planirati i programirati svoje treninge na temelju brzine izvedbe, uređaj prije svega mora biti pouzdan. Cilj ovog istraživanja bio je odrediti razinu pouzdanosti GYM uređaja u procjeni brzine izvedbe i izlaza snage u vježbama čučanj i mrtvo dizanje. Istraživanje je provedeno na uzorku od 16 ispitanika, 10 muškaraca i 6 žena prosječne dobi 26 ± 5 godina. Svi ispitanici bili su mjereni tijekom četiri dolaska. Ispitanicima su na temelju protokola 1RM-a određeni postoci koji predstavljaju raspon opterećenja (30%, 45%, 60%, 75% i 90% od 1RM-a). Na tim opterećenjima provedena su tri identična mjerenja (kroz tri dolaska) korištenjem GYM uređaja. Usporedba prvog i drugog mjerenja predstavlja uvijete bez upoznavanja sportaša s protokolom mjerenja, a usporedba drugog i trećeg mjerenja predstavlja uvijete sa upoznavanjem sportaša s protokolom mjerenja. Mjerene varijable bile su: (1) prosječna brzina (m/s), (2) vršna brzina (m/s), (3) prosječna snaga (W), (4) vršna snaga (W). Statistički postupci korišteni u ovom istraživanju u svrhu utvrđivanja pouzdanosti promatranih varijabli bili su univarijatna analiza varijance (ANOVA), intraklasni koeficijent korelacije (ICC), koeficijent varijabilnosti (CV) te standardna pogreška mjerenja (SEM). Dobivene ICC vrijednosti su bile u rasponu od 0.62-0.99 u mrtvom dizanju te 0.78-0.99 u čučnju. Koeficijent varijabilnosti bio je u rasponu od 2.2-10.6% za mrtvo dizanje i 2.6-6.9% za čučanj. Za brzinu i snagu, SEM je bio u rasponu od 0.03-0.08 m/s te 20-176 W. Test-retest pouzdanost GYM uređaja za određivanje brzine izvedbe u čučnju i mrtvom dizanju kroz sva analizirana opterećenja pokazala se kao dobra do odlična. Pokazalo se da bi upoznavanje sportaša s protokolom testiranja moglo imati pozitivan utjecaj na pouzdanost testa, ali to je potrebno potvrditi u daljnjim istraživanjima s većim uzorkom ispitanika.

Ključne riječi: pouzdanost, Gymaware, brzina izvedbe, trening baziran na brzini

Abstract

In recent years velocity based training (VBT) is getting more popular in both science and training practice. One of the most popular devices for assessing repetition velocity in resistance training is Gymaware PowerTool system. In order for practitioners to safely plan and program the training process based on repetition velocity, the device must, first and foremost, be reliable. The aim of this study was to determine the level of reliability of GYM system for estimating the repetition velocity in deadlift and squat exercises. The research was conducted on the sample of 16 subjects, 10 males and 6 females of mean age 26 ± 5 years. All subjects were measured during 4 testing sessions. Subjects were assigned percentages representing the load range based on the 1RM protocol (30%, 45%, 60%, 75%, and 90% of 1RM). At these loads they performed 3 identical testing sessions using GYM system for assessing repetition velocity. Comparison of first and second testing sessions was imitating the terms with familiarization of the athlete with the testing protocol and comparison of the second and third was imitating the terms without the familiarization of the athlete with the testing protocol. Measured variables were: (1) mean velocity (m/s), (2) peak velocity (m/s), (3) mean power (W) and (4) peak power (W). Statistical methods used in this study to determine the reliability of the observed variables were one-way repeated measures analysis of variance (ANOVA), intraclass correlation coefficient (ICC), coefficient of variation (CV) and standard error of measurement (SEM). Intraclass correlation coefficient ranged from 0.62-0.99 in deadlift and 0.78-0.99 in squat. Coefficient of variation ranged from 2.2-10.6% in deadlift and 2.6-6.9% in squat. For velocity and power tests, standard error of measurement ranged from 0.03-0.08 m/s and 20-176 W. Test-retest reliability of the GYM system for assessing repetition velocity in squat and deadlift was varying between good to excellent in all analyzed loads. It seems that the familiarization of the athlete with the testing protocol may further improve the reliability of this test, but this needs to be confirmed in future studies involving larger samples.

Key words: reliability, Gymaware, repetition velocity, velocity based training

SADRŽAJ

UVOD.....	1
CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....	4
METODE ISTRAŽIVANJA.....	5
REZULTATI	9
RASPRAVA	15
ZAKLJUČAK.....	18
LITERATURA	19

UVOD

Jakost i snaga čine bazu za izvedbu u mnogo sportova pa tako i za kondicijsku pripremu sportaša pri čemu je vrlo bitno da se na temelju dobro strukturiranog plana i programa izazovu optimalni transformacijski učinci. Doziranje opterećenja u treningu s otporom osjetljivo je područje jer pogrešno doziranje opterećenja može negativno utjecati na razvoj i održavanje sportaševe pripremljenosti te dovesti do pretreniranosti. Najčešća metoda doziranja opterećenja u treningu s otporom je definiranje opterećenja u odnosu na individualni maksimum u određenoj vježbi, odnosno 1RM (*lat. repetitio maximum*), što podrazumijeva otpor (tj. masu tereta) koju sportaš može savladati samo kroz jedno ponavljanje konkretnog motoričkog zadatka. Nakon što je 1RM definiran, trener i sportaš određuju postotke, odnosno razinu trenažnih opterećenja koje će sportaš savladavati određenim brojem ponavljanja, brojem serija i uz precizno utvrđeno trajanje odmora između serija (Milanović, 2013). Iako je ovaj pristup doziranju opterećenja jednostavan za odrediti te prikladan za korištenje u praksi, moguće je da podcjenjuje intenzitet vježbe jer zanemaruje brzinu izvedenog pokreta (Boehringer i Whyte, 2019). Također, 1RM može znatno varirati na dnevnoj bazi ovisno o živčano-mišićnom umoru sportaša te se zbog toga nekad ne podudara s namijenjenim trenažnim opterećenjem (% RM) (Galiano, Pareja-blanco, de Mora i de Villarreal, 2020).

U mnogim istraživanjima pronađena je snažna povezanost između brzine izvedbe određene vježbe u koncentričnoj fazi i procjene opterećenja pod kojim će mišić doći 'do otkaza' (pa i procjene 1RM-a) (Beckham i sur., 2019). Samim time, pronađena je visoka povezanost između brzine izvedbe određene vježbe u koncentričnoj fazi i postotaka 1RM. Brzina pri opterećenju 1RM-a u određenoj vježbi često je jako slična među testiranim pojedincima nevezano za razinu njihove jakosti (Boehringer i Whyte, 2019). Javila se potreba za daljnjim istraživanjem ovog područja te je formiran novi princip treninga s obzirom na način doziranja opterećenja koji je nazvan trening baziran na brzini (*eng. velocity based training, VBT*).

