

# Akutni i kronični utjecaj različitih vrsta opterećenja na izvedbu bilateralnoga vertikalnoga skoka s obzirom na mehanički profil sila - brzina

---

Zubčić, David

Doctoral thesis / Disertacija

2022

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:117:598599>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-05**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

David Zubčić

**AKUTNI I KRONIČNI UTJECAJ RAZLIČITIH  
VRSTA OPTEREĆENJA NA IZVEDBU  
BILATERALNOGA VERTIKALNOGA SKOKA  
S OBZIROM NA MEHANIČKI PROFIL SILA –  
BRZINA**

DOKTORSKI RAD

ZAGREB, 2022.

FACULTY OF KINESIOLOGY

David Zubčić

**ACUTE AND CHRONIC EFFECTS OF  
DIFFERENT TYPES OF LOADS ON  
BILATERAL VERTICAL JUMP  
PERFORMANCE WITH REGARD TO THE  
FORCE – VELOCITY PROFILE**

DOCTORAL THESIS

ZAGREB, 2022.

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

David Zubčić

**AKUTNI I KRONIČNI UTJECAJ RAZLIČITIH  
VRSTA OPTEREĆENJA NA IZVEDBU  
BILATERALNOGA VERTIKALNOGA SKOKA  
S OBZIROM NA MEHANIČKI PROFIL SILA –  
BRZINA**

DOKTORSKI RAD

Mentor: doc.dr.sc. Vlatko Vučetić

ZAGREB, 2022.

FACULTY OF KINESIOLOGY

David Zubčić

**ACUTE AND CHRONIC EFFECTS OF  
DIFFERENT TYPES OF LOADS ON  
BILATERAL VERTICAL JUMP  
PERFORMANCE WITH REGARD TO THE  
FORCE – VELOCITY PROFILE**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: doc.dr.sc. Vlatko Vučetić

ZAGREB, 2022.

## INFORMACIJE O MENTORU

Vlatko Vučetić

Rođen je 16. veljače 1974. u Zagrebu. Po nacionalnosti je Hrvat. Od 1980. do 1988. pohađao je osnovnu školu, a od 1988. do 1992. srednju elektrotehničku školu u Zagrebu. Fakultet za fizičku kulturu (Kineziološki fakultet) upisao je 1996. godine, a 1997. godine dobio je stipendiju Ministarstva znanosti i tehnologije. Fakultet za fizičku kulturu završava 2001. godine s odličnim uspjehom. Postdiplomski studij za stjecanje znanstvenog stupnja doktora društvenih znanosti iz polja odgojnih znanosti, grana kineziologija, modul edukacija upisao je 2001. godine. 2007. godine je obranio doktorsku disertaciju pod naslovom "Razlike u pokazateljima energetske kapaciteta trkača dobivenih različitim protokolima opterećenja" na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Od 1999. godine aktivan je u Sportsko dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na poslovima organizacije, planiranja i vođenja mjerenja, mjerenja, analize i interpretacije rezultata testiranja antropološkog statusa sportaša svih dobnih kategorija i kvalitetne razine. Imenovan je voditeljem Sportsko dijagnostičkog centra Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 2010. godine.

Do sada je samostalno i u koautorstvu objavio 26 znanstvenih radova objavljenih u časopisima i publikacijama zastupljenim u citiranim bazama podataka (WOS, CC i sl.), 17 znanstvenih radova objavljenih „in extenso“ u zbornicima međunarodnih znanstvenih skupova citiranih u relevantnim (sekundarnim i tercijarnim) izvorima informacija (A1 radovi), 23 znanstvena rada objavljena „in extenso“ u zbornicima međunarodnih znanstvenih skupova (A2 radovi), 2 znanstvena rada objavljena u obliku sažetka u međunarodnom časopisu, 30 znanstvenih radova objavljenih u obliku sažetka u zbornicima međunarodnih skupova, 18 stručnih radova objavljenih u specijaliziranim stručnim časopisima i magazinima te 29 stručnih radova objavljenih u zbornicima znanstveno-stručnih skupova i savjetovanja.

Teme interesa znanstveno-istraživačkog rada dr. sc. Vlatka Vučetića su analiza izvedbe u sportu, znanstvena istraživanja iz područja kineziologije, upravljanje u području sporta i kineziologije, nogomet – učenje, treniranje, testiranje vrhunskih sportaša, rast i razvoj u odnosu na sportsku izvedbu, znanost u nogometu. Vlatko Vučetić recenzent je u tri časopisa (Croatian sport medicine journal, Kinesiology i Kondicijski trening) te je član uredništva časopisa Kondicijski trening.

## SAŽETAK

**Uvod:** Evaluacija F-v profila vertikalnoga skoka sve je učestalija u procesu dijagnostike, a ispitivanje učinaka usmjerenog treninga na temelju takve vrste dijagnostike provedeno je u nekoliko studija dosad. Međutim, pregledom literature je utvrđeno da ne postoji istraživanje koje je na ispitanicima iste vrste F-v profila provjeravalo utjecaj različitih vrsta opterećenja na izvedbu vertikalnoga skoka. Stoga, temeljni cilj ovoga istraživanja je bio evaluirati akutni i kronični utjecaj dvije različite vrste opterećenja na izvedbu bilateralnoga vertikalnoga skoka kod ispitanika deficitarnih silom u F-v profilu.

**Metode:** U istraživanju akutnih učinaka je sudjelovalo osamnaest ispitanika koji su bili podvrgnuti provedbi dvije vrste predopterećenja. Jedan protokol se odnosio na izvedbu stražnjeg polučučnja s opterećenjem u vrijednosti 85% od jednog maksimalnog ponavljanja (1RM) i označavao je predopterećenje u smjeru sile, dok se u drugom izvodio skok iz čučnja s rasterećenjem od 25% tjelesne mase te je označavao predopterećenje u smjeru brzine. U ovome dijelu istraživanju analizirala se vršna visina u skoku iz čučnja pri inicijalnom mjerenju te 1'30", 4', 6'30" i 9' nakon provedbe predopterećenja. Jednosmjernom i dvosmjernom ANOVOM za ponovljena mjerenja provjeravala se postavljena hipoteza. Ukupno trideset ispitanika, jedankobrojno podijeljenih u dvije grupe, participiralo je u istraživanju kroničnih učinaka. Grupa sila je tijekom sedmotjednog programa treninga izvodila stražnji polučučanj s opterećenjem u vrijednosti 80 – 85% 1RM, dok je grupa brzina tijekom jednakog perioda provodila treninge skokova iz čučnja s rasterećenjem od 25% tjelesne mase. Razlike u izvedbi vertikalnoga skoka između inicijalnog i finalnog mjerenja unutar protokola testirane su t – testom za zavisne uzorke ili Wilcoxonovim testom sume rangova. Značajnost interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga ispitivana je 2 x 2 miješanim ANOVA modelom.

**Rezultati:** Jednosmjernom ANOVOM je utvrđena statistička značajnost tijekom protokola predopterećenja u smjeru brzine, s naglaskom na značajnoj nižoj vrijednosti visine skoka iz čučnja u 9.' nakon provedbe predopterećenja u komparaciji s inicijalnim mjerenjem. Suprotno tome, unutar protokola predopterećenja u smjeru sile nisu zabilježene značajnosti. Dvosmjernom ANOVOM je notirana značajnost interakcije faktora vrijeme mjerenja i protokola predopterećenja, no Bonferroni testom nisu pronađene statističke značajnosti između analiziranih parova. U

istraživanju kroničnih učinaka primjetne su neznčajne promjene u svim kinematičkim i kinetičkim varijablama vertikalnoga skoka kod grupe brzina. Također, kod spomenute grupe nije došlo do značajnih promjena u F-v profilu. Grupa sila bilježi suprotne trendove, pa su u većini kinematičkih i kinetičkih varijabli primjetne značajnosti, s naglaskom na poboljšanjima. Navedena poboljšanja su popraćena značajnom optimizacijom mehaničkog F-v profila. Vrijedi istaknuti velik učinak provedenog treninga na promjenu u vršnoj visini skoka iz čučnja, vršnoj snazi skoka iz čučnja, vršnoj snazi skoka iz čučnja s pripremom te srednji učinak na promjenu u vršnoj visini skoka iz čučnja s pripremom.

**Zaključak:** Rezultati grupe brzina u istraživanju kroničnih učinaka, kao i rezultati protokola predopterećenja u smjeru brzine pri istraživanju akutnih učinaka, potvrđuju hipotezu da dominantno izvođenje podražaja koji su oprečni deficitarnoj komponenti mehaničkog F-v profil mogu prouzrokovati nepromjenjivost u izvedbi ili čak izazvati pogoršanje. Hipotezu o efikasnosti programa treninga usmjerenog ka razvoju deficitarne komponente F-v profila uvelike argumentiraju rezultati grupe sila u istraživanju kroničnih učinaka, dok evidentirani akutni učinci predopterećenja u smjeru sile pokazuju samo blagi potencijal za takvo što, nipošto snažne indikacije.

**Ključne riječi:** F-v profil, vertikalni skok, usmjeren trening, akutni učinci, kronični učinci



## ABSTRACT

**Introduction:** Evaluation of the F-v profile of the vertical jump has become increasingly common in the diagnostic process, and examination of the effects of targeted training based on this type of assessment has been conducted in several studies up to today. However, by reviewing the literature it has been found that there is no study of the influence of different types of loads on the performance of a bilateral vertical jump examined on subjects of the same type of F-v profile. Therefore, the basic goal of this study was to evaluate the influence of two different types of loads on the performance of squat jumps in subjects deficient in force in the F-v profile.

**Methods:** Eighteen subjects participated in the part of research concerning acute effects. All subjects were tested in two different protocols. One protocol referred to the performance of a half back squat with a load of 85% of one maximum repetition (1RM) and indicated a pre-load in the direction of force. During another protocol subjects performed a squat jump with an unloading of 25% of body weight and that indicated a preload in the direction of velocity. Peak height of squat jump was analyzed during the initial measurement and 1'30", 4', 6'30" and 9' after the pre-load. The set hypothesis was tested with one-way and two-way ANOVA for repeated measurements. A total of thirty subjects, equally divided into two groups, participated in the study of chronic effects. During the seven-week training program, the force group performed a half back squat with a load of 80-85% 1RM, while the velocity group performed squat jumps with an unloading of 25% of body weight during the same period. Differences between initial and final measurements within the protocol were tested by t - test for dependent samples or Wilcoxon signed-rank test. The significance of the interaction of the measurement time factor and the training program was examined with a 2 x 2 mixed ANOVA model.

**Results:** Statistical significance was determined by one-way ANOVA during the pre-load protocol in the direction of velocity, with an emphasis on a significantly lower value of squat jump height at 9' after the pre-load performance in comparison with the initial measurement. In contrast, no significance was observed within the pre-loading protocol in the force direction. The significance of the interaction between the measurement time factor and the preloading protocol was noted with two-way ANOVA, but the Bonferroni test did not find statistical significance between the analyzed pairs.

In the study of chronic effects, non-significant changes in all kinematic and kinetic variables of the vertical jump at the velocity group are noticeable. Also, in the mentioned group there were no significant changes in the F-v profile. The group of forces records opposite trends, so in most kinematic and kinetic variables they are of noticeable significance, with an emphasis on improvements. These improvements are accompanied by significant optimization of the mechanical F-v profile. It is worth noting the large effect of the training on the change in the peak height of the squat jump, the peak force of the squat jump and the peak power of the countermovement jump. Medium effect on the change in the peak height of the squat jump with preparation. Additionally, a medium effect on the change in peak height of countermovement jump squat was observed.

**Conclusion:** The results of the velocity group in the study of chronic effects, as well as the results of the pre-loading protocol in the direction of velocity in the study of acute effects, support the hypothesis that dominant performance of stimuli contrary to the deficient component of mechanical F-v profile may cause invariance or even a decrease in performance. The hypothesis of the effectiveness of a training program aimed at developing a deficient component of the F-v profile is largely argued by the results of force group in the study of chronic effects, while recorded acute effects of pre-load in the direction of force show only slight potential for such strong indications.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD U PROBLEM.....</b>	<b>1</b>
1.1. Relevantnost vertikalnoga skoka.....	1
1.2. Teorijske postavke mehaničkog F-v profila.....	3
1.3. Akutni utjecaj različitih modaliteta rada na vertikalni skok.....	11
1.4. Kronični utjecaj različitih tehnologija treninga na vertikalni skok.....	16
1.5. Longitudinalna istraživanja individualiziranoga treninga na temelju F-v profila.....	21
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>25</b>
<b>3. METODE ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>26</b>
3.1. Uzorak ispitanika.....	26
3.2. Uzorak varijabli.....	28
3.3. Mjerni instrument.....	31
3.4. Nacrt istraživanja.....	32
3.5. Protokol testiranja.....	36
3.5.1. Testiranje mehaničkog F-v profila vertikalnoga skoka.....	36
3.5.2. Testiranje skoka iz čučnja i skoka iz čučnja s pripremom.....	41
3.5.3. Testiranje 1RM u vježbi stražnji polučučanj.....	43
3.6. Protokol istraživanja akutnih učinaka.....	45
3.7. Protokol treninga u istraživanju kroničnih učinaka.....	48
3.8. Statistička obrada podataka.....	51
<b>4. REZULTATI.....</b>	<b>53</b>
4.1. Istraživanje akutnih učinaka.....	53

4.2. Istraživanje kroničnih učinaka.....	61
4.2.1. Osnovni parametri ispitanika.....	61
4.2.2. Kinematički parametri vertikalnoga skoka.....	63
4.2.3. Kinetički parametri vertikalnoga skoka.....	83
4.2.4. Parametri mehaničkog F-v profila.....	98
4.2.5. Stražnji polučučanj.....	108
<b>5. RASPRAVA.....</b>	<b>112</b>
5.1. Akutni utjecaj različitih opterećenja na izvedbu vertikalnoga skoka kod ispitanika iste vrste F-v profila.....	112
5.2. Utjecaj dugotrajnije izvedbe usmjerenog treninga na temelju F-v profila na izvedbu vertikalnoga skoka.....	117
5.3. Prednosti i ograničenja istraživanja.....	127
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>128</b>
<b>7. LITERATURA.....</b>	<b>129</b>
<b>8. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>144</b>

# 1. UVOD U PROBLEM

## 1.1. RELEVANTNOST VERTIKALNOGA SKOKA

Zašto uopće postaviti vertikalni skok kao predmet mjerenja, odnosno što ga čini značajnim da zauzme mjesto u istraživačkom polju? Definiranje samog pojma prvi je korak ka rasvjetljavanju relevantnosti. Vertikalni skok se definira kao višezglobna motorička radnja koja svojom kompleksnom međumišićnom koordinacijom omogućava svladavanje različitih vrsta prepreka, temeljem čega pripada fundamentalnim ljudskim vještinama (Sekulić i Metikoš, 2007; Petrigna i sur., 2019). U literaturi je zabilježeno više vrsta vertikalnih skokova koji su na različite načine klasificirani, no zasigurno su najistaknutiji skok iz čučnja (eng. *squat jump* - SJ) i skok iz čučnja s pripremom (eng. *countermovement jump* - CMJ), koji se, gledajući lateralnost, dijele na bilateralne (sunožne) i unilateralne (jednonožne) (Baković, 2016). Svojom prirodom izvedbe vertikalni skok se svrstava u balistička gibanja, što podrazumijeva ispucavanje akceleriranog objekta u slobodan prostor, a u pozadini kvalitetne izvedbe je sposobnost postizanja maksimalne brzine centra mase tijela u što kraćem periodu (Cormie i sur., 2010; Samozino i sur., 2012). S obzirom na to da razina izvođenja balističkih gibanja, kao što su skok, sprint i promjena smjera kretanja, determinira situacijsku uspješnost u mnogim sportskim aktivnostima, ne iznenađuje učestalo postavljanje vertikalnoga skoka kao parametra kojim se utvrđuje učinkovitost modaliteta treninga kod vrhunskih sportaša (Ham i sur., 2007; Eagles i sur., 2015; Jimenez – Reyes i sur., 2019).

Iz perspektive fundamentalnog dijela znanosti, vertikalni skok je široko istraživana struktura kretanja za stjecanje što boljeg uvida u mehaničke limite mišićnog sustava *in vivo*, kako kod ljudi, tako i kod životinja (Lutz i Rome, 1994; James i sur., 2007; Jarić i Marković, 2009; Earp i sur., 2011; Bobbert i sur., 2014). Istraživanje vertikalnoga skoka najčešće se provodi korištenjem SJ i CMJ, koji su se svojim metrijskim karakteristikama valjanosti i pouzdanosti, ali i jednostavnosti provedbe, etablirali u evaluaciji živčano – mišićnih svojstava donjih ekstremiteta (Marković i sur., 2004; Morin i sur., 2019). Potonja evaluacija se prvenstveno odnosi na istraživanje kapaciteta sile kroz sve faze skoka, procjenu koordinacijskih mehanizama donjih ekstremiteta i ispitivanje optimalne mišićne distribucije, kao jedne od karakteristika ljudske funkcionalne morfologije, čime se produbljuju spoznaje o tome zašto je mišićno - koštani sustav formiran upravo na ovaj način (Tomioka i sur., 2001; Eloranta, 2003; Cormie i sur., 2008; Wong i sur., 2016).

Relevantnost vertikalnoga skoka je izraženo potkrijepljena utvrđivanjem njegove povezanosti s ostalim sposobnostima važnima za sportski uspjeh. Dokazana je značajna povezanost sa sprinterskim izvedbama na udaljenosti od 5 m do 40 m (Young i sur., 1995; Cronin i Hansen, 2005; Lopez – Segovia i sur., 2011; Marques i sur., 2011; Marques i Izquierdo, 2015; Dobbs i sur., 2015), sprinterskim izvedbama na udaljenostima dužim od 40 m (Loturco i sur., 2015; Loturco i sur., 2015; Loturco i sur., 2018) te promjenama smjera kretanja (Jones i sur., 2009; Castillo – Rodriguez i sur., 2012; Suarez – Arrones i sur., 2020). Također, istraživanja pokazuju da trenažne intervencije koje uzrokuju poboljšanje vertikalnoga skoka za 7 – 10% popratno izazivaju unaprjeđenje agilnosti u rasponu 4 – 11% i sprinta za oko 3% (Hackett i sur., 2015). Značajne pozitivne korelacije su zabilježene u odnosu vertikalnoga skoka s jednim maksimalnim ponavljanjem (1RM) u vježbama polučučanj i čučanj, kao pokazateljima maksimalne jakosti donjih ekstremiteta (Wisloff i sur., 2004; Carlock i sur., 2004; Nuzzo i sur., 2008). Uz to, značajne povezanosti se pronalaze i u odnosu s vježbama olimpijskog dizanja utega kod kojih se gradijent sile (eng. *rate of force development* – RFD) sagledava kao važna determinanta izvedbe (Carlock i sur., 2004; Hornsby i sur., 2017; Kipp i sur., 2019).

Na temelju istraživanja autora Gorostiaga i sur. (2010), opadanje performansi vertikalnoga skoka može se smatrati dobrim indikatorom živčano – mišićnog umora nakon korištenja visoko intenzivnih podražaja. U skladu s prethodnim, rezultati meta analize autora Claudino i sur. (2017) pokazuju opravdanost korištenja parametra prosječne visine u testu CMJ pri praćenju procesa oporavka, odnosno kontrole superkompenciacije. Primjena vertikalnoga skoka u dominantno medicinskom polju je također prisutna, pa tako El Hage i sur. (2013) pronalaze značajno visoku pozitivnu korelaciju između mineralne gustoće kostiju i izvedbe CMJ kod mlađih muških osoba, dok je aplikacija valjanih vertikalnih testova prisutna u ispitivanju statusa sarkopenije kod osoba srednje i starije životne dobi (Singh i sur., 2014). Eagles i sur. (2015) u svojoj meta analizi bilježe korištenje vertikalnoga skoka i pri evaluaciji kliničkih stanja kao što su juvenilni idiopatski artritis i pretilost. Također, vertikalni skok je upotrebljavan parametar u vrednovanju rehabilitacijskog procesa nakon ozljede koljena, ali i pri detektiranju prediktora ozljeda, s naglaskom na analiziranju mehanike doskoka (Paterno i sur., 2010; Leppanen i sur., 2017; Lee i sur., 2018).

Zaključno, evidentan je velik broj pojava kojima se ističe relevantnost vertikalnoga skoka, pa ga je shodno tome osnovano postaviti kao predmet mjerenja u okviru znanstvenog istraživanja.

## 1.2. TEORIJSKE POSTAVKE MEHANIČKOG F-v PROFILA

Tijekom izvedbe vertikalnoga skoka donji ekstremiteti produciraju mehanički rad s ciljem pomicanja centra mase tijela (CMT) iz inicijalne pozicije do određene visine. Ukupan mehanički rad ( $W_T$ ) jednak je razlici potencijalnih energija ove dvije pozicije (Samozino i sur., 2008):

$$W_T = mg(h_{PO} + h + h_S) - mgh_S$$

Vrijednost  $m$  označava masu tijela,  $g$  je gravitacijsko ubrzanje koje iznosi  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $h_{PO}$  se odnosi na prijeđenu udaljenost tijekom koncentrične faze,  $h$  je dosegnuta visina skoka, a  $h_S$  visina CMT u poziciji iz koje se inicira koncentrična faza skoka. Analizirajući koncentričnu, odnosno odraznu fazu skoka,  $W_T$  je u tom slučaju ekvivalentan sumi kinetičke i potencijalne energije (Samozino i sur., 2010):

$$W_T = \frac{1}{2}mv_{TO}^2 + mgh_{PO}$$

$v_{TO}$  se u prethodnoj jednadžbi odnosi na brzinu CMT neposredno prije završetka koncentrične faze. Izvedba vertikalnoga skoka, kao tipičnog balističkog gibanja, determinirana je razinom akceleracije, odnosno promjenom brzine u određenom periodu (Samozino i sur., 2012). Direktna određenost visine skoka brzinom CMT neposredno prije kraja odrazne faze izražava se temeljnom balističkom jednadžbom (Samozino i sur., 2010):

$$h = \frac{v_{TO}^2}{2g}$$

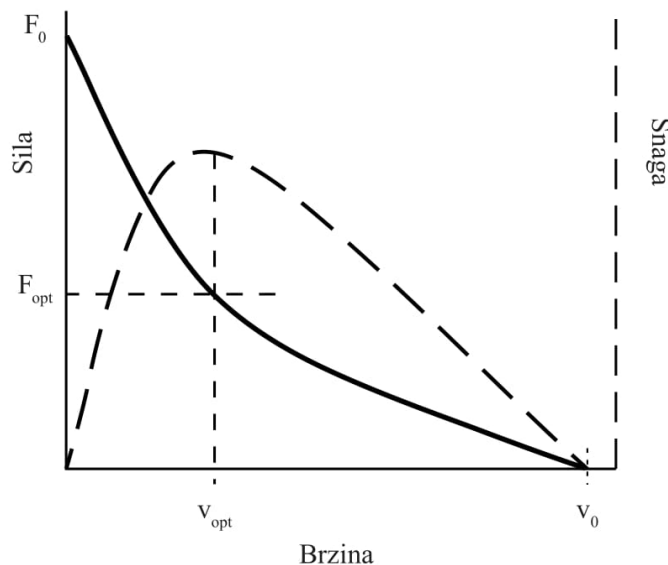
$W_T$  se tijekom koncentrične faze može izraziti i kao produkt prosječne sile ( $\bar{F}$ ) relativizirane prema tjelesnoj masi ( $N/kg$ ) i  $h_{PO}$ . Supstitucijama se dolazi do sljedećih jednadžbi (Samozino i sur., 2010):

$$\bar{F} = \frac{v_{TO}^2}{2h_{PO}} + g$$

$$v_{TO} = \sqrt{2h_{PO}(\bar{F} - g)}$$

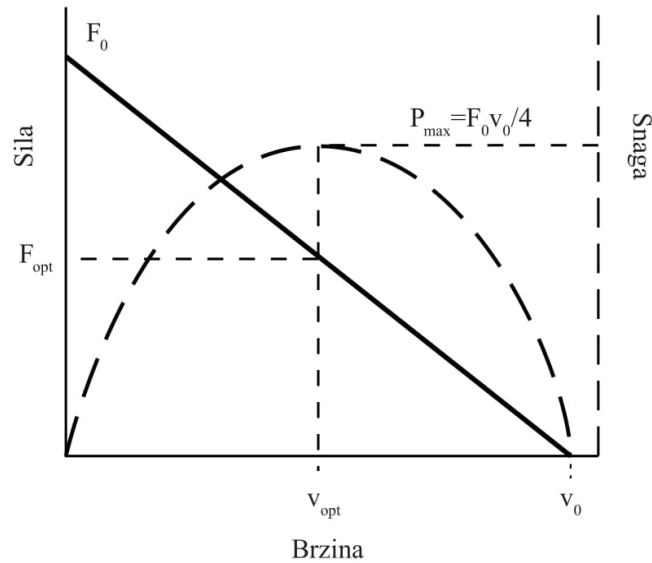
Prema drugom Newtonovom zakonu mehanike, brzina CMT postignuta na kraju odrazne faze direktno je pod utjecajem impulsa sile (Winter, 2005; Samozino i sur., 2012). Budući da se impuls sile ne može sagledavati kao intrinzično mehaničko svojstvo živčano – mišićnog sustava, nužno je odrediti parametar koji to jest. Velik broj studija ističe da razvoj impulsa sile, a time i posljedično ubrzanje CMT, ovisi o kapacitetima snage živčano – mišićnog sustava (Samozino i sur., 2012). Snaga je fizikalna veličina koja označava obavljene rad u jedinici vremena, odnosno produkt je obrnuto proporcionalnih veličina sile (F) i brzine (v) (Frost i sur., 2010). Analizirajući propulzivne faze jednozglobnih pokreta, sila i brzina se prezentiraju inverznim hiperboličnim odnosom (slika 1), dok u slučaju višezglobnih pokreta njihov odnos postaje inverzno linearan (slika 2). Posljedično, odnos snage i brzine je određen paraboličnom krivuljom (slika 2), dok je generiranje maksimalne snage tijekom višezglobnih pokreta definirano sljedećom jednačbom (Jarić, 2015):

$$P_{max} = \frac{F_0 v_0}{4}$$



Slika 1. Odnos sile i brzine u jednozglobnim pokretima (modificirano prema Jarić, 2015)





Slika 2. Odnos sile i brzine u višezglobnim pokretima (modificirano prema Jarić, 2015)

$F_0$  označava teoretsku maksimalnu silu ukoliko je brzina jednaka nuli, dok je  $v_0$  teoretska maksimalna brzina kada je opterećenje jednako nuli. Obje vrijednosti se dobivaju ekstrapolacijom iz jednostavnog regresijskog modela. Shodno prethodnoj jednadžbi, moguće je generirati identičnu maksimalnu snagu vertikalnoga skoka, ali s različitim kombinacijama vrijednosti sile i brzine, tj. s različitim mehaničkim F-v profilom donjih ekstremiteta. Navedeni profil se izražava omjerom  $F_0$  i  $v_0$ , odnosno nagibom linearnog F-v odnosa ( $S_{Fv}$ ) putem jednadžbe:

$$S_{Fv} = -\frac{F_0}{v_0}$$

Odnos sile i brzine te njihov utjecaj na izvedbu vertikalnoga skoka izrazito je kompleksan. U studiji autora Samozino i sur. (2010) se detaljno elaborirala navedena problematika putem teorijskog integrativnog pristupa. Autori ističu kako je tijekom balističkih gibanja mehanički izlaz uvjetovan fundamentalnim zakonima dinamike i mehaničkim svojstvima živčano – mišićnog sustava. Analizirajući dinamiku gibanja, primjetno je konkomitantno povećanje brzine s povećanjem sile, odnosno porastom producirane sile u podlogu, raste i brzina CMT. Međutim, prethodno je limitirano mehaničkim svojstvima skeletnih mišića koja su opisana Hillovim modelom. Naime, ograničenja su određena obrnuto proporcionalnim odnosom sile i brzine, a to znači da sposobnost generiranja sile opada uslijed povećanja brzine kontrakcije. Posljedično, maksimalna balistička

izvedba rezultat je interakcije dviju mehaničkih zakonitosti koje odnos sila – brzina opisuju na suprotan način. Uzimajući u obzir navedeno, prezentirani su biomehanički modeli maksimalne brzine na kraju odrazne faze ( $v_{TOmax}$ ) i maksimalne visina skoka ( $h_{max}$ ):

$$V_{TOmax} = h_{PO} \left( \sqrt{\frac{\bar{F}_0}{4\bar{v}_0}} + \frac{2}{h_{PO}} (\bar{F}_0 - g) - \frac{\bar{F}_0}{2\bar{v}_0} \right)$$

$$h_{max} = \frac{h_{PO}^2}{2g} \left( \sqrt{\frac{\bar{F}_0^2}{4\bar{v}_0^2}} + \frac{2}{h_{PO}} (\bar{F}_0 - g) - \frac{\bar{F}_0}{2\bar{v}_0} \right)^2$$

Isto tako,  $v_{TOmax}$  može biti izražen kao funkcija  $P_{max}$ ,  $S_{Fv}$  i  $h_{PO}$ :

$$v_{TOmax} = h_{PO}^2 \left( \sqrt{\frac{S_{Fv}^2}{4}} + \frac{2}{h_{PO}^2} \left( 2\sqrt{-\bar{P}_{max}S_{Fv} - g\sin\alpha} \right) + \frac{S_{Fv}}{2} \right)$$

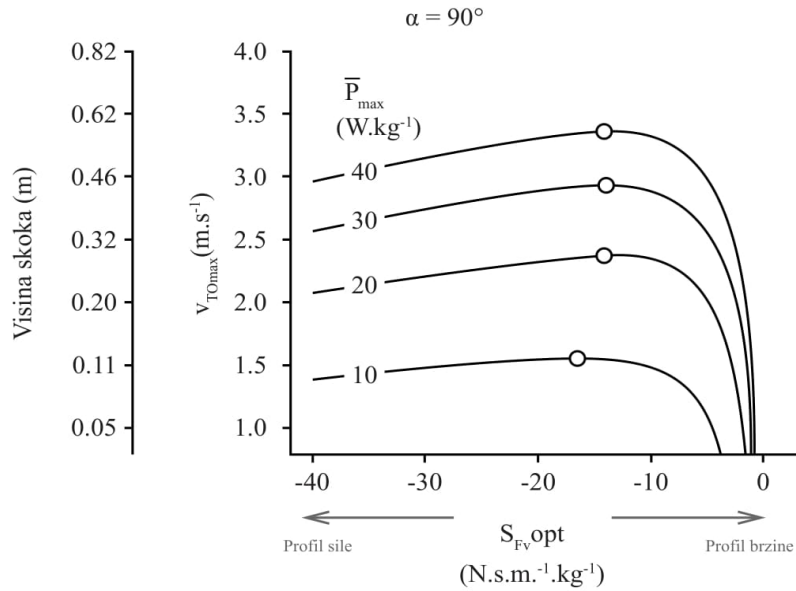
$\alpha$  označava kut odraza u odnosu na horizontalnu komponentu. Prilikom vertikalnoga skoka taj kut iznosi  $90^\circ$ , pa je prema tome sinus toga kuta jednak 1.

Valjanost biomehaničkog modela je validirana u studiji Samozino i sur. (2012), što je istoj grupi autora omogućilo istraživanje zasebnih utjecaja  $P_{max}$  i F–v profila na balističke izvedbe donjih ekstremiteta, kao i povezanost razine opterećenja s F–v profilom. U skladu s očekivanjima, evidentiran je pozitivan utjecaj  $P_{max}$  na  $v_{TOmax}$ , ali je i putem teorijske simulacije utvrđeno krivolinijsko mijenjanje  $v_{TOmax}$  s promjenama vrijednosti  $S_{Fv}$ , uz konstantne  $P_{max}$  i  $h_{PO}$  (slika 3). U ovom krivolinijskom odnosu inverznog U oblika, vrh krivulje korespondira s optimalnim F–v profilom ( $S_{Fvopt}$ ) koji maksimizira izvedbu. Ovime se ukazuje da za svakog pojedinca, s obzirom na njegov  $P_{max}$  i  $h_{PO}$ , postoji  $S_{Fvopt}$  koji se izražava sljedećom jednačbom:

$$S_{Fvopt} = -\frac{g^2}{3\bar{P}_{max}} - \frac{\left( -(g^4)h_{PO}^4 - 12gh_{PO}^3\bar{P}_{max}^2 \right)}{3h_{PO}^2\bar{P}_{max}Z_{(\bar{P}_{max},h_{PO})}} - \frac{Z_{(\bar{P}_{max},h_{PO})}}{3h_{PO}^2\bar{P}_{max}}$$

U navedenoj jednačbi  $Z$  je funkcija sljedećega:

$$Z_{(\bar{P}_{max}, h_{PO})} = \left( -(g^6)h_{PO}^6 - 18g^3h_{PO}^5\bar{P}_{max}^2 - 54h_{PO}^4\bar{P}_{max}^4 + 6\sqrt{3}\sqrt{2g^3h_{PO}^9\bar{P}_{max}^6 + 27h_{PO}^8\bar{P}_{max}^8} \right)^{1/3}$$



Slika 3. Krivolinijski odnos  $v_{TOmax}$  i  $S_{Fv}$  (modificirano prema Samozino i sur., 2012)

Omjerom aktualnog i optimalnog F-v profila se utvrđuje koja komponenta profila je dominantna, a koja deficitarna. Naravno, pod uvjetom da profil nije optimalno posložen. Sljedećom formulom dobivamo taj uvid:

$$S_{Fv\%} = \frac{S_{Fv}}{S_{Fvopt}} \cdot 100$$

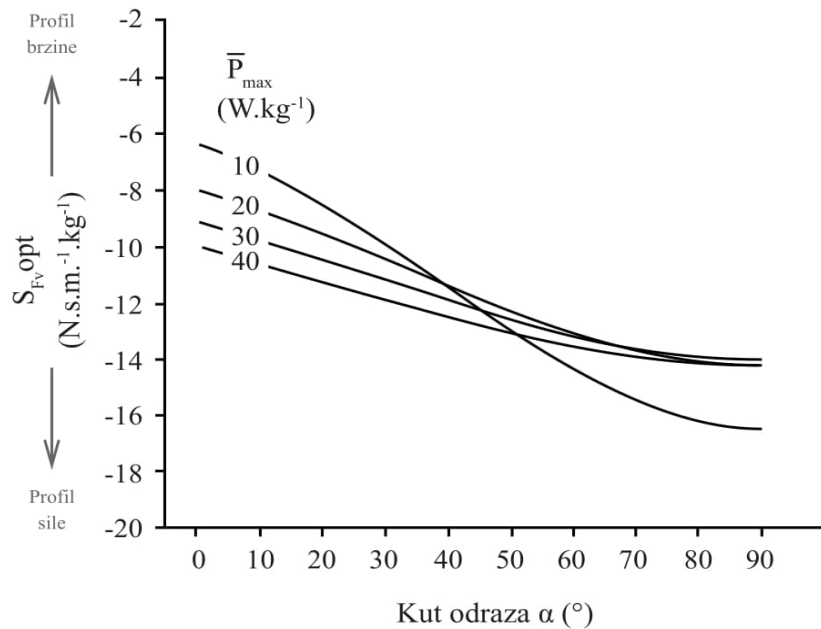
U slučaju da je vrijednost  $S_{Fv\%}$  veća od 100% zaključujemo da se radi o profilu usmjerenom prema kapacitetima sile, tj. deficitarnom brzinom. Za vrijednosti  $S_{Fv\%}$  koje su niže od 100% vrijede obrnuta pravila. U skladu s prethodnim, postavljena je jednadžba koja pokazuje stupanj neravnoteže F-v profila ( $F_{vIMB}$ ):

$$F_{vIMB} = 100 \cdot \left| 1 - \frac{S_{Fv}}{S_{Fvopt}} \right|$$

Autori ističu kako više (lat. *altius*) ne znači jače (lat. *fortius*) ni brže (lat. *citius*), već optimalan odnos te dvije komponente. Shodno tome, simulacijom je registrirano da se dvije osobe sličnih kapaciteta snage mogu razlikovati u visini skoka i do 30% zbog različitih odstupanja njihovih F–v profila od onih optimalnih. Maksimalna visina skoka koja bi se postigla zadovoljenjem optimalnosti F–v profila, pod uvjetima nepromijenjenosti  $P_{max}$  i  $h_{PO}$ , izražava se na sljedeći način (Samozino i sur., 2014):

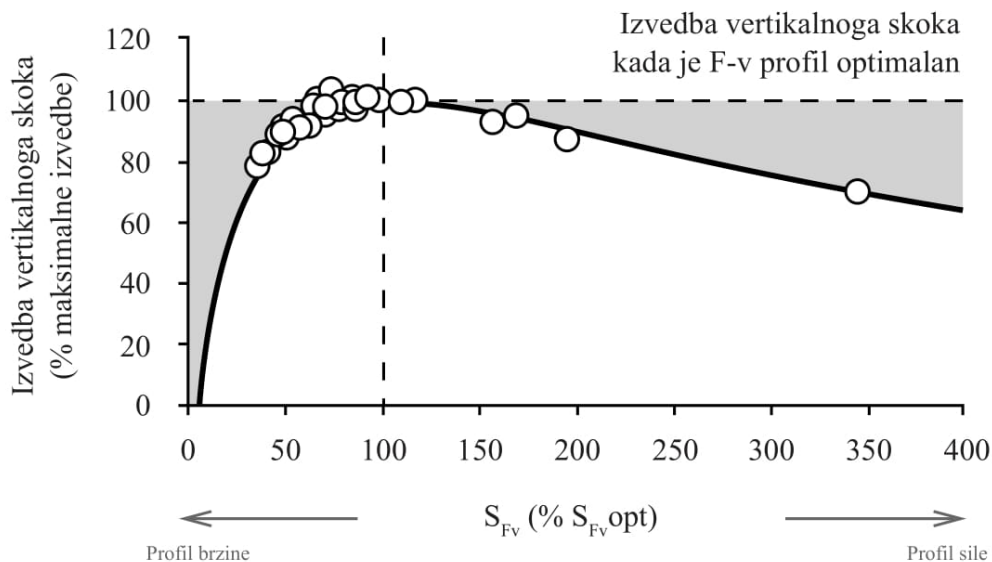
$$h_{max} = \frac{h_{PO}}{2g} \left( \sqrt{\frac{S_{Fv}^{opt^2}}{4} + \frac{2}{h_{PO}} (2\sqrt{-P_{max}S_{Fv}^{opt} - g}) + \frac{S_{Fv}^{opt}}{2}} \right)^2$$

Simuliranjem promjena u kutovima odraza zabilježeno je da povećanje istoga prati smanjenje  $S_{Fv}^{opt}$ , bez obzira na vrijednosti  $P_{max}$ , što bi značilo da se promjenama u kutu odraza mijenja i važnost komponenti F–v profila (slika 4) (Samozino i sur., 2012). Prethodno je u skladu s teorijskim postavkama iz studije autora Minetti (2002), u kojoj se prikazuje manji utjecaj mišićne jakosti na ispoljavanje  $P_{max}$  u vježbama koje ne uključuju gravitacijsku komponentu, kao npr. horizontalne ekstenzije na posebno koncipiranim spravama.



Slika 4. Odnos kuta odraza i  $S_{Fv}^{opt}$  (modificirano prema Samozino i sur., 2012)

Budući da su postavke F-v profila bile utemeljene uporabom simulacijske studije, sljedeći korak iste grupe autora je bilo eksperimentalno istraživanje na sportašima visokog ranga pripremljenosti. Samozino i sur. (2014) podvrgavaju 48 ispitanika testiranju SJ s pet različitih opterećenja. Koristila su se dodatna opterećenja u vrijednosti 0, 25, 50, 75 i 100% vlastite tjelesne mase da bi se odredio mehanički F-v profil za svakoga ispitanika. Autori ne pronalaze značajnu povezanost između  $S_{Fv}$  i  $h_{max}$  SJ, što je bilo očekivano s obzirom na već postavljeni teorijski krivolinijski odnos ove dvije varijable. Međutim, evidentiran je značajan višestruki regresijski model kojim  $P_{max}$ ,  $F_{VIMB}$  i  $h_{PO}$  objašnjavaju 93,1% varijance  $h_{max}$  SJ. Kod sve tri prediktorske varijable je zabilježen značajan regresijski koeficijent. Nadalje, rezultati potkrjepljuju egzistiranje  $S_{Fvopt}$ , ali i pokazuju da odstupanja  $S_{Fv}$  od  $S_{Fvopt}$  mogu prouzrokovati smanjenje izvedbe skoka i do 30% (slika 5), što je u potpunosti u skladu s teorijskom simulacijom koji su proveli Samozino i sur. (2012).



slika 5. Prikaz reduciranosti izvedbe vertikalnoga skoka uslijed neravnoteže F-v profila (modificirano prema Samozino i sur., 2014)

U diskusiji ovoga istraživanja, autori navode da prisutnost  $F_{VIMB}$  znači da se kod pojedinca  $P_{max}$  ne ispoljava u skoku s opterećenjem isključivo vlastite mase tijela, već s opterećenjima većima ili manjima od spomenutoga. Ovakvo sagledavanje se nadovezuje na hipotezu maksimalnog dinamičkog izlaza koju su postavili autori Jarić i Marković (2009). Pretpostavlja se da je živčano

– mišićni sustav čovjeka konfiguriran da generira  $P_{\max}$  pri savladavanju samo vlastite težine i inercije jer su to uvjeti u kojima se najčešće nalazi. Međutim, ukoliko je priroda sporta takva da su u najučestalijim kretnjama mehanička ograničenja manja ili veća od onih tijekom izvedbe vertikalnoga skoka, tada se živčano – mišićni sustav adaptira tako da generira  $P_{\max}$  u uvjetima rasterećenja ili dodatnog opterećenja. Posljedično, F-v profil se pozicionira izraženije u smjeru brzine ili sile, odnosno odmiče se od optimalnoga. U zaključku autori ističu da  $P_{\max}$  i dalje predstavlja glavnu determinantu skoka, ali i da je prisutan relevantan utjecaj  $S_{Fv}$  na izvedbu skoka, neovisno o  $P_{\max}$ .

Važnost mehaničkog F-v profila zorno je ilustrirana na primjeru dva atletičara gotovo istih vrijednosti  $h_{PO}$  (atletičar A = 0,34 m; atletičar B = 0,35 m) i različitih razina maksimalne snage (atletičar A = 31,3 W/kg; atletičar B = 27,8 W/kg). Iako atletičar A posjeduje veće kapacitete snage, kod atletičara B je zabilježena veća vrijednost visine SJ (A = 37,2 cm; B = 39 cm). Ovakav ishod se objašnjava prisutnošću manje neravnoteže F-v profila kod atletičara B ( $F_{VIMB} = 1\%$ ) u odnosu na atletičara A ( $F_{VIMB} = 51\%$ ), što bi značilo da je atletičar B s gotovo optimalnim F-v profilom nadoknadio deficite snage (Morin i Samozino, 2016).