Trening baziran na brzini zadnjih je godina postao vrlo popularna metoda u pripremi sportaša te je probudio velik interes u sportskoj znanosti. Takav trening podrazumijeva maksimalno brzu izvedbu koncentričnog dijela pokreta u vježbama s otporom. Brzina izvedbe progresivno se smanjuje svakim sljedećim ponavljanjem te je pokazatelj razine uloženog napora (*eng. level of effort*) i živčano-mišićnog umora te služi za procjenu opterećenja na kojem će mišić doći do 'trenutnog otkaza' (*eng. momentary muscle failure*) (Orange i sur.,

2020). Brzina kojom je određeno dizanje izvedeno direktno je vezana za odnos proizvedene sile i brzine skraćivanja mišića (*eng. force-velocity relationship*) te razinu trenutnog umora sportaša (Dorrell, Moore, Smith i Gee, 2019). Pri koncentričnoj kontrakciji s porastom sile smanjuje se brzina izvedbe, a porastom brzine izvedbe reproducira se manja sila te ih to stavlja u obrnuto-proporcionalni odnos (Milanović, 2013). Stoga, uvid u brzinu izvedbe može biti uvid u sportaševo stanje treniranosti (Sánchez-Medina i González-Badillo, 2011). Također, na temelju brzine, može se indirektno izračunati izlaz snage, što omogućava trenerima i sportašima da u određenoj vježbi pronađu opterećenje koje izaziva najveći izlaz snage te na temelju toga programiraju trenažni proces. Zbog toga se brzina izvedbe koristi kao objektivan način doziranja opterećenja i praćenja (*eng. monitoring*).

Posljedično, na tržištu su se pojavili razni mjerni instrumenti koji nastoje odrediti brzinu izvedbe u vježbama s otporom. Zlatnim standardom smatra se platforma za mjerenje sile i 3-dimenzionalan sustav s kamerama, no s obzirom na financijsku nedostupnost, neprenosivost te neprimjerenost za korištenje u praksi i velikim istraživanjima, javlja se potreba za jednostavnijim i manjim uređajima (Giroux, Rabita, Chollet i Guilhem, 2015). Jedna grupacija takvih uređaja su tzv. LPT uređaji (*eng. Linear Positional Transducer*). Transduktori su uobičajeno električni uređaji koji pretvaraju neko fizičko svojstvo (npr. promjena položaja konopca) u neku drugu formu (npr.-napon). LPT uređaji su najčešće povezani s osobnim računalom sa programskom podrškom prilagođenom specifičnim potrebama korisnika (Harris, Cronin, Taylor, Boris, i Sheppard, 2010). Tržišno dostupni LPT uređaji koriste konopac privezan za sportaša ili za šipku za dizanje utega koji se koristi za prikupljanje podataka o pomaku u određenom vremenu (ako gledamo sportaša; o prijašnjem putu u određenom vremenu). Podaci, zajedno s masom sportaša i masom opterećenja, se koriste za izračun izlaza brzine, ubrzanja, jakosti i snage (Dorrell i sur., 2019). Uređaji prvo mjere brzinu (vršna i prosječna brzina, *eng. peak and mean velocity*), a zatim akceleraciju. Množenje podataka o akceleraciji s podacima o masi sustava (masa korisnika odnosno masa tereta koji se savladava) rezultira podacima o vršnom i prosječnom izlazu sile (*eng. peak and mean force*). Konačno, produkt vrijednosti sile i brzine su podaci o vršnom i prosječnom izlazu snage (*eng. peak and mean power*) (Askow i sur., 2018).

GymAware Power Tool (GYM) jedan je od LPT uređaja koji se koristi u istraživanjima i sportskoj praksi. GYM se sastoji od jedinice s konopcem koja mjeri brzinu izvedbe u vježbama s otporom te preko Bluetooth veze prenosi podatke na tablet/računalo. Pomoću GYM aplikacije, korisnik može odmah dobiti podatke o brzini izvedbe vježbe. Na

takvom mjernom instrumentima temelji se kompletna interpretacija rezultata koja se oslanja na detekciju malih promjena u izvedbi (Orange i sur., 2020). U uvjetima natjecanja, male promjene u izlazu snage ili brzine mogu imati veliki utjecaj na izvedbu sportaša te rezultat natjecanja i zbog toga je točnost ovih podataka ključna za uspješno prilagodbu ovog tipa treninga individualnim potrebama sportaša u određenom sportu (Smart, Hopkins i Gill, 2013).

Jedna od ključnih karakteristika u određivanju točnosti podataka koje prikazuje mjerni instrument je pouzdanost mjernog instrumenta. Pouzdanost je metrijska karakteristika koja se koristi za određivanje točnosti mjerenja, tj. za određivanje nezavisnosti mjerenja od nesistematskih pogrešaka (Dizdar, 2006). Test-retest pouzdanosti prikazuje konzistentnost rezultata kroz ponavljanja mjerenja odnosno prikazuje utjecaj pogreške mjerenja na rezultate (Atkinson i Nevill, 1998). Nažalost, unatoč širokoj primjeni, istraživanja na području pouzdanosti GYM uređaja je malo.

Ovisno o fazi pripreme sportaša te odabiru vježbe, za razvoj snage koriste se opterećenja u rasponu od 30-90% 1RM-a. Stoga je i u određivanju pouzdanosti također vrlo bitno koristiti širok raspon opterećenja. Orange i sur. (2020) te Chéry i Ruf (2019) istraživali su pouzdanost GYM uređaja u određivanju brzine izvedbe pri različitim opterećenjima. Ispitanici su izvodili ponavljanja maksimalnom voljnom brzinom u koncentričnoj fazi, koristeći opterećenja 20-100% 1RM-a u vježbama: potisak s ravne klupe, čučanj i mrtvo dizanje. Pouzdanost GYM uređaja u određivanju brzine izvedbe pokazala se dobrom na nekim opterećenjima (intraklasni koeficijent korelacije (ICC)) ≥ 0.75). Međutim, na niskim opterećenjima (20% i 40% 1RM-a) i maksimalnim opterećenjima (100% 1RM-a), pouzdanost GYM uređaja u određivanju brzine izvedbe pokazala se slabijom (ICC u rasponu od 0.42-0.70; koeficijent varijabilnosti (CV) za neke od opterećenja bio je 17%). U oba istraživanja, pouzdanost GYM uređaja određivala se kroz dva mjerenja bez upoznavanja ispitanika s protokolom testiranja. Pri interpretaciji rezultata ovo bi trebalo uzeti u obzir jer bi upoznavanje sa protokolom testiranja moglo utjecati na pouzdanost samog uređaja. Preporuke navode da bi se ispitanika trebalo upoznati s protokolom testiranja barem jednom prije glavnog testiranja (Currell i Jaukendrup, 2008).

CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja bio je istražiti test-retest pouzdanost GYM uređaja u određivanju brzine izvedbe u vježbama čučanj i mrtvo dizanje s opterećenjima u rasponu 30-90% 1RM-a imitirajući uvjete s i bez upoznavanja s protokolom testiranja.

Glavnom hipotezom u ovom istraživanju očekivala se veća pouzdanost brzine izvedbe izmjerene GYM uređajem na većim u odnosu na manja opterećenja, te poboljšanje pouzdanosti mjerenja s upoznavanjem ispitanika s protokolom testiranja.

METODE ISTRAŽIVANJA

Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika u ovom istraživanju sastojao se od 16 osoba, 10 muškaraca i 6 žena prosječne dobi 26 ± 5 godina. Kriterij za uvrštavanje ispitanika u istraživanje bio je izostanak ozljeda mišićno-tetivno-zglobnog sustava te sposobnost izvođenja čučnja i mrtvog dizanja s opterećenjem najmanje 100% svoje tjelesne mase. Veličina uzorka temeljila se na Bonettovoj jednadžbi, koja ukazuje da je 16 ispitanika dovoljno ako je ICC 0.95 i ako je željena preciznost 95% od njegovog intervala pouzdanosti ± 0.1 (Bonett, 2002). Etičko povjerenstvo Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu izdalo je odobrenje za provedbom istraživanja te su svi ispitanici potpisali pismeni pristanak za sudjelovanje u istraživanju.

Protokol istraživanja

Mjerenja su provedena teretani Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Svi ispitanici mjereni su istim mjernim instrumentom od strane istog mjeritelja standardiziranim načinom mjerenja u jednakim uvjetima. Svaki ispitanik imao je unaprijed individualno određeno vrijeme svakog mjerenja u isto doba dana kako bi se smanjio utjecaj okolnih smetnji tijekom provođenja istraživanja te izbjegao utjecaj varijacija cirkadijskog ritma. Također, ispitanici su morali koristiti jednaku obuću pri svakom testiranju.

Svi ispitanici testirani su u četiri odvojena mjerenja. U prvom mjerenju, ispitanicima je bio testiran 1RM u čučnju i mrtvom dizanju. U drugom, trećem i četvrtom mjerenju, brzina izvedbe u obje vježbe bila je testirana na opterećenjima od 30%, 45%, 60%, 75% i 90% 1RM-a. GYM uređaj bio je korišten za mjerenje brzine izvedbe. Svako testiranje bilo je odvojeno od drugog 4-7 dana kako na istraživanje ne bi utjecao umor ispitanika, ali ni napredak u povećanju jakosti i snage. Ispitanicima je bilo preporučeno da dan prije testiranja: a) ne provode intenzivne tjelesne aktivnosti i b) ne mijenjaju svoje uobičajene životne i prehrambene navike.

Mrtvo dizanje

Ispitanici su dobili jasne upute o izvedbi mrtvog dizanja. Izvodili su verziju klasičnog mrtvog dizanja. Proizvoljno su izabrali hvat kojim su izvodili vježbu, ali pod uvjetom da ne mijenjaju hvat kroz sva četiri testiranja. Od ispitanika je zatraženo da u početnoj poziciji stopala budu otprilike u širini kukova i ramena. Mjeritelj je provjerio jesu li ispitanici u poziciji s kukovima ispod ramena, a iznad koljena te s podignutim prsima. U izvedbi mrtvog dizanja, od ispitanika je zatraženo istovremeno da ispruže koljena i kukove držeći šipku uz tijelo te da kontrolirano spuste šipku nazad na pod bez odbijanja utega od poda prije novog ponavljanja.

Čučanj

Verzija koja se izvodila u ovom istraživanju bio je stražnji čučanj. Ispitanici su morali postaviti šipku u visoku poziciju na stražnjoj strani vrata (eng. *high bar position*). Nakon podizanja šipke sa stalka, ispitanici su upućeni da se kontrolirano spuštaju u čučanj, minimalno do pozicije u kojoj je natkoljenica paralelno s podlogom te da se, opružajući zglobove koljena i kuka, podignu u početnu poziciju. Mjeritelj je provjeravao tehniku i dubinu čučnja svakog ponavljanja.

Protokol testiranja 1 RM-a

Protokol je započeo izvedbom mrtvog dizanja, a zatim čučanja. Prije samog testiranja, ispitanici su se proizvoljno zagrijali 10 minuta (uvjet je bio da zagrijavanje prije svakog testiranja mora biti isto). Nakon zagrijavanja započelo je testiranje 1 RM-a.

Ispitanici su izvodili tri serije od 8-10 ponavljanja, 3-5 ponavljanja i jednog ponavljanja pri opterećenju 50%, 75% i 95% od njihove procjene 1RM-a. Nakon početne tri serije, opterećenje se u svakoj seriji podizalo dok ispitanik ne bi došao do 1 RM-a (odnosno kad više nije mogao izvesti 1RM pokušaj). Sve vrijednosti 1 RM-a određene su unutar 5 pokušaja. Između serija odmor je trajao 3 minute, a između vježbi 10 minuta. Vrijednosti 1RM-a koristile su za određivanje opterećenja u sljedećim testiranjima.

Protokol glavnih mjerenja

U 2., 3. i 4. mjerenju (dolasku) korišten je GYM uređaj koji je trenutno prenosio podatke o brzini izvedbe na tablet. Ispitanici su izvodili vježbe mrtvog dizanja i čučnja u 5 serija pri opterećenjima od 30%, 45%, 60%, 75% i 90% od 1RM-a. Na početku testiranja, ispitanici su se proizvoljno zagrijavali 10 minuta. Nakon zagrijavanja, ispitanici su od mjeritelja dobili jasne upute o izvođenju vježbi. Svako ponavljanje morali su izvesti maksimalno brzo u koncentričnoj fazi pokreta uz zadržavanje maksimalne kontrole u ekscentričnoj fazi. Jednako kao i u protokolu testiranja 1RM-a prvo se izvodilo mrtvo dizanje, a zatim čučanj. U obje vježbe, prvi set nakon zagrijavanja počeo je s opterećenjem od 30% 1RM-a, te se opterećenje progresivno podizalo u svakoj sljedećoj seriji do konačnih 90% 1RM-a. U svakoj seriji ispitanici su izvodili tri uzastopna ponavljanja, osim u setu opterećenja od 90% 1RM-a pri kojem su izvodili samo jedno ponavljanje. Između serija odmor je trajao tri minute a između vježbi 10 minuta.