Na temelju dosadašnjih istraživanja, vidljivo je da se linearni F-v model koristi za stjecanje uvida u dinamičke izlaze višezglobnih pokreta, koji su pak finalni proizvod međudjelovanja više faktora. Segmentiranjem, faktori se odnose na mehanička svojstva (intrinzični F-v odnos mišića, odnos dužina – tenzija mišića, gradijent sile), morfološke komponente (poprečni presjek mišića, dužina fascikla, penacijski kut, svojstva tetivnog aparata, anatomska konfiguracija zgloba) i neuralne mehanizme (uključenost i sinkronizacija motoričkih jedinica, frekvencija pražnjenja impulsa, intramuskularna koordinacija). S obzirom na ukazane povezanosti, navedene je faktore moguće smatrati i determinantama F-v modela (Samozino i sur., 2014).

### 1.3. AKUTNI UTJECAJ RAZLIČITIH MODALITETA RADA NA VERTIKALNI SKOK

Odgovor mišićnog sustava na voljne ili električki inducirane podražaje uvjetovan je njegovom kontraktilnom poviješću. Živčano – mišićni umor, koji se može definirati kao opadanje sposobnosti generiranja sile nakon ponavljanih mišićnih aktivacija, najočitiji je efekt kontraktilne povijesti. Također, postoje dokazi da kontraktilna povijest utječe na facilitiranje mišićne aktivacije, odnosno dolazi do akutnog poboljšanja mišićne izvedbe. Taj se fenomen naziva post – aktivacijska potencijacija (eng. *post-activation potentiation* - PAP). Iako su u pitanju suprotni mehanizmi dva navedena fenomena, oni neizbježno koegzistiraju (Hodgson i sur., 2005). Sukladno tome, učinkovitost akutnog poboljšanja mišićne izvedbe direktno ovisi o ravnoteži umora i potencijacije (Wilson i sur., 2013). Inače, recentne studije problematiziraju ispravnost pojma PAP te prezentiraju novu taksonomiju u kojoj PAP označava augmentaciju trzajne napetosti inducirane voljnom mišićnom aktivacijom i odnosi se na kraći period (< 5 minuta), dok PAPE (eng. *postactivation performance enhancement*) predstavlja poboljšanje u voljnoj izvedbi različitog karaktera nakon provedbe visoko intenzivnog voljnog predopterećenja, a primjetno je u dužem periodu (> 5 minuta) (Boullosa i sur., 2020). No, cijelu problematiku klasifikacije je nužno podvrgnuti daljnjoj znanstvenoj raspravi, pa će se za potrebe ovoga istraživanja koristiti starija nomenklatura. Fenomen PAP je temelj kompleksnog treninga čiji je cilj izvođenje eksplozivnih vježbi većim intenzitetom, a ponavljanje takvih treninga potencijalno vodi ka boljim kroničnim adaptacijama (Suchomel i sur., 2016). Smatra se da su fosforilacija regulatornih lakih lanaca miozina i povećanje regrutacije motoričkih jedinica višeg reda dva glavna mehanizma odgovorna za pojavu PAP. Također, kao potencijalno relevantan parametar za objašnjenje PAP, ističe se i promjena kuta djelovanja mišićnih vlakana (eng. *pennation angle*) (Tillin i Bishop, 2009). Kada je u pitanju način registracije PAP učinaka, onda prema Hodgson i sur. (2005) postoje dva područja. Prvo se odnosi na evaluaciju neurofizioloških parametara, u koje spadaju sila mišićnog trzaja i amplituda H-refleksa, dok se drugo područje odnosi na analiziranje balističkih izvedbi u koje spada i vertikalni skok.

Velik broj faktora determinira razinu PAP, a kao najznačajniji se u literaturi navode sljedeći: vrsta predopterećenja, intenzitet predopterećenja, volumen predopterećenja, trajanje odmora između zadnje serije predopterećenja i naredne balističke izvedbe te antropološka obilježja ispitanika. Gledajući aktivnosti koje su se koristile za procjenu PAP efekata, pregledom relevantnih

istraživanja je evidentno da su najčešće ispitivani utjecaji na vertikalni skok, horizontalni skok, sprint i balističke aktivnosti gornjeg dijela tijela (Wilson i sur., 2013; Seitz i Haff, 2016). Vrijedi istaknuti kako se u velikom broju studija nisu izolirano promatrali utjecaji na navedene aktivnosti, već je često sve svedeno na zajednički nazivnik koji bi se mogao okarakterizirati kao balističke izvedbe. Prema tome, velika doza opreza mora postojati pri prenošenju zaključaka i preskripcija isključivo na vertikalni skok.

Pregledom literature utvrđen je priličan konsenzus oko povezanosti razine jakosti i PAP efekata. Naime, evidentirano je da ispitanici više razine jakosti ostvaruju veće efekte u odnosu na ispitanike niže razine (Suchomel i sur., 2016). Seitz i Haff (2016) iznose rezultate u kojima je kod jačih ispitanika zabilježena izraženija veličina učinka ( $ES = 0,41$ ) u odnosu na slabije ispitanike ( $ES = 0,32$ ). Jakim ispitanicima su smatrani oni kod kojih je omjer opterećenja koje mogu savladati u stražnjem čučnju i tjelesne mase bio  $\geq 1,75$  za muškarce i  $\geq 1,5$  za žene te omjer opterećenja koje mogu savladati u potisku s ravne klupe i tjelesne mase bio  $\geq 1,35$  za muškarce. Relevantnost razine izvedbe u stražnjem čučnju sagledana je i u preglednom radu autora Suchomel i sur. (2016). Istaknuto je da ispitanici sposobni izvesti stražnji čučanj s opterećenjem barem dvostruko većim od tjelesne mase postižu veće PAP efekte, kada je u pitanju vertikalni skok, od onih koji to nisu u mogućnosti. Seitz i Haff (2016) prezentiraju veće PAP efekte kod ispitanika s barem 2 godine iskustva u treningu s opterećenjem ( $ES = 0,53$ ) uspoređujući ih s onima koji nisu toliko primjenjivali ovakav oblik treninga ( $ES = 0,44$ ). Wilson i sur. (2013) u meta analizi iznose rezultate koji su, uvjetno rečeno, u skladu s prethodnim. Naime, autori bilježe veće PAP efekte kod profesionalnih sportaša ( $ES = 0,81$ ) u odnosu na srednje trenirane ( $ES = 0,29$ ) i neutrenirane ispitanike ( $ES = 0,14$ ). Nadalje, važno saznanje je da kod ispitanika veće relativne jakosti dolazi do brže disipacija umora, što bi značilo da se kod takvih ispitanika optimalno vrijeme za izvođenje vertikalnoga skoka nakon korištenja predopterećenja pojavljuje prije negoli kod slabijih ispitanika (Suchomel i sur., 2016).

Analizirajući mišićnu kompoziciju, rezultati studija ukazuju da su mišićna vlakna tip II podložnija većem efektu potencijacije u odnosu na vlakna tip I (Vandenboom i sur., 1995; Hamada i sur., 2000). Hipoteza je da se ovakvom spoznajom mogu objasniti veći PAP efekti kod sprintera i skakača u odnosu na atletičare koji se natječu u disciplinama izdržljivosti, kao i veći efekti kod ispitanica sportova eksplozivnijeg karaktera u usporedbi sa sportašicama izdržljivosti (Paasuke i



sur., 1998; Paasuke i sur., 2007). Uzimajući u obzir da je kod muškaraca prisutan veći postotak mišićnih vlakana nego kod žena, očekivao bi se i veći PAP efekt kod tog spola (Terzis i sur., 2009). Međutim, meta analizom Wilson i sur. (2013) nije pronađena značajna razlika između spolova. Analiziranje utjecaja PAP na visinu i gradijent sile SJ kod ispitanika različitih skupina, uvjetovanih spolom i dobi, bio je cilj istraživanja u studiji Arabatzi i sur. (2014). Autori evidentiraju značajno poboljšanje u visini SJ samo kod odrasle (20 – 25 godina) muške grupe, dok je značajno poboljšanje gradijenta sile bilo prisutno kod obje odrasle grupe, ali i kod muških adolescenata (14 – 15 godina). Najmlađe grupe ovog istraživanja (10 – 12 godina) nisu akutno poboljšale parametre SJ nakon korištenja predopterećenja.

Komparirajući utjecaj vrsta predopterećenja na PAP efekte, Wilson i sur. (2013) ne pronalaze značajnu razliku između dinamičkih ( $ES = 0,42$ ) i izometričkih ( $ES = 0,35$ ) predopterećenja. Dobbs i sur. (2019) u meta analizi ispituju utjecaje predopterećenja izravno na izvedbu vertikalnoga skoka i evidentiraju znatno drugačije rezultate za izometrička predopterećenja u odnosu na prethodnu studiju. Naime, primjetan je umjereno negativan akutni utjecaj ove vrste predopterećenja na izvedbu vertikalnoga skoka ( $ES = -0,52$ ), dok je primjenom dinamičkih predopterećenja utvrđen trivijalno pozitivan utjecaj ( $ES = 0,17$ ). U skladu s prethodnim, Seitz i Haff (2016) također pronalaze negativne PAP efekte uzrokovane izometričkim predopterećenjima ( $ES = -0,09$ ). Pretpostavlja se da izometričke kontrakcije regrutiraju veću količinu motoričkih jedinica višeg reda, ali i prouzrokuju veći umor. Također, moguće je da ovakav oblik kontrakcija ne može potencirati obrazac regrutiranja motoričkih jedinica kakav je prisutan tijekom kompleksnih gibanja (Dobbs i sur., 2019). Maloney i sur. (2014) u preglednom radu ističu da se uslijed korištenje balističkih vježbi akutno povećavaju performanse za 2 do 5%, s naglaskom na najvećoj učinkovitosti dubinskih skokova i skokova s opterećenjem. Značajnost primjene varijanti olimpijskog dizanja utega je također primjetna, a autori ističu veću učinkovitost spomenutih vrsta vježbi pri generiranju potencijacije u odnosu na nebalistički stražnji čučanj (Andrews i sur., 2011; Seitz i sur., 2014). Seitz i Haff (2016) prepoznaju pliometrijske podražaje kao one s najvećim utjecajem na PAP efekte ( $ES = 0,47$ ), s objašnjenjem u povezanosti pliometrijskih vježbi s preferencijalnim regrutiranjem motoričkih jedinica višeg reda, ali i pojavom tolerantnog umora.

Nejednoznačni rezultati su zabilježeni i analiziranjem intenziteta predopterećenja. Dobbs i sur. (2019) indiciraju neučinkovitost visoko intenzivnih predopterećenja ( $\geq 80\%$  1RM) na PAP efekt

pri izvedbi vertikalnoga skoka ( $ES = 0,08$ ), dok je u meta analizi autora Seitz i Haff (2016) za istu vrstu predopterećenja, jedino je kriterij bio  $\geq 85\%$  1RM, utvrđen veći učinak ( $ES = 0,41$ ). Potonji autori bilježe  $ES$  u vrijednosti 0,19 za predopterećenja srednjeg intenziteta (30–84% 1 RM). U skladu s istaknutom oprečnošću, Wilson i sur. (2013) evidentiraju značajno veću učinkovitost korištenjem srednjega intenziteta (60 – 84% 1RM;  $ES = 1,06$ ) u odnosu na visoki intenzitet ( $> 84\%$  1RM;  $ES = 0,31$ ), neovisno o statusu treniranosti. Navedeni podaci se interpretiraju pretpostavkom da predopterećenja srednjega intenziteta osiguravaju određenu razinu potencijacije, ali bez većih mehaničkih trauma kao ona visokog intenziteta.

Određeni konsenzus ipak postoji oko utjecaja broja serija predopterećenja na razinu PAP. Seitz i Haff (2016) iznose veću učinkovitost primjenom više serija ( $ES = 0,69$ ) u odnosu na izvođenje samo jedne serije ( $ES = 0,24$ ). Na tragu tih rezultata su podaci studije Wilson i sur. (2013) gdje je zabilježena identična učinkovitost jedne serije ( $ES = 0,24$ ) i malo niža vrijednost za više serija ( $ES = 0,66$ ). Shodno tome, preporuke idu u smjeru izvođenja više serija da bi se postigli značajniji PAP efekti, ali je nužan oprez jer prevelik volumen rada uzrokuje izražen umor koji posljedično kontaminira potencijalne PAP efekte (Suchomel i sur., 2016).

Važna determinanta razine PAP je trajanje odmora nakon izvedbe zadnje serije predopterećenja. Dobbs i sur. (2019) pronalaze da su u rasponu od 3 do 7 minuta odmora značajno veći učinci PAP ( $ES = 0,18$ ) u odnosu na odmor kraći od 3 minute ( $ES = -0,16$ ), odmor u trajanju između 8 i 12 minuta ( $ES = 0,03$ ) i onaj duži od 12 minuta ( $ES = 0,04$ ). Seitz i Haff (2016) bilježe veći učinak trajanja odmora u intervalu od 5 do 7 minuta ( $ES = 0,49$ ) u komparaciji s odmorom do 4 minute ( $ES = 0,17$ ) i odmorom dužim od 8 minuta ( $ES = 0,44$ ). Rezultati malo starije meta analize, u odnosu na prethodne dvije, ističu kako trajanje odmora u rasponu od 8 do 12 minuta osigurava najveći PAP efekt ( $ES = 0,24$ ), dok je za trajanje odmora između 4 i 7 minuta zabilježen  $ES$  u vrijednosti 0,15 (Gouvea i sur., 2013). U ovoj studiji odmor u trajanju do 3 minute evidentiran je kao faktor s negativnim utjecajem ( $ES = -0,25$ ).

Stražnji čučanj se smatra tipičnom vježbom predopterećenja, pa je kao takav bio predmet analize u radu autora Seitz i Haff (2016). Rezultati pokazuju značajno veći učinak izvedbe plićeć čučnja ( $ES = 0,58$ ) u odnosu na dublju izvedbu ( $ES = 0,25$ ). Kod grupe slabijih ispitanika je zabilježena još izraženija razlika u učinku između plićeć ( $ES = 0,67$ ) i dubljeg ( $ES = 0,12$ ) čučnja, dok su vrijednosti učinka za jače ispitanike bile malo veće kod plićeć varijante ( $ES = 0,66$  vs.  $ES = 0,55$ ).

Pretpostavlja se da dublja izvedba zbog dugotrajnije mišićne tenzije uzrokuje veći umor koji na kraju smanjuje sposobnost produciranja visoke razine potencijacije.

Pregledom literature je pronađena samo jedna studija u kojoj je mehanički F-v profil uključen u ispitivanje PAP efekata. Rezultati studije pokazuju da nema značajne povezanosti između F-v profila i promjena u visini CMJ nakon provedbe 2 različita protokola predopterećenja, odnosno F-v profil objašnjava manje od 10% varijance. No, određene značajnosti su ipak evidentirane u vezi s parametrima F-v profila. Naime, autori su podijelili ispitanike na grupu s manjim  $P_{\max F-v}$  (21,7 – 31,2 W/kg) i na onu s većim  $P_{\max F-v}$  (31,6 – 38,9 W/kg) te utvrdili da je vrijednost inicijalne visine CMJ kod potonje grupe veća za 9,1 cm (ES = 1,65) (Baena – Raya i sur., 2020).

S obzirom na izraženu proturječnost rezultata u velikom broju komponenti, relevantnim se smatra intenzivno uključivanje mehaničkog profila u istraživačko područje PAP, iako prva studija svojim rezultatima ne indicira takvo što. Imajući u vidu dosad prezentirano, jedan od razloga kontradiktornih podataka može biti u nedefiniranim uzorcima ispitanika s obzirom na F-v profil. Primjerice, ako u određenoj studiji participiraju ispitanici s izrazitom disperzijom navedenih profila, mogući su i heterogeni odgovori na postavljene modalitete rada. Isto tako, potencijalnim se čini da su u nekim istraživanjima sudjelovali ispitanici sličnih F-v karakteristika, koji su naposljetku generirali homogenije odgovore na postavljene podražaje. Kvalitetna evaluacija prezentiranih pretpostavki zahtjeva niz istraživanja u kojima bi se ispitivao odnos F-v profila s ostalima komponentama koje su istaknute kao odrednice PAP, a sve s ciljem dobivanja egzaktnijeg uvida u prirodu akutnih živčano – mišićnih odgovora.

#### 1.4. KRONIČNI UTJECAJ RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA TRENINGA NA VERTIKALNI SKOK

Relevantnost vertikalnoga skoka uzrok je ekstenzivnog istraživanja utjecaja dugotrajnije provedbe različitih tehnologija treninga na tu motoričku radnju. Najistraživanije tehnologije moguće je klasificirati na sljedeći način: pliometrijski trening (eng. *plyometric training* - PT), tradicionalni trening s vanjskim opterećenjem (eng. *traditional resistance training* – TRT) i trening dizanja utega klasičnim načinom (eng. *weightlifting training* – WL) (Berton i sur., 2018). Kombinacije navedenih metoda unutar jednog treninga kreirale su dva široko istraživana modaliteta rada, a to su kompleksni (eng. *complex training* - CT) i kontrastni trening (eng. *contrast training* - CON). Kompleksni modalitet treninga označava alternaciju, po principu serija za serijom, vježbi s velikim vanjskim opterećenjem i vježbi eksplozivnog karaktera s malim vanjskim opterećenjem ili bez dodatnog opterećenja, a koje su biomehanički srodnih obrazaca. Tipičan primjer je integracija stražnjeg čučnja (npr. s 90% 1 RM) i CMJ. Kontrastni modalitet treninga označava izvođenje vježbi s velikim vanjskim opterećenjem na početku sesije, dok se na kraju izvode vježbe eksplozivnog karaktera s malim vanjskim opterećenjem ili bez dodatnog opterećenja (Cormier i sur., 2020).

Pliometrijska metoda podrazumijeva korištenje vježbi s karakterističnim ciklusom istežanja – skraćivanja (eng. *stretch - shortening cycle* - SSC) u kojima nakon visoko intenzivne ekscentrične kontrakcije slijedi brza i snažna koncentrična kontrakcija (Arabatzi i sur., 2010). Uzimajući u obzir karakter opterećenja, vježbe koje se koriste u ovoj vrsti treninga je moguće podijeliti na: a) neutralno opterećenje (svladavanje vlastite težine tijela), b) pozitivno opterećenje (svladavanje opterećenja većeg od težine tijela) i c) negativno opterećenje (svladavanje opterećenja manjeg od težine tijela). U meta analizi autora Marković (2007) pronađeno je poboljšanje od 4,7% u visini SJ uslijed korištenja PT, odnosno primjetan je mali učinak ( $ES = 0,44$ ) ukoliko se kriteriji postave na temelju publikacije autora Cohen (1977). Isto poboljšanje prikazano u postocima je zabilježeno u analiziranju utjecaja na dubinski skok (eng. *drop jump* – DJ), ali sa srednjim učinkom ( $ES = 0,62$ ), dok je velik učinak ( $ES = 0,88$ ) s 8,7% poboljšanjem visine skoka evidentiran pri utjecaju PT na CMJ. Rezultati indiciraju kako skokovi spore komponente SSC, kao što je CMJ, imaju veće benefite korištenja PT, nego što imaju koncentrični skokovi i skokovi brze komponente SSC. U meta analizi objavljenoj tri godine poslije, Saez – Saez de Villareal i sur. (2010) prezentiraju slične

rezultate (+3,9 cm; +7%; ES = 0,84), ali bez klasifikacije skokova, te zaključuju kako je PT efikasan alat za poboljšanje izvedbe vertikalnog skoka. Također, autori ističu da protokoli u trajanju > 10 tjedana, s brojem treninga > 20 i izvođenjem > 50 skokova predstavljaju optimalnu strategiju za maksimizaciju potencijala PT. Na tragu prethodnih rezultata, u preglednom radu autora Marković i Mikulić (2010) prikazan je pozitivan utjecaj PT na izvedbu četiri vrste vertikalnoga skoka. Zabilježena su sljedeća prosječna poboljšanja rezultata: 8,1% (-3,7% - 39,3%) za SJ, 9,9% (-0,3% - 19,3%) za CMJ, 13,4% (-1,4% - 32,4%) za DJ i 6,9% (-3,5% - 32,5%) za skok iz čučnja s pripremom uz zamah rukama (eng. *countermovement jump with arm swing* – CMJa). Recentna meta analiza (Oxfeldt i sur., 2019) ispitivala je utjecaj PT na izvedbu vertikalnih i horizontalnih skokova. U analizu su bile uključene 24 studije koje su trajale od 4 do 12 tjedana. Poboljšanja eksperimentalnih grupa kretala su se u rasponu od 3,4% do 26,3%, dok je kod kontrolnih grupa zabilježen raspon do – 6% do 8%. Ekstrahirajući utjecaj na izvedbu CMJ, evidentirano je statistički značajno poboljšanje, ali uz mali učinak ( $p < 0,05$ ; ES = 0,45). Utjecaj PT na vertikalni skok kod ženskih ispitanika bio je predmet istraživanja u meta analizi autora Stojanović i sur. (2016). Zabilježen je mali učinak na SJ (ES = 0,44), umjereni na CMJ (ES = 1,09) i izrazito velik na DJ (ES = 3,59). U ovom slučaju kriterij veličine učinka je bio postavljen na temelju rada autora Hopkins i sur. (2009). Vrijedi istaknuti kako su izraženo veći benefiti pronađeni kod protokola koji traju  $\geq 10$  tjedana. Utjecaj negativnog opterećenja, odnosno asistiraćih skokova, predstavlja važnu komponentu pri kreiranju sveobuhvatne slike o PT. Marković i sur. (2011) su u svojoj studiji istraživali razlike utjecaja između sedmotjednog treninga skokova pozitivnim i negativnim opterećenjem. U obje grupe razlika u odnosu na opterećenje vlastite težine je iznosila 30%. Rezultati ukazuju na značajna poboljšanja u visini CMJ uslijed izvođenja obje vrste treninga, ali s većim učinkom negativnog opterećenja (ES = 0,86) u odnosu na pozitivno opterećenje (ES = 0,31). Suprotno tome, nisu zabilježene značajne promjene u vršnoj sili ( $F_{\text{peak}}$ ) i vršnoj snazi ( $P_{\text{peak}}$ ) CMJ. Također, statistički značajan porast u visini CMJ ( $2,7 \pm 0,7$  cm;  $p < 0,01$ ), ali s malim učinkom (ES = 0,21), evidentiran je korištenjem asistiraćih skokova (negativnog opterećenja) kod elitnih juniorskih odbojkaša (Sheppard i sur., 2011). U istoj studiji nije zabilježen značajan porast u visini vertikalnoga skoka kod ispitanika koji su izvodili trening skokova s vlastitom težinom. Uspoređujući učinak tri različite vrste opterećenja, Marković i sur. (2013) bilježe da je za povećanje visine SJ najučinkovitiji trening s negativnim opterećenjem, dok je za povećanje  $P_{\text{peak}}$ , prosječne snage ( $P_{\text{mean}}$ ) i  $F_{\text{peak}}$  iste vrste skoka najučinkovitije korištenje

pozitivnog opterećenja. Kada je u pitanju utjecaj na CMJ, autori ističu korištenje treninga skokova s vlastitom težinom kao optimalni modalitet za razvoj visine skoka, dok se pozitivno opterećenje i u ovom slučaju pokazalo kao najučinkovitije za razvoj  $P_{\text{peak}}$ ,  $P_{\text{mean}}$  i  $F_{\text{peak}}$ .

Tradicionalni trening s vanjskim opterećenjem (TRT) većim od 80% 1RM smatra se neizostavnom metodom za povećanje maksimalne jakosti (Hartmann i sur., 2015; Berton i sur., 2018). No, kada je u pitanju utjecaj ove vrste treninga na unaprjeđenje vertikalnoga skoka, onda se kroz niz istraživanja zaključuje kako postoje učinkovitije metode (Hoffman i sur., 2004; Tricoli i sur., 2005; Arabatzi i Kellis, 2012; Hackett i sur., 2015; Berton i sur., 2018; Griffiths i sur., 2019). Ipak, rezultati određenih studija ukazuju na potencijal TRT u procesu razvoja vertikalnoga skoka. U istraživanju Lamas i sur. (2012) grupa koja je provodila treninge jakosti u trajanju 8 tjedana, izvodeći čučanj s opterećenjem u rasponu 10RM – 4RM, značajno je povećala visinu SJ (+13%;  $p < 0,01$ ). Suprotno tome, kod iste grupa ispitanika nije došlo do značajnog povećanje visine CMJ (+5%;  $p > 0,05$ ). Manolopoulos i sur. (2016) indiciraju učinkovitost šestotjednog treninga jakosti, u kojima se izvodio nožni potisak s opterećenjem 8RM – 5RM, na povećanje visine SJ ( $ES = 0,92$ ;  $p \leq 0,05$ ), dok Fatoruros i sur. (2000) evidentiraju značajno poboljšanje u visini Sargent testa nakon 12 tjedana treninga u kojima se intenzitet temeljnih vježbi progresivno mijenjao od 70% do 95% 1RM. Inače, dodatan razvoj performansi kod vrhunskih sportaša s visokom razinom jakosti zahtjeva primjenu sofisticiranih i specificiranih metoda, dok slabije utrenirani ili mlađi sportaši pokazuju pozitivan odgovor i na tzv. općenitije podražaje (Cormie i sur., 2010). Stoga, ne čude zabilježena značajna poboljšanja izvedbe vertikalnoga skoka uslijed korištenja TRT kod ispitanika juniorske populacije (Channel i Barfield, 2008; Chelly i sur., 2009; Hammami i sur., 2017).

Trening olimpijskog dizanja utega ili klasičnog dizanja utega (WL) pokazuje relevantan utjecaj na razvoj performansi vertikalnoga skoka (Tricoli i sur., 2005; Arabatzi i sur., 2010). Nužno je apostrofirati kako nije u pitanju samo korištenje natjecateljskih tehnika, već velikog broja njihovih derivata (Suchomel i sur., 2017). Hackett i sur. (2015) u meta analizi uspoređuju efekte WL s ostalim modalitetima rada. U studijama koje su ispitivale odnos WL i kontrolnih grupa, utvrđeno je 8,7% povećanje visine vertikalnog skoka kod WL ispitanika i 1% povećanje kod ispitanika kontrolnih grupa. Zabilježena je značajna razlika između grupa uz srednji učinak ( $ES = 0,62$ ;  $p < 0,05$ ). Analiza istraživanja vezanih za uspoređivanje WL i TRT pokazuje 7,5% poboljšanje visine vertikalnog skoka provodeći WL i 2,4% poboljšanje uslijed izvođenja TRT. Između ove dvije

metode treninga je, također, notirana značajna razlika uz srednju veličinu učinka ( $ES = 0,64$ ;  $p < 0,05$ ). Naposljetku, studije čiji je cilj bio komparacija WL i PT prezentiraju 10,2% poboljšanje visine vertikalnoga skoka uslijed provođenja WL programa i 9% poboljšanje izvođenjem PT. S obzirom na slične vrijednosti, razlika je očekivano statistički neznčajna s trivijalnom veličinom učinka ( $p = 0,39$ ;  $ES = 0,11$ ). Rezultati recentnije meta analiza su u skladu s prethodno izloženim podacima. Uzimajući u analizu 4 studije s ukupno 78 ispitanika, Berton i sur. (2018) pronalaze značajnu razliku ( $p = 0,002$ ) između utjecaja WL i TRT na CMJ. Zabilježeno je poboljšanje od 7,5% za WL i 2,1 za TRT, a pronađene razlike su popraćene srednjom veličinom učinka ( $ES = 0,72$ ). Analizirajući odnose utjecaja WL i PT autori evidentiraju poboljšanje od 8,8% uslijed provođenja WL programa i 8,1% putem PT, što je na koncu rezultiralo neznčajnom razlikom između ova dva programa ( $p > 0,05$ ;  $ES = 0,15$ ). Inače, objašnjenja vezana za pozitivan utjecaj WL vježbi na razvoj performansi vertikalnoga skoka idu u smjeru sličnosti tehničke izvedbe, jer se takve vrste gibanja izvode maksimalnom akceleracijom putem trostruke ekstenzije (Cormie i sur., 2011; Suchomel i sur., 2015), a uz to su primjetne i podudarnosti kinetičkih ( $F_{peak}$ ,  $P_{peak}$ ) i kinematičkih (vrijeme postizanja  $F_{peak}$  i  $P_{peak}$ ) vrijednosti (Haff i sur., 1997). Također, Stone i sur. (2002) ističu kako je za pozitivne transfere vježbanja esencijalno zadovoljiti uvjet biomehničke komplementarnosti, što jest slučaj u odnosu WL i vertikalnoga skoka.

Učinci CT intervencija na izvedbu vertikalnoga skoka kod sportaša momčadskih sportova ispitani su u meta analizi autora Freitas i sur. (2017). Sveobuhvatno, zabilježen je mali učinak ( $ES = 0,34$ ) ove vrste treninga na visinu vertikalnoga skoka. Ipak, ekstrahiranjem parametara evidentirani su umjereni učinci kod sportaša niže razine natjecanja ( $ES = 0,56$ ), sportaša iz skakačkih sportova (košarka / odbojka;  $ES = 0,55$ ), pri korištenju opterećenja manjeg od 85% 1RM ( $ES = 0,64$ ) i uslijed intrakompleksnog odmora dužeg od 2 minute ( $ES = 0,55$ ), dok je velik učinak evidentiran ukoliko se izvodilo više od 12 sesija ( $ES = 0,81$ ). Pagaduan i Pojskić (2020) u recentnoj meta analizi, na temelju 6 studija koje su uspoređivale CT i CON, ukazuju na značajno veću učinkovitost CT treninga. Naime, visina vertikalnoga skoka se povećala za 8,8% korištenjem CT treninga, a 2,11% CON treningom. Zabilježena razlika je značajna ( $p < 0,01$ ) uz velik učinak ( $ES = 1,14$ ). Učinci spomenutih vrsta treninga su u istraživanju Cormier i sur. (2020) izraženi putem standardiziranih razlika aritmetičkih sredina (eng. *standardized mean difference* – SMD). Autori su evidentirali velik učinak ( $SMD = 0,88$ ) CT treninga, a umjeren učinak CON treninga ( $SMD = 0,55$ ) na promjenu u izvedbi vertikalnog skoka. Segmentiranjem faktora, autori unutar obje metode

ističu veću efikasnost korištenja opterećenja  $< 85\%$  1RM (SMD CT = 1,17; SMD CON = 0,56) u odnosu na opterećenja  $\geq 85\%$  (SMD CT = 0,64; i SMD CON = 0,34). Zanimljivo, različiti trendovi su primjetni u analizi duljine trajanja trenažnog procesa. Protokoli CON duži od 6 tjedana (SMD = 1,31) pokazuju veću učinkovitost pri razvoju vertikalnoga skoka u komparaciji s protokolima  $\leq 6$  tjedana (SMD = 0,21). Suprotno, provedba CT metode  $\leq 6$  tjedana (SMD = 0,60) pokazala se efikasnijim načinom u odnosu na izvođenje CT metode duže od 6 tjedana (SMD = 0,52). Završno, u obje metode je notirano veće poboljšanje vertikalnoga skoka kod elitnih i subelitnih sportaša (SMD CT = 1,31; SMD CON = 0,65) u odnosu na sportaše amaterskog karaktera (SMD CT = 0,31; SMD CON = 0,52).



## 1.5. LONGITUDINALNA ISTRAŽIVANJA INDIVIDUALIZIRANOGA TRENINGA NA TEMELJU F-v PROFILA

Za razliku od istraživanja akutnih učinaka, na polju istraživanja kroničnih učinaka provedeno je nekoliko studija koje analiziraju utjecaj treninga usmjerenog mehaničkim F-v profilom na izvedbu vertikalnoga skoka, a primjetni su jednosmjerni rezultati koji indiciraju nedvosmislene zaključke. Jimenez - Reyes i sur. (2017) proveli su istraživanje u kojem je cilj bio utvrditi je li individualizirani proces treniranja, na temelju F-v profila, efikasniji od neusmjerenog tradicionalnog treninga s vanjskim opterećenjem kada je u pitanju razvoj vertikalnoga skoka. Ukupno je sudjelovalo 84 ispitanika koji su bili podijeljeni u pet grupa (FD – grupa deficitarna silom koja je provodila dominantno treninge jakosti; VD – grupa deficitarna brzinom koja je provodila dominantno treninge brzine; WB – grupa s optimalno postavljenim F-v profilom koja je provodila treninge cijelog F-v spektra na ravnomjeren način; NO – grupa koja nije trenirala usmjerenom na temelju F-v profila; CG – kontrolna grupa). Nakon devet tjedana treninga provedeno je finalno mjerenje u kojemu je utvrđen pozitivan učinak srednje veličine na poboljšanje visine SJ kod sve tri grupe usmjerenog treninga [FD (ES =  $1,00 \pm 0,17$ ); VD (ES =  $0,93 \pm 0,09$ ); WB (ES =  $0,70 \pm 0,36$ )], dok je u preostale dvije grupe evidentiran trivijalan učinak [NO (ES =  $0,14 \pm 0,13$ ); CG (ES =  $-0,09 \pm 0,10$ )]. Izraženo u postocima, FD bilježi porast visine SJ od  $14,2 \pm 7,3\%$ , VD  $12,7 \pm 5,7\%$  i WB  $7,22 \pm 4,55\%$ . Poboljšanje u visini skoka popraćeno je sa zanimljivim odgovorom F-v profila. Naime, grupa FD je vrijednost  $S_{Fv\%}$  promijenila sa  $45,1\%$  na  $68,8\%$  (ES =  $1,60 \pm 0,26$ ), grupa VD bilježi smanjenje  $S_{Fv\%}$  sa  $130\%$  na  $103\%$  (ES =  $-2,20 \pm 0,26$ ), dok je kod grupe WL zabilježena trivijalna promjena sa  $101\%$  na  $100\%$  (ES =  $-0,11 \pm 0,20$ ). Kao i u slučaju razvoja visine SJ, kod preostale dvije grupe je utvrđen trivijalan učinak procesa treninga na promjenu  $S_{Fv\%}$ . Analizirajući utjecaj treninga na  $P_{maxF-v}$ , u nijednoj grupi usmjerenog treninga nije došlo do značajne promjene, pa je moguće poboljšanja u visini skoka direktno povezivati sa smanjenjem F-v neravnoteže.

Jimenez - Reyes i sur. (2019) su u svome istraživanju testirali grupe ispitanike koje su isključivo provodile individualizirani program treninga na temelju F-v profila. Cilj je bio utvrditi individualnu kinetiku adaptacije F-v profila, ali i istražiti kinetiku detreniranja kroz tri tjedna nakon završetka treninga. Sudjelovalo je ukupno 60 ispitanika podijeljenih u četiri grupe: HFD – grupa s visokim deficitom sile, LFD – grupa s niskim deficitom sile, HVD – grupa s visokim

deficitom brzine i LVD – grupa s niskim deficitom brzine. Svi ispitanici su bili podvrgnuti intervencijama do trenutka postizanja optimalnog F-v profila ( $\pm 10\%$   $S_{Fvopt}$ ). Prosječno trajanje doseganja  $S_{Fvopt}$  je trajalo  $15,9 \pm 3,8$  tjedana za HFD,  $9,2 \pm 2,0$  za LFD,  $9,6 \pm 1,9$  za HVD i  $8,0 \pm 2,1$  za LVD. Očekivano, s obzirom na prethodne rezultate, zabilježena je značajno pozitivna korelacija između  $F-v_{IMB}$  i broja tjedana potrebnih za postizanje  $S_{Fvopt}$  ( $r = 0,82$ ;  $p < 0,01$ ). Postavljajući vremenski okvir čije su granice inicijalno mjerenje i točka postizanja  $S_{Fvopt}$ , HFD bilježi porast od  $17,1 \pm 8,1\%$  u visini SJ ( $ES = 1,76 \pm 0,33$ ), LFD porast od  $7,8 \pm 2,8\%$  ( $ES = 1,27 \pm 0,17$ ), HVD porast od  $11,6 \pm 2,8\%$  ( $ES = 1,12 \pm 0,13$ ) i LVD porast od  $9,1 \pm 2,2\%$  ( $ES = 0,78 \pm 0,09$ ). Analizirajući promjene  $P_{maxF-v}$  u tom vremenskom okviru, kod obje grupe deficitarne silom je zabilježen mali učinak ( $ES$  HFD =  $0,24 \pm 0,21$ ;  $ES$  LFD =  $0,44 \pm 0,12$ ), dok grupe deficitarne brzinom postižu umjeren ( $ES$  HVD =  $0,68 \pm 0,15$ ) i mali učinak ( $ES$  LVD =  $0,49 \pm 0,07$ ). Dodatan znanstveni i praktični doprinos se očituje u praćenju svih vrijednosti nakon postizanja optimalnoga profila. Rezultati pokazuju da su treningom inducirane promjene ostale nepromijenjene tijekom tri tjedna nakon završetka individualiziranog programa.

Escobar - Alvarez i sur. (2020) su na uzorku od 46 balerina istraživali utjecaj devetotjednog individualiziranog treninga na temelju F-v profila na izvedbu CMJ. Ispitanice su na početku istraživanja bile podijeljene u 3 grupe: kontrolna, grupa s malim deficitom sile (LFD) ( $F-v_{IMB} = 10\% - 40\%$ ) i grupa s velikim deficitom sile (HFD) ( $F-v_{IMB} = > 40\%$ ). Svaka tri tjedna provodilo se mjerenje F-v profila te su se na temelju rezultata modulirale grupe. Posljedica ovakvog pristupa je da na kraju istraživanja nije postojala grupa HFD, što bi značilo da su sve ispitanice te grupe smanjile  $F-v_{IMB}$  na razinu manju od 40%. Sintetizirajući dvije eksperimentalne grupe utvrđena je statistički značajna promjena u visini CMJ (inicijalno =  $29,3 \pm 3,2$  cm vs. finalno =  $33,5 \pm 3,72$  cm;  $p = 0,01$ ) uz velik učinak ( $ES = 1,21$ ). Značajne promjene s velikim do izrazito velikim učinkom su zabilježene i pri analizi  $F_0$  (inicijalno =  $24,1 \pm 2,2$  N/kg vs. finalno  $29,9 \pm 2,8$  N/kg;  $p = 0,01$ ;  $ES = 1,51$ ),  $v_0$  (inicijalno =  $4,0 \pm 0,6$  m/s vs. finalno  $3,2 \pm 0,5$  m/s;  $p = 0,01$ ;  $ES = 1,45$ ) i  $F-v_{IMB}$  (inicijalno =  $43,8 \pm 15,3\%$  vs. finalno  $24,9 \pm 8,7\%$ ;  $p = 0,01$ ;  $ES = 2,3$ ). Vrijednost  $P_{maxF-v}$  za ovu grupu je ostala nepromijenjena (inicijalno =  $23,8 \pm 3$  W/kg vs. finalno =  $23,8 \pm 3$  W/kg;  $p = 0,93$ ;  $ES = 0$ ), kao i svi parametri kontrolne grupe. Rezultati studije idu u prilog hipotezi o mogućem poboljšanju visine vertikalnoga skoka uslijed redukcije  $F-v_{IMB}$ , a uz nepromijenjenost  $P_{maxF-v}$ .

Longitudinalno istraživanje efekata optimiziranog treninga na temelju F-v profila proveli su i autori Simpson i sur. (2021). Sudjelovalo je 29 vrhunskih ragbijaša, od kojih je petnaest bilo podvrgnuto optimiziranom treningu, dok je njih četrnaest tijekom osam tjedana provodilo standardan trening za razvoj jakosti i snage, odnosno neusmjeren trening iz rakursa F-v profila. Kod optimizirane grupe je došlo do značajnih poboljšanja u  $F_0$  [ES = 0,03; 95% interval pouzdanosti - CI (-0,60, 0,57)],  $F_{-V_{IMB}}$  [ES = 0,35; 95% CI (-0,95, 0,26)],  $P_{peak}$  SJ [ES = 0,36; 95% CI (-0,95, 0,26)], visini SJ [ES = 0,37; 95% CI (-0,97, 0,24)] i maksimalnoj jakosti izraženoj testiranjem 3RM stražnjeg čučnja [ES = 0,47; 95% CI (-1,05, 0,16)]. Kod neoptimizirane grupe značajna promjena s pozitivnim predznakom evidentirana je pri analiziranju parametra  $v_0$  [ES = 0,33; 95% CI (-0,95, 0,30)]. Ako se rezultati kompariraju s dotad provedenim istraživanjima, autori manje vrijednosti veličine učinka za optimiziranu grupu objašnjavaju vrstom uzorka, tj. sudjelovanjem ispitanika visoke razine jakosti koji pokazuju manju senzitivnost na provedeni trening u odnosu na ispitanike nižih razina jakosti.

Rezultati dosadašnjih studija pokazuju pozitivne učinke dugotrajnijeg izvođenja podražaja usmjerenih ka razvoju deficitarne komponente mehaničkog F-v profila na izvedbu vertikalnoga skok. No, u ovom relativno neistraženom području nije provedeno istraživanje koje na ispitanicima iste vrste mehaničkog F-v profila ispituje utjecaj različitih vrsta opterećenja na izvedbu vertikalnoga skoka. Imajući u vidu saznanje da izvedba vertikalnoga skoka zahtjeva maksimizaciju brzine centra mase tijela, koja je determinirana sposobnošću skeletnih mišića za produciranjem visoke razina snage, ključnim se prije svega postavlja razvoj maksimalne snage. Ekonomičan razvoj potonje komponente nalaže korištenje optimalnih opterećenja, za koja velik broja istraživača smatra da su upravo ona pri kojima se i manifestira maksimalna snaga, usprkos određenim brzinskim ili jakosnim deficitima sportaša (Cronin i Sleivert, 2005; Cormie i sur., 2007; Harris i sur., 2007). Iako su prema hipotezi maksimalnog dinamičkog izlaza mišići nogu dizajnirani tako da se  $P_{max}$  postiže svladavanjem opterećenja vlastite težine i inercije tijela, pregledom literature je utvrđen širok raspon opterećenja koja izazivaju generiranje  $P_{max}$  (Pažin i sur., 2013; Soriano i sur., 2015). Pretpostavka je da subjekti kod kojih je prisutna određena neravnoteža F-v profila generiraju  $P_{max}$  pri opterećenjima manjima ili većima od vlastite težine tijela. Temeljem toga, ispitanici s F-v profilom deficitarnim silom generirat će  $P_{max}$  s opterećenjima manjima od vlastite težine i inercije tijela, dok će kod ispitanika s F-v profilom deficitarnim brzinom biti obrnut slučaj (Samozino i sur., 2014). S obzirom na prethodne postavke, mišljenje je

da postoji znanstvena relevantnost za ispitivanjem utjecaja dvije različite vrste opterećenja, u kojemu bi se jedno odnosilo na ono adekvatno za razvoj deficitarne komponente, a drugo bi bilo usmjereno razvoju  $P_{max}$ , kod ispitanika iste vrste F-v profila na izvedbu vertikalnoga skoka. Ovakvim eksperimentom bi se dodatno osnažilo testiranje pretpostavke da neusmjeren proces treninga, uzimajući F-v profil kao kriterij, može povećati maksimalni izlaz snage, ali istovremeno i povećati F- $v_{IMB}$ , a sve to posljedično dovesti do nepromijenjenosti u izvedbi vertikalnoga skoka ili čak do njezina pogoršanja (Jimenez – Reyes i sur., 2017). Suprotno, individualizirani trening na temelju F-v profila može generirati nepromjenjivost  $P_{max}$ , ali, usprkos tome, izazvati amplifikaciju izvedbe vertikalnoga skoka smanjenjem neravnoteže F-v profila.

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

**Temeljni cilj** ovog istraživanja je utvrditi postoji li razlika u akutnom i kroničnom utjecaju između čučnjeva s velikim vanjskim opterećenjem i skokova iz čučnja s rasterećenjem na izvedbu vertikalnoga skoka kod ispitanika deficitarnih silom u mehaničkom profilu sila - brzina.

Shodno temeljnom cilju, postavljeni su **podciljevi** istraživanja:

1. Utvrditi postoji li razlika u akutnom utjecaju između čučnjeva s velikim vanjskim opterećenjem i skokova iz čučnja s rasterećenjem na promjenu u visini skoka iz čučnja kod ispitanika deficitarnih silom u mehaničkom profilu sila – brzina.
2. Utvrditi postoji li razlika u kroničnom utjecaju između čučnjeva s velikim vanjskim opterećenjem i skokova iz čučnja s rasterećenjem na promjene u kinematičkim parametrima skoka iz čučnja i skoka iz čučnja s pripremom kod ispitanika deficitarnih silom u mehaničkom profilu sila – brzina.
3. Utvrditi postoji li razlika u kroničnom utjecaju između čučnjeva s velikim vanjskim opterećenjem i skokova iz čučnja s rasterećenjem na promjene u kinetičkim parametrima skoka iz čučnja i skoka iz čučnja s pripremom kod ispitanika deficitarnih silom u mehaničkom profilu sila – brzina.
4. Utvrditi postoji li razlika u kroničnom utjecaju između čučnjeva s velikim vanjskim opterećenjem i skokova iz čučnja s rasterećenjem na promjenu u mehaničkom profilu sila – brzina vertikalnoga skoka kod ispitanika deficitarnih silom u tom profilu.

**Hipoteze** koje će se ovim istraživanjem testirati su:

H1: Ispitanici s mehaničkim profilom deficitarnim silom postići će veća akutna poboljšanja u visini skoka iz čučnja nakon izvođenja čučnjeva s velikim vanjskim opterećenjem u odnosu na skokove iz čučnja s rasterećenjem.

H2: Ispitanici s mehaničkim profilom deficitarnim silom postići će veća kronična poboljšanja u kinetičkim i kinematičkim parametrima vertikalnoga skoka izvodeći čučnjeve s velikim vanjskim opterećenjem u odnosu na skokove iz čučnja s rasterećenjem, a predviđena poboljšanja će biti popraćena optimizacijom mehaničkog profila sila – brzina.

### 3. METODE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. UZORAK ISPITANIKA

Cjelokupno istraživanje podijeljeno je na dva dijela, ispitivanje akutnih i kroničnih učinaka dvije vrste opterećenja na izvedbu vertikalnoga skoka kod ispitanika s mehaničkim F-v profilom deficitarnim silom. U istraživanju akutnih učinaka participiralo je osamnaest muških ispitanika (tablica 1), dok je istraživanju kroničnih učinaka bilo podvrgnuto ukupno trideset muških ispitanika (tablica 2). Svi ispitanici su u periodu istraživanja bili aktivni studenti Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Potreban uzorak ispitanika za istraživanje akutnih i kroničnih učinaka je definiran korištenjem programskog paketa GPower 3.1.9.2. Za oba dijela istraživanja je, u navedenom programu, statistička snaga testa postavljena na vrijednost od 0,8, vjerojatnost pogreške tipa I iznosila 5%, korelacija između ponovljenih mjerenja postavljena na 0,5, dok je veličina učinka  $f$  definirana na vrijednost od 0,3. Potonja vrijednost je postavljena na temelju dosadašnjih istraživanja, a u kojima su u glavnini slučajeva vrijednosti bile veće od donje granice za umjereni učinak (0,25). S obzirom na cilj istraživanja, kriterij uključivanja u oba eksperimenta je bio da mehanički F-v profil vertikalnoga skoka bude deficitaran silom, s donjom graničnom vrijednosti  $S_{Fv\%}$  od 10%, a gornjom od 90%. Dodatni kriterij je bio izostanak ozljede donjih ekstremiteta u posljednjih 12 mjeseci. Svi ispitanici su se detaljno upoznali s ciljevima i protokolom istraživanja, nakon čega su potpisali izjavu o suglasnosti za sudjelovanjem u istraživanju. Također, ispitanicima je naglašeno da mogu odustati u bilo kojem dijelu eksperimenta. Istraživanje je usklađeno s Helsinškom deklaracijom, a eksperimentalni protokol odobren od strane Povjerenstva za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod brojem: 53/2019. Senat Sveučilišta u Zagrebu je završno odobrio metodološke principe postavljenog projekta.

Tablica 1. Osnovni podaci ispitanika koji su sudjelovali u istraživanju akutnih učinaka

Parametar	$\bar{x} \pm SD$	min	max	S <sub>SK</sub>	S <sub>KU</sub>	W	P
Dob (godine)	21,72 ± 1,27	21,00	26,00	2,51	7,29	0,63	< 0,001*
TV (cm)	179,00 ± 5,99	169,00	191,00	0,29	-0,49	0,98	0,96

<b>TM (kg)</b>	76,59 ± 5,48	61,77	85,55	-0,97	2,30	0,93	0,17
<b>S<sub>Fv</sub>%</b>	54,00 ± 17,65	19,00	89,00	-0,04	0,27	0,97	0,87
<b>1RM HBS (kg)</b>	126,67 ± 17,82	95,00	160,00	0,10	-0,55	0,97	0,88

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalna vrijednost, **max** – maksimalna vrijednost, **S<sub>SK</sub>** – koeficijent asimetrije (eng. skewness), **S<sub>KU</sub>** – koeficijent spljoštenosti (eng. kurtosis), **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje empirijskih rezultata od teoretske normalne distribucije, **TV** – tjelesna visina, **TM** – tjelesna masa, **cm** – centimetar, **kg** – kilogram, **S<sub>Fv</sub>%** - vrijednost mehaničkog F-v profila vertikalnoga skoka, **1RM HBS** – maksimalno opterećenje savladivo u vježbi stražnji polučučanj

U istraživanju kroničnih učinaka ispitanici su metodom slučajnog odabira bili podijeljeni u dvije grupe po petnaest ispitanika. Grupa sila se odnosila na ispitanike koji su tijekom sedam tjedana treninga izvodili stražnji polučučanj s velikim vanjskim opterećenjem (pozitivno opterećenje), dok je grupa brzina izvodila SJ s rasterećenjem (negativno opterećenje). Osnovni podaci prikazani u tablici 2 se odnose na inicijalno mjerenje.

Tablica 2. Osnovni podaci ispitanika obiju grupa u istraživanju kroničnih učinaka

Grupa	Parametar	$\bar{x} \pm SD$	min	max	S <sub>SK</sub>	S <sub>KU</sub>	W	p
Sila	<b>TM (kg)</b>	79,71 ± 9,13	66,03	94,99	0,19	-0,91	0,94	0,38
	<b>TV (cm)</b>	180,87 ± 7,19	172,00	198,00	1,08	0,72	0,87	0,04*
	<b>Dob (godine)</b>	21,93 ± 2,63	20,00	28,00	1,85	2,61	0,70	< 0,001*
Brzina	<b>TM (kg)</b>	77,63 ± 9,27	63,88	98,29	0,42	0,19	0,95	0,52
	<b>TV (cm)</b>	179,80 ± 6,01	172,00	194,00	0,89	0,49	0,91	0,15
	<b>Dob (godine)</b>	22,00 ± 1,89	20,00	26,00	1,17	0,18	0,80	0,004*

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalna vrijednost, **max** – maksimalna vrijednost, **S<sub>SK</sub>** – koeficijent asimetrije, **S<sub>KU</sub>** – koeficijent spljoštenosti, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje empirijskih rezultata od teoretske normalne distribucije, **TM** – tjelesna masa, **TV** – tjelesna visina, **kg** – kilogram, **cm** – centimetar

### 3.2. UZORAK VARIJABLI

Valjano testiranje hipoteza zahtjeva korištenje relevantnih varijabli. Analizirano je trideset devet kvantitativnih varijabli kontinuiranog karaktera, od toga deset varijabli u istraživanju akutnih učinaka i trideset u istraživanju kroničnih učinaka. Jedina kvantitativna varijabla diskretnog karaktera je bila dob, a pridodajući ju ostalim varijablama kontinuiranog karaktera dolazi se do ukupno četrdeset jedne varijable analizirane u ovome istraživanju. Kvantitativne varijable numerički izražavaju stupanj razvijenosti mjenenog svojstva, a mogu biti diskretne i kontinuirane. Diskretne varijable se dobivaju postupkom prebrojavanja (npr. broj izgubljenih lopti, broj skokova, itd.), dok se kontinuirane varijable dobivaju mjerenjem (npr. mjerenje sile, vremena, udaljenosti, itd.) (Dizdar, 2006). Sve varijable su mjerene na omjernim skalama koje imaju svojstvo da jednaki brojevi odnosi (omjeri) znače i jednake odnose u mjerenoj pojavi, a to je moguće zbog postojanja apsolutne nule na tim skalama (Petz, 1997). U tablicama 3 i 4 su prezentirane varijable analizirane u oba dijela istraživanja.

Tablica 3. Varijable analizirane u istraživanju akutnih učinaka

VARIJABLA	SKRAĆENICA	MJERNA JEDINICA
Vršna visina u skoku iz čučnja prije predopterećenja jakosti	$h_{\text{peak SJ inic (F)}}$	cm
Vršna visina u skoku iz čučnja 1'30" nakon predopterećenja jakosti	$h_{\text{peak SJ 1'30" (F)}}$	cm
Vršna visina u skoku iz čučnja 4' nakon predopterećenja jakosti	$h_{\text{peak SJ 4' (F)}}$	cm
Vršna visina u skoku iz čučnja 6'30" nakon predopterećenja jakosti	$h_{\text{peak SJ 6'30" (F)}}$	cm
Vršna visina u skoku iz čučnja 9' nakon predopterećenja jakosti	$h_{\text{peak SJ 9' (F)}}$	cm
Vršna visina u skoku iz čučnja prije predopterećenja brzine	$h_{\text{peak SJ inic (v)}}$	cm
Vršna visina skoka iz čučnja 1'30" nakon predopterećenja brzine	$h_{\text{peak SJ 1'30" (v)}}$	cm
Vršna visina u skoku iz čučnja 4' nakon predopterećenja brzine	$h_{\text{peak SJ 4' (v)}}$	cm



Vršna visina u skoku iz čučnja 6'30'' nakon predopterećenja brzine	$h_{\text{peak SJ } 6'30''} (v)$	cm
Vršna visina u skoku iz čučnja 9' nakon predopterećenja brzine	$h_{\text{peak SJ } 9'} (v)$	cm

Tablica 4. Varijable analizirane u istraživanju kroničnih učinaka

VARIJABLA	SKRAĆENICA	MJERNA JEDINICA
Dob	<b>dob</b>	godine
Tjelesna masa	<b>TM</b>	kg
Tjelesna visina	<b>TV</b>	cm
Vršna visina u skoku iz čučnja	<b><math>h_{\text{peak SJ}}</math></b>	cm
Vršna brzina u skoku iz čučnja	<b><math>v_{\text{peak SJ}}</math></b>	m/s
Prijeđena udaljenost tijekom koncentrične faze skoka iz čučnja	<b><math>h_{\text{PO}}</math></b>	cm
Vrijeme potrebno za postizanje vršne sile u skoku iz čučnja	<b><math>t_{F_{\text{peak SJ}}}</math></b>	s
Vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite tjelesne mase	<b><math>h_{\text{peak SJ } +15\%}</math></b>	cm
Vršna visina u skoka iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite tjelesne mase	<b><math>h_{\text{peak SJ } +30\%}</math></b>	cm
Vršna visina u skoka iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite tjelesne mase	<b><math>h_{\text{peak SJ } +45\%}</math></b>	cm
Vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite tjelesne mase	<b><math>h_{\text{peak SJ } +60\%}</math></b>	cm
Vršna visina u skoku iz čučnja s pripremom	<b><math>h_{\text{peak CMJ}}</math></b>	cm
Vršna brzina u skoku iz čučnja s pripremom	<b><math>v_{\text{peak CMJ}}</math></b>	m/s

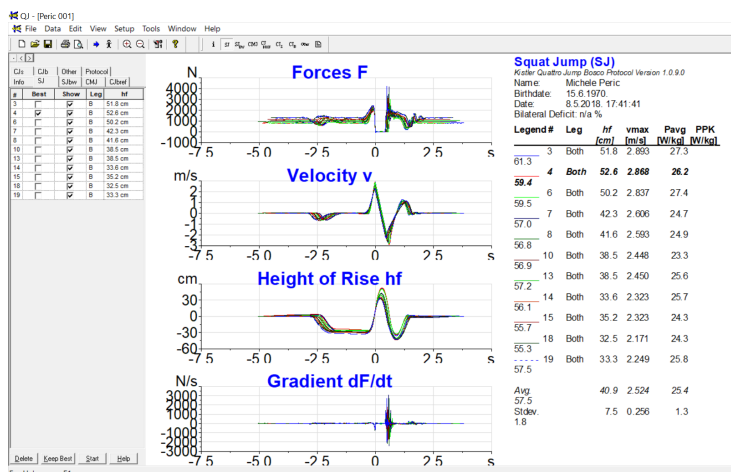
<b>Prijedena udaljenost tijekom ekscentrične faze u skoku iz čučnja s pripremom</b>	<b><math>h_{ecc}</math> CMJ</b>	cm
<b>Vrijeme potrebno za postizanje vršne sile u skoku iz čučnja s pripremom</b>	<b><math>t_{F_{peak}}</math> CMJ</b>	s
<b>Vršna sila u skoku iz čučnja</b>	<b><math>F_{peak}</math> SJ</b>	N
<b>Vršna snaga u skoku iz čučnja</b>	<b><math>P_{peak}</math> SJ</b>	W
<b>Prosječna snaga u skoku iz čučnja</b>	<b><math>P_{mean}</math> SJ</b>	W
<b>Prosječan gradijent sile u skoku iz čučnja</b>	<b><math>RFD_{mean}</math> SJ</b>	N/s
<b>Gradijent sile u početnih 100 milisekundi u skoku iz čučnja</b>	<b><math>RFD_{100ms}</math> SJ</b>	N/s
<b>Vršna sila u skoku iz čučnja s pripremom</b>	<b><math>F_{peak}</math> CMJ</b>	N
<b>Vršna snaga u skoku iz čučnja s pripremom</b>	<b><math>P_{peak}</math> CMJ</b>	W
<b>Prosječna snaga u skoka iz čučnja s pripremom</b>	<b><math>P_{mean}</math> CMJ</b>	W
<b>Prosječan gradijent sile u skoku iz čučnja s pripremom</b>	<b><math>RFD_{mean}</math> CMJ</b>	N/s
<b>Gradijent sile u početnih 100 milisekundi u skoku iz čučnja s pripremom</b>	<b><math>RFD_{100ms}</math> CMJ</b>	N/s
<b>Omjer aktualnog i optimalnog mehaničkog profila sila – brzina</b>	<b><math>S_{Fv\%}</math></b>	
<b>Neravnoteža mehaničkog profila sila – brzina</b>	<b>F-VIMB</b>	
<b>Teoretska maksimalna sila</b>	<b><math>F_0</math></b>	N/kg
<b>Teoretska maksimalna brzina</b>	<b><math>v_0</math></b>	m/s
<b>Maksimalna snaga na temelju F-v odnosa</b>	<b><math>P_{maxF-v}</math></b>	W/kg
<b>Jedno maksimalno ponavljanje u stražnjem polučučnju</b>	<b>1RM HBS</b>	kg

### 3.3. MJERNI INSTRUMENT

Kinematički i kinetički parametri vertikalnoga skoka mjereni su putem platforme za mjerenje sile reakcije podloge (Quattro Jump, Kistler, Winterthur, Švicarska, 9290AD) (slika 6) koja se nalazi u Sportskom dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Dimenzije platforme su 925 mm x 925 mm x 125 mm, dok masa platforme iznosi 21,6 kg. Platforma mjeri vertikalne sile reakcije podloge u rasponu od 0 do 10 kN, s frekvencijom uzorkovanja od 500 Hz. Serijskim priključkom RS-232C platforma se spaja s računalom na kojemu se korištenjem programske podrške Quattro Jump tip 2822A1-1, verzija 1.1.1.4, omogućava pohranjivanje i obrađivanje podataka (slika 7).



Slika 6. Platforma za mjerenje sile reakcije podloge



Slika 7. Prikaz programske podrške Quattro Jump

### 3.4. NACRT ISTRAŽIVANJA

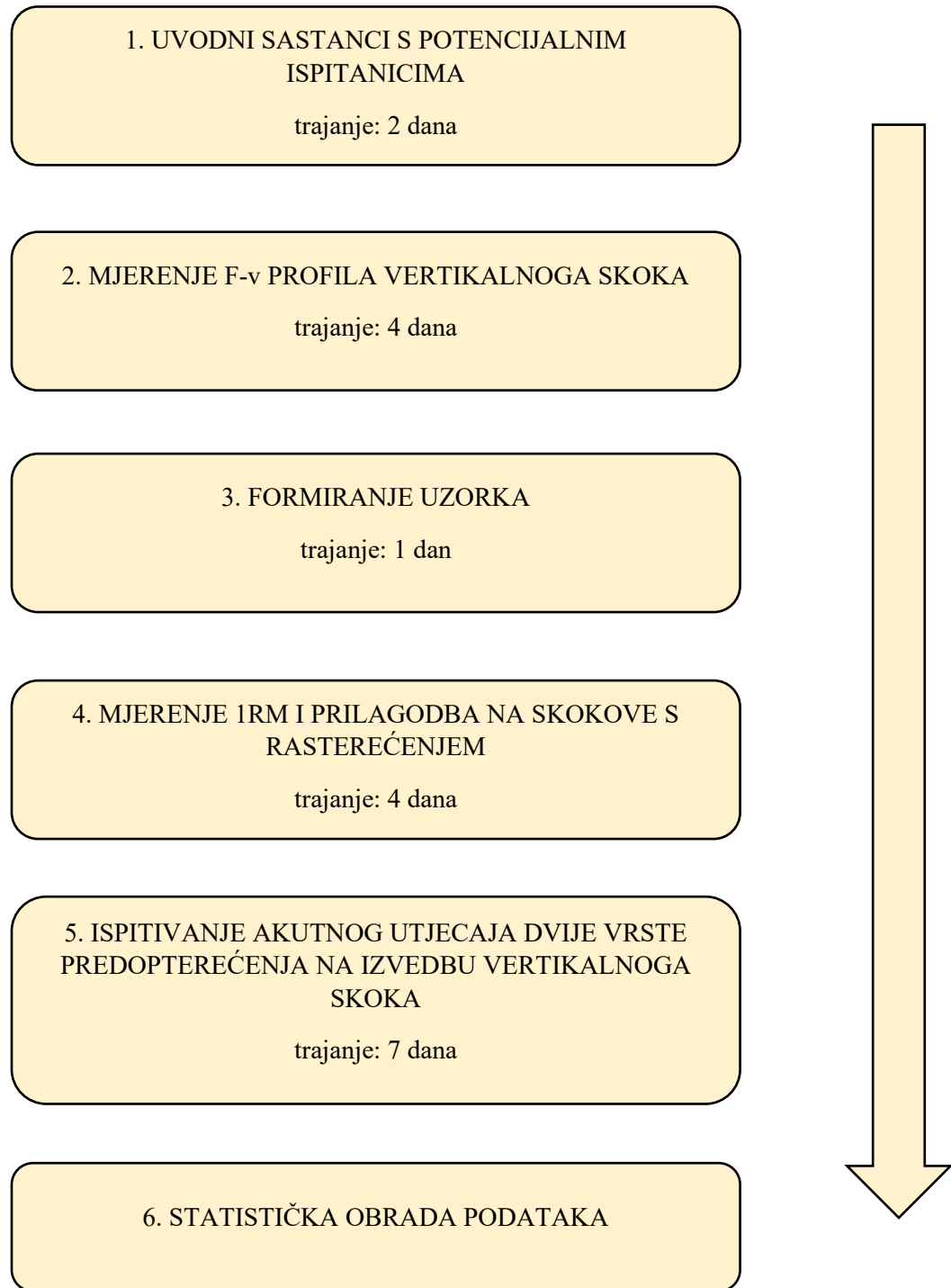
Priroda provedbe ovog istraživanja svrstava ga u randomizirani kontrolirani pokus (*eng. randomized controlled trial – RCT*). RCT predstavlja kvantitativno komparativni oblik istraživanja pomoću kojega se uspoređuje učinak dviju ili više metoda na ispitanicima koji su nasumično podijeljeni u različite skupine (Štimac i sur., 2017).

S obzirom na to da je istraživanje podijeljeno na 2 dijela, segmentno su prikazani njihovi nacrti.

Proces istraživanja akutnih učinaka sastojao se od sljedećih faza (slika 8):

1. *Uvodni sastanci s potencijalnim ispitanicima* – Ukupno se pojavilo 35 zainteresiranih ispitanika kojima je na sastancima detaljno objašnjena procedura eksperimenta.
2. *Testiranje F-v profila vertikalnoga skoka* – Nakon što su svi zainteresirani ispitanici dobrovoljno pristali na sudjelovanje u eksperimentu, pristupilo se mjerenju njihovih F-v profila vertikalnoga skoka. Kod 30 od 35 ispitanika je utvrđen F-v profil deficitaran silom što je, uz izostanak ozljede donjih ekstremiteta unazad 12 mjeseci, bio kriterij za sudjelovanje u ovom istraživanju.
3. *Formiranje uzorka* – Korištenjem web-aplikacije *Research Randomizer* formiran je uzorak od 20 ispitanika. Iako je za ovakvu vrstu eksperimenta dostatan i manji broj ispitanika, zbog potencijalnog osipanja uzorka odlučeno je da se uključi 20 ispitanika.
4. *Testiranje IRM u stražnjem polučučnju i prilagodba na skokove s rasterećenjem* – Svakom ispitaniku utvrđen je IRM u stražnjem polučučnju da bi se mogli definirati protokoli predopterećenja jakosti. Uz to, ispitanici su odradili jednu sesiju skokova s rasterećenjem čime su stvorili određenu razinu koordinacijske adaptacije na za njih neuobičajenu vrstu gibanja.
5. *Ispitivanje akutnog utjecaja dvije vrste predopterećenja na izvedbu vertikalnoga skoka* – Cjelokupno istraživanje završilo je 18 ispitanika. Jedna grupa od 9 ispitanika je najprije koristila predopterećenje u smjeru sile (stražnji polučučanj), dok je druga jednakobrojna skupina najprije koristila predopterećenje u smjeru brzine (SJ s rasterećenjem). Nakon odmora koji je trajao minimalno 48, a maksimalno 72 sata ispitanici su promijenili protokole predopterećenja. U inicijalnom i finalnim mjerenjima oba protokola bilježila se vršna visina SJ.

6. *Statistička obrada podataka* – Nakon što su prikupljeni i adekvatno sortirani podaci svih ispitanika, pristupilo se statističkoj obradi podataka.



Slika 8. Grafički prikaz tijeka istraživanja akutnih učinaka

Budući da je zbog ograničenih resursa bilo neprovedivo odmah uključiti sve ispitanike u istraživanje kroničnih učinaka, odlučeno je da se prikupljanje podataka sprovede u tri dijela. U svakom od tih dijelova proces istraživanja se sastojao od sljedećih faza (slika 9):

1. *Uvodni sastanci s potencijalnim ispitanicima* – Ukupno su bila 42 zainteresirana ispitanika za ovaj dio istraživanja, kojima je na sastancima detaljno objašnjena procedura eksperimenta.

2. *Testiranje F-v profila vertikalnoga skoka* – Nakon što su zainteresirani ispitanici dobrovoljno pristali na sudjelovanje u eksperimentu, pristupilo se mjerenju njihovih F-v profila vertikalnoga skoka. F-v profil deficitaran silom je, uz izostanak ozljede donjih ekstremiteta unazad jedne godine, bio kriterij za sudjelovanje u ovom istraživanju. Od 42 ispitanika podvrgnuta mjerenju, kod njih 38 je zabilježen traženi F-v profil.

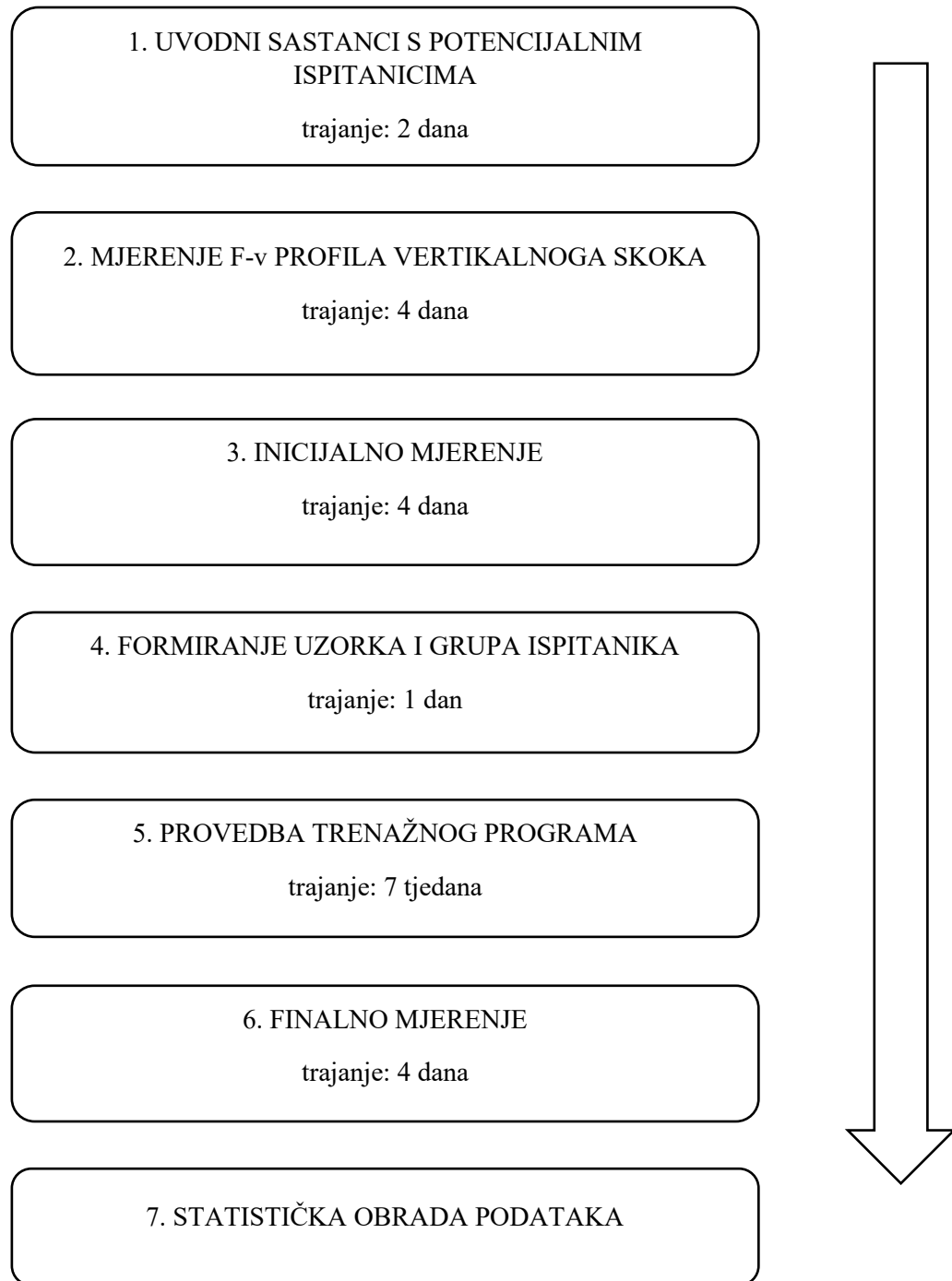
3. *Inicijalno mjerenje* – U istom tjednu ispitanicima su evidentirani kinematički i kinetički parametri SJ i CMJ, kao i vrijednost 1RM u vježbi stražnji polučučanj. Između ove dvije dijagnostičke sesije moralo je proći minimalno 48h. Testiranje F-v profila koje se odvijalo netom prije navedenih sesija, uz selektivnu ulogu, također se smatra dijelom inicijalnog mjerenja.

4. *Formiranje uzorka i grupa ispitanika* – Istraživanju su pristupila 34 ispitanika, no iz raznih razloga 4 ispitanika su odustala za vrijeme trenažnog ciklusa, pa je konačan uzorak bio sačinjen od 30 ispitanika podijeljenih u dvije jednakobrojne grupe (grupa sila i grupa brzina). Randomiziranost vezana za vrstu grupe u kojoj će participirati određeni ispitanik, obavljena je korištenjem web-aplikacije *Research Randomizer*. Prvi ciklus istraživanja je uspješno odradilo 9 ispitanika, drugi ciklus 7 ispitanika, dok je u zadnjem ciklusu 14 ispitanika zadovoljilo sve kriterije istraživanja.

5. *Provedba trenažnog programa* – Minimalno 3, a maksimalno 5 dana nakon završetka inicijalnog mjerenja ispitanici su krenuli sa sedmotjednim trenažnim ciklusom. Izvodile su se 2 trenažne sesije u tjednu, pa je svaki ispitanik ukupno odradio 14 treninga. Jedna grupa je provodila treninge u smjeru sile (stražnji polučučanj s velikim vanjskim opterećenjem), dok je druga grupa koristila podražaje u smjeru brzine (SJ s rasterećenjem).

6. *Finalno mjerenje* – Nakon provedbe trenažnog programa ispitanici su imali minimalno 3, a maksimalno 5 dana odmora prije nego li se krenulo s finalnim mjerenjem. Proces mjerenja bio je istovjetan inicijalnom.

7. *Statistička obrada podataka* – Nakon što su prikupljeni i adekvatno sortirani podaci svih ispitanika, pristupilo se statističkoj obradi podataka.



Slika 9. Grafički prikaz tijeka istraživanja kroničnih učinaka

### 3.5. PROTOKOL TESTIRANJA

#### 3.5.1. Testiranje F-v profila vertikalnoga skoka

Sva testiranja mehaničkog F-v profila vertikalnoga skoka odrađena su u Sportsko – dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Na temelju dosadašnjih istraživanja, standardiziran je protokol kojemu su u inicijalnom i finalnom mjerenju bili podvrgnuti svi ispitanici. Protokol se odvijao sljedećim redoslijedom:

1. *Upisivanje bazičnih podataka ispitanika* – Prije samog početka mjerenja bilježile su se vrijednosti mase tijela i dužine ekstenudirane noge. Varijabla mase tijela, evidentirana korištenjem platforme za mjerenje sile reakcije podloge, nužna je za određivanje razine dodatnih opterećenja tijekom izvedbe skokova, kao i za valjanost formule F-v profila jer se vrijednosti sile i snage relativiziraju upravo prema masi tijela. Dužina ekstenudirane noge mjerila se u ležećem položaju ispitanika upotrebom centimetarske vrpce, a označavala je udaljenost od velikog obrtača natkoljenice do vrha prstiju stopala koje je postavljeno u poziciju plantarne fleksije (slika 10).



Slika 10. Pozicija ispitanika za mjerenje dužine ekstenudirane noge



2. *Priprema lokomotornog sustava i određivanje inicijalne pozicije za SJ* – Formiran je protokol pripreme lokomotornog sustava kojemu je cilj bio prevenirati ozljede tijekom mjerenja F-v profila, ali i omogućiti ispoljavanje maksimalnih performansi. Neposredno nakon provedbe navedenog protokola utvrđivala se visina velikog obrtača natkoljenice u početnoj poziciji za SJ, koja je mjerena centimetarskom vrpcom (slika 11). Razlika vrijednosti dužine ekstenzirane noge i visine velikog obrtača natkoljenice u početnoj poziciji za SJ označavala je prijedenu udaljenost tijekom odrazne faze skoka ( $h_{PO}$ ).



Slika 11. Određivanje visine velikog obrtača natkoljenice u početnoj poziciji za SJ

Uključujući istraživanja akutnih i kroničnih učinaka, na ukupno 107 testiranja F-v profila nije zabilježena lokomotorna ozljeda. Protokol pripreme se sastojao od trčanja niskim intenzitetom u trajanju jedne minute, dinamičke fleksibilnosti mišića donjih ekstremiteta, aktivacije mišića trupa, deset ponavljanja sunožnog polučučnja bez dodatnog opterećenja i pet ponavljanja SJ bez dodatnog opterećenja.

3. *Izvedba skokova iz čučnja s progresijom opterećenja* – Nakon obavljene pripreme lokomotornog sustava uslijedio je odmor u trajanju od 2' tijekom kojih su ispitanicima ponovljeni glavni zahtjevi mjerenja. Za utvrđivanje F-v profila vertikalnoga skoka korišten je SJ, što podrazumijeva da je bilo strogo zabranjeno dodatno spuštanje nakon što se formira početna pozicija za dati test. Također, valjanost testiranja je podrazumijevala maksimalna izvedba pri svakoj razini opterećenja. Početna pozicija za izvedbu SJ definirana u drugom dijelu protokola morala se postaviti pri svakom skoku, neovisno o razini opterećenja. Za potpunu kontrolu prethodnoga korištena je programska podrška Quatro Jump, verzija 1.1.1.4, koja pruža informaciju dubine spuštanje, dok je kao orijentir korišteno elastično uže postavljeno na definirane pozicije za svakog ispitanika, a koje su morali dotaknuti sjednom kvrgom (slika 12). Zadržavanje u početnoj poziciji trajalo je otprilike 2", nakon čega se na mjeriteljev znak „hop“ kretalo u skok.

Ispitanici su izvodili SJ u 5 različitih uvjeta:

- SJ bez dodatnog opterećenja s rukama na kukovima (SJ)
- SJ s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite tjelesne mase (SJ + 15% TM)
- SJ s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite tjelesne mase (SJ + 30% TM)
- SJ s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite tjelesne mase (SJ + 45% TM)
- SJ s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite tjelesne mase (SJ + 60% TM)

Na svakoj razini opterećenja zabilježena su 2 valjana skoka, a onaj s većom vrijednosti visine je korišten pri daljnjoj analizi. Odmor između skokova na istoj razini opterećenja je trajao 1', dok su ispitanici imali 2'30" odmora između razina opterećenja. Pri izvedbi skokova s dodatnim opterećenjem prisutni su bili asistenti s obje ispitanikove strane, koji su na ispitanikova leđa postavljali šipku s utezima, ali i kontrolirali fazu doskoka (slika 13). Platforma za mjerenje sile reakcije podloge je mjerni instrument koji se koristio pri utvrđivanju visine skoka.



Slika 12. Početna pozicija za SJ



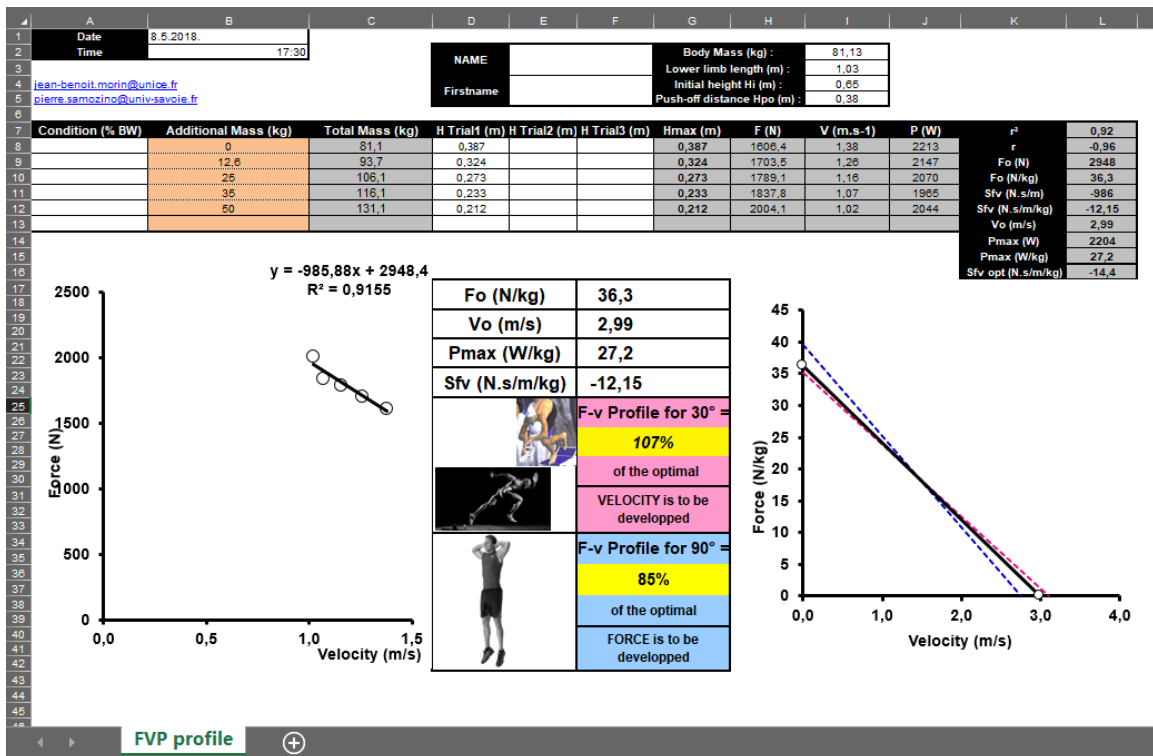
Slika 13. Prikaz asistencije za SJ s opterećenjem

4. *Upisivanje podataka i izračunavanje vrijednosti F-v profila* – Prikupljeni podaci su upisivani u proračunsku tablicu unutar programa Microsoft Excel 2016, a koja je patent autora Morin i Samozino (2017) (slika 14). Proračunska tablica je besplatna i nalazi se na sljedećoj domeni: [https://www.researchgate.net/publication/320146284\\_JUMP\\_FVP\\_profile\\_spreadsheet](https://www.researchgate.net/publication/320146284_JUMP_FVP_profile_spreadsheet) (Morin i sur., 2019). Nakon što se u tablici ispune polja vezana za bazične podatke spomenute u točki 1., pristupa se unosu vršne visine skoka za svaku razinu opterećenja. Programaska podrška Quatro Jump, verzija 1.1.1.4, koja je povezana s platformom za mjerenje sile reakcije podloge, nudi mogućnost kalkuliranja vršne visine skoka na dva različita načina. No, za valjanost F-v profila nužno je koristiti izračun na temelju trajanja beskontaktno faze skoka, a koji se dobiva sljedećom formulom:

$$h = 0,5 \cdot g \cdot \left(\frac{t}{2}\right)^2$$

Unošenjem vršne visine skoka za određenu razinu opterećenja u tablici se automatski izračunaju vrijednosti prosječne sile ( $\bar{F}$ ), prosječne brzine ( $\bar{v}$ ) i prosječne snage ( $\bar{P}$ ). Ovakav način kalkulacije

navedenih varijabli validiran je u radu autora Samozino i sur. (2008). Nakon adekvatnog unosa vrijednosti vršne visine skoka za sve razine opterećenja, u proračunskoj tablici se prezentiraju vrijednosti F-v profila za kutove odraza pod 30° i 90°. Također, paralelno s aktualnim F-v profilom, prikazuje se i optimalan F-v profil. F-v profili s vrijednostima  $S_{Fv\%}$  u rasponu 10% – 90% smatrani su adekvatnima za obje vrste istraživanja, pa su prema tome ispitanici s manjim i većim vrijednostima eliminirani iz daljnjeg procesa istraživanja.



Slika 14. Prikaz proračunske tablice za izračunavanje F-v profila

### 3.5.2. Testiranje skoka iz čučnja i skoka iz čučnja s pripremom

Testiranje obje vrste vertikalnoga skoka bez dodatnog opterećenja je provedeno korištenjem platforme za mjerenje sile reakcije podloge. U istraživanju akutnih učinaka mjerenja su se odvijala u laboratoriju za motoričku kontrolu i izvedbu Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te u teretani istog fakulteta, dok su sva testiranja kroničnih učinaka provedena u Sportsko dijagnostičkom centru, također iste ustanove. Mjerenje SJ i CMJ je provodio magistar kineziologije koji je imao iskustvo rada kao mjerilac u Sportsko dijagnostičkom centru.

Pri testiranju SJ ispitanik je na početku testa bio u ekstenziranom položaju s rukama na kukovima (akimbo položaj). Na mjeriteljev znak „pripremi“ ispitanik se spuštao u proizvoljnu početnu poziciju za SJ koju je zadržavao otprilike 2" (slika 15). Sljedeći mjeriteljev znak „hop“ označavao je trenutak za kretanje u odraznu fazu. Rigorozno se analizirala putanja CMT u programskom paketu Quattro Jump, verzija 1.1.1.4, kako bi se izbjeglo pohranjivanje skokova u kojima je prisutan pomak CMT prema dolje neposredno prije kretanja u odraznu fazu. Tijekom svih faza skoka ruke su čvrsto postavljene na kukovima. Ispitanici su izvodili 3 SJ od kojih je onaj s najvećom visinom skoka korišten pri daljnjoj analizi podataka. Odmor između 2 skoka je trajao 15". Pri analiziranju svih podataka SJ, početak skoka je označavao trenutak kada je vertikalna sila dosegla vrijednost 10 N veću od težine ispitanikova tijela u mirovanju, dok je kraj odrazne faze predstavljao trenutak napuštanja platforme za mjerenje sile reakcije podloge (McLellan i sur., 2011; Eagles i sur., 2015).