GymAware uređaj

Podna jedinica GYM uređaja sadrži konopac na izvlačenje koji je remenčićem povezan za šipku okomitu na tlo. Sadrži magnet na dnu podne jedinice koji onemogućuje nepotrebne pomake koji bi mogli negativno utjecati na mjerenje. S određenim okomitim pomakom šipke, GYM programska podrška automatski detektira početak koncentrične faze pokreta i skuplja podatke do 50 točaka u sekundi. Sakupljene podatke direktno šalje Bluetooth vezom na tablet (iPad; Apple, Inc., Cupertino, CA, USA).

Uzorak varijabli

Varijable koje su promatrane u ovom istraživanju bile su: (1) prosječna brzina (m/s), (2) vršna brzina (m/s), (3) prosječna snaga (W), (4) vršna snaga (W). Sve varijable mjerile su se u koncentričnoj fazi pokreta. Od svih ponavljanja u jednoj seriji (30-75% 1RM-a) u obradi podataka korištena je srednja vrijednost svih ponavljanja, dok su na 90% 1RM-a korišteni podaci jednog ponavljanja.

Metoda obrade podataka

U ovom istraživanju, uspoređivane su sve vrijednosti između prvog i drugog te drugog i trećeg mjerenja svakog ispitanika. Usporedba rezultata prvog i drugog mjerenja u ovom slučaju predstavlja pouzdanost mjerenja bez upoznavanja ispitanika s protokolom dok usporedba rezultata drugog i trećeg mjerenja predstavlja pouzdanost mjerenja s obzirom na upoznavanje ispitanika s protokolom testiranja.

Jednosmjerna univarijatna analiza varijance (ANOVA) za ponavljana mjerenja korištena je za određivanje prisutnosti sistematskih promjena rezultata testa u svim varijablama. Za određivanje pouzdanosti korišten je intraklasni koeficijent korelacije (ICC). ICC je interpretiran prema skali: "slab (<0.50)", "umjeren" (0.50-0.75), "dobar" (0.75-0.90) i "odličan" (>0.90). Varijacije unutar rezultata jednog ispitanika određene su koeficijentom varijacije (CV). Također, u istraživanju je izračunata standardna pogreška mjerenja (SEM). Razina statističke značajnosti bila je namještena na $p < 0.05$. Sve analize napravljene su koristeći IBM SPSS programsku podršku, verzija 23 (SPSS Inc., an IBM Company, Chicago, IL, USA).

REZULTATI

Aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija razlika za sve izmjerene vrijednosti na svim opterećenjima prikazane su u Tablici 1 (mrtvo dizanje) i Tablici 2 (čučanj). U mrtvom dizanju nije pronađena statistički značajna razlika između prvog i drugog mjerenja u svim analiziranim varijablama ($p > 0.05$). Na opterećenjima od 30%, 45%, 60%, 75% i 90% 1RM-a, ICC je bio u rasponu od 0.77-0.96, 0.82-0.99, 0.83-0.99, 0.62-0.99 i 0.66-0.93 (Tablica 3). CV je bio u rasponu od 2.2%-10.6%. Za prosječnu brzinu, SEM je bio u rasponu od 0.03-0.05 m/s, dok je za vršnu brzinu SEM bio u rasponu od 0.03-0.08 m/s. Za prosječnu snagu, SEM je bio u rasponu od 20-56 W, a za vršnu snagu bio je u rasponu od 44-115 W.

Također, u mrtvom dizanju nije pronađena statistički značajna razlika između drugog i trećeg mjerenja u svim analiziranim varijablama ($p > 0.05$). Na opterećenjima od 30%, 45%, 60%, 75% i 90% 1RM-a, ICC je bio u rasponu od 0.84-0.97, 0.84-0.99, 0.81-0.99, 0.69-0.98 i 0.76-0.95 (Tablica 3). CV je bio u rasponu od 2.2%-8.1%. Za srednju brzinu, SEM je bio 0.04 m/s na svim opterećenjima, dok je za vršnu brzinu SEM bio u rasponu od 0.03-0.07 m/s. Za srednju snagu, SEM je bio u rasponu 22-44 W, a za vršnu snagu bio je u rasponu od 52-105 W.

Tablica 1. Razlike između mjerenja u izlazu brzine i snage u mrtvom dizanju

Varijable i opterećenje	Mjerenje (aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija)			<i>p</i> -vrijednost	
	Prvo mjerenje (1)	Drugo mjerenje (2)	Treće mjerenje (3)	1 vs. 2	2 vs. 3
Vršna brzina 30% 1RM (m/s)	1.67 $\pm$ 0.23	1.69 $\pm$ 0.19	1.67 $\pm$ 0.23	0.472	0.382
Prosječna brzina 30% 1RM (m/s)	0.98 $\pm$ 0.11	0.99 $\pm$ 0.10	0.98 $\pm$ 0.12	0.514	0.288
Vršna snaga 30% 1RM (W)	929 $\pm$ 379	956 $\pm$ 383	921 $\pm$ 361	0.520	0.333
Prosječna snaga 30% 1RM (W)	419 $\pm$ 152	428 $\pm$ 152	417 $\pm$ 151	0.455	0.286
Vršna brzina 45% 1RM (m/s)	1.47 $\pm$ 0.18	1.47 $\pm$ 0.17	1.46 $\pm$ 0.19	0.943	0.507
Prosječna brzina 45% 1RM (m/s)	0.86 $\pm$ 0.09	0.86 $\pm$ 0.09	0.85 $\pm$ 0.10	0.862	0.597
Vršna snaga 45% 1RM (W)	1153 $\pm$ 451	1156 $\pm$ 444	1115 $\pm$ 412	0.921	0.286
Prosječna snaga 45% 1RM (W)	543 $\pm$ 185	544 $\pm$ 183	541 $\pm$ 190	0.874	0.719
Vršna brzina 60% 1RM (m/s)	1.26 $\pm$ 0.15	1.24 $\pm$ 0.14	1.23 $\pm$ 0.13	0.127	0.482
Prosječna brzina 60% 1RM (m/s)	0.73 $\pm$ 0.07	0.73 $\pm$ 0.09	0.73 $\pm$ 0.07	0.498	0.592
Vršna snaga 60% 1RM (W)	1248 $\pm$ 452	1194 $\pm$ 403	1176 $\pm$ 387	0.078	0.346
Prosječna snaga 60% 1RM (W)	614 $\pm$ 201	620 $\pm$ 211	614 $\pm$ 201	0.430	0.533
Vršna brzina 75% 1RM (m/s)	0.99 $\pm$ 0.14	0.98 $\pm$ 0.13	1.00 $\pm$ 0.11	0.425	0.173
Prosječna brzina 75% 1RM (m/s)	0.59 $\pm$ 0.07	0.57 $\pm$ 0.10	0.60 $\pm$ 0.06	0.566	0.134
Vršna snaga 75% 1RM (W)	1131 $\pm$ 377	1113 $\pm$ 379	1135 $\pm$ 372	0.272	0.275
Prosječna snaga 75% 1RM (W)	615 $\pm$ 210	621 $\pm$ 215	628 $\pm$ 206	0.571	0.534
Vršna brzina 90% 1RM (m/s)	0.76 $\pm$ 0.18	0.74 $\pm$ 0.14	0.77 $\pm$ 0.16	0.507	0.321
Prosječna brzina 90% 1RM (m/s)	0.43 $\pm$ 0.09	0.42 $\pm$ 0.08	0.44 $\pm$ 0.08	0.606	0.263
Vršna snaga 90% 1RM (W)	1002 $\pm$ 436	989 $\pm$ 347	1033 $\pm$ 404	0.747	0.233
Prosječna snaga 90% 1RM (W)	536 $\pm$ 210	538 $\pm$ 198	553 $\pm$ 194	0.933	0.349
1RM: 1 repetitio maximum; <i>p</i> -vrijednost: vjerojatnost pogreške pri ponavljanim mjerenjima u univarijantnoj analizi varijance (ANOVA)					