Pri testiranju CMJ ispitanik je na početku testa bio u ekstenziranom položaju s rukama na kukovima, ali je za razliku od SJ to označavalo početnu poziciju (slika 16). Na mjeriteljev znak „pripremi“ ispitanik je ostao u toj poziciji te čekao znak „hop“, nakon kojega je krenuo u ekscentričnu fazu skoka spuštanjem do proizvoljne pozicije. U ovoj vrsti skoka nema zadržavanja u najnižoj točki spuštanja, već odmah slijedi tranzicija u koncentričnu (odraznu) fazu skoka (slika 17). Kao i kod SJ, tijekom svih faza skoka ruke su postavljene na kukovima. Ispitanici su izvodili 3 CMJ od kojih je onaj s najvećom visinom skoka korišten pri daljnjoj analizi podataka. Odmor između 2 skoka je trajao 15". Početak koncentrične faze u ovoj vrsti skoka sagledavao se kao i u slučaju SJ, što bi značilo da se detektirala točka u kojoj je vertikalna sila dosegla vrijednost 10 N veću od težine ispitanikova tijela u mirovanju. Kraj odrazne faze je označavao trenutak napuštanja platforme za mjerenje sile reakcije podloge.

Izrazito bitno je naglasiti da se visina obje vrste skoka utvrđivala dvostrukom integracijom sile, unutar programske podrške Quattro Jump 1.1.1, i to na sljedeći način:

$$h = \frac{v_{to}^2}{2g} + s_i$$

gdje  $v_{to}$  označava brzinu CMT neposredno prije napuštanja podloge,  $g$  je gravitacijsko ubrzanje, a  $s_i$  predstavlja inicijalni pozitivni vertikalni pomak CMT, odnosno put od ekstenzirane pozicije nogu na punom stopalu do ekstenzirane pozicije nogu uz plantarnu fleksiju, nakon koje slijedi napuštanje podloge. Neophodno je istaknuti da je takav način kalkulacije različit od onoga kojim se visina skoka utvrđuje za potrebe F-v profila. Ako ovu metodu nazovemo  $h_1$ , a metodu kojom se kalkulira visina tijekom analize F-v profila  $h_2$ , onda njihov odnos izražen jednostavnom regresijskom jednadžbom izgleda na sljedeći način:

$$h_1 = 0,91 \times h_2 + 13,162 \quad (r^2 = 0,902; p < 0,05) \text{ (Zubčić i sur., 2018)}$$

Vrijedi istaknuti kako su obje metode kalkuliranja visine valjane, no nužno je poznavanje pozadinskih mehanizama kako bi se izbjegle neutemeljene interpretacije.

### 3.5.3. Testiranje 1RM u vježbi stražnji polučučanj

Testiranje 1RM u vježbi stražnji polučučanj (eng. *half back squat* – HBS) odvijalo se u teretani Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Nužno je bilo utvrditi navedeni parametar kako bi se egzaktno doziralo opterećenje u istraživanju akutnih i kroničnih učinaka, ali i evaluirao utjecaj dva različita tipa sedmotjednog treninga na razinu jakosti donjih ekstremiteta. Standardizirani protokol mjerenja, s ciljem osiguravanja jednakih uvjeta svim ispitanicima, proveden je sljedećim redoslijedom:

1. *Upisivanje bazičnih podataka ispitanika* – Osim bilježenja datuma rođenja, tjelesne visine i tjelesne mase, ispitanici su morali procijeniti svoj 1RM u vježbi stražnji polučučanj da bi se ispravno proveo protokol temeljen na istraživanjima autora Seo i sur. (2012) i Urquhart i sur. (2015).

2. *Priprema lokomotornog sustava* - Osmišljen je protokol pripreme lokomotornog sustava kojemu je cilj bio prevenirati neželjene ozljede tijekom ovog izrazito rizičnog mjerenja. Vrijedi istaknuti kako nije zabilježena povreda tijekom testiranja, a ukupno je, uključujući akutni i kronični dio istraživanja, provedeno 88 mjerenja 1RM. Protokol pripreme se sastojao od trčanja niskim intenzitetom u trajanju jedne minute, dinamičke fleksibilnosti mišića donjih ekstremiteta, aktivacije mišića trupa, deset ponavljanja stražnjeg polučučnja bez dodatnog opterećenja, šest ponavljanja stražnjeg polučučnja uz dodatno opterećenje od 50% procijenjenog 1RM i tri ponavljanja stražnjeg polučučnja uz dodatno opterećenje od 80% procijenjenog 1RM.

3. *Mjerenje 1RM* – Kriterij za valjanu dubinu spuštaju pri izvođenju stražnjeg polučučnja je bio kut u rasponu od 80° do 100° između natkoljenice i potkoljenice (slika 15), a pri određivanju željenog kuta koristio se digitalni goniometar (Medigauge, 900105). U fazi pripreme lokomotornog sustava ispitanici su kroz izvedbe stražnjeg polučučnja s dodatnim opterećenjem stvarali adaptaciju na traženu dubinu spuštaju. Tijekom cijelog procesa mjerenja ispitanici su sami odlučivali koja će opterećenja savladavati, ali im je ukazano da bi bilo poželjno, kvalitetno procijenjenom progresijom, kroz 3 do 7 pokušaja doći do maksimalne vrijednosti. Odmor između 2 pokušaja je morao biti minimalno 4 minute, a pri svakom pokušaju pokraj ispitanika su bila 3 asistenta, čime se rizik za neželjenim situacijama sveo na minimum (slika 16). Valjanim pokušajem se smatrala izvedba u kojoj nije bilo pomoći asistenata i u kojoj je zadovoljena

definirana dubina spuštanja. Ispitanicama je pružena mogućnost korištenja spužve za šipku i pojasa za dizanje utega.



Slika 15. Definirana dubina spuštanja



Slika 16. Početna pozicija za izvedbu uz 3 asistenta



### 3.6. PROTOKOL ISTRAŽIVANJA AKUTNIH UČINAKA

U ovom dijelu istraživanja ispitivao se akutni utjecaj dvije različite vrste opterećenja, odnosno dva različita protokola treninga, na izvedbu vertikalnoga skoka. Jedan protokol treninga se odnosio na korištenje velikog pozitivnog opterećenja (savladavanje vlastite mase tijela i dodatnog opterećenja), dok je u drugom protokolu korišteno negativno opterećenje (savladavanje opterećenja manjeg od vlastite mase tijela). Ako se analiziranje ove dvije vrste opterećenja postavi iz rakursa F-v krivulje, onda se može reći kako je korištenje velikog pozitivnog opterećenja usmjereno dominantno u smjeru sile, dok je negativno opterećenje usmjereno izraženo ka brzini. Protokol ispitivanja akutnih efekata odvijao se sljedećim redoslijedom:

1. *Priprema lokomotornog sustava* - Osmišljen je protokol pripreme lokomotornog sustava kojemu je cilj bio prevenirati neželjene ozljede tijekom ovog izrazito rizičnog mjerenja. Vrijedi istaknuti kako nije zabilježena ozljeda tijekom ukupno 36 mjerenja na 18 ispitanika. Protokol pripreme se sastojao od trčanja niskim intenzitetom u trajanju jedne minute, dinamičke fleksibilnosti mišića donjih ekstremiteta, aktivacije mišića trupa, deset ponavljanja stražnjeg polučučnja bez dodatnog opterećenja i osam ponavljanja stražnjeg polučučnja uz dodatno opterećenje od 50% 1RM.

2. *Postavljanje uvjeta za izvedbu SJ s rasterećenjem* – Ovaj dio protokola se izvodio samo u slučaju korištenja skokova s rasterećenjem kao predopterećenja. Za rasterećenje ispitanika koristili su se alpinistički pojas, dvije zlatne Thera - band® elastične gume opuštene dužine 2,2 m, konop dužine 4,5 m, pločasti utezi, koloturnik i digitalna vaga (Šimić, 2017) (slika 17 i slika 18). Cilj je bio, povlačenjem pločastog utega, isprovocirati napetost kompleksa guma - konop koji osigurava rasterećenje ispitanika za 25% njegove tjelesne mase. Ispitanik je bio postavljen na vagu koja se nalazila ispod koloturnika. Kada bi se postigla željena vrijednost tjelesne mase, na podlozi bi se obilježila pozicija pločastog utega do koje se prilikom svake serije skokova morao nategnuti kompleks guma – konop.



Slika 17. Prikaz sustava za rasterećenje



Slika 18. Prikaz koloturnika

3. *Određivanje početne pozicije za SJ* – Prije inicijalnog mjerenja određena je proizvoljna razina početne pozicije za SJ iz koje je ispitanik morao kretati u skok u inicijalnom i svim vremenskim točkama finalnog mjerenja. Za potpunu kontrolu prethodnoga korištena je programska podrška Quatro Jump, verzija 1.1.1.4, koja pruža informaciju dubine spuštanje, dok je kao orijentir korišteno elastično užo, postavljeno na definirane pozicije za svakog ispitanika, koje su morali dotaknuti sjednom kvrgom jer je to označavalo razinu početne pozicije. Spuštanjem u istu početnu poziciju pri svakom skoku želio se eliminirati utjecaj dubine spuštanja na promjene u visini SJ.

4. *Inicijalno mjerenje* – U inicijalnom mjerenju evidentirana su 2 valjana SJ, od kojih je onaj s većom visinom korišten u daljnjoj obradi podataka. Vremenski razmak između izvedbe 2 skoka iznosio je 15".

5. *Izvođenje predopterećenja* – Odmah po završetku inicijalnog mjerenja pristupilo se provođenju trenažnog podražaja koji je imao dvije varijante. 9 ispitanika je najprije koristilo predopterećenje u smjeru sile, dok je preostalih 9 ispitanika najprije koristilo predopterećenje u smjeru brzine.

Nakon minimalno 48h, a maksimalno 72h došlo je do zamjene u protokolima. Predopterećenje u smjeru sile označavalo je izvedbu 2 serije po 4 ponavljanja stražnjeg polučučnja s 85% 1RM, uz odmor od 3' između dvije serije. Predopterećenje u smjeru brzine odnosilo se na izvođenje SJ s rasterećenjem u iznosu 25% tjelesne mase, tj. ispitanik je skakao savladavajući 75% vlastite mase tijela. Izvodilo se 3 serije po 5 skokova, s odmorom od 2'. Sastavnice obje vrste trenažnog podražaja su postavljene na temelju spoznaja iz dosadašnjih istraživanja (Sheppard i sur., 2011; Marković i sur. 2011; Seitz i Haff, 2016). Istovremeno su dvojica ispitanika provodila trenažni podražaj, neovisno o vrsti predopterećenja. Prilikom provedbe predopterećenja u smjeru sile bila su prisutna 2 asistenta koji su s bočnih strana ispitanika kontrolirali tijekom izvedbe stražnjeg polučučnja.

6. *Finalno mjerenje* – Ispitanici su bili podvrgnuti finalnom mjerenju u 4 vremenske točke: 1'30", 4', 6'30" i 9' nakon završetka zadnje serije predopterećenja. U svakoj vremenskoj točki evidentirana su 2 valjana SJ, a vremenski razmak između 2 skoka je iznosio 15". U inicijalnom i svim vremenskim točkama finalnog mjerenja bilježio se isključivo parametar vršne visine SJ.

Sva mjerenja je proveo magistar kineziologije koji je imao iskustvo rada kao mjerilac u Sportsko dijagnostičkom centru.

### 3.7. PROTOKOL TRENINGA U ISTRAŽIVANJU KRONIČNIH UČINAKA

Nakon završetka procesa inicijalnog mjerenja, koji se odvijao unutar jednog tjedna, ispitanici su krenuli s provedbom sedmotjednog ciklusa treninga. Ukupno je u ovom dijelu istraživanja participiralo 30 ispitanika koji su bili podijeljeni u dvije jednakobrojne grupe. Jedna grupa je provodila treninge u smjeru sile, dok je druga grupa bila podvrgnuta treninzima u smjeru brzine. Budući da je bilo nemoguće u isto vrijeme uskladiti provedbu treninga za 30 ispitanika, istraživanje je podijeljeno na 3 dijela. U prvom ciklusu treninga sudjelovalo je 9 ispitanika, u drugom ciklusu 7 ispitanika, dok je u zadnjem ciklusu bilo prisutno 14 ispitanika. S obzirom na to da su izvođena 2 treninga u tjednu, svaki ispitanik je ukupno odradio 14 treninga. Razmak između treninga je morao trajati minimalno 48h, čime se izbjegavalo da ispitanici izvode treninge u uvjetima izraženog umora. Svim ispitanicima je naglašeno da za vrijeme istraživanja ne smiju izvoditi dodatne treninge za razvoj jakosti ili brzine donjih ekstremiteta, s ciljem da se dobiju što rafiniranije informacije o utjecaju definiranih trenažnih protokola.

Grupa koja je provodila treninge u smjeru sile izvodila je stražnji polučučanj s blagom progresijom tijekom sedmotjednog ciklusa. Naime, u prvom tjednu su ispitanici izvodili 4 serije po 5 ponavljanja s opterećenjem od 80% 1RM, drugi i treći tjedan se izvodilo 5 serija po 5 ponavljanja s opterećenjem od 80% 1RM, dok su preostala 4 tjedna ispitanici bili izloženi treningu od 5 serija po 5 ponavljanja s 85% 1RM (tablica 5). Sve komponente trenažnog procesa su postavljene na temelju spoznaja iz dosad provedenih studija (Rhea i sur., 2003; Peterson i sur., 2004; American College of Sports Medicine, 2009; Wirth i sur., 2016; Ralston i sur., 2017). Ukupno je svaki ispitanik izveo 340 čučnjeva s velikim vanjskim opterećenjem u zadanom trenažnom periodu. Odmor između serija je uvijek trajao 3 minute. Istovremeno su trening izvodila trojica ispitanika, a svaki trening se odvijao pod nadzorom magistra kineziologije.

Grupa čija je usmjerenost treninga bila ka brzini izvodila je SJ s rasterećenjem u iznosu 25% mase tijela, odnosno ispitanici su izvodili SJ sa 75% vlastite mase tijela. Treninzi su provođeni u laboratoriju za motoričku kontrolu gdje se koristio posebno koncipiran sistem rasterećenja. Kao i u dijelu istraživanja vezanog za akutne učinke, za osiguravanje uvjeta rasterećenja korišteni su alpinistički pojas, dvije zlatne Thera - band® elastične gume opuštene dužine 2,2 m, konop dužine 4,5 m, pločasti utezi, koloturnik i digitalna vaga. Za svakog ispitanika je prije početka procesa

treninga određena udaljenost na koju se kompleks elastična guma – konop mora navući da se osigura definirano rasterećenje, a tijekom 7 tjedana se pri svakoj trenažnoj jedinici pažljivo pratilo da taj kriterij bude zadovoljen. Ispitanici ove grupe su, također, odradili ukupno 14 trenažnih sesija. U jednom tjednu su se izvodila 2 treninga s minimalnim razmakom od 48h. Kao i u slučaju grupe sila, prisutna je bila blaga progresija opterećenja tijekom 7 tjedana treninga. U prvom tjednu ispitanici su izvodili 7 serija po 6 skokova, u drugom i trećem tjednu 8 serija po 6 skokova, dok su u zadnja 4 tjedna u jednom treningu izvodili 9 serija po 6 skokova. Odmor između serija je trajao 2 minute i 30 sekundi, a istovremeno su trening izvodila 3 ispitanika koja su morala biti izrazito usklađena u promjenama. Ukupno je svaki ispitanik izveo 708 skokova u zadanom trenažnom periodu. Sve komponente trenažnog procesa su postavljene na temelju spoznaja iz dosad provedenih studija (Sheppard i sur., 2011; Marković i sur., 2011; Marković i sur., 2013).

Ispitanici obiju grupa imali su gotovo identičan protokol pripreme za svaki trening koji se sastojao od trčanja niskim intenzitetom u trajanju jedne minute, dinamičke fleksibilnosti mišića donjih ekstremiteta, aktivacije mišića trupa, deset ponavljanja stražnjeg polučučnja bez dodatnog opterećenja, pet ponavljanja SJ i osam ponavljanja stražnjeg polučučnja uz dodatno opterećenje od 50% 1RM. Posljednju vježbu je izvodila samo grupa koja je trenirala u smjeru sile.

Tablica 5. Prikaz progresije opterećenja za grupu sila

GRUPA SILA						
1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan	7. tjedan
2 treninga	2 treninga	2 treninga	2 treninga	2 treninga	2 treninga	2 treninga
Stražnji polučučanj	Stražnji polučučanj	Stražnji polučučanj	Stražnji polučučanj	Stražnji polučučanj	Stražnji polučučanj	Stražnji polučučanj
4 x 5 s 80% 1RM	5 x 5 s 80% 1RM	5 x 5 s 80% 1RM	5 x 5 s 85% 1RM	5 x 5 s 85% 1RM	5 x 5 s 85% 1RM	5 x 5 s 85% 1RM

**Legenda:** 1RM – jedno maksimalno ponavljanje

Tablica 6. Prikaz progresije opterećenja za grupu brzina

GRUPA BRZINA						
1. tjedan	2. tjedan	3. tjedan	4. tjedan	5. tjedan	6. tjedan	7. tjedan
2 treninga	2 treninga	2 treninga	2 treninga	2 treninga	2 treninga	2 treninga
SJ	SJ	SJ	SJ	SJ	SJ	SJ
7 x 6 sa 75% TM	8 x 6 sa 75% TM	8 x 6 sa 75% TM	9 x 6 sa 75% TM	9 x 6 sa 75% TM	9 x 6 sa 75% TM	9 x 6 sa 75% TM

**Legenda:** *SJ* – skok iz čučnja, *TM* – tjelesna masa

### 3.8. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Korištenjem statističkog paketa IBM SPSS Statistics for Windows (verzija 24.0, Armonk, NY: IBM Corp.) obavljena je statistička obrada podataka. Osnovni deskriptivni parametri evidentirani kod svih varijabli su: aritmetička sredina, standardna devijacija, maksimalna vrijednost, minimalna vrijednost, koeficijent asimetrije i koeficijent spljoštenosti. Normalnost distribucije provjeravana je Shapiro – Wilk testom. U istraživanju akutnih učinaka, Mauchlyevim testom utvrđivana je sferičnost podataka, dok se ANOVOM za ponovljena mjerenja (eng. *repeated measures* ANOVA) određivala razlika između vremenskih točaka unutar oba protokola. Značajnost interakcije faktora vrijeme i faktora protokol preodopterećenja ispitana je dvosmjernom ANOVOM. Ispitivanje razlika između dva protokola u kroničnim učincima je urađeno 2 x 2 miješanim ANOVA modelom (eng. *2 x 2 mixed model* ANOVA), dok su razlike unutar samih protokola ispitivane t – testom za zavisne uzorke ili Wilcoxonovim testom sume rangove. Evaluacija individualnih odgovora obavljena je korištenjem parametra najmanje značajne promjene (eng. *smallest worthwhile change* - SWC), a čiji se kriterijski nivo dobivao množenjem standardne devijacije inicijalnog mjerenja s 0,2. Razlike između grupa u inicijalnom mjerenju analizirane su t – testom za nezavisne uzorke, kada su u pitanju varijable s normalnom raspodjelom podataka, dok su Mann – Whitney U testom ispitivane razlike u neparametrijskim varijablama. Razina statističke značajnosti je za sve analize postavljena na  $p < 0,05$ . Za praktičnu značajnost rezultata korišten je parametar veličine učinka (eng. *effect size*). Magnitude promjena izražene Cohenovom  $d$  vrijednošću tretirane su kao trivijalne s vrijednostima manjima od 0,2, male u rasponu  $0,2 < 0,6$ , srednje ili umjerene u rasponu  $0,6 < 1,2$ , velike u rasponu  $1,2 < 2$  i izrazito velike s vrijednostima jednakim ili većim od 2 (Hopkins i sur., 2009). Pri analiziranju razlika između nezavisnih uzoraka u varijablama parametrijskog karaktera korištena je sljedeća formula za izračun veličine učinka:

$$d = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{SD_{zajednička}}$$

Veličina učinka se za zavisne uzorke u varijablama normalne raspodjele podataka računala sljedećom formulom:

$$d = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{SD_1 \sqrt{2(1-r)}}$$

Prethodne dvije formule su implementirane u mrežnu programsku podršku *Psychometrica* (Lenhard i Lenhard, 2016), koja je i korištena pri obradi podataka.

Pri izračunavanju veličine učinka u neparametrijskim testovima, kao što su Wilcoxonov test sume rangova i Mann – Whitney U test, korišten je parametar  $r$  koji se dobiva na sljedeći način:

$$r = \frac{Z}{\sqrt{N}}$$

Vrijednosti  $r$  od 0,1 do 0,29 smatrane su malima, od 0,3 do 0,49 srednjima i  $\geq 0,5$  velikima (Fritz i sur., 2011).

Parcijalnim eta kvadratom ( $\eta^2$ ) prezentirala se veličina učinka u metodama kao što su ANOVA za ponovljena mjerenja i 2 x 2 miješani ANOVA model. Vrijednosti  $\eta^2$  od 0,01 do  $< 0,09$  tretirane su malima, od 0,09 do  $< 0,25$  srednjima i  $\geq 0,25$  velikima (Levine i Hullet, 2002).



## 4. REZULTATI

### 4.1. ISTRAŽIVANJE AKUTNIH UČINAKA

U istraživanju akutnih učinaka analizirano je ukupno deset varijabli kojima se ispitala postavljena hipoteza. Njihove deskriptivne vrijednosti prikazane su u tablici broj 7. U svim varijablama je primjenom Shapiro – Wilk testa zabilježena normalna distribuiranost podataka, pa je shodno tome pri obradi podataka korištena parametrijska statistička metoda.

Tablica 7. Deskriptivne vrijednosti visine vertikalnoga skoka u dva različita protokola predopterećenja

Parametar	$\bar{x} \pm SD$	<i>min</i>	<i>max</i>	$S_{SK}$	$S_{KU}$	$W$	$p$
$h_{peak}$ SJ inic (v) (cm)	42,39 ± 4,43	33,40	52,40	0,10	0,99	0,96	0,65
$h_{peak}$ SJ 1'30" (v) (cm)	42,17 ± 4,04	35,50	51,30	0,25	0,04	0,97	0,74
$h_{peak}$ SJ 4' (v) (cm)	41,54 ± 4,19	34,60	52,90	0,74	2,13	0,92	0,13
$h_{peak}$ SJ 6'30" (v) (cm)	41,27 ± 4,11	32,10	51,70	0,33	2,30	0,95	0,40
$h_{peak}$ SJ 9' (v) (cm)	40,91 ± 4,33	33,40	51,50	0,55	0,93	0,97	0,88
$h_{peak}$ SJ inic (F) (cm)	42,28 ± 5,09	33,00	53,40	-0,02	0,43	0,97	0,80
$h_{peak}$ SJ 1'30" (F) (cm)	42,01 ± 4,65	34,30	50,50	0,09	-0,59	0,98	0,93
$h_{peak}$ SJ 4' (F) (cm)	42,91 ± 4,53	35,00	50,10	-0,25	-0,86	0,97	0,71
$h_{peak}$ SJ 6'30" (F) (cm)	43,37 ± 4,94	34,90	53,80	0,04	-0,10	0,98	0,91
$h_{peak}$ SJ 9' (F) (cm)	42,45 ± 5,53	30,40	54,30	-0,15	1,02	0,96	0,56

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina,  $SD$  – standardna devijacija, *min* – minimalna vrijednost, *max* – maksimalna vrijednost,  $S_{SK}$  – koeficijent asimetrije,  $S_{KU}$  – koeficijent spljoštenosti,  $W$  – vrijednost Shapiro – Wilk testa,  $p$  – razina statističke značajnosti za Shapiro – Wilk test, ' – minuta, '' – sekunda,  $h_{peak}$  SJ inic (v) – vršna visina u skoku iz čučnja prije podražaja u smjeru brzine,  $h_{peak}$  SJ 1'30" (v) – vršna visina u skoku iz čučnja 1'30" nakon podražaja

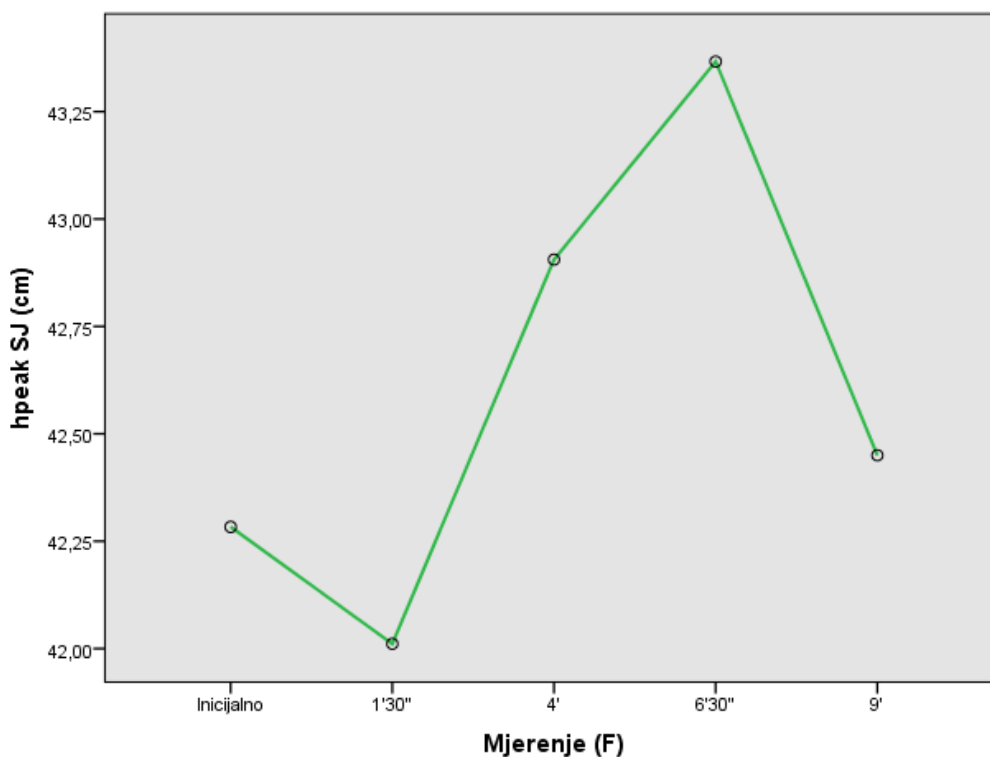
brzine,  $h_{peak}$  SJ 4' (v) – vršna visina u skoku iz čučnja 4' nakon podražaja brzine,  $h_{peak}$  SJ 6'30" (v) – vršna visina u skoku iz čučnja 6'30" nakon podražaja brzine,  $h_{peak}$  SJ 9' (v) – vršna visina u skoku iz čučnja 9' nakon podražaja brzine,  $h_{peak}$  SJ inic (F) – vršna visina u skoku iz čučnja prije podražaja u smjeru sile,  $h_{peak}$  SJ 1'30" (F) – vršna visina u skoku iz čučnja 1'30" nakon podražaja jakosti,  $h_{peak}$  SJ 4' (F) – vršna visina u skoku iz čučnja 4' nakon podražaja jakosti,  $h_{peak}$  SJ 6'30" (F) – vršna visina u skoku iz čučnja 6'30" nakon podražaja jakosti,  $h_{peak}$  SJ 9' (F) – vršna visina u skoku iz čučnja 9' nakon podražaja jakosti, **cm** – centimetar

Testiranje značajnosti razlika između ponovljenih mjerenja je obavljeno univarijantnom analizom varijance (ANOVA) za ponovljena mjerenja (eng. *repeated measures*). Mauchlyevim testom ispitivana je sferičnost podataka, odnosno testirane su varijance razlika između svih parova mjerenja. Navedenim testom je utvrđeno da se varijance razlika statistički značajno razlikuju u protokolu predopterećenja sile ( $W = 0,23$ ;  $p = 0,007$ ), kao i u protokolu predopterećenja brzine ( $W = 0,29$ ;  $p = 0,03$ ) (tablica 8 i 9). Ovakvi podaci su uvjetovali korištenje Greenhouse – Geisser korekcije F - testa. Najveća prosječna vrijednost visine SJ unutar protokola sile je zabilježena 6'30" nakon provedbe predopterećenja ( $h_{peak} = 43,37 \pm 4,94$  cm), dok je 1'30" nakon provedbe predopterećenja evidentirana najmanja vrijednost ( $h_{peak} = 42,01 \pm 4,65$  cm). Analizirajući ANOVA model unutar navedenog protokola, primjetno je da ne postoji značajna razlika između pet točaka mjerenja ( $F = 1,91$ ;  $p = 0,16$ ) (tablica 8), Grafički prikaz rezultata ovoga protokola je prikazan na slici 19.

Tablica 8. Testiranje razlika između pet točaka mjerenja unutar protokola sila

Sila	ANOVA						Mauchlyev test	
	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$	W	p
$h_{peak}$ SJ	20,71	2,35 <sup>gs</sup>	8,81	1,91	0,16	0,10	0,23	0,007*

**Legenda:**  $h_{peak}$  SJ – vršna visina u skoku iz čučnja, **SS** – suma kvadrata (eng. *sum of squares*), **df** – broj stupnjeva slobode, <sup>gs</sup> – Greenhouse – Geisser korekcija, **MS** – srednji kvadrat (eng. *mean square*), **F** – vrijednost F – testa, **p** – razina statističke značajnosti,  $\eta^2$  – parcijalni eta kvadrat, **W** – vrijednost Mauchlyevog testa, \* - statistički značajna vrijednost



Slika 19. Grafički prikaz prosječnih vrijednosti visine vertikalnog skoka unutar protokola sila

Suprotno protokolu sila, značajna razlika je evidentirana u protokolu brzina ( $F = 5,31$ ;  $p = 0,006$ ) (tablica 9). S obzirom na potonju statističku značajnost, Bonferroni post-hoc testom je provedeno višestruko uspoređivanje da se utvrdi između kojih točaka mjerenja unutar protokola brzine postoji značajna razlika. Pronađena je razlika između varijabli  $h_{\text{peak SJ}} \text{ inic}$  i  $h_{\text{peak SJ}} 9'$  ( $p = 0,04$ ), s naglaskom na značajno nižoj vrijednosti u varijabli  $h_{\text{peak SJ}} 9'$  ( $h_{\text{peak SJ}} \text{ inic} = 42,39 \pm 4,43 \text{ cm}$  vs.  $h_{\text{peak SJ}} 9' = 40,91 \pm 4,33 \text{ cm}$ ) (tablica 7 i tablica 10). Prema kriterijima postavljenima u radu autora Levine i Hullet (2002), vrijednost parcijalnog eta kvadrata ( $\eta^2$ ) u iznosu 0,24 se tretira kao srednja veličina učinka, tj. podaci ukazuju na umjeren utjecaj vremenske komponente na izvedbu SJ unutar protokola brzina. Inače, u ovome protokolu je primjetno konstantno opadanje visine SJ koje je grafički prikazano na slici 20.

Tablica 9. Testiranje razlika između pet točaka mjerenja unutar protokola brzina

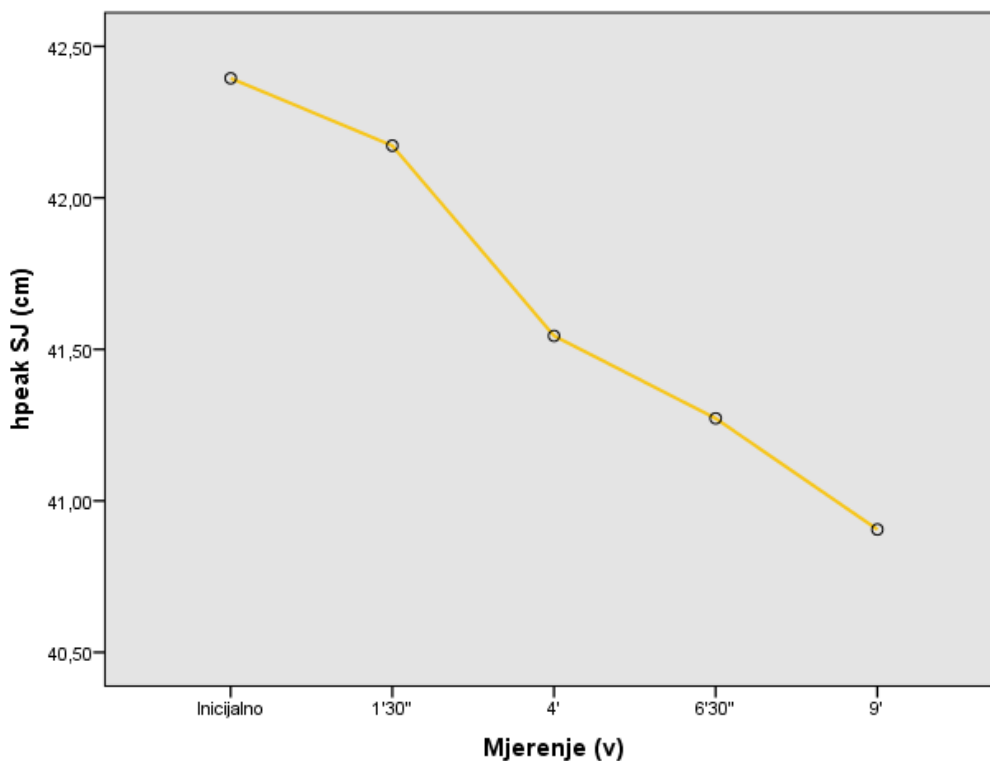
Brzina	ANOVA						Mauchlyev test	
	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$	W	p
$h_{\text{peak SJ}}$	27,62	2,36 <sup>gg</sup>	11,73	5,31	0,006*	0,24	0,29	0,03*

**Legenda:**  $h_{\text{peak SJ}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja, **SS** – suma kvadrata, **df** – broj stupnjeva slobode, <sup>gg</sup> – Greenhouse – Geisser korekcija, **MS** – srednji kvadrat, **F** – vrijednost *F* – testa, **p** – razina statističke značajnosti,  $\eta^2$  – parcijalni eta kvadrat, **W** – vrijednost Mauchlyevog testa, \* - statistički značajna vrijednost

Tablica 10. Višestruko uspoređivanje varijabli unutar protokola brzina Bonferroni testom

Brzina	Bonferroni test				
	$h_{\text{peak SJ inic (v)}}$	$h_{\text{peak SJ 1'30'' (v)}}$	$h_{\text{peak SJ 4' (v)}}$	$h_{\text{peak SJ 6'30'' (v)}}$	$h_{\text{peak SJ 9' (v)}}$
$h_{\text{peak SJ inic (v)}}$		1,00	0,12	0,18	0,04*
$h_{\text{peak SJ 1'30'' (v)}}$	1,00		0,20	0,48	0,22
$h_{\text{peak SJ 4' (v)}}$	0,12	0,20		1,00	1,00
$h_{\text{peak SJ 6'30'' (v)}}$	0,18	0,48	1,00		1,00
$h_{\text{peak SJ 9' (v)}}$	0,04*	0,22	1,00	1,00	

**Legenda:**  $h_{\text{peak SJ inic (v)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja prije podražaja u smjeru brzine,  $h_{\text{peak SJ 1'30'' (v)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 1'30'' nakon podražaja brzine,  $h_{\text{peak SJ 4' (v)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 4' nakon podražaja brzine,  $h_{\text{peak SJ 6'30'' (v)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 6'30'' nakon podražaja brzine,  $h_{\text{peak SJ 9' (v)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 9' nakon podražaja brzine, ' – minuta, '' – sekunda



Slika 20. Grafički prikaz prosječnih vrijednosti visine vertikalnog skoka unutar protokola brzina

Dvosmjerna ANOVA za ponovljena mjerenja je korištena pri ispitivanju značajnosti interakcije faktora protokol predopterećenja i faktora vrijeme, ali i njihove zasebne značajnosti. Mauchleyevim testom je evidentirana narušena sferičnost u faktoru vrijeme ( $W = 0,33$ ;  $p < 0,001$ ), pa je primijenjena Greenhouse – Geisser korekcije F- testa, dok je pretpostavka homogenosti varijanci zadovoljena u svim točkama mjerenja uspoređujući dva različita protokola predopterećenja (tablica 11). Segmentirajući faktore, nije pronađena značajna razlika u faktoru protokol ( $F = 0,41$ ;  $p = 0,53$ ) niti u faktoru vrijeme ( $F = 1,32$ ;  $p = 0,27$ ). Međutim, interakcija navedenih faktora je statistički značajna ( $F = 4,71$ ;  $p = 0,007$ ), uz srednju veličinu učinka ( $\eta^2 = 0,12$ ) (tablica 12). Shodno značajnosti, provedeno je višestruko uspoređivanje Bonferroni post-hoc testom, no zabilježene su statistički neznačajne razlike u svim analiziranim parovima (tablica 13). Na slici 21 je simultani grafički prikaz akutnih odgovora na oba protokola predopterećenja.

Tablica 11. Testiranje homogenosti varijanci u svim točkama mjerenja između dva protokola predopterećenja

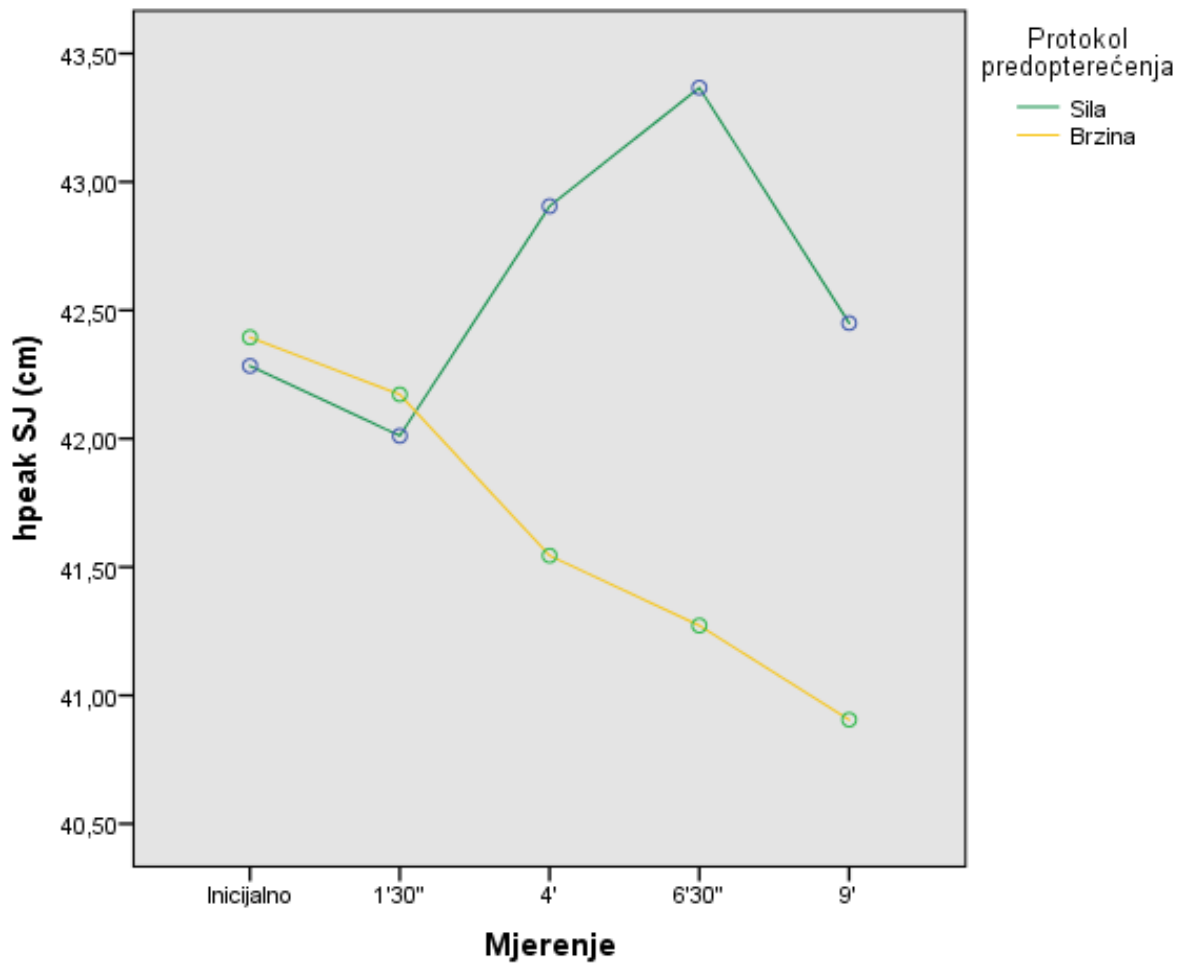
	Levenov test			
	F	df1	df2	p
$h_{\text{peak SJ inic}}$	0,48	1	34	0,49
$h_{\text{peak SJ 1'30''}}$	0,25	1	34	0,62
$h_{\text{peak SJ 4'}}$	0,70	1	34	0,41
$h_{\text{peak SJ 6'30''}}$	1,10	1	34	0,31
$h_{\text{peak SJ 9'}}$	0,31	1	34	0,58

**Legenda:**  $h_{\text{peak SJ inic}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja prije protokola predopterećenja,  $h_{\text{peak SJ 1'30''}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 1'30" nakon predopterećenja,  $h_{\text{peak SJ 4'}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 4' nakon predopterećenja,  $h_{\text{peak SJ 6'30''}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 6'30" nakon predopterećenja,  $h_{\text{peak SJ 9'}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 9' nakon predopterećenja, **F** – vrijednost F – testa, **df** – broj stupnjeva slobode, **p** – razina statističke značajnosti, ' – minuta, '' – sekunda

Tablica 12. Testiranje zasebne značajnosti faktora protokol i faktora vrijeme te njihove interakcije

	ANOVA					
	SS	df	MS	F	p	$\eta^2$
<b>Protokol</b>	40,23	1	40,23	0,41	0,53	0,01
<b>Vrijeme</b>	10,60	2,56 <sup>gs</sup>	4,16	1,32	0,27	0,04
<b>Protokol*Vrijeme</b>	37,73	2,56 <sup>gs</sup>	14,79	4,71	0,007*	0,12

**Legenda:** **SS** – suma kvadrata, **df** – broj stupnjeva slobode, <sup>gs</sup> – Greenhouse – Geisser korekcija, **MS** – srednji kvadrat, **F** – vrijednost F – testa, **p** – razina statističke značajnosti,  $\eta^2$  – parcijalni eta kvadrat, \* - statistički značajna vrijednost



Slika 21. Grafički prikaz akutnih odgovora unutar oba protokola predopterećenja

Tablica 13. Višestruko uspoređivanje svih parova dva protokola predopterećenja

	Bonferroni test									
	$h_{\text{peak SJ inic (v)}}$	$h_{\text{peak SJ 1'30'' (v)}}$	$h_{\text{peak SJ 4' (v)}}$	$h_{\text{peak SJ 6'30'' (v)}}$	$h_{\text{peak SJ 9' (v)}}$	$h_{\text{peak SJ inic (F)}}$	$h_{\text{peak SJ 1'30'' (F)}}$	$h_{\text{peak SJ 4' (F)}}$	$h_{\text{peak SJ 6'30'' (F)}}$	$h_{\text{peak SJ 9' (F)}}$
$h_{\text{peak SJ inic (v)}}$		1,00	1,00	0,85	0,09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$h_{\text{peak SJ 1'30'' (v)}}$	1,00		1,00	1,00	0,37	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$h_{\text{peak SJ 4' (v)}}$	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$h_{\text{peak SJ 6'30'' (v)}}$	0,85	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$h_{\text{peak SJ 9' (v)}}$	0,09	0,37	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$h_{\text{peak SJ inic (F)}}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	0,98	1,00
$h_{\text{peak SJ 1'30'' (F)}}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	0,21
$h_{\text{peak SJ 4' (F)}}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00
$h_{\text{peak SJ 6'30'' (F)}}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,21	1,00		1,00
$h_{\text{peak SJ 9' (F)}}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

**Legenda:**  $h_{\text{peak SJ inic (v)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja prije podražaja u smjeru brzine,  $h_{\text{peak SJ 1'30'' (v)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 1'30" nakon podražaja brzine,  $h_{\text{peak SJ 4' (v)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 4' nakon podražaja brzine,  $h_{\text{peak SJ 6'30'' (v)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 6'30" nakon podražaja brzine,  $h_{\text{peak SJ 9' (v)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 9' nakon podražaja brzine,  $h_{\text{peak SJ inic (F)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja prije podražaja u smjeru sile,  $h_{\text{peak SJ 1'30'' (F)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 1'30" nakon podražaja jakosti,  $h_{\text{peak SJ 4' (F)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 4' nakon podražaja jakosti,  $h_{\text{peak SJ 6'30'' (F)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 6'30" nakon podražaja jakosti,  $h_{\text{peak SJ 9' (F)}}$  – vršna visina u skoku iz čučnja 9' nakon podražaja jakosti, ' – minuta, " – sekunda,



## 4.2. ISTRAŽIVANJE KRONIČNIH UČINAKA

### 4.2.1. Osnovni parametri ispitanika

Prije početka provođenja trenažnog programa, odnosno pri procesu inicijalnog mjerenja, ispitanicima su utvrđene vrijednosti tjelesne mase (TM), tjelesne visine (TV) i dobi. Osnovni deskriptivni parametri navedenih varijabli prikazani su u tablici 14. Budući da su podaci obiju grupa u varijabli tjelesna masa normalno distribuirani, a uz to je i zadovoljena pretpostavka homogenosti varijanci, razlike između grupa su ispitivane t – testom za nezavisne uzorke (tablica 15). Suprotno prethodnome, podaci u varijablama tjelesna visina i dob nisu zadovoljili kriterij normalnosti distribucije (tablica 14), pa je shodno tome primjenjivan Mann – Whitney U test za utvrđivanje razlika između grupa (tablica 16). U sve tri navedene varijable nisu zabilježene značajne razlike [TM ( $t = 0,62$ ,  $p = 0,54$ ); TV ( $Z = -0,58$ ,  $p = 0,56$ ); dob ( $Z = -0,60$ ,  $p = 0,55$ )], stoga se može reći kako su istraživanju bile podvrgnute dvije grupe podudarne u osnovnim morfološkim karakteristikama i dobnoj strukturi.