Tablica 2. Razlike između mjerenja u izlazu brzine i snage u čučnju

Varijable i opterećenja	Mjerenje (aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija)			<i>p</i> -vrijednost	
	Prvo mjerenje (1)	Drugo mjerenje (2)	Treće mjerenje (3)	1 vs. 2	2 vs. 3
Vršna brzina 30% 1RM (m/s)	1.63 $\pm$ 0.19	1.64 $\pm$ 0.20	1.60 $\pm$ 0.19	0.610	0.321
Prosječna brzina 30% 1RM (m/s)	1.00 $\pm$ 0.13	0.99 $\pm$ 0.13	0.97 $\pm$ 0.13	0.882	0.018
Vršna snaga 30% 1RM (W)	2299 $\pm$ 770	2353 $\pm$ 790	2235 $\pm$ 750	0.278	0.057
Prosječna snaga 30% 1RM (W)	1137 $\pm$ 360	1137 $\pm$ 360	1100 $\pm$ 348	0.993	0.008
Vršna brzina 45% 1RM (m/s)	1.49 $\pm$ 0.18	1.49 $\pm$ 0.17	1.48 $\pm$ 0.15	0.813	0.648
Prosječna brzina 45% 1RM (m/s)	0.88 $\pm$ 0.12	0.87 $\pm$ 0.10	0.86 $\pm$ 0.10	0.406	0.797
Vršna snaga 45% 1RM (W)	2433 $\pm$ 813	2436 $\pm$ 814	2412 $\pm$ 750	0.929	0.529
Prosječna snaga 45% 1RM (W)	1157 $\pm$ 384	1148 $\pm$ 376	1133 $\pm$ 353	0.501	0.351
Vršna brzina 60% 1RM (m/s)	1.35 $\pm$ 0.13	1.33 $\pm$ 0.18	1.34 $\pm$ 0.16	0.362	0.672
Prosječna brzina 60% 1RM (m/s)	0.75 $\pm$ 0.10	0.74 $\pm$ 0.10	0.74 $\pm$ 0.10	0.541	0.767
Vršna snaga 60% 1RM (W)	2451 $\pm$ 791	2400 $\pm$ 826	2414 $\pm$ 794	0.241	0.781
Prosječna snaga 60% 1RM (W)	1104 $\pm$ 360	1098 $\pm$ 368	1094 $\pm$ 360	0.730	0.806
Vršna brzina 75% 1RM (m/s)	1.23 $\pm$ 0.13	1.19 $\pm$ 0.16	1.21 $\pm$ 0.15	0.017	0.246
Prosječna brzina 75% 1RM (m/s)	0.62 $\pm$ 0.08	0.61 $\pm$ 0.08	0.61 $\pm$ 0.10	0.618	1.000
Vršna snaga 75% 1RM (W)	2469 $\pm$ 798	2334 $\pm$ 814	2398 $\pm$ 790	0.003	0.174
Prosječna snaga 75% 1RM (W)	1013 $\pm$ 333	996 $\pm$ 327	1007 $\pm$ 345	0.326	0.611
Vršna brzina 90% 1RM (m/s)	1.15 $\pm$ 0.18	1.14 $\pm$ 0.14	1.11 $\pm$ 0.16	0.593	0.181
Prosječna brzina 90% 1RM (m/s)	0.51 $\pm$ 0.08	0.53 $\pm$ 0.08	0.51 $\pm$ 0.10	0.285	0.059
Vršna snaga 90% 1RM (W)	2500 $\pm$ 906	2431 $\pm$ 830	2350 $\pm$ 797	0.285	0.182
Prosječna snaga 90% 1RM (W)	931 $\pm$ 320	957 $\pm$ 322	918 $\pm$ 317	0.363	0.084
1RM: reptitito maximum; <i>p</i> -vrijednost: vjerojatnost pogreške pri ponavljanim mjerenjima u jednosmjernoj univarijantnoj analizi varijance (ANOVA)					

U čučnju, pronađene su statistički značajne razlike između prvog i drugog mjerenja u vršnoj brzini i vršnoj snazi na 75% 1RMa ($p=0.017$ i $p=0.003$). U obje varijable, vrijednosti su bile veće u prvom mjerenju. Aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija razlike između mjerenja bila je 0.04 ± 0.07 m/s za vršnu brzinu i 135 ± 150 W za vršnu snagu. Nije pronađena statistički značajna razlika u ostalim analiziranim varijablama ($p > 0.05$). Na opterećenjima 30%, 45%, 60%, 75% i 90% 1RM-a, ICC je bio u rasponu od 0.82-0.98, 0.87-0.99, 0.86-0.99, 0.85-0.98 i 0.78-0.96 (Tablica 4). CV je bio u rasponu od 2.6-6.9%. Za prosječnu brzinu, SEM je bio u rasponu od 0.03-0.06 m/s, dok je za vršnu brzinu bio u rasponu od 0.05-0.08 m/s. Za prosječnu snagu, SEM je bio u rasponu od 38-78 W, a za vršnu snagu bio je u rasponu od 94-176 W.

U čučnju, pronađena je statistički značajna razlika između drugog i trećeg mjerenja u prosječnoj brzini i prosječnoj snazi na opterećenju od 30% 1RM-a ($p=0.018$ i $p=0.008$). U obje varijable, vrijednosti su bile veće u drugom mjerenju. Aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija razlike između mjerenja iznosila je 0.02 ± 0.04 m/s i 37 ± 48 W za prosječnu brzinu i prosječnu snagu. Nije pronađena statistički značajna razlika u ostalima analiziranim varijablama ($p > 0.05$). Na opterećenjima od 30%, 45%, 60%, 75% i 90% 1RM-a, ICC je bio u rasponu 0.93-0.99, 0.89-0.99, 0.87-0.98, 0.87-0.97 i 0.82-0.96. (Tablica 4). Opažen je CV u rasponu od 2.3%-5.9%. Za prosječnu brzinu, SEM je bio 0.03 m/s na svim opterećenjima, dok je za vršnu brzinu bio u rasponu od 0.04-0.06 m/s. Za prosječnu snagu, SEM je bio u rasponu od 34-59 W, dok je za vršnu snagu bio u rasponu od 105-165 W.