Tablica 14. Deskriptivne vrijednosti osnovnih parametra ispitanika obiju grupa

Grupa	Parametar	$\bar{x} \pm SD$	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>S<sub>SK</sub></i>	<i>S<sub>KU</sub></i>	<i>W</i>	<i>p</i>
Sila	TM (kg)	79,71 ± 9,13	66,03	94,99	0,19	-0,91	0,94	0,38
	TV (cm)	180,87 ± 7,19	172,00	198,00	1,08	0,72	0,87	0,04*
	Dob (godine)	21,93 ± 2,63	20,00	28,00	1,85	2,61	0,70	< 0,001*
Brzina	TM (kg)	77,63 ± 9,27	63,88	98,29	0,42	0,19	0,95	0,52
	TV (cm)	179,80 ± 6,01	172,00	194,00	0,89	0,49	0,91	0,15
	Dob (godine)	22,00 ± 1,89	20,00	26,00	1,17	0,18	0,80	0,004*

**Legenda:** *TM* – tjelesna masa, *TV* – tjelesna visina, *kg* – kilogram, *cm* – centimetar,  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, *SD* – standardna devijacija, *min* – minimalna vrijednost, *max* – maksimalna vrijednost, *S<sub>SK</sub>* – koeficijent asimetrije, *S<sub>KU</sub>* – koeficijent spljoštenosti, *W* – vrijednost Shapiro – Wilk testa, *p* – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje empirijskih rezultata od teoretske normalne distribucije

Tablica 15. Testiranje razlike između grupa u varijabli tjelesna masa

			Studentov t – test			Levenov test	
Parametar	Grupa	$\bar{x} \pm SD$	t	df	p	F	p
TM (kg)	Sila	79,71 ± 9,13	0,62	28	0,54	0,006	0,94
	Brzina	77,63 ± 9,27					

**Legenda:** *TM* – tjelesna masa, *kg* – kilogram,  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, *SD* – standardna devijacija, *t* – vrijednost *t* – testa za nezavisne uzorke, *df* – broj stupnjeva slobode, *p* – razina statističke značajnosti, *F* – vrijednost Levenovog testa

Tablica 16. Testiranje razlika između grupa u varijablama tjelesna visina i dob

Mann – Whitney U test							
Parametar	Grupa	SrR	SuR	U	Z	p	ES
TV	Sila	16,43	246,50	98,50	-0,58	0,56	0,11
	Brzina	14,57	218,50				
Dob	Sila	14,57	218,50	98,50	-0,60	0,55	0,11
	Brzina	16,43	246,50				

**Legenda:** *TV* – tjelesna visina, *SrR* – srednji rang, *SuR* – suma rangova, *U* – vrijednost Mann Whitney U testa, *Z* – vrijednost Mann Whitney U testa, *p* – razina statističke značajnosti, *ES* – veličina učinka izražena vrijednošću *r*

#### 4.2.2. Kinematički parametri vertikalnoga skoka

U istraživanju kroničnih učinaka ukupno je analizirano dvanaest kinematičkih varijabli, tj. varijabli kojima se opisuje gibanje tijela bez obzira na uzroke samoga gibanja (Arfken i sur., 1984). Osmam varijabli se odnosilo na SJ, a četiri na CMJ. U tablicama 17, 18, 21 i 22 su prikazane osnovne deskriptivne vrijednosti svih varijabli, s naglaskom da su odvojeno prikazane vrijednosti grupa, ali i njihova inicijalna i finalna mjerenja.

Tablica 17. Osnovne deskriptivne vrijednosti kinematičkih parametara za grupu sila u inicijalnom mjerenju

GRUPA SILA (inicijalno)								
Kinematički parametar	$\bar{x}$	SD	<i>min</i>	<i>max</i>	S <sub>SK</sub>	S <sub>KU</sub>	W	p
<b>SJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	41,73	5,31	33,20	53,50	0,93	1,14	0,92	0,18
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	2,54	0,17	2,27	2,92	0,72	0,50	0,96	0,62
<b>h<sub>PO</sub> (cm)</b>	33,87	8,11	22,00	50,00	0,66	0,30	0,93	0,32
<b>t<sub>Fpeak</sub> (s)</b>	0,227	0,051	0,140	0,300	-0,23	-0,93	0,95	0,50
<b>h<sub>peak+15%</sub> (cm)</b>	34,73	4,33	25,60	42,50	-0,39	0,50	0,97	0,86
<b>h<sub>peak+30%</sub> (cm)</b>	30,85	4,70	20,70	38,40	-0,27	0,41	0,97	0,88
<b>h<sub>peak+45%</sub> (cm)</b>	27,46	4,51	18,30	34,40	-0,31	-0,14	0,98	0,94
<b>h<sub>peak+60%</sub> (cm)</b>	24,59	4,23	16,80	31,30	-0,44	-0,43	0,96	0,72
<b>CMJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	48,38	3,98	41,10	54,60	-0,09	-0,58	0,97	0,85
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	2,78	0,14	2,51	3,04	0,08	-0,41	0,98	0,99

<b>h<sub>ecc</sub> (cm)</b>	31,61	5,95	24,90	47,00	1,53	2,30	0,86	0,02*
<b>tF<sub>peak</sub> (s)</b>	0,253	0,138	0,118	0,582	1,26	0,73	0,84	0,01*

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **S<sub>SK</sub>** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **S<sub>KU</sub>** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje rezultata od normalne teoretske distribucije, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom, **h<sub>peak</sub>** – vršna visina skoka, **v<sub>peak</sub>** – vršna brzina skoka, **h<sub>PO</sub>** – prijeđena udaljenost tijekom koncentrične faze skoka iz čučnja, **tF<sub>peak</sub>** – vrijeme potrebno za postizanje vršne sile, **h<sub>peak</sub> +15%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub> +30%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub> +45%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub> +60%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite mase tijela, **h<sub>ecc</sub>** – prijeđena udaljenost tijekom ekscentrične faze u skoku iz čučnja s pripremom, **cm** – centimetar, **m** – metar, **s** – sekunda

Tablica 18. Osnovne deskriptivne vrijednosti kinematičkih parametara za grupu brzina u inicijalnom mjerenju

<b>GRUPA BRZINA (inicijalno)</b>								
<b>Kinematički parametar</b>	$\bar{x}$	<b>SD</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>S<sub>SK</sub></b>	<b>S<sub>KU</sub></b>	<b>W</b>	<b>p</b>
<b>SJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	42,31	6,03	33,40	55,30	0,85	0,59	0,92	0,18
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	2,56	0,22	2,24	3,06	0,72	0,56	0,96	0,62
<b>h<sub>PO</sub> (cm)</b>	35,00	4,24	25,00	44,00	-0,28	2,07	0,93	0,32
<b>tF<sub>peak</sub> (s)</b>	0,203	0,060	0,110	0,300	-0,08	-0,92	0,96	0,67
<b>h<sub>peak</sub> +15% (cm)</b>	35,73	4,34	29,60	45,40	0,89	0,50	0,97	0,86
<b>h<sub>peak</sub> +30% (cm)</b>	31,15	3,72	26,80	39,60	0,93	0,27	0,97	0,88
<b>h<sub>peak</sub> +45% (cm)</b>	28,52	3,73	24,30	37,70	1,11	1,16	0,98	0,94
<b>h<sub>peak</sub> +60% (cm)</b>	25,48	3,27	19,80	31,90	0,72	0,52	0,96	0,72

CMJ								
$h_{peak}$ (cm)	47,59	6,09	39,30	60,30	0,69	0,13	0,97	0,85
$v_{peak}$ (m/s)	2,75	0,21	2,47	3,20	0,46	-0,33	0,98	0,99
$h_{ecc}$ (cm)	29,87	7,97	17,10	46,90	0,35	0,34	0,86	0,02*
$tF_{peak}$ (s)	0,223	0,101	0,138	0,546	2,57	7,75	0,70	< 0,001*

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **Ssk** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **Sku** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje rezultata od normalne teoretske distribucije, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom,  $h_{peak}$  – vršna visina skoka,  $v_{peak}$  – vršna brzina skoka,  $h_{po}$  – prijeđena udaljenost tijekom koncentrične faze skoka iz čučnja,  $tF_{peak}$  – vrijeme potrebno za postizanje vršne sile,  $h_{peak} +15\%$  - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite mase tijela,  $h_{peak} +30\%$  - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite mase tijela,  $h_{peak} +45\%$  - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite mase tijela,  $h_{peak} +60\%$  - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite mase tijela,  $h_{ecc}$  – prijeđena udaljenost tijekom ekscentrične faze u skoku iz čučnja s pripremom, **cm** – centimetar, **m** – metar, **s** – sekunda

Analizirajući distribuiranost podataka utvrđena su značajna odstupanja empirijskih distribucija od teoretske normalne distribucije u sljedećim varijablama:  $h_{ecc}$  CMJ za grupu sila u oba mjerenja,  $tF_{peak}$  CMJ za grupu sila u inicijalnom mjerenju,  $h_{ecc}$  CMJ za grupu brzina u inicijalnom mjerenju i  $tF_{peak}$  CMJ za grupu brzina u oba mjerenja (tablice 17, 18, 21 i 22). S obzirom na prethodno, u analiziranju navedenih varijabli korištene su neparametrijske metode, osim kada je u pitanju ispitivanje značajnosti interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga. Homogenost varijanci, ispitivana Levenovim testom, prisutna je u svim varijablama koje su zadovoljile kriterij normalnosti distribucije. Shodno tome, razlike između grupa u inicijalnom mjerenju spomenutih varijabli analizirale su se primjenom t – testa za nezavisne uzorke. U nijednoj od njih nije pronađena značajna razlika između dvije grupe. Najveća veličina učinka u analiziranju razlika između grupa u inicijalnom mjerenju zabilježena je u varijabli  $tF_{peak}$  SJ (ES = 0,43) (tablica 19), no oslanjajući se na zahtjevnije kriterije, takva vrijednost se tretira kao mali učinak (Hopkins i sur., 2009). Korištenjem Mann Whitney U testa, neparametrijskog statističkog testa, također nisu pronađene značajne razlike u inicijalnom mjerenju između grupa u varijablama  $h_{ecc}$  CMJ (Z = -0,60; p = 0,57) i  $tF_{peak}$  CMJ (Z = -0,10; p = 0,93), a uz to su zabilježene i trivijalne veličine učinka

(ES < 0,20) (tablica 20). Ovakvi podaci sugeriraju da su istraživanju bile podvrgnute dvije grupe ispitanika koje se inicijalno ne razlikuju u kinematičkim karakteristikama vertikalnoga skoka.

Tablica 19. Razlike između grupa u inicijalnom mjerenju kinematičkih parametara

Kinematički parametar	$\bar{x} \pm SD$		Studentov t – test				Levenov test	
	Grupa sila	Grupa brzina	t	df	p	ES	F	p
<b>SJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	41,73 ± 5,31	42,31 ± 6,03	-0,28	28	0,78	0,10	0,18	0,67
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	2,54 ± 0,17	2,56 ± 0,22	-0,30	28	0,77	0,10	0,54	0,47
<b>h<sub>PO</sub> (cm)</b>	33,87 ± 8,11	35,00 ± 4,24	-0,48	28	0,64	0,17	3,63	0,07
<b>tF<sub>peak</sub> (s)</b>	0,227 ± 0,051	0,203 ± 0,060	1,16	28	0,26	0,43	0,40	0,53
<b>h<sub>peak</sub> +15% (cm)</b>	34,73 ± 4,33	35,73 ± 4,34	-0,63	28	0,54	0,23	< 0,001	0,99
<b>h<sub>peak</sub> +30% (cm)</b>	30,85 ± 4,70	31,15 ± 3,72	-0,19	28	0,85	0,07	0,26	0,61
<b>h<sub>peak</sub> +45% (cm)</b>	27,46 ± 4,51	28,52 ± 3,73	-0,70	28	0,49	0,26	0,38	0,54
<b>h<sub>peak</sub> +60% (cm)</b>	24,59 ± 4,23	25,48 ± 3,27	-0,65	28	0,52	0,24	1,20	0,28
<b>CMJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	48,38 ± 3,98	47,59 ± 6,09	0,42	28	0,68	0,15	1,37	0,25
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	2,78 ± 0,14	2,75 ± 0,21	0,39	28	0,70	0,17	2,26	0,14

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina,  $SD$  - standardna devijacija,  $t$  – vrijednost  $t$  – testa za nezavisne uzorke,  $df$  – broj stupnjeva slobode,  $p$  – razina statističke značajnosti,  $ES$  – veličina učinka izražena Cohenovim  $d$  indeksom,  $F$  – vrijednost Levenovog testa homogenosti varijanci, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom,  $h_{peak}$  – vršna visina skoka,  $v_{peak}$  – vršna brzina skoka,  $h_{PO}$  – prijeđena udaljenost tijekom koncentrične faze skoka iz čučnja,  $tF_{peak}$  – vrijeme potrebno za postizanje vršne sile,  $h_{peak} +15\%$  - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite mase tijela,  $h_{peak} +30\%$  - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite mase tijela,  $h_{peak} +45\%$  - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite mase tijela,  $h_{peak} +60\%$  - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite mase tijela, **cm** – centimetar, **m** – metar, **s** – sekunda

Tablica 20. Razlike između grupa u inicijalnom mjerenju  $h_{ecc}$  CMJ i  $tF_{peak}$  CMJ

Mann – Whitney U							
Kinematički parametar	Grupa	SrR	SuR	U	Z	p	ES
$h_{ecc}$ CMJ	Sila	16,47	247,00	98,00	-0,60	0,57	0,11
	Brzina	14,53	218,00				
$tF_{peak}$ CMJ	Sila	15,67	235,00	110,00	-0,10	0,93	0,02
	Brzina	15,33	230,00				

**Legenda:**  $h_{ecc}$  CMJ – prijeđena udaljenost tijekom ekscentrične faze u skoku iz čučnja s pripremom,  $tF_{peak}$  CMJ – vrijeme potrebno za postizanje vršne sile u skoku iz čučnja s pripremom, SrR – srednji rang, SuR – suma rangova, U – vrijednost Mann – Whitney U testa, Z - vrijednost Mann – Whitney U testa, p – razina statističke značajnosti, ES – veličina učinka izražena vrijednošću r

Tablica 21. Osnovne deskriptivne vrijednosti kinematičkih parametara za grupu sila u finalnom mjerenju

GRUPA SILA (finalno)								
Kinematički parametar	$\bar{x}$	SD	min	max	S <sub>SK</sub>	S <sub>KU</sub>	W	p
<b>SJ</b>								
$h_{peak}$ (cm)	46,73	4,86	39,00	56,30	0,37	-0,37	0,97	0,82
$v_{peak}$ (m/s)	2,73	0,19	2,43	3,08	0,72	-0,04	0,92	0,17
$h_{PO}$ (cm)	36,13	5,72	26,00	47,00	0,44	-0,25	0,94	0,43
$tF_{peak}$ (s)	0,196	0,039	0,132	0,286	0,404	0,62	0,97	0,82
$h_{peak+15\%}$ (cm)	38,28	4,18	32,40	44,10	-0,11	-1,15	0,92	0,18
$h_{peak+30\%}$ (cm)	34,14	4,03	27,30	41,00	-0,05	-0,84	0,97	0,86
$h_{peak+45\%}$ (cm)	30,84	3,89	24,60	37,00	0,13	-1,20	0,95	0,53

<b>h<sub>peak</sub> +60% (cm)</b>	27,65	4,20	18,70	33,70	-0,38	-0,18	0,97	0,78
<b>CMJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	50,89	4,67	42,40	57,80	-0,36	-0,93	0,95	0,47
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	2,87	0,16	2,52	3,08	-0,44	-0,24	0,95	0,47
<b>h<sub>ecc</sub> (cm)</b>	31,71	6,38	22,70	48,60	1,42	2,80	0,88	0,04*
<b>tF<sub>peak</sub> (s)</b>	0,213	0,083	0,096	0,404	0,99	0,58	0,91	0,11

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **S<sub>SK</sub>** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **S<sub>KU</sub>** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje rezultata od normalne teoretske distribucije, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom, **h<sub>peak</sub>** – vršna visina skoka, **v<sub>peak</sub>** – vršna brzina skoka, **h<sub>po</sub>** – prijedena udaljenost tijekom koncentrične faze skoka iz čučnja, **tF<sub>peak</sub>** – vrijeme potrebno za postizanje vršne sile, **h<sub>peak</sub> +15%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub> +30%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub> +45%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub> +60%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite mase tijela, **h<sub>ecc</sub>** – prijedena udaljenost tijekom ekscentrične faze u skoku iz čučnja s pripremom, **cm** – centimetar, **m** – metar, **s** – sekunda

Tablica 22. Osnovne deskriptivne vrijednosti kinematičkih parametara za grupu brzina u finalnom mjerenju

<b>GRUPA BRZINA (finalno)</b>								
<b>Kinematički parametar</b>	$\bar{x}$	<b>SD</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>S<sub>SK</sub></b>	<b>S<sub>KU</sub></b>	<b>W</b>	<b>P</b>
<b>SJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	43,04	5,67	35,00	53,80	0,73	-0,19	0,93	0,27
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	2,60	0,21	2,29	3,04	0,66	-0,32	0,93	0,28
<b>h<sub>po</sub> (cm)</b>	34,40	3,16	30,00	39,00	0,17	-1,13	0,92	0,20
<b>tF<sub>peak</sub> (s)</b>	0,215	0,078	0,110	0,368	0,41	-0,68	0,95	0,55
<b>h<sub>peak</sub> +15% (cm)</b>	36,16	4,48	30,80	46,00	1,00	0,46	0,90	0,08



<b>h<sub>peak</sub>+30% (cm)</b>	32,05	4,35	26,50	41,90	0,95	0,51	0,92	0,20
<b>h<sub>peak</sub>+45% (cm)</b>	28,70	3,19	24,30	34,50	0,49	-0,69	0,94	0,40
<b>h<sub>peak</sub>+60% (cm)</b>	25,19	3,20	20,50	32,60	0,54	0,71	0,96	0,61
<b>CMJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	48,11	5,67	40,80	59,10	0,51	-0,13	0,96	0,71
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	2,77	0,19	2,44	3,12	0,13	-0,80	0,97	0,85
<b>h<sub>ecc</sub> (cm)</b>	32,59	5,31	22,60	42,00	0,03	-0,42	0,98	0,98
<b>tF<sub>peak</sub> (s)</b>	0,222	0,084	0,128	0,394	1,17	-0,03	0,80	0,004*

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **S<sub>sx</sub>** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **S<sub>ku</sub>** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje rezultata od normalne teoretske distribucije, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom, **h<sub>peak</sub>** – vršna visina skoka, **v<sub>peak</sub>** – vršna brzina skoka, **h<sub>PO</sub>** – prijeđena udaljenost tijekom koncentrične faze skoka iz čučnja, **tF<sub>peak</sub>** – vrijeme potrebno za postizanje vršne sile, **h<sub>peak</sub>+15%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub>+30%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub>+45%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub>+60%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite mase tijela, **h<sub>ecc</sub>** – prijeđena udaljenost tijekom ekscentrične faze u skoku iz čučnja s pripremom, **cm** – centimetar, **m** – metar, **s** – sekunda

Pri analiziranju razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja, unutar samih grupa, primjenjivan je t – test za zavisne uzorke kod varijabli s normalno distribuiranim podacima, dok se Wilcoxonov test sume rangova koristio pri ispitivanju dviju varijabli, h<sub>ecc</sub> CMJ i tF<sub>peak</sub> CMJ, u kojih kriterij normalnosti distribucije nije zadovoljen. Analizirajući varijable s normalno distribuiranim podacima, kod grupe sila je zabilježena statistički značajna razlika u njih devet, s naglaskom na značajnom poboljšanju izvedbe, dok u varijabli h<sub>PO</sub> SJ nije pronađena značajna razlika. Poboljšanja izražena u postocima, kod devet varijabli sa značajnim razlikama, kreću se u rasponu od +3,13% (v<sub>peak</sub> CMJ) do +13,43% (h<sub>peak</sub> SJ +45%) (slika 24), dok su veličine učinka zabilježene u rasponu od 0,70 (tF<sub>peak</sub> SJ) do 2,30 (v<sub>peak</sub> SJ). Vrijedi istaknuti da je u šest varijabli zabilježen velik učinak (ES h<sub>peak</sub> SJ = 1,92 ± 0,72; ES h<sub>peak</sub> SJ +15% = 1,45 ± 0,68; ES h<sub>peak</sub> SJ +30% = 1,75 ± 0,71; ES h<sub>peak</sub> SJ +45% = 1,53 ± 0,68; ES h<sub>peak</sub> SJ +60% = 1,81 ± 0,71; ES v<sub>peak</sub> CMJ = 1,86 ± 0,72), u dvije varijable umjeren učinak (ES tF<sub>peak</sub> SJ = 0,66 ± 0,62; ES h<sub>peak</sub> CMJ = 1,19 ± 0,65), u

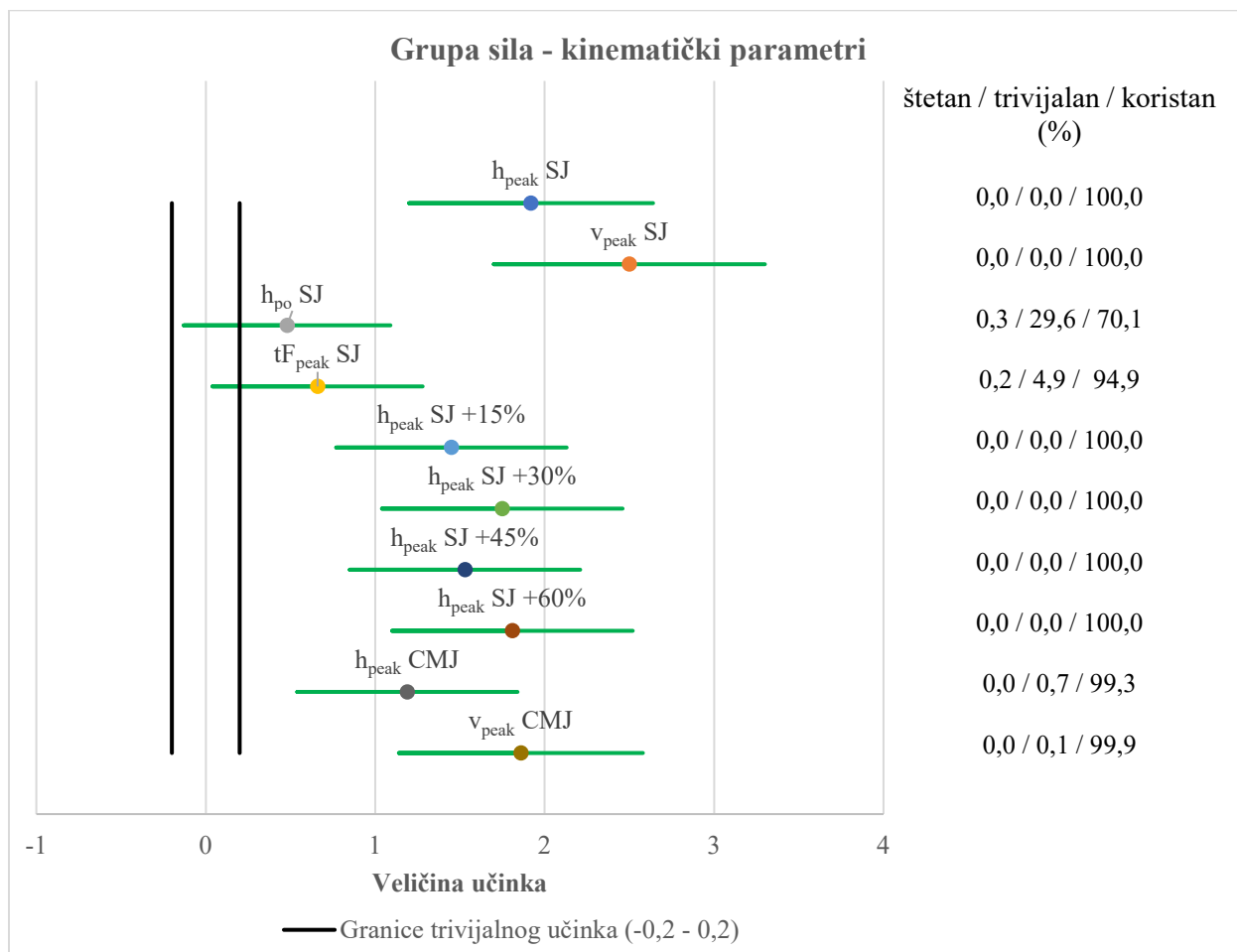
jednoj izrazito velik učinak ( $ES_{v_{peak} SJ} = 2,50 \pm 0,80$ ) te u varijabli s neznačajnom razlikom mali učinak ( $ES_{h_{PO} SJ} = 0,48 \pm 0,61$ ) sedmotjednog programa treninga, usmjerenog ka razvoju jakosti donjih ekstremiteta, na izvedbu vertikalnoga skoka. Kod iste skupine ispitanika nisu pronađene značajne razlike pri analizi varijabli  $h_{ecc} CMJ$  ( $Z = 0,23$ ;  $p = 0,82$ ) i  $tF_{max} CMJ$  ( $Z = 0,85$ ;  $p = 0,39$ ) primjenom Wilcoxonovog testa sume rangova, a uz to su zabilježene trivijalna i mala vrijednost veličine učinka [ $ES(r)_{h_{ecc} CMJ} = 0,04$ ;  $ES(r)_{tF_{peak} CMJ} = 0,16$ ] (tablica 25). Evaluirajući individualne odgovore korištenjem parametra najmanje značajne promjene (eng. *smallest worthwhile change* - SWC) primjetno je da u devet varijabli, kod kojih je zabilježena značajna razlika, udio ispitanika s evidentiranim benefitima seže od 67% ( $tF_{peak} SJ$ ) do 100% ( $h_{peak} SJ$ ). Drugim riječima, svih 15 ispitanika grupe sila imalo je benefite od provedenog programa treninga kada je u pitanju poboljšanje visine SJ. Korištenjem proračunske tablice autora Hopkins (2007) omogućeno je iznošenje praktičnih zaključaka na temelju p - vrijednosti, opažene razlike u mjerenjima i najmanje značajne promjene. Izolirajući varijablu  $h_{PO} SJ$ , čije je promjene kompleksnije kvalitativno ocjenjivati, u svim ostalim kinematičkim parametrima s normalnom distribucijom podataka, vjerojatnost da je sprovedeni program za njih koristan kreće se u rasponu od 94,9% do 100% (slika 22).

Analizirajući promjene kod grupe brzine, utvrđeno je da u svih dvanaest varijabli nema statistički značajne razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja. T - testom za zavisne uzorke su analizirane razlike u deset varijabli, dok se Wilcoxonovim testom sume rangova ispitala razlika u varijablama  $h_{ecc} CMJ$  i  $tF_{peak} CMJ$ . Raspon veličina učinka se za ovu grupu ispitanika kretao od -0,21 ( $h_{peak} SJ +60\%$ ) do 0,49 ( $v_{peak} SJ$ ), kada se analiziraju parametrijske varijable (tablica 24). U dvije neparametrijske varijable zabilježena je trivijalna veličina učinka [ $ES(r)_{tF_{peak} CMJ} = 0,04$ ] i srednja [ $ES(r)_{h_{ecc} CMJ} = 0,35$ ] (tablica 25). Izuzevši potonju varijablu, podaci ukazuju na trivijalan i mali utjecaj treninga s rasterećenjem na promjene u kinematičkim parametrima vertikalnoga skoka kod ispitanika čiji su F-v profili deficitarni silom. Promjene izražene u postocima prate spomenuti trend, pa su izuzimanjem varijable  $tF_{peak} SJ$  zabilježene vrijednosti od -1,00% ( $h_{peak} SJ +60\%$ ) do 2,95% ( $h_{peak} SJ +30\%$ ). U varijabli  $tF_{peak} SJ$  evidentirana je promjena od 11,40%, što bi se, iako pozitivnog predznaka, moglo interpretirati kao pogoršanje u izvedbi. Pretvarajući dobivene rezultate u vjerojatnost o korisnosti programa usmjerenog ka razvoju brzine, onda je u glavnini varijabli, sedam od deset, evidentirano da su najveće šanse za trivijalnim učinkom (slika 23).

Tablica 23. Razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja kod grupe sila u kinematičkim parametrima

Grupa sila	Inicijalno vs. Finalno					Individualni odgovor		
	MD ± SD	t	p	%Δ ± SD	ES ± 90% CI	+	0	-
<b>Kinematički parametar</b>								
<b>SJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	5,00 ± 2,56	-7,55	< 0,001*	12,43 ± 6,98	1,92 ± 0,72	15	0	0
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	0,18 ± 0,08	-8,72	< 0,001*	7,31 ± 3,36	2,50 ± 0,80	14	1	0
<b>h<sub>PO</sub> (cm)</b>	2,27 ± 4,59	-1,91	0,08	9,47 ± 17,93	0,48 ± 0,61	9	3	3
<b>tF<sub>peak</sub> (s)</b>	-0,03 ± 0,04	2,76	0,02*	-10,87 ± 21,00	-0,66 ± 0,62	10	2	3
<b>h<sub>peak</sub> +15% (cm)</b>	3,55 ± 2,37	-5,79	< 0,001*	10,68 ± 7,80	1,45 ± 0,68	13	1	1
<b>h<sub>peak</sub> +30% (cm)</b>	3,29 ± 1,84	-6,93	< 0,001*	11,45 ± 8,60	1,75 ± 0,71	14	1	0
<b>h<sub>peak</sub> +45% (cm)</b>	3,38 ± 2,15	-6,09	< 0,001*	13,43 ± 11,00	1,53 ± 0,68	13	2	0
<b>h<sub>peak</sub> +60% (cm)</b>	3,07 ± 1,70	-7,00	< 0,001*	13,16 ± 8,62	1,81 ± 0,71	14	1	0
<b>CMJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	2,51 ± 2,41	-4,03	0,001*	5,20 ± 5,11	1,19 ± 0,65	11	3	1
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	0,09 ± 0,05	-6,22	< 0,001*	3,13 ± 1,98	1,86 ± 0,72	13	2	0

**Legenda:** MD - aritmetička sredina razlika (eng. mean difference), SD - standardna devijacija razlika, t – vrijednost t – testa za zavisne uzorke, p – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna razlika, %Δ - promjena izražena u postocima, ES – veličina učinka izražena Cohenovim d indeksom, CI – interval pouzdanosti, + - promjena usmjerena ka poboljšanju, 0 – trivijalna promjena, - - promjena usmjerena ka pogoršanju, SJ – skok iz čučnja, CMJ – skok iz čučnja s pripremom, h<sub>peak</sub> – vršna visina skoka, v<sub>peak</sub> – vršna brzina skoka, h<sub>PO</sub> – prijeđena udaljenost tijekom koncentrične faze skoka iz čučnja, tF<sub>peak</sub> – vrijeme potrebno za postizanje vršne sile, h<sub>peak</sub> +15% - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite mase tijela, h<sub>peak</sub> +30% - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite mase tijela, h<sub>peak</sub> +45% - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite mase tijela, h<sub>peak</sub> +60% - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite mase tijela, cm – centimetar, m – metar, s – sekunda

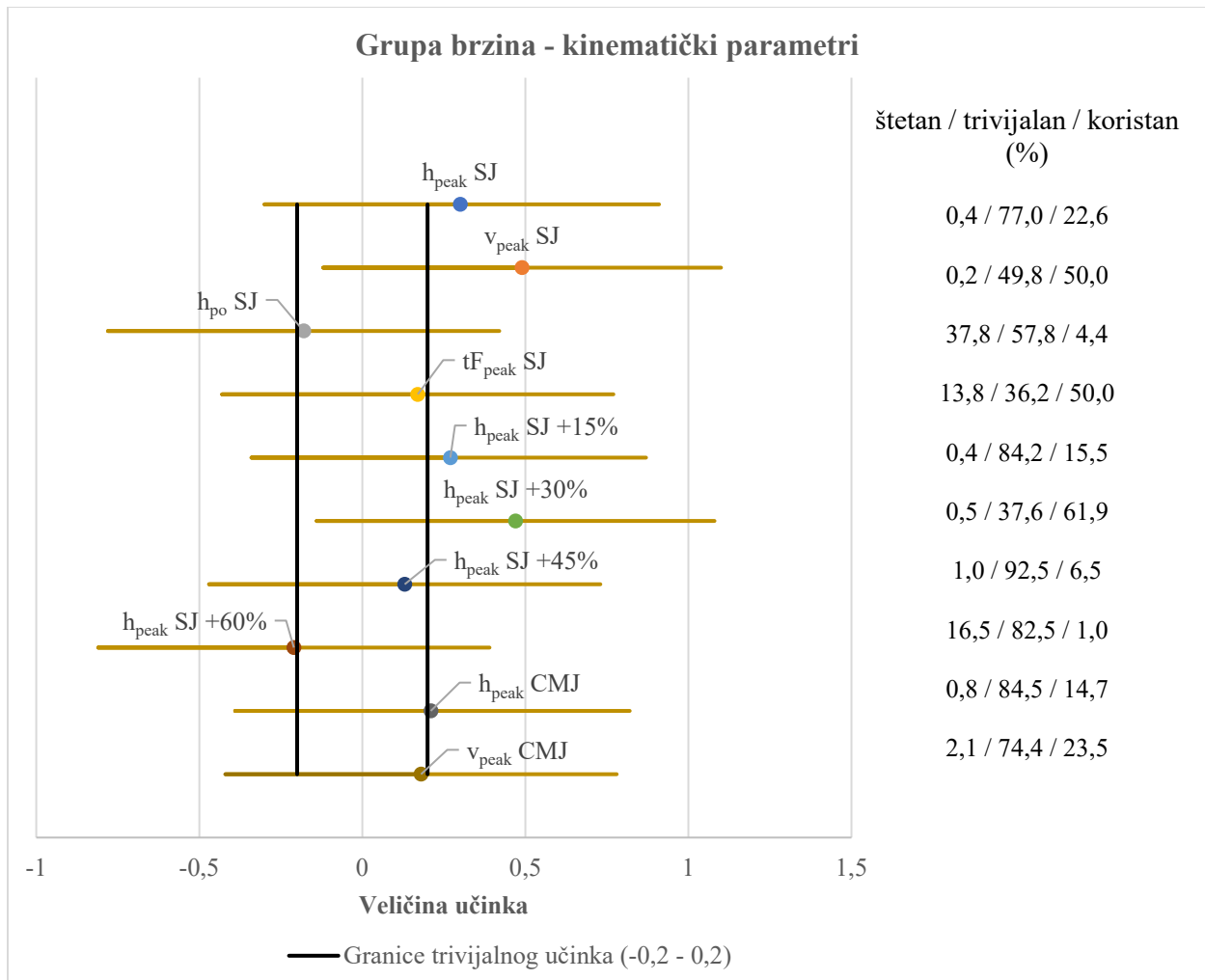


Slika 22. Grafički prikaz veličina učinka s 95% intervalima pouzdanosti za grupu sila u kinematičkim parametrima vertikalnoga skoka

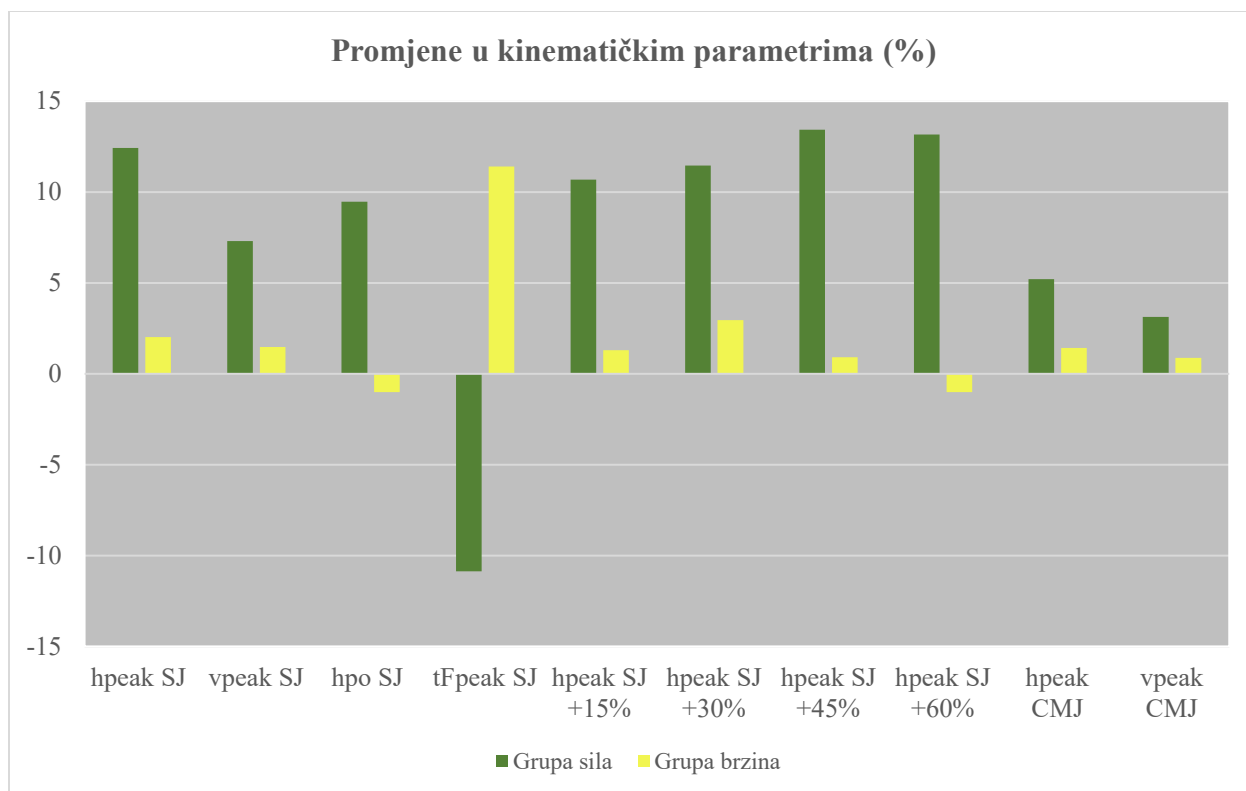
Tablica 24. Razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja kod grupe brzina u kinematičkim parametrima

Grupa brzina	Inicijalno vs. Finalno					Individualni odgovor		
	MD ± SD	t	p	%Δ ± SD	ES ± 90% CI	+	0	-
<b>Kinematički parametar</b>								
<b>SJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	0,73 ± 2,40	-1,18	0,26	2,02 ± 5,92	0,30 ± 0,60	8	2	5
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	0,04 ± 0,08	-1,7	0,11	1,47 ± 3,23	0,49 ± 0,61	7	5	3
<b>h<sub>PO</sub> (cm)</b>	-0,60 ± 3,07	0,76	0,46	-1,00 ± 9,20	-0,18 ± 0,60	5	2	8
<b>tF<sub>peak</sub> (s)</b>	0,01 ± 0,08	-0,57	0,58	11,40 ± 47,64	0,17 ± 0,60	5	4	6
<b>h<sub>peak</sub> +15% (cm)</b>	0,43 ± 1,64	-1,02	0,32	1,30 ± 4,67	0,27 ± 0,60	4	9	2
<b>h<sub>peak</sub> +30% (cm)</b>	0,91 ± 2,13	-1,65	0,12	2,95 ± 7,16	0,47 ± 0,60	7	4	4
<b>h<sub>peak</sub> +45% (cm)</b>	0,18 ± 1,38	-0,50	0,62	0,91 ± 4,37	0,13 ± 0,60	5	8	2
<b>h<sub>peak</sub> +60% (cm)</b>	-0,29 ± 1,41	0,81	0,43	-1,00 ± 5,46	-0,21 ± 0,60	4	5	6
<b>CMJ</b>								
<b>h<sub>peak</sub> (cm)</b>	0,52 ± 2,46	-0,82	0,43	1,43 ± 5,35	0,21 ± 0,60	7	3	5
<b>v<sub>peak</sub> (m/s)</b>	0,02 ± 0,11	-0,74	0,47	0,87 ± 4,03	0,18 ± 0,60	4	9	2

**Legenda:** MD - aritmetička sredina razlika, t – vrijednost t – testa za zavisne uzorke, p – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna razlika, %Δ - promjena izražena u postocima, ES – veličina učinka izražena Cohenovim d indeksom, CI – interval pouzdanosti, + - promjena usmjerena ka poboljšanju, 0 – trivijalna promjena, - - promjena usmjerena ka pogoršanju, SJ – skok iz čučnja, CMJ – skok iz čučnja s pripremom, h<sub>peak</sub> – vršna visina skoka, v<sub>peak</sub> – vršna brzina skoka, h<sub>PO</sub> – prijeđena udaljenost tijekom koncentrične faze skoka iz čučnja, tF<sub>peak</sub> – vrijeme potrebno za postizanje vršne sile, h<sub>peak</sub> +15% - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite mase tijela, h<sub>peak</sub> +30% - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite mase tijela, h<sub>peak</sub> +45% - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite mase tijela, h<sub>peak</sub> +60% - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite mase tijela, cm – centimetar, m – metar, s – sekunda



Slika23. Grafički prikaz veličina učinka s 95% intervalima pouzdanosti za grupu brzina u kinematičkim parametrima vertikalnoga skoka



Slika 24. Grafički prikaz promjena kinematičkih parametara vertikalnoga skoka za obje grupe

Tablica 25. Razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja u varijablama  $h_{ecc}$  CMJ i  $tF_{peak}$  CMJ za obje grupe

Wilcoxonov test sume rangova						
Kinematički parametar	Grupa	SuR inicijalno	SuR finalno	Z	p	ES
$h_{ecc}$ CMJ	Sila	64,00	56,00	0,23	0,82	0,04
	Brzina	26,50	93,50	1,90	0,057	0,35
$tF_{peak}$ CMJ	Sila	75,00	45,00	0,85	0,39	0,16
	Brzina	48,50	42,50	0,21	0,83	0,04

**Legenda:**  $h_{ecc}$  CMJ – prijeđena udaljenost tijekom ekscentrične faze u skoku iz čučnja s pripremom,  $tF_{peak}$  CMJ – vrijeme potrebno za postizanje maksimalne sile u skoku iz čučnja s pripremom, **SuR** – suma rangova, **Z** - vrijednost Wilcoxonovog testa sume rangova, **p** – razina statističke značajnosti, **ES** – veličina učinka izražena r vrijednošću

Korištenjem 2 x 2 miješanog ANOVA modela ispitivala se značajnost interakcije dva faktora, u ovome slučaju vremena mjerenja i programa treninga, odnosno, evaluiralo se postoji li značajna razlika u promjenama rezultata tijekom definiranog perioda između dvije grupe ispitanika. Primjena navedenog testa zahtjeva zadovoljenje pretpostavki homogenosti varijanci i homogenosti matrica kovarijanci, a Levenovim i Boxovim testom su i potvrđeni prethodni uvjeti (tablica 26). U Boxovom testu je kriterij značajnosti postavljen na  $p < 0,001$  (Pallant, 2013). Konačno, ANOVA testom je utvrđena značajna vrijednost Wilksove lambde, tj. značajna interakcija u osam od dvanaest varijabli (slike 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 i 32). Uzimajući u obzir varijable u kojima je pronađena značajna interakcija, najveća veličina učinka je zabilježena u varijabli  $h_{\text{peak}}$  SJ +60% ( $\eta^2 = 0,55$ ), dok je najmanja vrijednost evidentirana u varijabli  $v_{\text{peak}}$  CMJ ( $\eta^2 = 0,14$ ). Kod ostalih šest značajnih varijabli utvrđene su sljedeće vrijednosti parcijalnog eta kvadrata: 0,47 za  $v_{\text{peak}}$  SJ, 0,46 za  $h_{\text{peak}}$  SJ +45%, 0,44 za  $h_{\text{peak}}$  SJ, 0,39 za  $h_{\text{peak}}$  SJ +15%, 0,28 za  $h_{\text{peak}}$  SJ +30% i 0,15 za  $h_{\text{peak}}$  CMJ (tablica 27). Shodno vrijednostima, primjetan je velik učinak interakcije dva faktora u svim značajnim kinematičkim parametrima SJ, dok su kod značajnih parametara CMJ prisutni umjereni učinci.