Tablica 3. Pouzdanost brzine izvedbe u mrtvom dizanju

Varijable i opterećenja	Prvo vs. drugo mjerenje			Drugo vs. treće mjerenje		
	ICC (95% CI)	CV	SEM	ICC	CV	SEM
Vršna brzina 30% 1RM	0.84 (0.61, 0.94)	3.6%	0.08 (m/s)	0.88 (0.69, 0.95)	3.6%	0.07 (m/s)
Prosječna brzina 30% 1RM	0.81 (0.55, 0.93)	3.6%	0.05 (m/s)	0.84 (0.60, 0.94)	3.9%	0.04 (m/s)
Vršna snaga 30% 1RM	0.91 (0.77, 0.97)	7.0%	115 (W)	0.93 (0.81, 0.97)	6.1%	100 (W)
Prosječna snaga 30% 1RM	0.96 (0.89, 0.99)	4.6%	31 (W)	0.97 (0.91, 0.99)	4.1%	28 (W)
Vršna brzina 45% 1RM	0.84 (0.60, 0.94)	4.1%	0.07 (m/s)	0.92 (0.79, 0.97)	2.8%	0.05 (m/s)
Prosječna brzina 45% 1RM	0.82 (0.55, 0.93)	3.9%	0.04 (m/s)	0.84 (0.61, 0.94)	3.3%	0.04 (m/s)
Vršna snaga 45% 1RM	0.95 (0.86, 0.98)	6.5%	103 (W)	0.94 (0.84, 0.99)	5.5%	105 (W)
Prosječna snaga 45% 1RM	0.99 (0.97, 0.99)	3.9%	20 (W)	0.99 (0.96, 0.99)	3.3%	22 (W)
Vršna brzina 60% 1RM	0.94 (0.85, 0.98)	2.2%	0.03 (m/s)	0.95 (0.86, 0.98)	2.2%	0.03 (m/s)
Prosječna brzina 60% 1RM	0.83 (0.58, 0.94)	3.6%	0.03 (m/s)	0.81 (0.55, 0.93)	3.5%	0.04 (m/s)
Vršna snaga 60% 1RM	0.96 (0.88, 0.99)	4.1%	81 (W)	0.98 (0.95, 0.99)	3.0%	52 (W)
Prosječna snaga 60% 1RM	0.99 (0.97, 0.99)	3.2%	22 (W)	0.99 (0.96, 0.99)	2.8%	26 (W)
Vršna brzina 75% 1RM	0.91 (0.77, 0.97)	3.2%	0.04 (m/s)	0.88 (0.69, 0.96)	3.8%	0.04 (m/s)
Prosječna brzina 75% 1RM	0.62 (0.20, 0.85)	6.4%	0.05 (m/s)	0.69 (0.33, 0.88)	6.1%	0.04 (m/s)
Vršna snaga 75% 1RM	0.99 (0.96, 0.99)	3.9%	44 (W)	0.98 (0.94, 0.99)	4.6%	56 (W)
Prosječna snaga 75% 1RM	0.98 (0.95, 0.99)	4.3%	30 (W)	0.98 (0.94, 0.99)	4.3%	33 (W)
Vršna brzina 90% 1RM	0.79 (0.51, 0.92)	8.3%	0.08 (m/s)	0.80 (0.53, 0.93)	7.2%	0.07 (m/s)
Prosječna brzina 90% 1RM	0.66 (0.26, 0.87)	10.6%	0.05 (m/s)	0.76 (0.46, 0.91)	7.7%	0.04 (m/s)
Vršna snaga 90% 1RM	0.92 (0.80, 0.97)	8.8%	112 (W)	0.92 (0.81, 0.97)	8.1%	101 (W)
Prosječna snaga 90% 1RM	0.93 (0.81, 0.97)	9.3%	56 (W)	0.95 (0.86, 0.98)	7.7%	44 (W)
1RM: repetitio maximum; CI: interval pouzdanosti; ICC: intraklasni koeficijent korelacije ; CV: koeficijent varijabilnosti ; SEM: standardna pogreška mjerenja						

Tablica 4. Pouzdanost brzine izvedbe u čučnju

Varijable i opterećenja	Prvo vs. drugo mjerenje			Drugo vs. treće mjerenje		
	ICC	CV	SEM	ICC	CV	SEM
Vršna brzina 30% 1RM	0.82 (0.55, 0.93)	3.9%	0.08 (m/s)	0.93 (0.72, 0.98)	2.3%	0.04 (m/s)
Prosječna brzina 30% 1RM	0.80 (0.52, 0.93)	4.7%	0.06 (m/s)	0.94 (0.77, 0.98)	2.4%	0.03 (m/s)
Vršna snaga 30% 1RM	0.97 (0.92, 0.99)	5.0%	137 (W)	0.95 (0.84, 0.98)	4.9%	162 (W)
Prosječna snaga 30% 1RM	0.98 (0.94, 0.99)	4.8%	54 (W)	0.99 (0.93, 0.99)	2.8%	34 (W)
Vršna brzina 45% 1RM	0.92 (0.78, 0.97)	2.6%	0.05 (m/s)	0.91 (0.76, 0.97)	2.5%	0.05 (m/s)
Prosječna brzina 45% 1RM	0.87 (0.68, 0.95)	3.3%	0.04 (m/s)	0.89 (0.72, 0.96)	3.3%	0.03 (m/s)
Vršna snaga 45% 1RM	0.99 (0.96, 0.99)	3.6%	94 (W)	0.98 (0.95, 0.99)	3.5%	105 (W)
Prosječna snaga 45% 1RM	0.99 (0.97, 0.99)	3.0%	38 (W)	0.99 (0.96, 0.99)	3.1%	44 (W)
Vršna brzina 60% 1RM	0.86 (0.66, 0.95)	4.1%	0.06 (m/s)	0.87 (0.67, 0.95)	3.5%	0.06 (m/s)
Prosječna brzina 60% 1RM	0.92 (0.79, 0.97)	3.1%	0.03 (m/s)	0.92 (0.79, 0.97)	3.4%	0.03 (m/s)
Vršna snaga 60% 1RM	0.98 (0.94, 0.99)	4.5%	118 (W)	0.97 (0.92, 0.99)	4.8%	140 (W)
Prosječna snaga 60% 1RM	0.99 (0.96, 0.99)	3.4%	46 (W)	0.98 (0.96, 0.99)	3.5%	47 (W)
Vršna brzina 75% 1RM	0.85 (0.53, 0.95)	4.1%	0.05 (m/s)	0.91 (0.76, 0.97)	3.4%	0.05 (m/s)
Prosječna brzina 75% 1RM	0.89 (0.72, 0.96)	3.8%	0.03 (m/s)	0.87 (0.67, 0.95)	4.5%	0.03 (m/s)
Vršna snaga 75% 1RM	0.97 (0.80, 0.99)	5.4%	106 (W)	0.97 (0.92, 0.99)	5.2%	128 (W)
Prosječna snaga 75% 1RM	0.98 (0.94, 0.99)	4.3%	48 (W)	0.97 (0.92, 0.99)	4.9%	59 (W)
Vršna brzina 90% 1RM	0.83 (0.59, 0.94)	5.1%	0.07 (m/s)	0.82 (0.58, 0.93)	4.8%	0.06 (m/s)
Prosječna brzina 90% 1RM	0.78 (0.48, 0.92)	6.7%	0.04 (m/s)	0.87 (0.63, 0.95)	5.9%	0.03 (m/s)
Vršna snaga 90% 1RM	0.96 (0.88, 0.99)	6.1%	176 (W)	0.96 (0.88, 0.99)	5.6%	165 (W)
Prosječna snaga 90% 1RM	0.94 (0.84, 0.98)	6.9%	78 (W)	0.96 (0.89, 0.99)	5.7%	59 (W)
1RM: repetitio maximum: CI: interval pouzdanosti; ICC: intraklasni koeficijent korelacije; CV: koeficijent varijabilnosti; SEM: standardna pogreška mjerenja						

RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je odrediti test-retest pouzdanost GYM uređaja pri mjerenju brzine izvedbe u čučnju i mrtvom dizanju imitirajući mjerenje s i bez upoznavanja ispitanika s protokolom. Osnovna spoznaja u ovom istraživanju je da je test-retest pouzdanost GYM uređaja u određivanju brzine izvedbe u čučnju i mrtvom dizanju generalno dobra do odlična te da se GYM uređaj može smatrati pouzdanim alatom za određivanje brzine izvedbe u treningu s otporom kao i u znanstvenim istraživanjima. GYM uređaj pokazao se pouzdanim na niskim, srednjim i visokim opterećenjima. Kroz sva opterećenja ICC je većinom veći od 0.90, a CV nizak ($< 5\%$ za većinu varijabli). SEM je uglavnom nizak za većinu varijabli te je u nekim varijablama imao tendenciju prema smanjenju pri upoznavanju sportaša s protokolom.

U čučnju su pronađene značajne razlike između prvog i drugog testiranja u vršnoj brzini i vršnoj snazi na 75% 1RM-a s nešto većim vrijednostima u prvom testiranju. Također, značajne razlike pronađene su uspoređujući drugo i treće mjerenje, s većim vrijednostima za prosječnu brzinu i prosječnu snagu na 30% 1RM-a u drugom testiranju. Ovi rezultati kose se s pretpostavkom da bi svako sljedeće mjerenje trebalo izazvati bolji rezultat što je i opaženo u nedavnom istraživanju (Nuzzo, Taylor i Gandevia, 2019).

Unatoč statističkoj značajnosti razlike, ta razlika nije velika pa se ovi rezultati čine praktično zanemarivim. Nadalje, za mrtvo dizanje, nisu opažene značajne razlike između svih testiranja u svim analiziranim varijablama. Ova saznanja upućuju na zaključak da se rezultati izmjereni GYM uređajem za varijable brzine izvedbe u čučnju i mrtvom dizanju ne mijenjaju sistematski tijekom ponavljanih mjerenja, ili su razlike zanemarive.

ICC je bio u rasponu od 0.78-0.99 u čučnju i mrtvom dizanju. Za 93% rezultata u mrtvom dizanju i za 100% rezultata u čučnju ICC je bio veći od 0.75. Za 60% rezultata u mrtvom dizanju i 68% rezultata u čučnju ICC je bio veći od 0.90. Prema ovim rezultatima, može se zaključiti da je GYM uređaj dobro do izvrsno pouzdan za određivanje brzine izvedbe u čučnju i mrtvom dizanju. ICC vrijednosti bile su slične nevezano za opterećenje iz čega se može pretpostaviti da nema značajnih razlika u pouzdanosti pri izvedbi ovih vježbi na niskim, srednjim i visokim opterećenjima (30-90% 1RM-a). ICC vrijednosti imale su tendenciju povećanja između drugog i trećeg mjerenja (kada se uspoređi s ICC između prvog i drugog mjerenja) te se iz toga može pretpostaviti da upoznavanje sportaša s protokolom mjerenja zaista ima pozitivan utjecaj na pouzdanost. Međutim, potrebno je naglasiti da postoji

generalno preklapanje 95% CI s ICC u kontekstu s i bez upoznavanja sportaša s protokolom mjerenja te zbog toga nije moguće u potpunosti generalizirati pretpostavke o utjecaju upoznavanja sportaša s protokolom mjerenja na pouzdanost testa. Ovo bi se trebalo istražiti u daljnjim istraživanjima s većim uzorkom ispitanika.

Također, Atkinson i Nevill (1998) predložili su da je potrebno biti oprezan pri objašnjavanju rezultata novog istraživanja s ICC vrijednostima dobivenim u nekom prijašnjem istraživanju. Podržavaju korištenje ICC-a, ali misle da ga ne treba koristiti kao jedinstvenu statistiku u ostvarenju određenih analitičkih ciljeva. Predložili su da bi CV i SEM u statistici pouzdanosti mogli biti više relevantni za sportsku znanost i praksu iz razloga što pružaju informacije o varijabilnosti ponavljanih mjerenja bez obzira gdje se pojedinci svrstavaju po rang u određenom uzorku te nisu pokazatelji relativne pouzdanosti. Rezultate apsolutne pouzdanosti dobivene takvim statističkim metodama jednostavnije je ekstrapolirati na nove pojedince te je jednostavnije uspoređivati pouzdanost između različitih mjernih instrumenata. U ovom istraživanju CV je bio generalno nizak u svim usporedbama. Iako za interpretaciju CV vrijednosti ne postoji univerzalno prihvaćena skala, u području zdravlja i medicine, CV koji je manji od 5% smatra se prihvatljivim (Campbell, Machin i Walters, 2010). CV u čučnju bio je $< 5\%$ u 75% analiziranih varijabli. Slično je primijećeno za mrtvo dizanje gdje je 65% svih analiziranih varijabli bilo $< 5\%$. Također, svi CV koji su bili $> 5\%$ u prvom mjerenju, smanjili su se za 0.7% - 2.9% u drugom mjerenju. Ova spoznaja također ide u prilog istraživanju u kojem su autori zaključili da se zbog učinka učenja (karakteristično za testove u ponavljanim mjerenjima), dodavanjem dodatnog mjerenja u protokolu, CV smanjio za 1.2% (Hopkins, Schabert i Hawley, 2001).

SEM je generalno bio nizak u svim varijablama. Kada se uspoređuju rezultati prvog i drugog mjerenja u čučnju, zanimljivo je da je SEM za prosječnu brzinu (najrelevantnija varijabla u treningu baziranom na brzini) bio u rasponu 0.03 - 0.06 m/s (Sánchez-Medina i González-Badillo, 2011). Kada se uspoređuju rezultati drugog i trećeg mjerenja SEM je za prosječnu brzinu bio 0.03 m/s na svim opterećenjima (30% - 90% 1 RM-a). SEM za prosječnu brzinu koji je pronađen u ovom istraživanju mnogo je manji nego što se mogu naći razlike u prosječnoj brzini nakon treninga. Na primjer, u dva istraživanja tijekom treninga pronađena su povećanja prosječne brzine u rasponu od 0.08 - 0.13 m/s. (Sánchez-Moreno, Cornejo-Daza, González-Badillo, Pareja-Blanco, 2020; Galiano i sur., 2020)

Osnovno ograničenje ovog istraživanja je testiranje brzine izvedbe u čučnju i mrtvom dizanju tijekom istog mjerenja. Ovo je moglo utjecati na rezultate s obzirom da je umor izazvan izvedbom mrtvog dizanja mogao utjecati na ispitanike i njihovu izvedbu čučnja. Nadalje, u razgovoru nakon mjerenja, ispitanici su bili pitani jesu li osjetili da je izvedba čučnja bila pod utjecajem izvedbe mrtvog dizanja i neki su indicirali da je to bio slučaj. Za takav pristup odlučeno je kako bi se povećala primjenjivost istraživanja, s obzirom da će sportaši koji provode trening s otporom vjerojatnije izvoditi više od jedne vježbe u treningu. Dodatno, brzina izvedbe testirana je protokolom u kojem se opterećenje progresivno povećava svakom serijom te je umor proizveden jednom serijom mogao utjecati na izvedbu ispitanika u sljedećoj seriji. Ovim pristupom pokušao se smanjiti potencijalni umor na način da je ispitanicima omogućeno 10 minuta odmora između vježbi i 3 minute odmora između serija. Također, čini se da bi ekstrapolacija podataka bilo jednostavnija kada bi se istraživanje provelo na većem uzorku ispitanika.

ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata u ovom istraživanju, može se zaključiti da GYM uređaj ima dobru do odličnu pouzdanost za određivanje brzine izvedbe u vježbama čučanj i mrtvo dizanje. To je potvrđeno kroz nekoliko različitih statističkih metoda. Pouzdanost je visoka u svim varijablama na svim opterećenjima od 30 - 90% 1RM-a. Također, prema dobivenim rezultatima mogli bi pretpostaviti da upoznavanje sportaša/vježbača s protokolom mjerenja utječe na poboljšanje pouzdanosti ovakvog tipa mjerenja, ali to je još potrebno potvrditi u budućim istraživanjima.

LITERATURA

- Askow, A. T., Stone, J. D., Arndts, D. J., King, A. C., Goto, S., Hannon, J. P., ... & Jones, M. T. (2018). Validity and reliability of a commercially-available velocity and power testing device. *Sports*, 6(4), 170
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Measurement Error (Reliability) in Variables Relevant to Sports Medicine, 26(4), 217–238.
- Beckham, G. K., Layne, D. K., Kim, S. B., Martin, E. A., Perez, B. G., & Adams, K. J. (2019). Reliability and Criterion Validity of the Assess2Perform Bar Sensei. *Sports*, 7(11), 230.
- Boehringer, S., & Whyte, D. G. (2019). Validity and Test-Retest Reliability of the 1080 Quantum System for Bench Press Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(12), 3242-3251.
- Bonett, D. G. (2002). Sample size requirements for estimating intraclass correlations with desired precision. *Statistics in medicine*, 21(9), 1331-1335.
- Campbell, M. J., Machin, D., & Walters, S. J. (2010). *Medical statistics: a textbook for the health sciences*. John Wiley & Sons.
- Chéry, C., & Ruf, L. (2019). Reliability of the Load-Velocity Relationship and Validity of the PUSH to Measure Velocity in the Deadlift. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(9), 2370-2380.
- Currell, K., & Jeukendrup, A. E. (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports medicine*, 38(4), 297-316.
- Dizdar, D. (2006). Kvantitativne metode. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Dorrell, H. F., Moore, J. M., Smith, M. F., & Gee, T. I. (2019). Validity and reliability of a linear positional transducer across commonly practised resistance training exercises. *Journal of sports sciences*, 37(1), 67-73.
- Galiano, C., Pareja-Blanco, F., de Mora, J. H., & de Villarreal, E. S. (2020). Low-Velocity Loss Induces Similar Strength Gains to Moderate-Velocity Loss During Resistance Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Giroux, C., Rabita, G., Chollet, D., & Guilhem, G. (2015). What is the best method for assessing lower limb force-velocity relationship?. *International journal of sports medicine*, 36(02), 143-149.
- Harris, N. K., Cronin, J., Taylor, K. L., Boris, J., & Sheppard, J. (2010). Understanding position transducer technology for strength and conditioning practitioners. *Strength & Conditioning Journal*, 32(4), 66-79.
- Hopkins, W. G., Schabert, E. J., & Hawley, J. A. (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports medicine*, 31(3), 211-234.

- Milanović, D. Teorija treninga - Kineziologija sporta (2013), (Sveučilišni udžbenik), Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 575 str. Suradnici: S. Šalaj, I. Jukić i C. Gregov.
- Nuzzo, J. L., Taylor, J. L., & Gandevia, S. C. (2019). CORP: measurement of upper and lower limb muscle strength and voluntary activation. *Journal of Applied Physiology*, 126(3), 513-543.
- Orange, S. T., Metcalfe, J. W., Marshall, P., Vince, R. V., Madden, L. A., & Liefieith, A. (2020). Test-retest reliability of a commercial linear position transducer (GymAware PowerTool) to measure velocity and power in the back squat and bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(3), 728-737.
- Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Medicine & Science in Sports*, 43(No. 9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.ObO>
- Sánchez-Moreno, M., Cornejo-Daza, P. J., González-Badillo, J. J., & Pareja-Blanco, F. (2020). Effects of Velocity Loss During Body Mass Prone-Grip Pull-up Training on Strength and Endurance Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(4), 911-917.
- Smart, D. J., Hopkins, W. G., & Gill, N. D. (2013). Differences and changes in the physical characteristics of professional and amateur rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3033-3044.