Tablica 26. Testiranje homogenosti varijanci i homogenosti matrica kovarijanci u kinematičkim parametrima između dvije grupe

Kinematički parametar	Levenov test – inicijalno		Levenov test – finalno		Boxov test		
	F	p	F	p	Boxov M	F	p
<b>SJ</b>							
<b><math>h_{\text{peak}}</math></b>	0,18	0,67	0,28	0,60	0,40	0,12	0,95
<b><math>v_{\text{peak}}</math></b>	0,54	0,47	0,47	0,50	0,78	0,24	0,87
<b><math>h_{\text{PO}}</math></b>	3,63	0,07	4,35	0,05	7,10	2,183	0,09
<b><math>tF_{\text{peak}}</math></b>	0,41	0,53	7,40	0,01	9,12	2,80	0,04
<b><math>h_{\text{peak}} + 15\%</math></b>	< 0,001	0,99	0,10	0,76	2,11	0,65	0,58
<b><math>h_{\text{peak}} + 30\%</math></b>	0,26	0,61	0,001	0,97	3,61	1,11	0,34



<b>h<sub>peak</sub> +45%</b>	0,38	0,54	0,78	0,38	3,60	1,11	0,34
<b>h<sub>peak</sub> +60%</b>	1,20	0,28	1,54	0,22	1,48	0,46	0,71
<b>CMJ</b>							
<b>h<sub>peak</sub></b>	1,37	0,25	0,05	0,82	4,27	1,31	0,27
<b>v<sub>peak</sub></b>	2,26	0,14	1,01	0,32	9,20	2,83	0,04
<b>h<sub>ecc</sub></b>	1,13	0,30	0,01	0,93	3,56	1,10	0,35
<b>tF<sub>peak</sub></b>	2,86	0,10	0,01	0,94	2,17	0,67	0,57

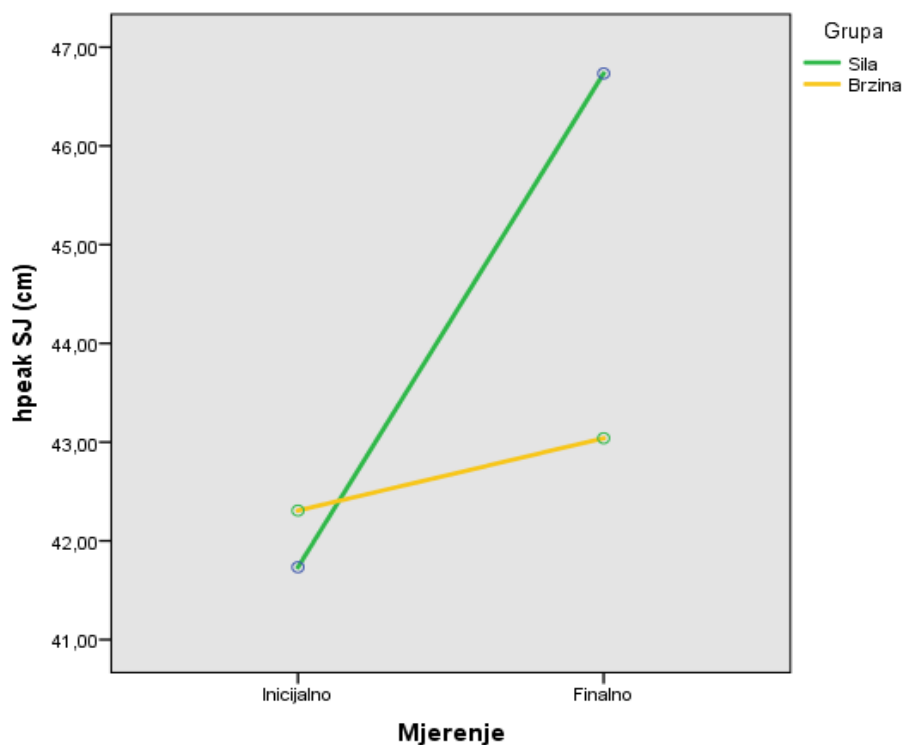
**Legenda:** *F* – vrijednost *F* – testa za pripadajuću metodu, *p* – razina statističke značajnosti, **Boxov M** – vrijednost Boxovog testa, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom, **h<sub>peak</sub>** – vršna visina skoka, **v<sub>peak</sub>** – vršna brzina skoka, **h<sub>po</sub>** – prijeđena udaljenost tijekom koncentrične faze skoka iz čučnja, **tF<sub>peak</sub>** – vrijeme potrebno za postizanje vršne sile, **h<sub>peak</sub> +15%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub> +30%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub> +45%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite mase tijela, **h<sub>peak</sub> +60%** - vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite mase tijela, **h<sub>ecc</sub>** – prijeđena udaljenost tijekom ekscentrične faze u skoku iz čučnja s pripremom

Tablica 27. Testiranje značajnosti interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u kinematičkim parametrima

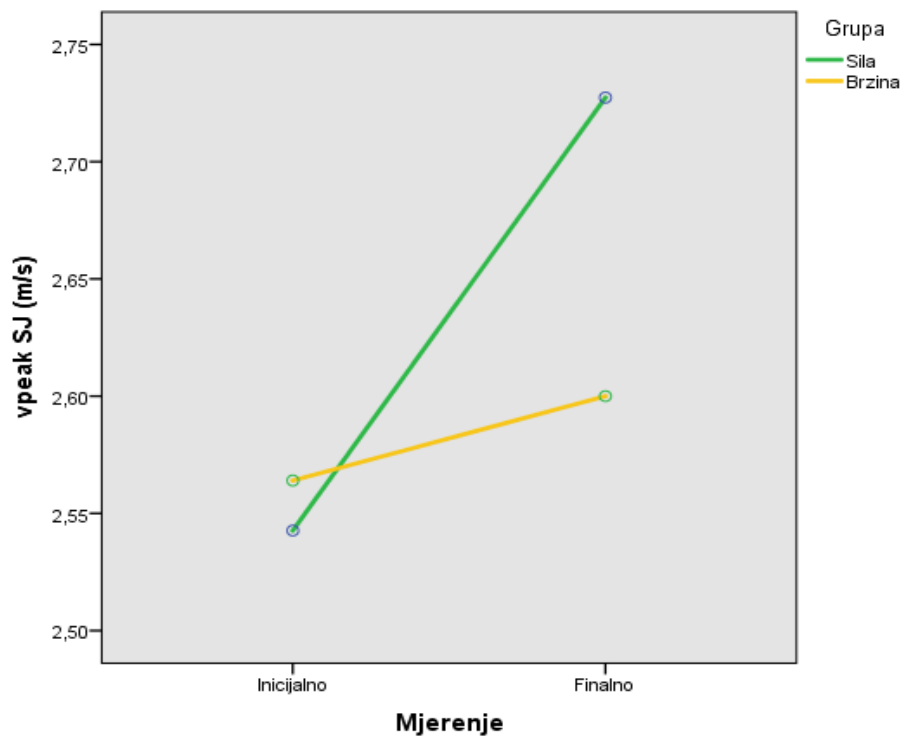
MULTIVARIJATNA ANALIZA				
Kinematički parametar	Wilksova lambda	F	p	$\eta^2$
<b>SJ</b>				
<b>h<sub>peak</sub></b>	0,56	22,15	< 0,001*	0,44
<b>v<sub>peak</sub></b>	0,53	24,64	< 0,001*	0,47
<b>h<sub>po</sub></b>	0,87	4,05	0,054	0,13
<b>tF<sub>peak</sub></b>	0,90	3,18	0,09	0,10
<b>h<sub>peak</sub> +15%</b>	0,62	17,50	< 0,001*	0,39
<b>h<sub>peak</sub> +30%</b>	0,72	10,72	0,003*	0,28

<b>h<sub>peak</sub> +45%</b>	0,54	23,52	< 0,001*	0,46
<b>h<sub>peak</sub> +60%</b>	0,45	34,79	< 0,001*	0,55
<b>CMJ</b>				
<b>h<sub>peak</sub></b>	0,85	5,00	0,03*	0,15
<b>v<sub>peak</sub></b>	0,86	4,53	0,042*	0,14
<b>h<sub>ecc</sub></b>	0,93	2,20	0,15	0,07
<b>tF<sub>peak</sub></b>	0,97	1,01	0,33	0,04

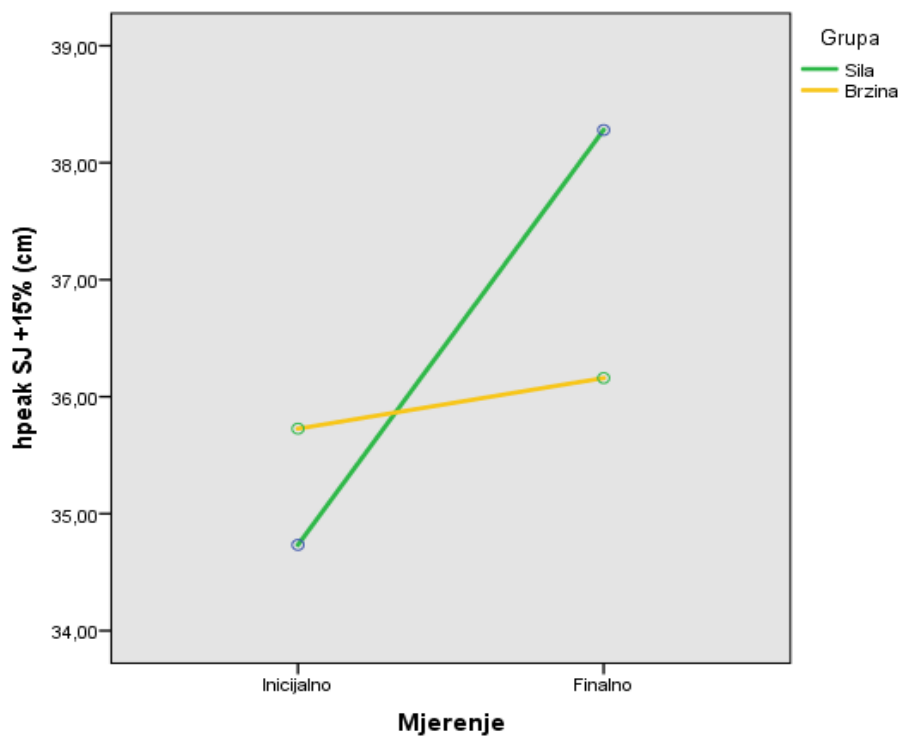
**Legenda:** *F* – vrijednost *F* – testa, *p* – razina statističke značajnosti, \* – statistički značajna interakcija,  $\eta^2$  – parcijalni eta kvadrat, *SJ* – skok iz čučnja, *CMJ* – skok iz čučnja s pripremom, *h<sub>peak</sub>* – vršna visina skoka, *v<sub>peak</sub>* – vršna brzina skoka, *h<sub>po</sub>* – prijeđena udaljenost tijekom koncentrične faze skoka iz čučnja, *tF<sub>peak</sub>* – vrijeme potrebno za postizanje vršne sile, *h<sub>peak</sub> +15%* – vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 15% vlastite mase tijela, *h<sub>peak</sub> +30%* – vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 30% vlastite mase tijela, *h<sub>peak</sub> +45%* – vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 45% vlastite mase tijela, *h<sub>peak</sub> +60%* – vršna visina u skoku iz čučnja s dodatnim opterećenjem u vrijednosti 60% vlastite mase tijela, *h<sub>ecc</sub>* – prijeđena udaljenost tijekom ekscentrične faze u skoku iz čučnja s pripremom



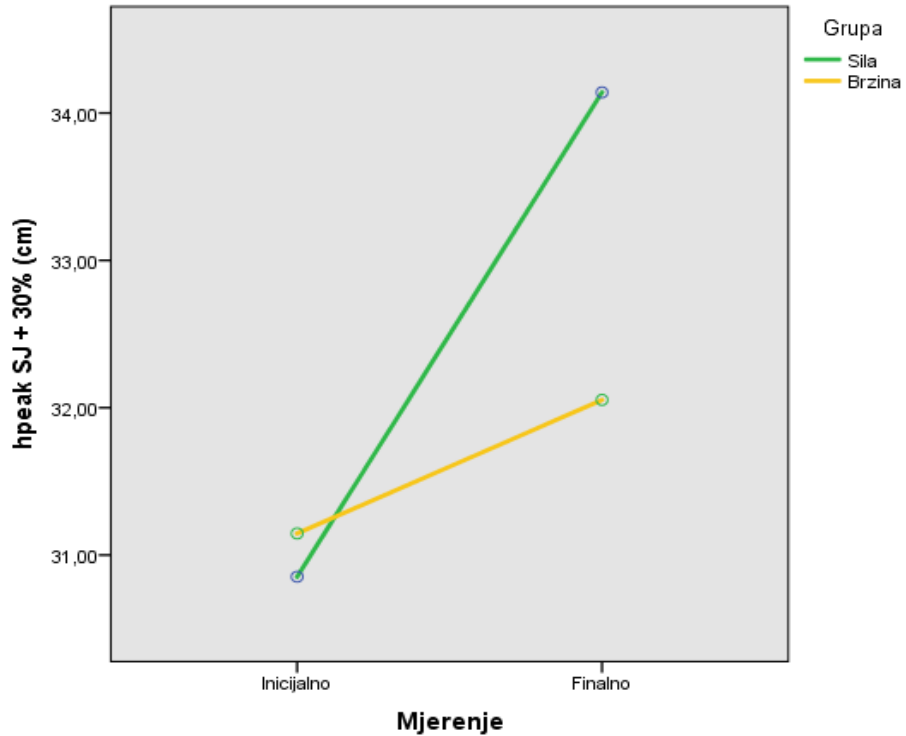
Slika 25. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli h<sub>peak</sub> SJ



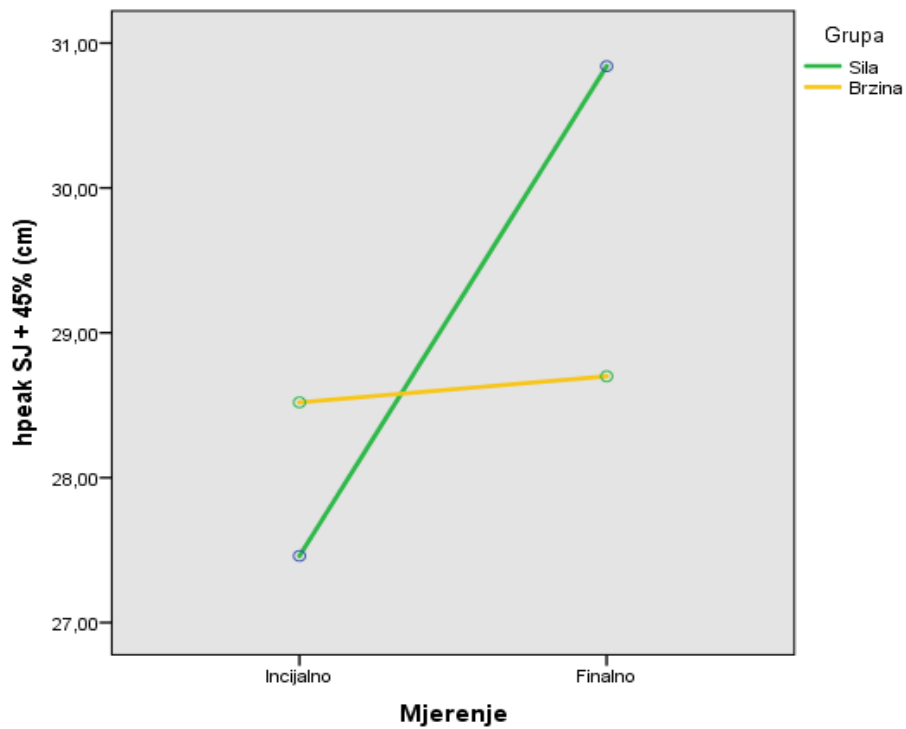
Slika 26. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $v_{\text{peak SJ}}$



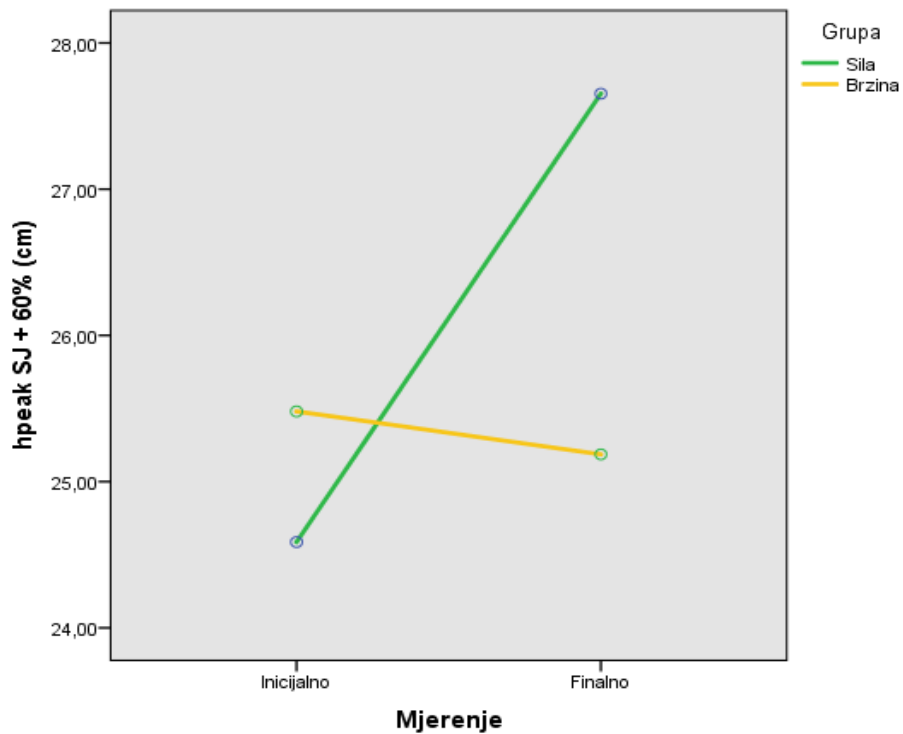
Slika 27. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $h_{\text{peak SJ}} + 15\%$



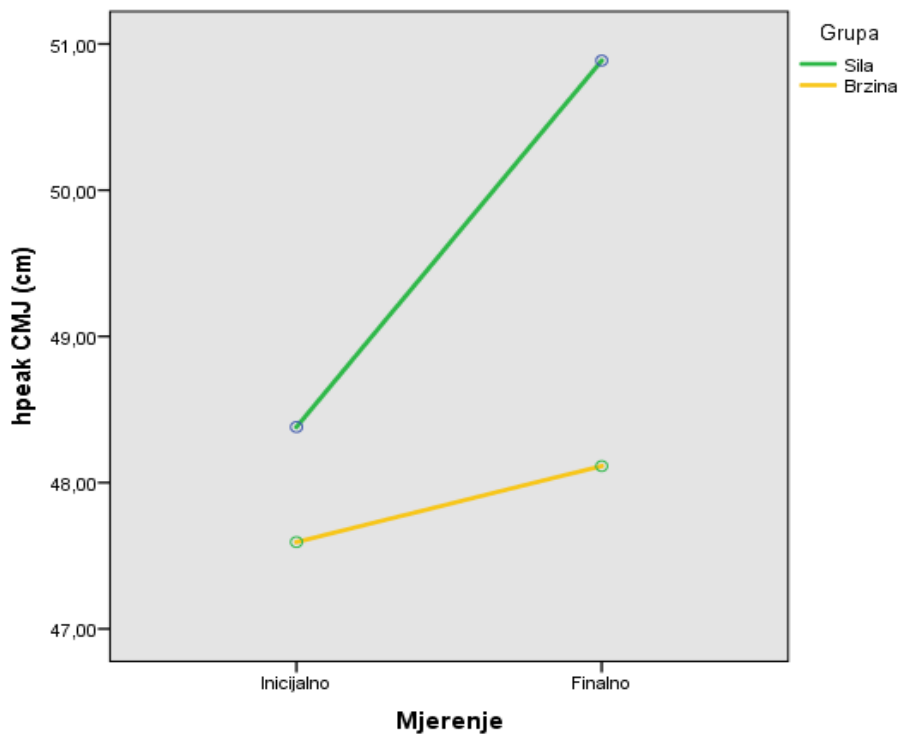
Slika 28. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $h_{\text{peak}}$  SJ + 30%



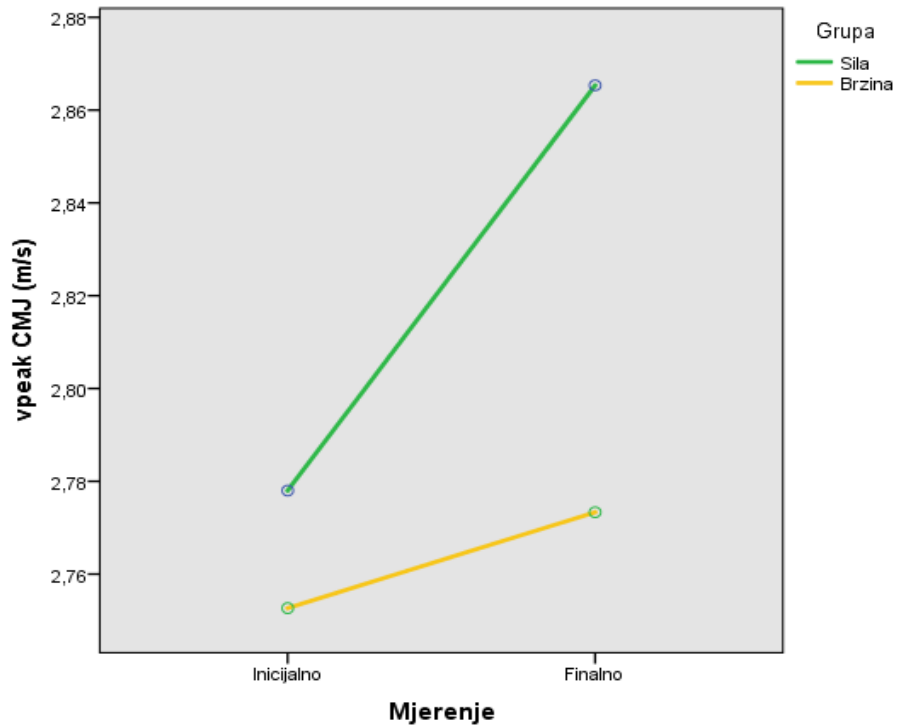
Slika 29. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $h_{\text{peak}}$  SJ + 45%



Slika 30. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $h_{\text{peak}}$  SJ + 60%



Slika 31. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $h_{\text{peak}}$  CMJ



Slika 32. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $v_{peak}$  CMJ

### 4.2.3. Kinetički parametri vertikalnoga skoka

U dijelu istraživanja kinetičkih parametara vertikalnoga skoka analiziralo se ukupno deset varijabli, jednakobrojno podijeljenih na parametre SJ i CMJ. Ovim varijablama se, za razliku od kinematičkih parametara, nastojalo opisati definirano gibanje uzimajući u obzir njegove uzroke, tj. povezujući gibanje tijela sa silama koje na njega djeluju (Enoka, 2008). U tablicama 28, 29, 32 i 33 su prikazane osnovne deskriptivne vrijednosti svih varijabli, s naglaskom da su odvojeno prikazane vrijednosti grupa, ali i njihova inicijalna i finalna mjerenja.

Tablica 28. Osnovne deskriptivne vrijednosti kinetičkih parametara za grupu sila u inicijalnom mjerenju

GRUPA SILA (inicijalno mjerenje)								
Kinetički parametar	$\bar{x}$	SD	<i>min</i>	<i>max</i>	Ssk	Sku	W	p
<b>SJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	2011,36	321,58	1502,08	2480,56	-0,13	-1,11	0,95	0,46
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	4136,63	577,47	3219,84	5433,43	0,36	0,66	0,96	0,74
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	1918,67	309,38	1419,81	2507,74	-0,06	-0,34	0,96	0,77
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	9501,04	3394,08	5253,03	17575,36	0,96	0,71	0,92	0,23
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	6979,33	3418,57	2343,00	13220,00	0,53	-0,74	0,94	0,28
<b>CMJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	1905,58	180,33	1563,54	2138,68	-0,38	-0,61	0,93	0,28
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	4135,58	589,12	3211,79	5486,62	0,58	0,65	0,95	0,52
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	2274,98	319,09	1837,99	3077,68	1,06	1,59	0,93	0,31
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	9537,86	4363,45	2935,93	17534,58	0,18	-0,54	0,95	0,59
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	6661,21	2973,87	2528,00	12410,00	0,35	-0,61	0,96	0,74

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **Ssk** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **Sku** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, **N** – njutn, **W** – vat, **s** – sekunda, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom, **F<sub>peak</sub>** – vršna sila, **P<sub>peak</sub>** – vršna snaga, **P<sub>mean</sub>** – prosječna snaga, **RFD<sub>mean</sub>** – prosječan gradijent sile, **RFD<sub>100ms</sub>** – gradijent sile u početnih 100 milisekundi skoka

Tablica 29. Osnovne deskriptivne vrijednosti kinetičkih parametara za grupu brzina u inicijalnom mjerenju

GRUPA BRZINA (inicijalno mjerenje)								
Kinetički parametar	$\bar{x}$	SD	min	max	Ssk	Sku	W	p
<b>SJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	1943,44	281,53	1415,91	2419,38	0,04	-0,34	0,98	0,93
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	4066,46	779,72	2900,35	5997,05	0,94	1,70	0,93	0,26
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	1946,77	373,47	1430,75	2917,26	1,14	2,27	0,92	0,18
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	10741,68	4803,87	5870,27	23263,27	1,48	2,13	0,86	0,02*
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	6813,35	4022,54	610,00	15820,00	0,76	0,80	0,93	0,32
<b>CMJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	1879,77	284,18	1309,53	2459,97	0,20	0,73	0,97	0,79
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	3989,89	675,51	2659,32	524,36	0,15	0,35	0,97	0,86
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	2247,79	414,66	1469,60	3037,16	-0,18	0,87	0,92	0,21
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	9658,83	3676,67	3293,79	15185,00	-0,19	-0,95	0,96	0,75
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	5710,15	3212,63	460,00	10920,00	0,04	-0,93	0,97	0,83

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **Ssk** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **Sku** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje rezultata od normalne teoretske distribucije **N** – njutn, **W** – vat, **s** – sekunda, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom, **F<sub>peak</sub>** – vršna sila, **P<sub>peak</sub>** – vršna snaga, **P<sub>mean</sub>** – prosječna snaga, **RFD<sub>mean</sub>** – prosječan gradijent sile, **RFD<sub>100ms</sub>** – gradijent sile u početnih 100 milisekundi skoka



Ispitivanjem distribuiranosti podataka utvrđeno je da jedino u varijabli  $RFD_{mean}$  SJ, kod grupe brzina pri inicijalnom mjerenju, empirijski podaci značajno odstupaju od teoretske normalne distribucije (tablica 29). Budući da je u preostalim devet varijabli, uz normalnost distribucije, zadovoljena i pretpostavka homogenosti varijanci, razlike u inicijalnom mjerenju između dvije grupe ispitivale su se  $t$  – testom za nezavisne uzorke (tablica 30). U varijabli  $RFD_{mean}$  SJ razlika između grupa se testirala Mann – Whitney U testom (tablica 31). Utvrđene su statističke neznačajne razlike u svim varijablama, pa je moguće tvrditi da su ispitanici bili podijeljeni u dvije grupe podudarnih vrijednosti kinetičkih parametara vertikalnoga skoka. Prezentirajući razlike uz pomoć parametra veličine učinka, uočljivo je da se vrijednosti kreću u rasponu od 0,03 (ES  $RFD_{mean}$  CMJ) do 0,31 (ES  $RFD_{100ms}$  CMJ), odnosno zabilježene su trivijalne i male vrijednosti.

Tablica 30. Razlike između grupa u inicijalnom mjerenju kinetičkih parametara

Kinetički parametar	$\bar{x} \pm SD$		Studentov t – test				Levenov test	
	Grupa sila	Grupa brzina	t	df	p	ES	F	p
<b>SJ</b>								
$F_{peak}$ (N)	2011,36 ± 321,58	1943,44 ± 281,53	0,62	28	0,54	0,23	0,41	0,53
$P_{peak}$ (W)	4136,63 ± 577,47	4066,46 ± 779,72	0,28	28	0,78	0,10	0,51	0,48
$P_{mean}$ (W)	1918,67 ± 309,38	1946,77 ± 373,47	-0,22	28	0,82	0,08	0,18	0,67
$RFD_{100ms}$ (N/s)	6979,33 ± 3418,57	6813,35 ± 4022,54	0,12	28	0,90	0,04	0,01	0,94
<b>CMJ</b>								
$F_{peak}$ (N)	1905,58 ± 180,33	1879,77 ± 284,18	0,30	28	0,77	0,11	1,25	0,27
$P_{peak}$ (W)	4135,58 ± 589,12	3989,89 ± 675,51	0,63	28	0,53	0,23	0,05	0,83
$P_{mean}$ (W)	2274,98 ± 319,09	2247,79 ± 414,66	0,20	28	0,84	0,07	0,17	0,69
$RFD_{mean}$ (N/s)	9537,86 ± 4363,45	9658,83 ± 3676,67	-0,08	28	0,94	0,03	0,35	0,56
$RFD_{100ms}$ (N/s)	6661,21 ± 2973,87	5710,15 ± 3212,63	0,84	28	0,41	0,31	0,12	0,73

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** - standardna devijacija, **t** – vrijednost t – testa za nezavisne uzorke, **df** – broj stupnjeva slobode, **p** – razina statističke značajnosti, **ES** – veličina učinka izražena Cohenovim d indeksom, **F** – vrijednost Levenovog testa homogenosti varijanci, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom, **N** – njutn, **W** – vat, **s** – sekunda, **F<sub>peak</sub>** – vršna sila, **P<sub>peak</sub>** – vršna snaga, **P<sub>mean</sub>** – prosječna snaga, **RFD<sub>mean</sub>** – prosječan gradijent sile, **RFD<sub>100ms</sub>** – gradijent sile u početnih 100 milisekundi skoka

Tablica 31. Razlika između grupa u inicijalnom mjerenju RFD<sub>mean</sub> SJ

Mann – Whitney U test							
Kinetički parametar	Grupa	SrR	SuR	U	Z	p	ES
RFD <sub>mean</sub> SJ	Sila	14,53	218,00	98,00	-0,60	0,57	0,11
	Brzina	16,47	247,00				

**Legenda:** **RFD<sub>mean</sub> SJ** - prosječan gradijent sile u skoku iz čučnja, **SrR** – srednji rang, **SuR** – suma rangova, **U** – vrijednost Mann – Whitney U testa, **Z** - vrijednost Mann – Whitney U testa, **p** – razina statističke značajnosti, **ES** – veličina učinka izražena r vrijednošću

Tablica 32. Osnovne deskriptivne vrijednosti kinetičkih parametara za grupu sila u finalnom mjerenju

GRUPA SILA (finalno mjerenje)								
Kinetički parametar	$\bar{x}$	SD	min	max	S <sub>SK</sub>	S <sub>KU</sub>	W	p
<b>SJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	2074,78	312,86	1634,19	2720,06	0,72	0,11	0,94	0,41
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	4534,74	618,02	3433,21	5577,82	-0,29	-0,51	0,97	0,85
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	2088,35	283,75	1614,83	2620,16	0,26	-0,38	0,97	0,82
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	11133,68	3561,86	6795,59	19889,70	1,24	1,22	0,88	0,054
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	9161,49	2571,80	5630,00	15600,00	1,03	1,50	0,94	0,34
<b>CMJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	1957,31	262,55	1548,29	2346,27	-0,04	1,29	0,95	0,46

<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	4425,12	629,23	3392,50	5673,93	0,29	-0,12	0,96	0,83
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	2434,15	350,42	1897,36	3109,26	0,24	-0,39	0,97	0,86
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	10623,59	4879,48	4058,84	23643,75	1,31	2,59	0,91	0,12
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	7096,67	3933,73	2110,00	15210,00	0,60	-0,40	0,94	0,37

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **S<sub>sk</sub>** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **S<sub>ku</sub>** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, **N** – njutn, **W** – vat, **s** – sekunda, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom, **F<sub>peak</sub>** – vršna sila, **P<sub>peak</sub>** – vršna snaga, **P<sub>mean</sub>** – prosječna snaga, **RFD<sub>mean</sub>** – prosječan gradijent sile, **RFD<sub>100ms</sub>** – gradijent sile u početnih 100 milisekundi skoka

Tablica 33. Osnovne deskriptivne vrijednosti kinetičkih parametara za grupu brzina u finalnom mjerenju

<b>GRUPA BRZINA (finalno mjerenje)</b>								
<b>Kinetički parametar</b>	$\bar{x}$	<b>SD</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>S<sub>sk</sub></b>	<b>S<sub>ku</sub></b>	<b>W</b>	<b>p</b>
<b>SJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	1921,00	270,06	1380,74	2495,64	0,18	0,82	0,99	0,99
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	4101,00	784,61	2913,20	5761,94	0,82	0,53	0,92	0,20
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	1916,60	368,72	1346,10	2622,91	0,52	-0,37	0,95	0,59
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	10299,52	4670,39	4768,64	20178,39	1,05	0,29	0,88	0,052
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	7172,68	3970,89	1830,50	14139,90	0,30	-0,84	0,94	0,40
<b>CMJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	1798,91	245,64	1279,79	2303,35	-0,07	0,85	0,99	0,99
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	4019,57	649,41	2732,38	5168,40	-0,02	0,17	0,97	0,78
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	2249,62	383,69	1473,34	3001,75	0,17	0,48	0,97	0,78
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	9087,84	3137,76	4308,66	14218,21	-0,36	-1,02	0,91	0,14

<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	5915,63	2709,46	1690,00	10880,00	0,29	-0,24	0,96	0,75
----------------------------------	---------	---------	---------	----------	------	-------	------	------

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **Ssk** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **Sku** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, **N** – njutn, **W** – vat, **s** – sekunda, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom, **F<sub>peak</sub>** – vršna sila, **P<sub>peak</sub>** – vršna snaga, **P<sub>mean</sub>** – prosječna snaga, **RFD<sub>mean</sub>** – prosječan gradijent sile, **RFD<sub>100ms</sub>** – gradijent sile u početnih 100 milisekundi skoka

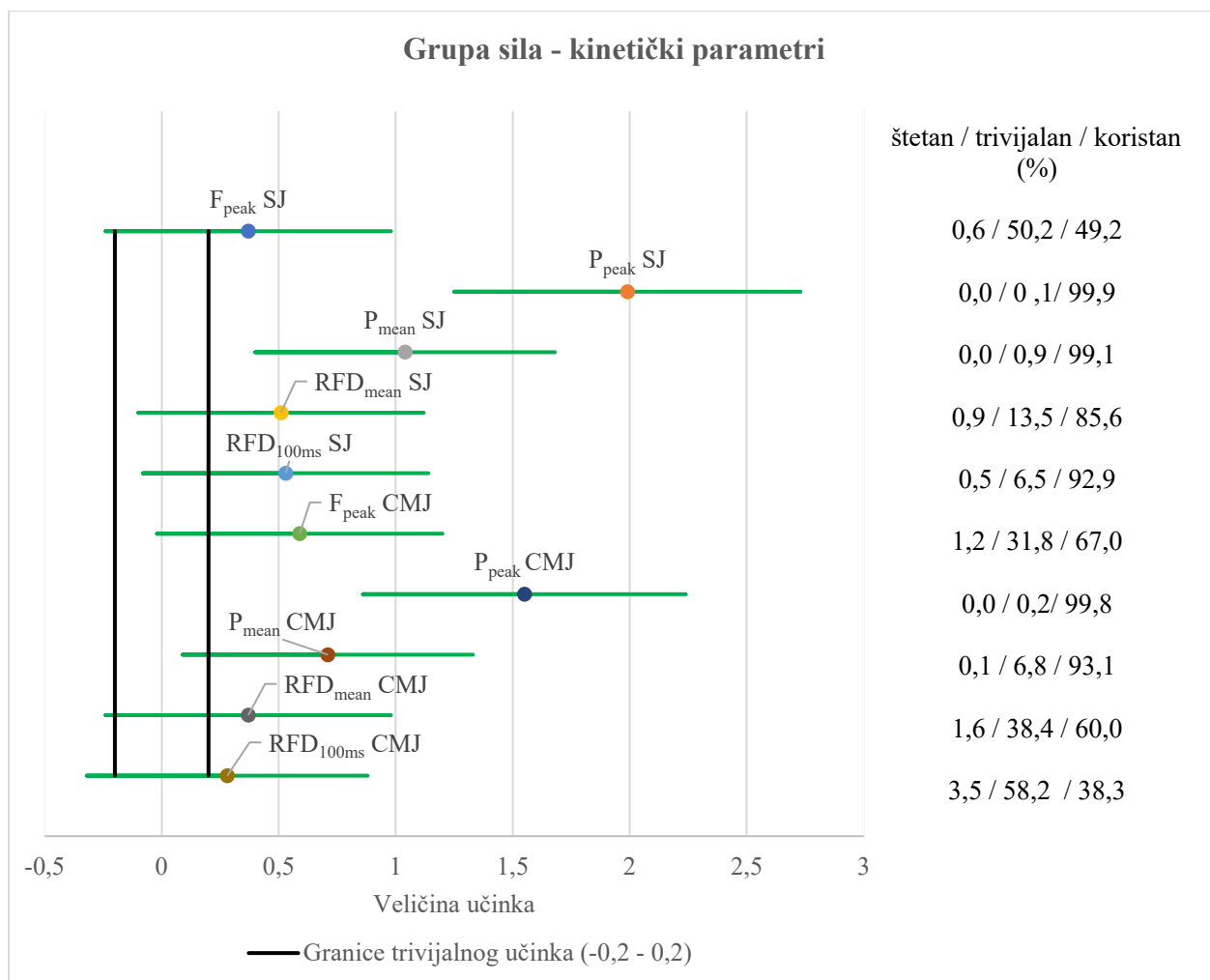
Analizirajući promjene iz inicijalnog u finalno stanje, kod grupe sila su primjenom t – testa za zavisne uzorke utvrđene statistički značajne razlike u varijablama P<sub>peak</sub> SJ, P<sub>mean</sub> SJ, RFD<sub>100ms</sub> SJ, P<sub>peak</sub> CMJ i P<sub>mean</sub> CMJ, s naglaskom da je u svim navedenim varijablama evidentirano poboljšanje u izvedbi. U varijablama P<sub>peak</sub> SJ (ES = 1,99 ± 0,74), P<sub>mean</sub> SJ (ES = 1,04 ± 0,64) i P<sub>peak</sub> CMJ (ES = 1,55 ± 0,69) su primjetni veliki učinci, dok su u preostale dvije varijable sa značajnim promjenama zabilježeni mali (ES RFD<sub>100ms</sub> SJ = 0,53 ± 0,61) i srednji učinak (ES P<sub>mean</sub> CMJ = 0,71 ± 0,62) realiziranog programa treninga (tablica 34). Raspon pozitivnih odgovora na sedmotjedni trening jakosti kretao se od sedam ispitanika (46,67%) u varijabli RFD<sub>mean</sub> CMJ do 14 ispitanika (93,33%) u varijablama P<sub>peak</sub> SJ i P<sub>peak</sub> CMJ. Na temelju podataka ubačenih u proračunsku tablicu autora Hopkins (2007), u osam od deset varijabli (P<sub>peak</sub> SJ, P<sub>mean</sub> SJ, RFD<sub>mean</sub> SJ, RFD<sub>100ms</sub> SJ, F<sub>peak</sub> CMJ, P<sub>peak</sub> CMJ, P<sub>mean</sub> CMJ, RFD<sub>mean</sub> CMJ) je evidentirana najveća vjerojatnost za benefitima provedenog programa, dok su u varijablama F<sub>peak</sub> i RFD<sub>100ms</sub> CMJ najveće šanse za trivijalnim učinkom (slika 33).

Tablica 34. Razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja kod grupe sila u kinetičkim parametrima

Grupa sila	Inicijalno vs. Finalno					Individualni odgovor		
	MD ± SD	t	p	%Δ ± SD	ES ± 90% CI	+	0	-
<b>SJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	63,42 ± 169,84	-1,45	0,17	3,68 ± 8,09	0,37 ± 0,61	8	5	2
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	398,11 ± 215,97	-7,14	< 0,001*	9,74 ± 5,16	1,99 ± 0,74	14	1	0

<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	169,68 ± 156,65	-4,20	< 0,001*	9,61 ± 8,77	1,04 ± 0,64	10	4	1
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	1632,64 ± 3317,62	-1,91	0,08	22,94 ± 31,79	0,51 ± 0,61	9	3	3
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	2182,15 ± 3653,43	-2,31	0,04*	61,26 ± 85,36	0,53 ± 0,61	11	1	3
<b>CMJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	51,72 ± 135,90	-1,47	0,16	2,51 ± 7,00	0,59 ± 0,61	10	2	3
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	289,54 ± 189,70	-5,91	< 0,001*	7,08 ± 4,70	1,55 ± 0,69	14	1	0
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	159,17 ± 236,73	-2,60	0,02*	7,40 ± 4,70	0,71 ± 0,62	10	2	3
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	1085,73 ± 3170,90	-1,33	0,21	24,09 ± 52,45	0,37 ± 0,61	7	1	6
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	435,45 ± 2022,55	-0,83	0,42	5,94 ± 31,43	0,28 ± 0,60	8	2	5

**Legenda:** *MD* - aritmetička sredina razlika, *SD* - standardna devijacija, *t* – vrijednost *t* – testa za zavisne uzorke, *p* – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna razlika, %Δ - promjena izražena u postocima, *ES* – veličina učinka izražena Cohenovim *d* indeksom, *CI* – interval pouzdanosti, + - promjena usmjerena ka poboljšanju, 0 – trivijalna promjena, - - promjena usmjerena ka pogoršanju, *SJ* – skok iz čučnja, *CMJ* – skok iz čučnja s pripremom, *F<sub>peak</sub>* – vršna sila, *P<sub>peak</sub>* – vršna snaga, *P<sub>mean</sub>* – prosječna snaga, *RFD<sub>mean</sub>* – prosječan gradijent sile, *RFD<sub>100ms</sub>* – gradijent sile u početnih 100 milisekundi skoka



Slika 33. Grafički prikaz veličina učinka s 95% intervalima pouzdanosti za grupu sila u kinetičkim parametrima vertikalnoga skoka

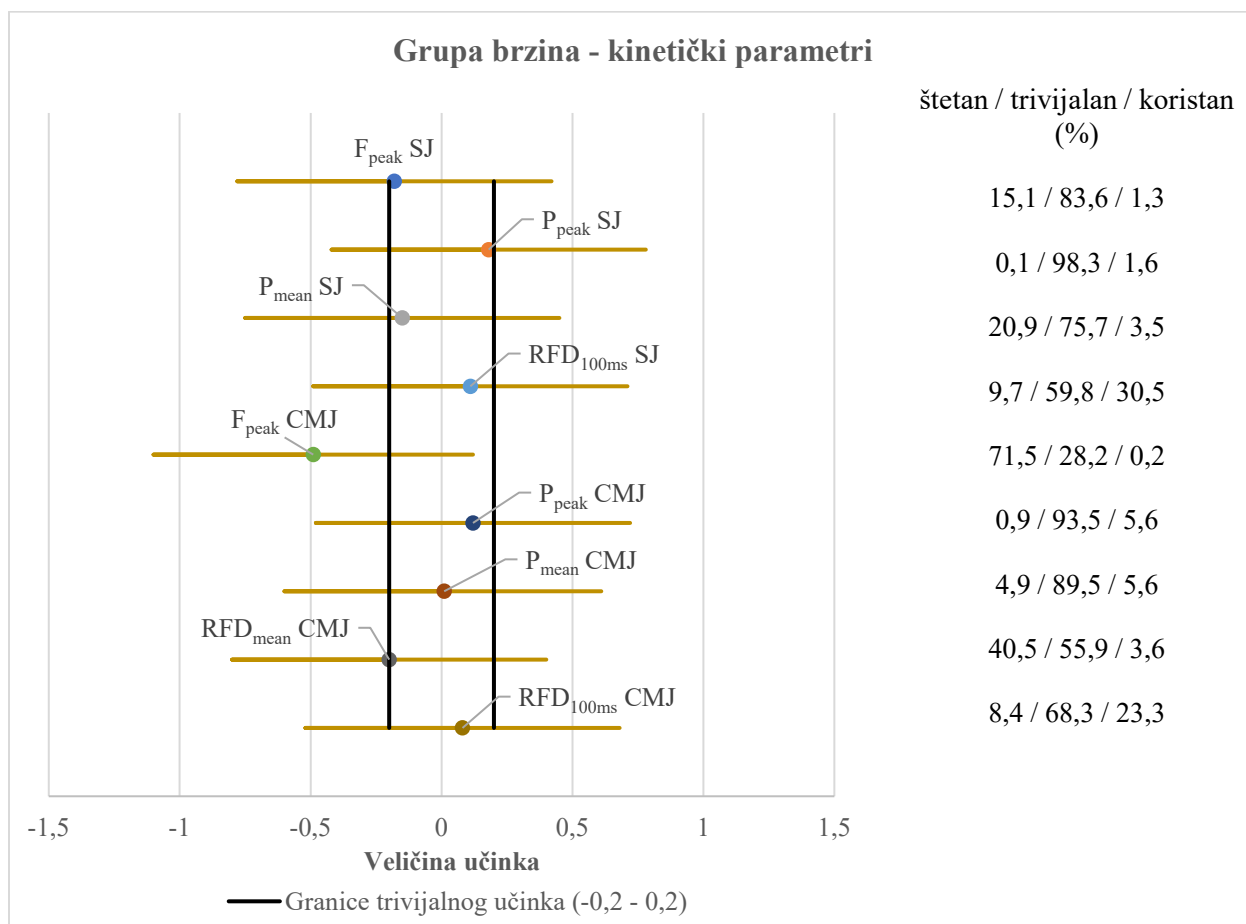
Promjene kod grupe brzina su se također ispitivale t – testom za zavisne uzorke, osim pri analizi varijable  $RFD_{mean}$  SJ, kada se koristio Wilcoxonov test sume rangove zbog već spomenutog odstupanja od teoretske normalne distribucije (tablica 36). Kod svih deset varijabli nije pronađena značajna razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja, a veličine učinka su zabilježene u rasponu od negativno malog ( $ES F_{peak}$  CMJ = -0,51) do pozitivno trivijalnog ( $ES P_{peak}$  SJ = 0,18) (tablica 35). Pojedinačni negativni odgovori na definirani protokol treniranja su evidentirani u rasponu od tri ispitanika u varijablama  $P_{peak}$  SJ i  $RFD_{100ms}$  CMJ do osam ispitanika u varijabli  $F_{peak}$  CMJ. Izuzimajući varijablu  $F_{peak}$  CMJ, kod koje je najveća vjerojatnost da program treniranja u smjeru

brzine štetno djeluje, kod preostalih osam parametrijskih varijabli su najočekivaniji trivijalni učinci provedenog programa treninga (slika 34).

Tablica 35. Razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja kod grupe brzina u kinetičkim parametrima

Grupa brzina	Inicijalno vs. Finalno					Individualni odgovor		
	MD ± SD	t	p	%Δ ± SD	ES ± 90% CI	+	0	-
<b>SJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	-22,44 ± 122,22	0,71	0,49	-0,90 ± 6,50	-0,18 ± 0,60	3	5	7
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	34,54 ± 196,28	-0,68	0,51	0,95 ± 4,68	0,18 ± 0,60	5	7	3
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	-30,18 ± 204,88	0,57	0,58	-1,13 ± 10,24	-0,15 ± 0,60	6	4	5
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	359,33 ± 3342,73	-0,42	0,68	45,09 ± 116,73	0,11 ± 0,60	8	0	7
<b>CMJ</b>								
<b>F<sub>peak</sub> (N)</b>	-80,86 ± 156,72	2,00	0,07	-3,83 ± 7,79	-0,49 ± 0,61	3	4	8
<b>P<sub>peak</sub> (W)</b>	29,69 ± 242,58	-0,47	0,64	1,04 ± 6,34	0,12 ± 0,60	3	7	5
<b>P<sub>mean</sub> (W)</b>	1,833 ± 196,87	-0,04	0,97	0,91 ± 11,01	0,01 ± 0,60	4	6	5
<b>RFD<sub>mean</sub> (N/s)</b>	-571,00 ± 2628,26	0,84	0,41	0,07 ± 30,36	-0,20 ± 0,60	3	6	6
<b>RFD<sub>100ms</sub> (N/s)</b>	205,48 ± 2288,35	-0,35	0,73	35,29 ± 86,46	0,08 ± 0,60	6	6	3

**Legenda:** MD - aritmetička sredina razlika, SD - standardna devijacija, t – vrijednost t – testa za zavisne uzorke, p – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna razlika, %Δ - promjena izražena u postocima, ES – veličina učinka izražena Cohenovim d indeksom, CI – interval pouzdanosti, + - promjena usmjerena ka poboljšanju, 0 – trivijalna promjena, - - promjena usmjerena ka pogoršanju, SJ – skok iz čučnja, CMJ – skok iz čučnja s pripremom, F<sub>peak</sub> – vršna sila, P<sub>peak</sub> – vršna snaga, P<sub>mean</sub> – prosječna snaga, RFD<sub>mean</sub> – prosječan gradijent sile, RFD<sub>100ms</sub> – gradijent sile u početnih 100 milisekundi skoka



Slika 34. Grafički prikaz veličina učinka s 95% intervalima pouzdanosti za grupu brzina u kinetičkim parametrima vertikalnoga skoka

Tablica 36. Razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja u varijabli  $RFD_{mean}$  SJ kod grupe brzina

Wilcoxonov test sume rangova						
Kinetički parametar	Grupa	SuR inicijalno	SuR finalno	Z	p	ES
$RFD_{mean}$ SJ	Brzina	65,00	55,00	-0,28	0,78	0,05

**Legenda:**  $RFD_{mean}$  SJ - prosječan gradijent sile u skoku iz čučnja, **SuR** – suma rangova, **Z** - vrijednost Wilcoxonovog testa sume rangova, **p** – razina statističke značajnosti, **ES** – veličina učinka izražena r vrijednošću



Levenovim testom utvrđena je homogenost varijanci između dvije grupe u svim kinetičkim parametrima inicijalnog i finalnog mjerenja, dok je primjenom Boxovog testa evidentirana homogenost matrica kovarijanci, također, kod svih varijabli (tablica 37). Kao i u slučaju kinematičkih parametara, 2 x 2 miješani ANOVA model je korišten za analiziranje značajnosti interakcija dva faktora, vremena mjerenja i programa treninga. Značajna interakcija je pronađena u varijablama  $P_{\text{peak}}$  SJ ( $F = 23,28$ ;  $p = < 0,001$ ),  $P_{\text{mean}}$  SJ ( $F = 9,01$ ;  $p = 0,01$ ),  $F_{\text{peak}}$  CMJ ( $F = 6,12$ ;  $p = 0,02$ ) i  $P_{\text{peak}}$  CMJ ( $F = 10,68$ ;  $p = 0,003$ ). Veliki učinci interakcija su utvrđeni u varijablama  $P_{\text{peak}}$  SJ ( $\eta^2 = 0,45$ ) i  $P_{\text{peak}}$  CMJ ( $\eta^2 = 0,28$ ), dok su u preostale dvije varijable sa značajnom interakcijom zabilježeni umjereni učinci ( $\eta^2 P_{\text{mean}}$  SJ = 0,24;  $\eta^2 F_{\text{peak}}$  CMJ = 0,18). Interakcije u četiri navedene varijable su grafički prikazane na slikama 35, 36, 37 i 38. U preostalih šest varijabli s neznačajnim interakcijama notirani su mali učinci u parametrima  $F_{\text{peak}}$  SJ ( $\eta^2 = 0,08$ ),  $RFD_{\text{mean}}$  SJ ( $\eta^2 = 0,08$ ),  $RFD_{\text{mean}}$  CMJ ( $\eta^2 = 0,08$ ) i  $RFD_{100\text{ms}}$  SJ ( $\eta^2 = 0,07$ ), srednji učinak u varijabli  $P_{\text{mean}}$  CMJ ( $\eta^2 = 0,12$ ), dok je trivijalan učinak interakcija primjetan u varijabli  $RFD_{100\text{ms}}$  CMJ ( $\eta^2 = 0,003$ ) (tablica 38).

Tablica 37. Testiranje homogenosti varijanci i homogenosti kovarijanci u kinetičkim parametrima između dvije grupe

Kinetički parametar	Levenov test – inicijalno		Levenov test – finalno		Boxov test		
	F	p	F	p	Boxov M	F	p
<b>SJ</b>							
<b>F<sub>peak</sub></b>	0,41	0,53	0,47	0,50	1,75	0,54	0,66
<b>P<sub>peak</sub></b>	0,52	0,48	0,31	0,58	1,44	0,44	0,72
<b>P<sub>mean</sub></b>	0,18	0,67	0,73	0,40	1,91	0,59	0,62
<b>RFD<sub>mean</sub></b>	1,05	0,31	0,66	0,42	2,00	0,61	0,61
<b>RFD<sub>100ms</sub></b>	0,01	0,94	3,63	0,67	3,15	0,97	0,41

CMJ							
<b>F<sub>peak</sub></b>	1,25	0,27	0,38	0,54	8,15	2,51	0,06
<b>P<sub>peak</sub></b>	0,05	0,83	0,05	0,83	1,73	0,53	0,66
<b>P<sub>mean</sub></b>	0,17	0,69	0,03	0,86	1,74	0,54	0,66
<b>RFD<sub>mean</sub></b>	0,35	0,56	1,21	0,28	3,02	0,93	0,43
<b>RFD<sub>100ms</sub></b>	0,12	0,73	2,74	0,11	4,88	1,50	0,21

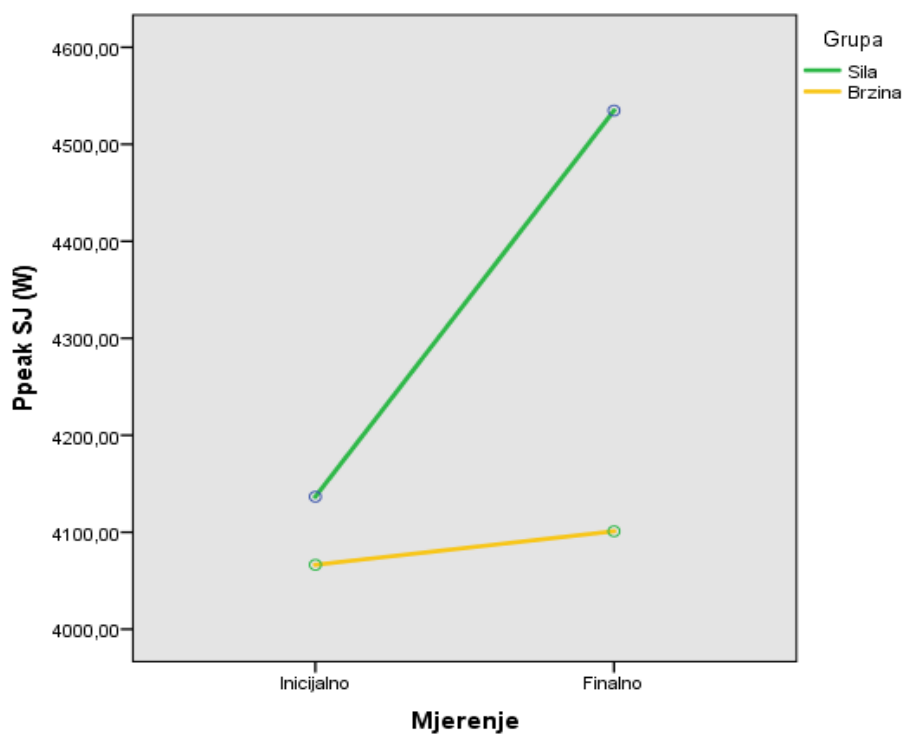
**Legenda:** *F* – vrijednost *F* – testa za pripadajuću metodu, *p* – razina statističke značajnosti, **Boxov M** – vrijednost Boxovog testa, **SJ** – skok iz čučnja, **CMJ** – skok iz čučnja s pripremom, **F<sub>peak</sub>** – vršna sila, **P<sub>peak</sub>** – vršna snaga, **P<sub>mean</sub>** – prosječna snaga, **RFD<sub>mean</sub>** – prosječan gradijent sile, **RFD<sub>100ms</sub>** – gradijent sile u početnih 100 milisekundi skoka

Tablica 38. Testiranje značajnosti interakcija faktora vrijeme mjerenje i program treninga u kinetičkim parametrima

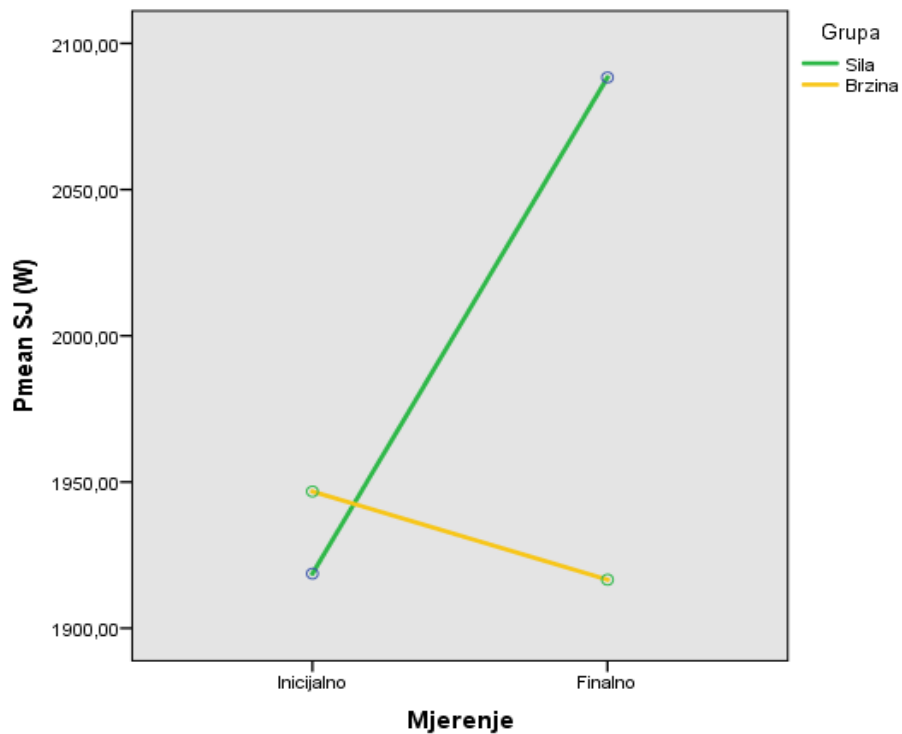
MULTIVARIJATNA ANALIZA				
Kinetički parametar	Wilksova lambda	F	p	$\eta^2$
<b>SJ</b>				
<b>F<sub>peak</sub></b>	0,92	2,53	0,12	0,08
<b>P<sub>peak</sub></b>	0,55	23,28	< 0,001*	0,45
<b>P<sub>mean</sub></b>	0,76	9,01	0,01*	0,24
<b>RFD<sub>mean</sub></b>	0,92	2,56	0,12	0,08
<b>RFD<sub>100ms</sub></b>	0,93	2,03	0,17	0,07
<b>CMJ</b>				
<b>F<sub>peak</sub></b>	0,82	6,13	0,02*	0,18
<b>P<sub>peak</sub></b>	0,72	10,68	0,003*	0,28
<b>P<sub>mean</sub></b>	0,88	3,92	0,06	0,12

<b>RFD<sub>mean</sub></b>	0,92	2,43	0,13	0,08
<b>RFD<sub>100ms</sub></b>	1,00	0,09	0,77	0,003

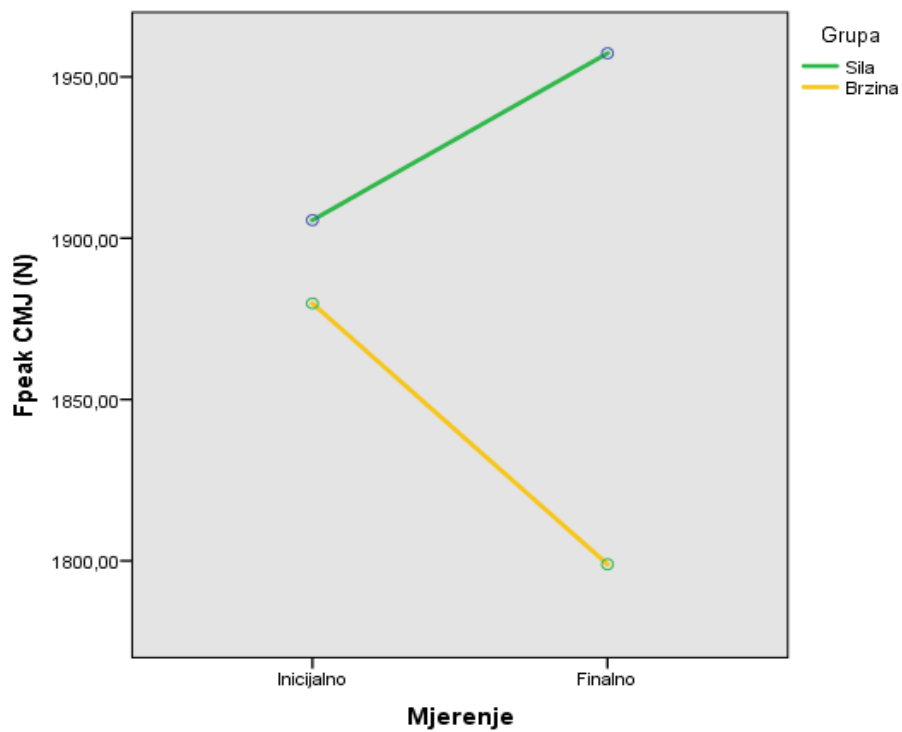
**Legenda:** *F* - vrijednost *F* – testa, *p* – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna vrijednost,  $\eta^2$  – parcijalni eta kvadrat, *SJ* – skok iz čučnja, *CMJ* – skok iz čučnja s pripremom, *F<sub>peak</sub>* – vršna sila, *P<sub>peak</sub>* – vršna snaga, *P<sub>mean</sub>* – prosječna snaga, *RFD<sub>mean</sub>* – prosječan gradijent sile, *RFD<sub>100ms</sub>* – gradijent sile u početnih 100 milisekundi skoka



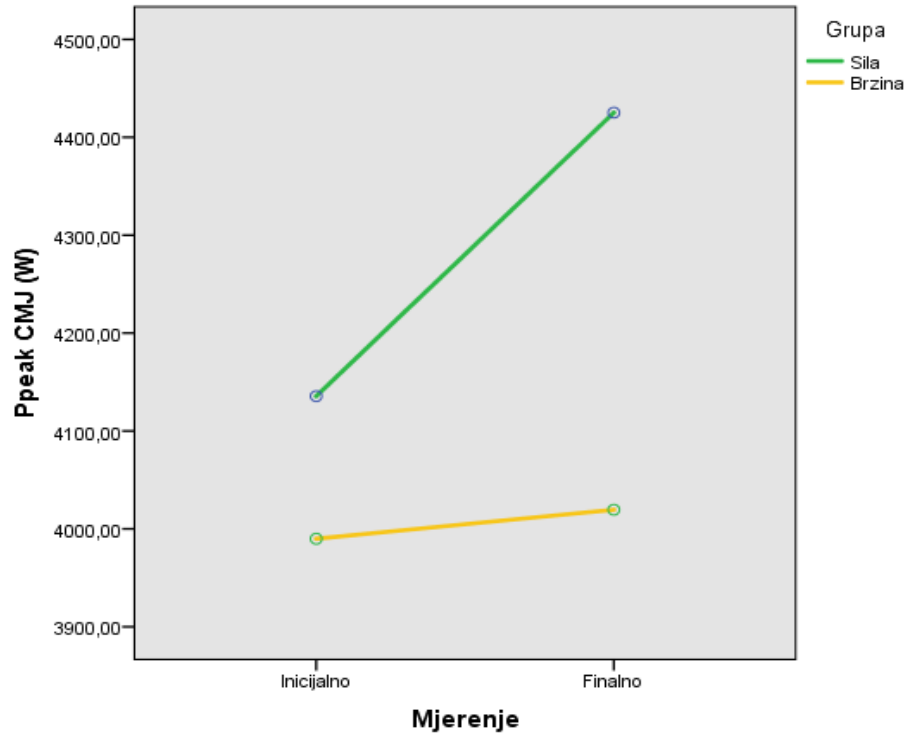
Slika 35. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli P<sub>peak</sub> SJ



Slika 36. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $P_{\text{mean}}$  SJ



Slika 37. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $F_{\text{peak}}$  CMJ



Slika 38. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $P_{peak}$  CMJ

#### 4.2.4. Parametri mehaničkog F-v profila

Analizirane su četiri varijable za stjecanje uvida u kvantitativne promjene mehaničkog F-v profila. U tablicama 39, 40, 43 i 44 su prikazane osnovne deskriptivne vrijednosti svih varijabli, s naglaskom da su odvojeno prikazane vrijednosti grupa, ali i njihova inicijalna i finalna mjerenja. Bitan podatak za cjelokupnu analizu je da su unutar regresijskih F-v modela, kod obje grupe u oba mjerenja, prosječne vrijednosti linearnog korelacijskog koeficijenta ( $r$ ) bile jednake ili veće od 0,94. U varijabli  $v_0$  zabilježena su značajna odstupanja od teoretske normalne distribucije kod grupe sile u oba mjerenja ( $W$  inicijalno = 0,78,  $p = 0,002$ ;  $W$  finalno = 0,82,  $p = 0,007$ ) (tablica 39 i 43) i kod grupe brzina u finalnom mjerenju ( $W$  finalno = 0,86,  $p = 0,02$ ) (tablica 44). Sukladno tome, u analizi navedene varijable su korišteni neparametrijski testovi, dok su ispitivanja preostale tri varijable obavljena putem parametrijskih metoda. Kompariranjem vrijednosti parametara u inicijalnom mjerenju, u nijednoj varijabli nije pronađena statistički značajna razlika između dvije grupe ispitanika [ $(S_{Fv\%}) t = -0,97, p = 0,34$ ;  $(F_0) t = -0,38, p = 0,70$ ;  $(P_{\max F-v}) t = 0,50, p = 0,62$ ;  $(v_0) Z = -0,69, p = 0,51$ ] (tablice 41 i 42). Kao i pri evaluaciju prethodnih vrsta parametara, i za parametre mehaničkog F-v profila se može reći da su istraživanju pristupile dvije grupe podudarnih karakteristika.

Tablica 39. Osnovne deskriptivne vrijednosti parametara F-v profila za grupu sila u inicijalnom mjerenju

GRUPA SILA (inicijalno)								
Parametar F-v profila	$\bar{x}$	SD	<i>min</i>	<i>max</i>	Ssk	Sku	W	p
$S_{Fv\%}$	52,07	16,37	19,00	81,00	0,16	0,39	0,96	0,64
$F_0$ (N/kg)	28,42	4,02	22,50	37,70	1,11	1,28	0,91	0,12
$v_0$ (m/s)	3,73	0,93	2,59	6,63	2,28	6,89	0,78	0,002*
$P_{\max F-v}$ (W/kg)	25,96	4,41	20,30	37,30	1,27	1,94	0,91	0,14

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **Ssk** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **Sku** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk

testa,  $p$  – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje rezultata od normalne teoretske distribucije,  $S_{Fv\%}$  - omjer aktualnog i optimalnog F-v profila izražen u postocima,  $F_0$  – teoretska maksimalna sila,  $v_0$  – teoretska maksimalna brzina,  $P_{maxF-v}$  – maksimalna snaga na temelju F-v odnosa,  $N$  – njutn,  $kg$  – kilogram,  $m$  – metar,  $s$  – sekunda,  $W$  – vat

Tablica 40. Osnovne deskriptivne vrijednosti parametara F-v profila za grupu brzina u inicijalnom mjerenju

GRUPA BRZINA (inicijalno)								
Parametar F-v profila	$\bar{x}$	SD	min	max	Ssk	Sku	W	p
$S_{Fv\%}$	58,07	17,47	31,00	87,00	0,23	-0,73	0,96	0,62
$F_0$ (N/kg)	28,95	3,56	23,30	34,80	-0,01	-0,85	0,97	0,82
$v_0$ (m/s)	3,51	0,81	2,48	5,29	0,75	0,27	0,95	0,46
$P_{maxF-v}$ (W/kg)	25,09	5,12	18,60	33,90	0,56	-0,90	0,92	0,19

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **Ssk** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **Sku** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa,  $p$  – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje rezultata od normalne teoretske distribucije,  $S_{Fv\%}$  - omjer aktualnog i optimalnog F-v profila izražen u postocima,  $F_0$  – teoretska maksimalna sila,  $v_0$  – teoretska maksimalna brzina,  $P_{maxF-v}$  – maksimalna snaga na temelju F-v odnosa,  $N$  – njutn,  $kg$  – kilogram,  $m$  – metar,  $s$  – sekunda,  $W$  - vat

Tablica 41. Razlike između grupa u inicijalnom mjerenju parametara F-v profila

Parametar F-v profila	$\bar{x} \pm SD$		Studentov t – test				Levenov test	
	Grupa sila	Grupa brzina	t	df	p	ES	F	p
$S_{Fv\%}$	52,07 ± 16,37	58,07 ± 17,47	-0,97	28	0,34	0,35	0,08	0,78
$F_0$ (N/kg)	28,42 ± 4,02	28,95 ± 3,56	-0,38	28	0,70	0,14	0,05	0,83
$P_{max}$ (W/kg)	25,96 ± 4,41	25,09 ± 5,12	0,50	28	0,62	0,18	0,87	0,36

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** - standardna devijacija, **t** – vrijednost t – testa za nezavisne uzorke, **df** – broj stupnjeva slobode,  $p$  – razina statističke značajnosti, **ES** – veličina učinka izražena Cohenovim d indeksom, **F** –

vrijednost Levenovog testa homogenosti varijanci,  $S_{Fv\%}$  - omjer aktualnog i optimalnog F-v profila izražen u postocima,  $F_0$  – teoretska maksimalna sila,  $P_{maxF-v}$  – maksimalna snaga na temelju F-v odnosa,  $N$  – njutn,  $kg$  – kilogram,  $W$  – vat

Tablica 42. Razlika između grupa u inicijalnom mjerenju  $v_0$

Mann – Whitney U test							
Parametar F-v profila	Grupa	SrR	SuR	U	Z	p	ES
$v_0$	Sila	16,60	249,00	96,00	-0,69	0,51	0,13
	Brzina	14,40	216,00				

**Legenda:**  $v_0$  – teoretska maksimalna brzina, **SrR** – srednji rang, **SuR** – suma rangova, **U** – vrijednost Mann – Whitney U testa, **Z** – vrijednost Mann – Whitney U testa, **p** – razina statističke značajnosti, **ES** – veličina učinka izražena r vrijednošću

Tablica 43. Osnovne deskriptivne vrijednosti parametara F-v profila za grupu sila u finalnom mjerenju

GRUPA SILA (finalno)								
Parametar F-v profila	$\bar{x}$	SD	min	max	S <sub>SK</sub>	S <sub>KU</sub>	W	p
$S_{Fv\%}$	66,47	21,00	26,00	106,00	-0,02	0,05	0,99	0,99
$F_0$ (N/kg)	31,36	4,21	23,90	39,10	0,40	-0,40	0,94	0,38
$v_0$ (m/s)	3,45	0,87	2,55	5,99	1,93	4,76	0,82	0,007*
$P_{maxF-v}$ (W/kg)	26,46	4,05	19,60	35,70	0,53	0,84	0,97	0,86

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **S<sub>SK</sub>** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **S<sub>KU</sub>** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje rezultata od normalne teoretske distribucije,  $S_{Fv\%}$  - omjer aktualnog i optimalnog F-v profila izražen u postocima,  $F_0$  – teoretska maksimalna sila,  $v_0$  – teoretska maksimalna brzina,  $P_{maxF-v}$  – maksimalna snaga na temelju F-v odnosa,  $N$  – njutn, **kg** – kilogram, **m** – metar, **s** – sekunda, **W** – vat



Tablica 44. Osnovne deskriptivne vrijednosti parametara F-v profila za grupu brzina u finalnom mjerenju

GRUPA BRZINA (finalno)								
Parametar F-v profila	$\bar{x}$	SD	min	max	S <sub>SK</sub>	S <sub>KU</sub>	W	p
S <sub>Fv%</sub>	56,33	23,60	22,00	99,00	0,15	-1,17	0,95	0,47
F <sub>0</sub> (N/kg)	29,93	3,62	23,90	36,80	0,68	0,16	0,91	0,14
v <sub>0</sub> (m/s)	4,03	1,47	2,56	6,67	0,71	-0,90	0,86	0,02*
P <sub>maxF-v</sub> (W/kg)	29,37	8,63	19,20	47,00	0,54	-0,75	0,92	0,20

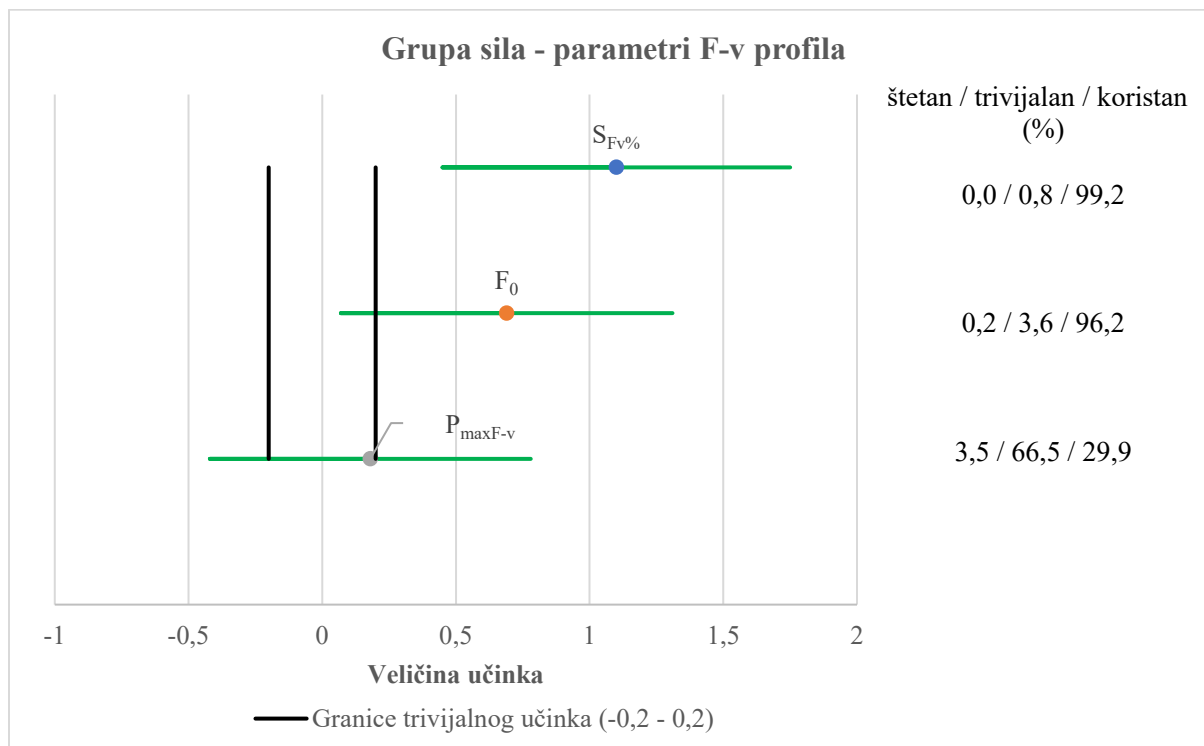
**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **min** – minimalan rezultat, **max** – maksimalan rezultat, **S<sub>SK</sub>** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **S<sub>KU</sub>** – koeficijent izduženosti distribucije, **W** – vrijednost Shapiro – Wilk testa, **p** – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajno odstupanje rezultata od normalne teoretske distribucije, **S<sub>Fv%</sub>** - omjer aktualnog i optimalnog F-v profila izražen u postocima, **F<sub>0</sub>** – teoretska maksimalna sila, **v<sub>0</sub>** – teoretska maksimalna brzina, **P<sub>maxF-v</sub>** – maksimalna snaga na temelju F-v odnosa, **N** – njutn, **kg** – kilogram, **m** – metar, **s** – sekunda, **W** – vat

Primjenom t – testa za zavisne uzorke utvrđene su značajne razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja kod grupe sila u varijablama S<sub>Fv%</sub> (t = - 3,60; p = 0,003) i F<sub>0</sub> (t = -2,59; p = 0,02). Nasuprot tome, korištenjem istog testa nije zabilježena značajna razlika u varijabli P<sub>maxF-v</sub> (t = -0,70; p = 0,49) (tablica 45), kao ni značajna razlika u varijabli v<sub>0</sub> (Z = -1,62; p = 0,11) koja je ispitivana Wilcoxonovim testom sume rangova (tablica 47). U parametrima sa značajnim razlikama utvrđene su srednje veličine učinka (ES S<sub>Fv%</sub> = 1,10 ± 0,65; ES F<sub>0</sub> = 0,69 ± 0,62), dok su u parametrima s neznačajnim promjenama evidentirani trivijalan (ES P<sub>maxF-v</sub> = 0,18 ± 0,60) i srednji [(ES(r) v<sub>0</sub> = -0,30] učinak. Dvanaest od petnaest (80%) ispitanika ove grupe je demonstriralo pozitivan odgovor na definirani program treninga kada je u pitanju parametar S<sub>Fv%</sub>. Nešto manji postotak pozitivnih odgovora (78,57%) je zabilježen u varijabli F<sub>0</sub>, dok je u preostaloj varijabli s normalnom distribucijom podataka manje od polovice ispitanika reagiralo na pozitivan način (P<sub>maxF-v</sub> = 46,67%) (tablica 45). Na temelju p – vrijednosti, opažene razlike u mjerenjima i najmanje značajne promjene, utvrđeno je da su šanse za korisnošću ovakvoga programa treninga izrazito velike za varijable S<sub>Fv%</sub> (99,2%) i F<sub>0</sub> (96,2%), dok takvo što nije u primjetno u slučaju parametra P<sub>maxF-v</sub>, gdje je zabilježena najveća vjerojatnost (66,5%) za trivijalnim učinkom (slika 39).

Tablica 45. Razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja kod grupe sila u parametrima F-v profila

Grupa sila	Inicijalno vs. Finalno					Individualni odgovor		
	MD ± SD	t	p	%Δ ± SD	ES ± 90% CI	+	0	-
$S_{Fv\%}$	14,40 ± 15,51	-3,60	0,003*	31,53 ± 34,91	1,10 ± 0,65	11	3	1
$F_0$ (N/kg)	2,94 ± 4,40	-2,59	0,02*	11,34 ± 14,94	0,69 ± 0,62	12	2	1
$P_{max}$ (W/kg)	0,50 ± 2,75	-0,70	0,49	2,67 ± 11,46	0,18 ± 0,60	7	4	4

**Legenda:** *MD* - aritmetička sredina razlika, *SD* - standardna devijacija, *t* – vrijednost *t* – testa za zavisne uzorke, *p* – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna razlika, %Δ - promjena izražena u postocima, *ES* – veličina učinka izražena Cohenovim *d* indeksom, *CI* – interval pouzdanosti, + - promjena usmjerena ka poboljšanju, 0 – trivijalna promjena, - - promjena usmjerena ka pogoršanju,  $S_{Fv\%}$  - omjer aktualnog i optimalnog F-v profila izražen u postocima,  $F_0$  – teoretska maksimalna sila,  $P_{maxF-v}$  – maksimalna snaga na temelju F-v odnosa, *N* – njutn, *kg* – kilogram, *W* – vat



Slika 39. Grafički prikaz veličina učinka s 95% intervalima pouzdanosti za grupu sila u parametrima F-v profila

Ispitivanjem grupe brzine ustanovljena je značajna promjena iz inicijalnog u finalno stanje kod varijable  $P_{\max F-v}$  ( $t = -3,33$ ;  $p = 0,005$ ), dok se u ostalim varijablama navedena stanja statistički ne razlikuju [ $(S_{Fv\%}) t = 0,40$ ,  $p = 0,70$ ;  $(F_0) t = -1,25$ ,  $p = 0,23$ ;  $(v_0) Z = -1,65$ ,  $p = 0,10$ ]. Značajna promjena u varijabli  $P_{\max F-v}$  je popraćena velikim učinkom ( $ES = 1,58 \pm 0,69$ ), prosječnim poboljšanjem od  $16,07 \pm 18,52\%$  i s pozitivnim odgovorom kod 73,33% ispitanika. U preostalim varijablama je prisutan trivijalan ( $ES S_{Fv\%} = -0,13 \pm 0,60$ ), mali ( $ES F_0 = 0,32 \pm 0,61$ ) i srednji [ $ES(r) v_0 = 0,30$ ] učinak provedenog treninga (tablice 46 i 47). U varijabli  $P_{\max F-v}$  primjetna je najveća vjerojatnost da je ovakav program treninga koristan (98,8%), slijede ju podaci  $F_0$  s vjerojatnošću od 63,3% za korisnim učinkom, dok je u varijabli  $S_{Fv\%}$  najočekivaniji trivijalan učinak (52,5%) (slika 40).

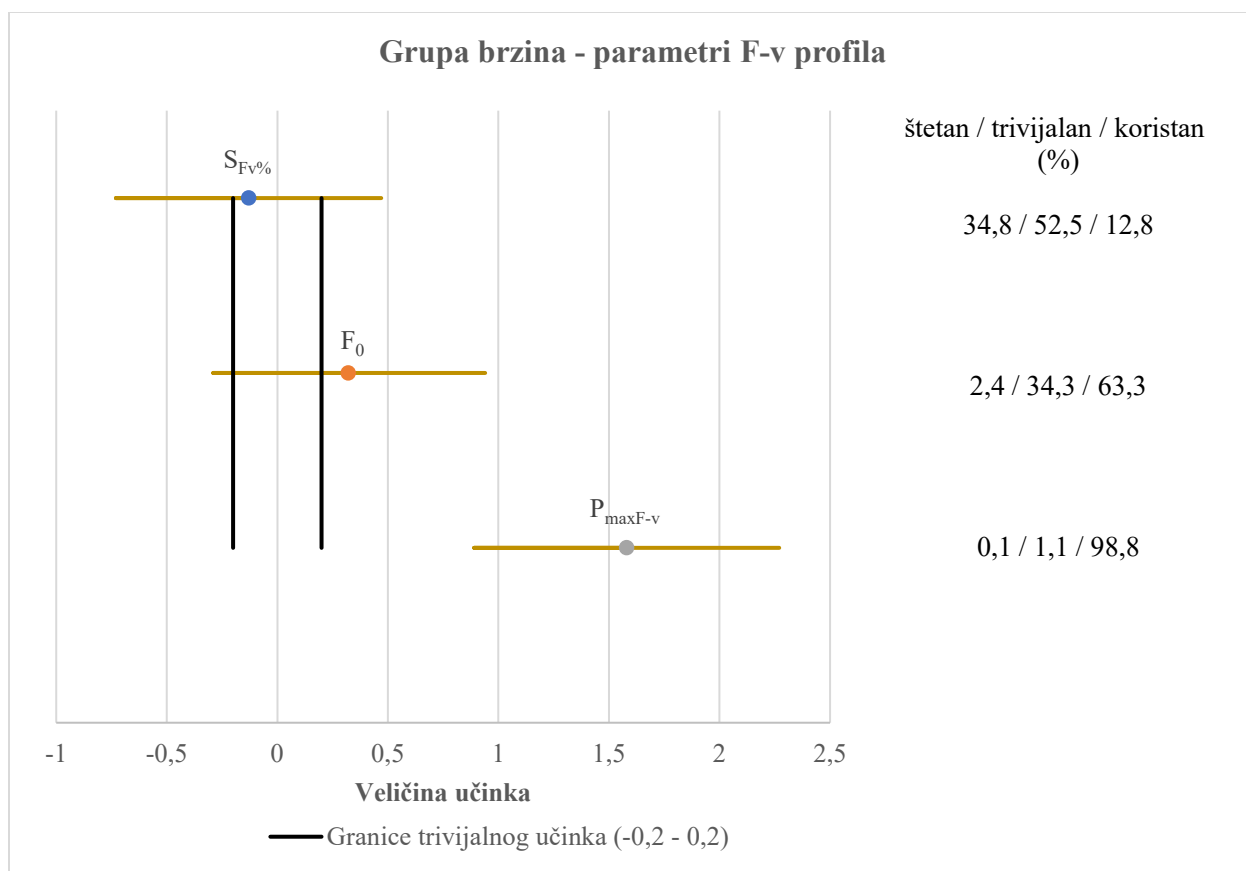
Znajući da vrijednosti  $S_{Fv\%}$ , kada su u pitanju F-v profili iste vrste, direktno određuju varijablu neravnoteže F-v profila ( $F-v_{IMB}$ ), potonja nije tablično i grafički prikazana, već će se samo tekstualno ističe značajno pozitivna promjena ( $t = 3,60$ ;  $p = 0,002$ ) iz inicijalnog ( $47,93 \pm 16,37\%$ ) u finalno ( $34,33 \pm 19,56\%$ ) kod grupe sila, te neznčajna promjena ( $t = -0,40$ ;  $p = 0,70$ ) iz inicijalnog ( $41,93 \pm 17,47\%$ ) u finalno ( $43,67 \pm 23,60\%$ ) kod grupe brzina.

Tablica 46. Razlike između inicijalnog i finalnog mjerenja kod grupe brzina u parametrima F-v profila

Grupa brzina	Inicijalno vs. Finalno					Individualni odgovor		
	MD $\pm$ SD	t	p	% $\Delta$ $\pm$ SD	ES $\pm$ 90% CI	+	0	-
$S_{Fv\%}$	-1,73 $\pm$ 16,94	0,40	0,70	-2,20 $\pm$ 34,34	-0,13 $\pm$ 0,60	5	5	5
$F_0$ (N/kg)	0,98 $\pm$ 3,045	-1,25	0,23	4,01 $\pm$ 11,34	0,32 $\pm$ 0,61	10	1	4
$P_{\max F-v}$ (W/kg)	4,29 $\pm$ 4,98	-3,33	0,005*	16,07 $\pm$ 18,52	1,58 $\pm$ 0,69	11	2	2

**Legenda:** MD - aritmetička sredina razlika, SD - standardna devijacija, t – vrijednost t – testa za zavisne uzorke, p – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna razlika, % $\Delta$  - promjena izražena u postocima, ES – veličina učinka izražena Cohenovim d indeksom, CI – interval pouzdanosti, + - promjena usmjerena ka poboljšanju, 0 – trivijalna promjena, - - promjena usmjerena ka pogoršanju,  $S_{Fv\%}$  - omjer aktualnog i optimalnog F-v profila izražen

u postocima,  $F_0$  – teoretska maksimalna sila,  $P_{\max F-v}$  – maksimalna snaga na temelju F-v odnosa,  $N$  – njutn,  $kg$  – kilogram,  $W$  – vat



Slika 40. Grafički prikaz veličina učinka s 95% intervalima pouzdanosti za grupu brzina u parametrima F-v profila

Tablica 47. Razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja u varijabli  $v_0$  kod obje grupe

Wilcoxonov test sume rangova						
Parametar F-v profila	Grupa	SuR inicijalno	SuR finalno	Z	p	ES
$v_0$	Sila	88,50	31,50	-1,62	0,11	-0,30
	Brzina	31,00	89,00	-1,65	0,10	0,30

**Legenda:**  $v_0$  – teoretska maksimalna brzina, **SuR** – suma rangova, **Z** - vrijednost Wilcoxonovog testa sume rangova, **p** – razina statističke značajnosti, **ES** – veličina učinka izražena r vrijednošću

Homogenost matrica kovarijanci je zadovoljena u svim parametrima F-v profila, dok je homogenost varijanci narušena u finalnom mjerenju varijabli  $v_0$  ( $F = 8,01$ ;  $p = 0,009$ ) i  $P_{\max F-v}$  ( $F = 13,07$ ;  $p = 0,001$ ) (tablica 48). Usprkos navedenom, testiranje značajnosti interakcije vremena mjerenja i programa treninga odrađeno je 2 x 2 ANOVA miješanim modelom. Notirane su značajne interakcije u  $S_{Fv\%}$  ( $F = 7,40$ ;  $p = 0,01$ ),  $v_0$  ( $F = 6,21$ ;  $p = 0,02$ ) i  $P_{\max F-v}$  ( $F = 6,64$ ;  $p = 0,02$ ), što bi značilo da sprovedeni oblici treninga različito djeluju na promjene u istaknutim parametrima. Inače, u sva tri značajna parametra je prisutan srednji učinak interakcije ( $\eta^2 S_{Fv\%} = 0,21$ ;  $\eta^2 v_0 = 0,18$ ,  $\eta^2 P_{\max F-v} = 0,19$ ) (tablica 49). Interakcije u tri navedene varijable su grafički prikazane na slikama 41, 42 i 43.

Tablica 48. Testiranje homogenosti varijanci i homogenosti kovarijanci u parametrima F-v profila između dvije grupe

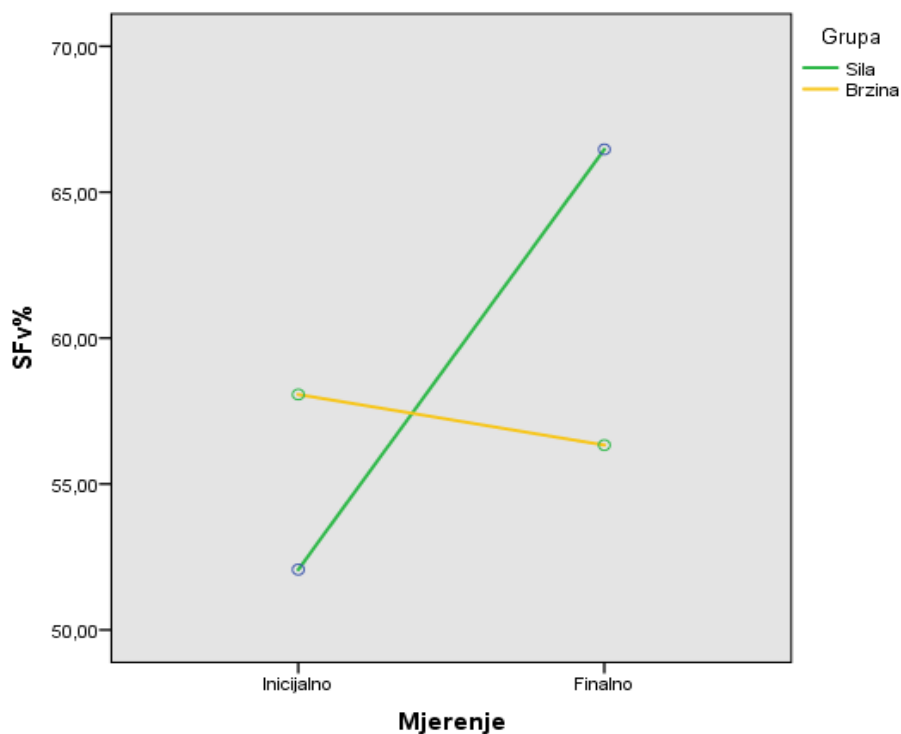
Parametar F-v profila	Levenov test – inicijalno mjerenje		Levenov test – finalno mjerenje		Boxov test		
	F	p	F	p	Boxov M	F	p
$S_{Fv\%}$	0,08	0,78	0,82	0,37	0,22	0,07	0,98
$F_0$	0,05	0,83	0,76	0,39	1,92	0,59	0,62
$v_0$	0,02	0,88	8,01	0,009*	7,71	2,37	0,07
$P_{\max F-v}$	0,87	0,36	13,07	0,001*	10,51	3,23	0,02

**Legenda:** **F** – vrijednost F – testa za pripadajuću metodu, **p** – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna vrijednost, **Boxov M** – vrijednost Boxovog testa,  $S_{Fv\%}$  - omjer aktualnog i optimalnog F-v profila izražen u postocima,  $F_0$  – teoretska maksimalna sila,  $v_0$  – teoretska maksimalna brzina,  $P_{\max F-v}$  – maksimalna snaga na temelju F-v odnosa

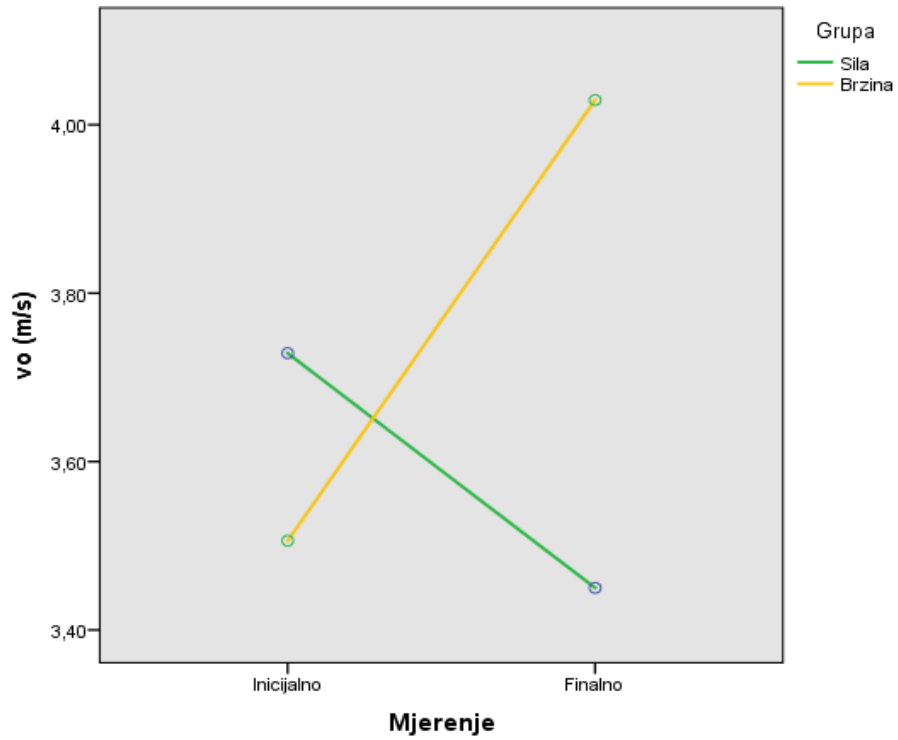
Tablica 49. Testiranje značajnosti interakcija faktora vrijeme mjerenje i program treninga u parametrima F-v profila

MULTIVARIJATNA ANALIZA				
Parametar F-v profila	Wilksova lambda	F	p	$\eta^2$
$S_{Fv\%}$	0,79	7,40	0,01*	0,21
$F_0$	0,93	0,21	0,17	0,07
$v_0$	0,82	6,21	0,02*	0,18
$P_{maxF-v}$	0,81	6,64	0,02*	0,19

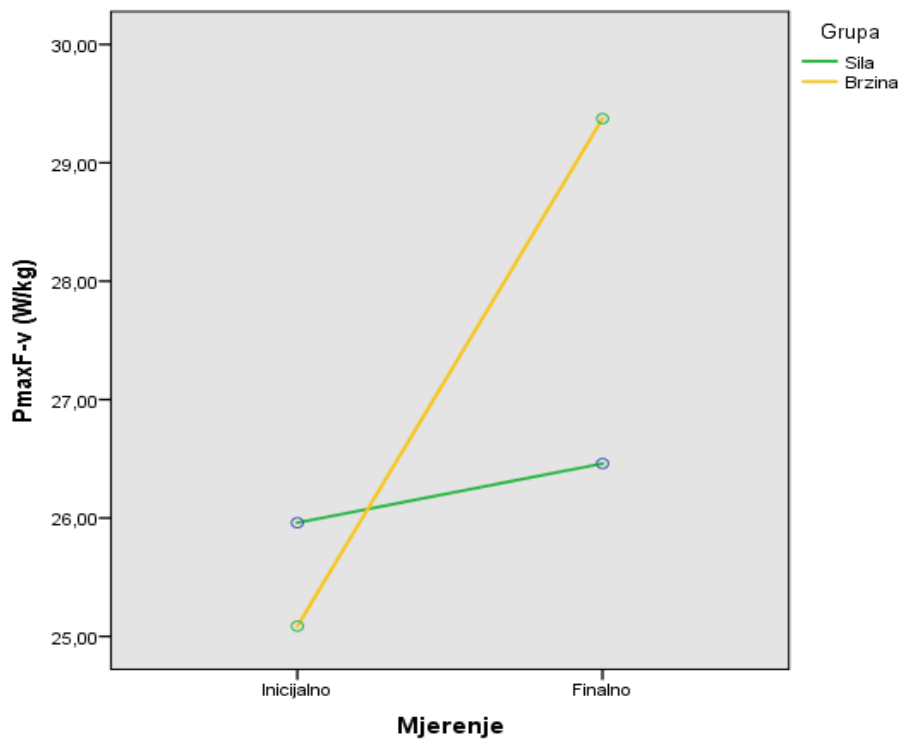
**Legenda:**  $F$  - vrijednost  $F$  - testa,  $p$  - razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna vrijednost,  $\eta^2$  - parcijalni eta kvadrat,  $S_{Fv\%}$  - omjer aktualnog i optimalnog F-v profila izražen u postocima,  $F_0$  - teoretska maksimalna sila,  $v_0$  - teoretska maksimalna brzina,  $P_{maxF-v}$  - maksimalna snaga na temelju F-v odnosa



Slika 41. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $S_{Fv\%}$



Slika 42. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $v_0$



Slika 43. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli  $P_{\max F-v}$

#### 4.2.5. Stražnji polučučanj

Budući da je utvrđena normalna distribucija podataka u varijabli 1RM HBS kod obje grupe u oba mjerenja, parametrijske metode su korištene u analizi ove varijable. Osnovne deskriptivne vrijednosti za navedenu varijablu su prikazane u tablici 50. T – testom za nezavisne uzorke, uz prethodnu provjeru homogenosti varijanci, je ustanovljeno da između dvije grupe ispitanika ne postoji značajna razlika u inicijalnom mjerenju ( $t = -0,34$ ;  $p = 0,74$ ) (tablica 51), pa se na temelju dobivenih podataka može tvrditi da su istraživanju pristupile dvije grupe podudarnih razina jakosti donjih ekstremiteta. Analizirajući promjene unutar samih protokola, kod grupe sila je t – testom za zavisne uzorke zabilježena značajna razlika između dvije točke mjerenja ( $t = -10,64$ ;  $p = <0,001$ ), s izrazito velikim učinkom ( $ES = 3,16 \pm 0,90$ ) (tablica 52). Oprečno, kod grupe brzina nije pronađena značajna razlika u vrijednostima između inicijalnog i finalnog mjerenja ( $t = -0,86$ ;  $p = 0,40$ ), a uz to je i evidentiran mali učinak programa treninga na promjenu u 1RM HBS ( $ES = 0,24 \pm 0,60$ ) (tablica 52). Svih petnaest ispitanika grupe sila je prezentiralo pozitivne odgovore na trenažni proces, dok je u grupi brzina najviše ispitanika (devet od petnaest) reagiralo na trivijalan način (tablica 52). Vjerojatnost da je program koji je provodila grupa sila koristan za razvoj 1RM HBS iznosi 100%, a, očekivano, primjenom programa grupe brzina najveća je vjerojatnost (97,3%) za trivijalnim učinkom na promjenu 1RM HBS (slika 44). Inače, najveća apsolutna vrijednost 1RM HBS u ovome istraživanju iznosi 195 kg, a evidentirana je kod dvojice ispitanika (tablica 50), dok je najveća vrijednost 1RM HBS relativiziranog prema tjelesnoj masi 2,72.

Tablica 50. Deskriptivni pokazatelji inicijalnog i finalnog mjerenja u varijabli 1RM HBS kod obje grupe

1RM HBS								
	$\bar{x}$	SD	<i>min</i>	<i>max</i>	S <sub>SK</sub>	S <sub>KU</sub>	W	p
<b>Grupa sila</b>								
<b>Inicijalno mjerenje (kg)</b>	132,67	19,35	100,00	170,00	0,39	-0,36	0,96	0,71
<b>Finalno mjerenje (kg)</b>	152,00	21,53	110,00	195,00	0,25	0,57	0,94	0,43



Grupa brzina								
Inicijalno mjerenje (kg)	135,67	28,78	90,00	190,00	0,48	-0,31	0,95	0,49
Finalno mjerenje (kg)	137,33	25,49	100,00	195,00	0,66	0,34	0,95	0,55

**Legenda:** *1RM HBS* – jedno maksimalno ponavljanje u vježbi stražnji polučučanj (eng. 1RM half back squat),  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, *SD* – standardna devijacija, *min* – minimalan rezultat, *max* – maksimalan rezultat, *Ssk* – koeficijent asimetričnosti distribucije, *Sku* – koeficijent izduženosti distribucije, *W* – vrijednost Shapiro – Wilk testa, *p* – razina statističke značajnosti, *kg* – kilogram

Tablica 51. Razlika između grupa u inicijalnom mjerenju 1RM HBS

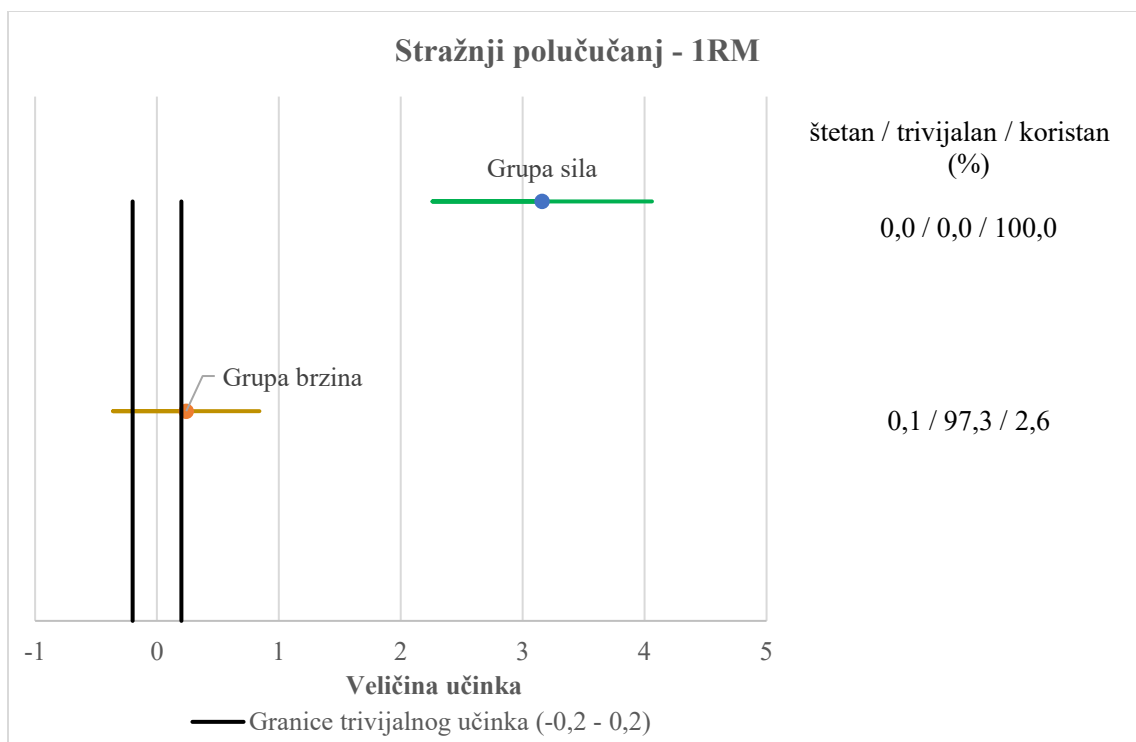
1RM HBS (kg)	$\bar{x} \pm SD$		Studentov t – test				Levenov test	
	Grupa sila	Grupa brzina	T	df	p	ES	F	p
	132,67 ± 19,35	135,67 ± 28,78	-0,34	28,00	0,74	0,12	1,62	0,21

**Legenda:** *1RM HBS* – jedno maksimalno ponavljanje u vježbi stražnji polučučanj,  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, *SD* - standardna devijacija, *t* – vrijednost t – testa za nezavisne uzorke, *df* – broj stupnjeva slobode, *p* – razina statističke značajnosti, *ES* – veličina učinka izražena Cohenovim *d* indeksom, *F* – vrijednost Levenovog testa homogenosti varijanci, *kg* – kilogram

Tablica 52. Razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja u varijabli 1RM HBS kod obje grupe

1RM - HBS (kg)	Inicijalno vs. Finalno					Individualni odgovor		
	MD ± SD	t	p	%Δ ± SD	ES ± 90% CI	+	0	-
Grupa sila	19,33 ± 7,04	-10,64	< 0,001*	14,75 ± 5,65	3,16 ± 0,90	15	0	0
Grupa brzina	1,67 ± 7,48	-0,86	0,40	1,90 ± 5,62	0,24 ± 0,60	4	9	2

**Legenda:** *1RM HBS* – jedno maksimalno ponavljanje u vježbi stražnji polučučanj, *kg* – kilogram, *MD* - aritmetička sredina razlika, *SD* - standardna devijacija, *t* – vrijednost t – testa za zavisne uzorke, *p* – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna razlika, %Δ - promjena izražena u postocima, *ES* – veličina učinka izražena Cohenovim *d* indeksom, *CI* – interval pouzdanosti, + - promjena usmjerena ka poboljšanju, 0 – trivijalna promjena, - - promjena usmjerena ka pogoršanju



Slika 44. Grafički prikaz veličine učinka s 95% intervalima pouzdanosti za obje grupe u varijabli 1RM HBS.

Homogenost varijanci između dvije grupe ispitanika u oba mjerenja varijable 1RM HBS je utvrđena Levenovim test, dok se homogenost matrica kovarijanci potvrdila Boxovim testom (tablica 53). Imajući u vidu rezultate unutar samih protokola, očekivano je pronađena značajna interakcija između faktora vrijeme mjerenja i program treninga ( $F = 44,39$ ;  $p = < 0,001$ ), uz velik učinak interakcije ( $\eta^2 = 0,61$ ) (tablica 54). Interakcija je grafički prikazana na slici 45.

Tablica 53. Testiranje homogenosti varijanci i homogenosti kovarijanci u varijabli 1RM HBS između dvije grupe

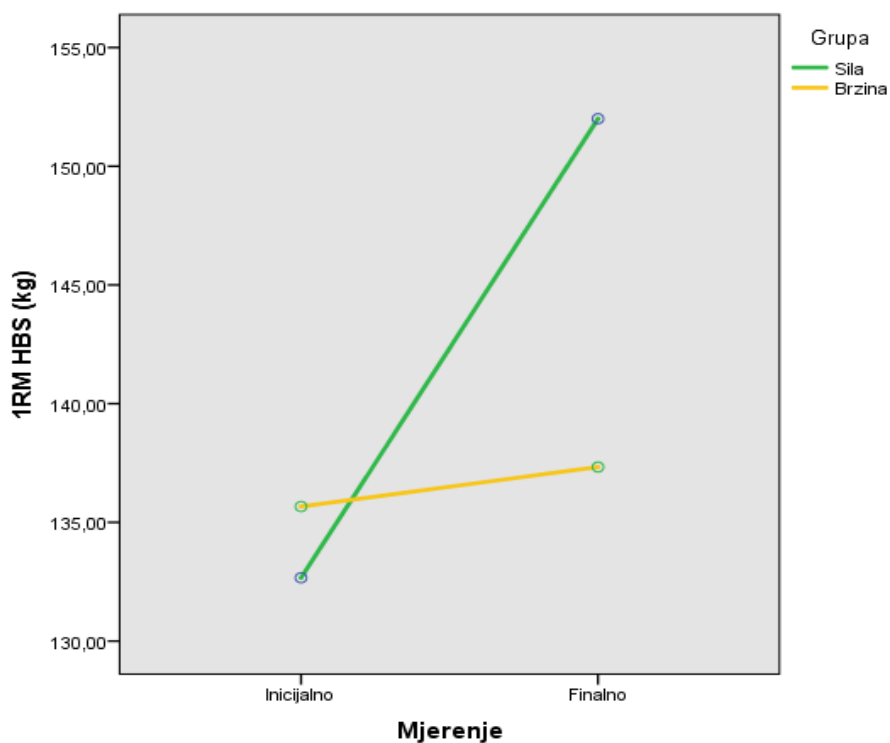
Parametar	Levenov test – inicijalno mjerenje		Levenov test – finalno mjerenje		Boxov test		
	F	p	F	p	Boxov M	F	p
1RM HBS	1,62	0,21	0,72	0,40	0,52	1,61	0,18

**Legenda:** 1RM HBS – jedno maksimalno ponavljanje u vježbi stražnji polučučanj, F – vrijednost F – testa za pripadajuću metodu, p – razina statističke značajnosti, Boxov M – vrijednost Boxovog testa

Tablica 54. Testiranje značajnosti interakcije faktora vrijeme mjerenje i program treninga u varijabli 1RM HBS

MULTIVARIJATNA ANALIZA				
Parametar	Wilksova lambda	F	p	$\eta^2$
1RM HBS	0,39	44,39	<0,001*	0,61

**Legenda:** 1RM HBS – jedno maksimalno ponavljanje u vježbi stražnji polučučanj, F- vrijednost F – testa, p – razina statističke značajnosti, \* - statistički značajna vrijednost,  $\eta^2$  – parcijalni eta kvadrat



Slika 45. Grafički prikaz interakcije faktora vrijeme mjerenja i program treninga u varijabli 1RM HBS

## 5. RASPRAVA

### 5.1. AKUTNI UTJECAJ RAZLIČITIH OPTEREĆENJA NA IZVEDBU VERTIKALNOGA SKOKA KOD ISPITANIKA ISTE VRSTE F-v PROFILA

Uvodno, vrijedi ponovno istaknuti da je opsežnim pregledom literature ustanovljeno kako je ovo tek drugo istraživanje koje je u ispitivanje akutnih živčano – mišićnih odgovara uključilo i komponentu mehaničkog F-v profila, a prvo koje je na ispitanicima iste vrste F-v profila ispitivalo akutni utjecaj dvije različite vrste opterećenja na izvedbu vertikalnoga skoka. Spoznaja da je PAP individualan fenomen determiniran fizičkim karakteristikama subjekata, te da su prisutni izrazito nekonzistentni rezultati akutnog utjecaja različitih komponenti na izvedbu vertikalnoga skoka (Chen i sur., 2017), potaknulo je razmišljanje u smjeru uključivanja mehaničkog F-v profila u proces evaluacije PAP.

Premda u manjoj mjeri od pretpostavljenoga, rezultati ovoga istraživanja pokazuju indikativne trendove akutnih odgovara na dvije različite vrste opterećenja kod ispitanika iste vrste F-v profila. Naime, korištenjem predopterećenja u smjeru brzine, kod ispitanika F-v profila deficitarnih silom primjetno je konstantno opadanje visine SJ nakon provedbe predopterećenja, koje je rezultiralo značajnom razlikom između inicijalnog mjerenja i onoga nakon devet minuta odmora. Kod iste grupe ispitanika, unutar protokola predopterećenja u smjeru sile, nisu zabilježene značajne razlike, no znakovitim se čini tendencija poboljšanja izvedbe nakon početnog opadanja. Zanimljiva pojava, iako nerijetka, je notirana pri testiranju značajnosti interakcije između faktora vrsta predopterećenja i faktora vrijeme mjerenja. Naime, utvrđena je statistička značajnost testiranog modela, ali su u konačnici višestrukim uspoređivanjem evidentirane statistički neznčajne razlike u svim analiziranim parovima.

Usprkos istaknutim neznčajnostima, mišljenje je da cjelokupni rezultati, poglavito iz perspektive praktične primjenjivosti, zavrjeđuju pozornost. Uvažavajući Hennemanov princip veličine, pretpostavlja se da je uzrok oprečnih tendencija između dva protokola superiornije regrutiranje motoričkih jedinica višeg reda, tj. onih koja sadrže mišićna vlakna tipa II, uslijed korištenja predopterećenja u smjeru sile u odnosu na predopterećenje u smjeru brzine (Maloney i sur., 2014; Seitz i Haff, 2016). Inače, više studija je dosad ukazalo na izraženiju podložnost potencijaciji

mišićnih vlakana tipa II u komparaciji s vlaknima tipa I (Suchomel i sur., 2016). Također, temeljem dosadašnjih spoznaja, može se tvrditi da rezultati indiciraju veći potencijal za fosforilacijom regulatornih lakih lanaca miozina provedbom predopterećenja u smjeru sile negoli predopterećenja u smjeru brzine kod ispitanika deficitarnih silom u F-v profilu (Tillin i Bishop, 2009).

Naravno, neznačajnosti unutar protokola sile sugeriraju izraženu vjerojatnost da su različite vrijednosti plod slučajnosti, pa se podaci moraju sagledavati s velikom dozom opreza. Iako su dosadašnja istraživanja ukazala na korisne učinke balističkog predeopterećenja (Maloney i sur., 2014), može se konstatirati da je trend rezultata unutar protokola brzine u skladu s hipotezom da dominantno izvođenje podražaja koji su oprečni deficitarnoj komponenti mehaničkog F-v profil može prouzrokovati nepromjenjivost u izvedbi ili čak izazvati pogoršanje (Samozino i sur., 2014). Za dodatno potkrjepljenje ove hipoteze nužna su istraživanja u kojima bi se provjeravale različite varijante unutar i između komponenti, pa se tako logičnim slijedom čini ispitivanje akutnog utjecaja dubinskih skokova na izvedbu SJ i CMJ kod ispitanika deficitarnih silom, jer su se takvom vrstom balističkog zadatka, usmjerenog ka brzini, u dosadašnjim ispitivanjima inducirale značajne razine PAP (Maloney i sur., 2014). Isto tako, za stjecanje kvalitetnijeg uvida u cjelokupnu problematiku, neophodna su buduća istraživanja u kojima bi se na ispitanicima F-v profila deficitarnih brzinom primjenjivale različite vrste opterećenja.

Sagledavajući uzorak ispitanika, dubljim uvidom bi se moglo ustanoviti da su istraživanju bili podvrgnuti ispitanici srednje razine jakosti. Svi ispitanici, u dobi od 21 do 26 godina, aktivni su studenti Kineziološkog fakulteta i s određenim stažom treniranja različitih sportova prije dolaska na fakultet. Međutim, nijedan od ispitanika nije sportaš profesionalne razine, niti je podvrgnut treningu s velikim vanjskim opterećenjem više od jednog puta u tjednu. Omjer 1RM u vježbi stražnji polučučanj i tjelesne mase se kretao u rasponu od 1,26 do 2,10, s prosječnom vrijednosti od 1,70. Inače, Seitz i Haff (2016) su u meta analizi jakim ispitanicima tretirali one čiji je omjer stražnjeg čučnja i tjelesne mase bio  $\geq 1,75$ . Uvažavajući navedene kriterije, očito je da su u istraživanju participirali ispitanici kojih velika većina ne pripada populaciji jakih, već ih se na temelju cjelokupnih informacija može svrstati u grupu srednje razine jakosti. Wilson i sur. (2013) prezentiraju male učinke ( $ES = 0,29$ ) potencijacije kod ispitanika srednje razine treniranosti, dok Suchomel i sur. (2016) ističu veće potencijacijske efekte, kada je u pitanju vertikalni skok, kod ispitanika koji su sposobni izvesti stražnji čučanj s opterećenjem barem dvostruko većim od

tjelesne mase u odnosu na one koji to nisu u mogućnosti. Sukladno tome, ne iznenađuju rezultati dobiveni ovim istraživanjem, te se u konačnici adresiraju prema populaciji srednje razine jakosti, dok su za zaključke o početnicima i ispitanicima visokog nivoa jakosti neophodna istraživanja s drugačijim uzorkom ispitanika.

Ispitanici su tijekom protokola u smjeru sile izvodili stražnji polučučanj s opterećenjem u iznosu 85% 1RM, što je intenzitet postavljen u skladu sa saznanjima iz meta analize autora Seitz i Haff (2016). S obzirom na razinu jakosti i povijest treniranja ispitanika, potencijalnim uzrokom neznačajnih rezultata unutar protokola sile se može smatrati nedovoljna disipacija umora nakon izvođenja predopterećenja intenzitetom na koji ispitanici nisu naviknuti. Nužnim se smatra, na ispitanicima iste vrste F-v profila i podudarne razine jakosti, evaluirati akutni utjecaj srednje intenzivnog opterećenja (60 – 84% 1RM), budući da se ta razina opterećenja pokazala najučinkovitijom u meta analizi Wilson i sur. (2013). S obzirom na to da se izvjesnim čini proporcionalan odnos mišićnog oštećenja i prethodnog kontraktilnog intenziteta (Chen i sur., 2007), Wilson i sur. (2013), oslanjajući se na Banisterov model, pretpostavljaju da srednje intenzivna opterećenja induciraju potencijaciju (fitnes), uz manja mehanička oštećenja (umor) nego opterećenja visokog intenziteta.

Uz potrebu za analiziranjem šireg spektra intenziteta kod tradicionalnih vježbi s vanjskim opterećenjem, relevantnim se smatra i evaluacija akutnog utjecaja balističkih vježbi s vanjskim opterećenjem, kao npr. derivata olimpijskog dizanja utega (WL), na izvedbu vertikalnoga skoka kod ispitanika čiji su F-v profili deficitarni silom. Ovakvim vrstama vježbi se isključuje decelerirajuća faza koja je karakteristična za vježbe primjenjivane u tradicionalnom treningu s vanjskim opterećenjem, a posljedično dolazi do većeg izlaza snage. No, primarni razlog za korištenjem navedene vrste vježbi, pri efektivnom stimuliranju akutne potencijacije, je spoznaja da se tijekom balističkih kontrakcija snižava prag za regrutiranjem motoričkih jedinica u odnosu na spore i decelerirane izvedbe (Maloney i sur., 2014). Chiu i Salem (2012) potkrjepljuju tezu o efikasnosti WL predopterećenja opservacijom značajnog akutnog povećanja visine vertikalnoga skoka nakon izvođenja derivata vježbe trzaj visokim intenzitetom, dok Andrews i sur. (2011) te Seitz i sur. (2014) ukazuju na veću učinkovitost derivata vježbe nabačaj pri izazivanju potencijacije u poredbi s nebalističkim stražnjim čučnjem.

Budući da su rezultati meta analiza ukazali na veću učinkovitost više serija predopterećenja u odnosu na izvođenje samo jedne (Wilson i sur., 2013; Seitz i Haff, 2016), u ovoj studiji su slijedene takve upute pa su tijekom provedbe predopterećenja u smjeru sile izvođene dvije, a tijekom provedbe predopterećenja u smjeru brzine tri serije. Također, broj serija je donekle prilagođen strukturi kompleksnog treninga, čiji je temelj PAP fenomen, a koji pokazuje značajnu učinkovitost pri razvoju vertikalnoga skoka (Cormier i sur., 2020). Izolirajući samo odgovore unutar protokola sile, potencijalni uzrok neznačajnih rezultata može biti ipak nedostatan broj izvedenih serija, no pretpostavka je da optimalan broj serija ne označava izvedbu znatno više serija nego su korištene u ovome istraživanju, jer umor uslijed prevelikoga volumena rada može kontaminirati potencijacijske učinke (Suchomel i sur., 2016). Prijedlog za buduća istraživanja ide u smjeru ispitivanja različitog broja serija predopterećenja usmjerenog ka sili na ispitanicima čiji su F-v profili deficitarni silom.

Analizirajući komponentu odmora, dobiveni podaci vezani za predopterećenje sile su prikazanim tendencijama u skladu s rezultatima meta analize autora Seitz i Haff (2016), u kojoj se najveći učinci predopterećenja evidentiraju nakon 5 do 7 minuta odmora. No, zanimljivo je da samo tri ispitanika generiraju najveće vrijednosti visine vertikalnoga skoka 6'30" nakon podražaja u smjeru sile, sagledavajući oba protokola. Pet ispitanika je ostvarilo najveće vrijednosti 4' nakon provedbe podražaja u smjeru sile, dok su kod njih četvero zabilježene najveće vrijednosti 9' nakon provedbe iste vrste podražaja. Negativni učinci notirani u prvoj vremenskoj točki, odnosno 1'30" nakon zadnje serije predopterećenja, u skladu su s podacima iz dosadašnjih studija koje ističu negativne učinke uslijed odmora kraćih od 3 minute (Gouvea i sur., 2013; Dobbs i sur., 2019). Ako se analiziraju samo predopterećenja u obliku velikog vanjskog opterećenja, onda mnoge studije ističu važnost minimalnog trajanja odmora od 4 minute jer takav period omogućava adekvatnu resintezu fosfokreatina. Stoga, kraći odmori mogu utjecati na reduciranost prethodnog procesa, a time i na nadjačavanje efekta umora nad efektom potencijacije (Kilduff i sur., 2008). Iz perspektive transfera znanstvenih spoznaja na praktično polje treninga, možda se i najdelikatnijim čini slijedenje uputa vezanih za optimalne intervale odmora. Naime, ukoliko u proces kompleksnog treninga dosljedno implementiramo saznanja adekvatnog trajanja odmora, upitnom se čini količina obavljenog rada u jedinica vremena, odnosno sama ekonomičnost procesa. S obzirom da je nelimitiranost vremenom rijetka pojava, rješenje se nazire u povećanju relativne jakosti subjekta, jer je u više studija istaknuta proporcionalna veza navedene sposobnosti i brzine disipacije umora

(Suchomel i sur., 2016). Suprotno analiziranoj vrsti predopterećenja, tijekom predopterećenja u smjeru brzine pronađena je statistička značajnost. Pravi uzrok značajne razlike između inicijalnog mjerenja i onoga nakon devet minuta odmora izrazito je teško detektirati, no izglednim se čini da ovakva vrsta predopterećenja, koja je suprotna deficitarnoj komponenti F-v profila, uzrokuje minimalne potencijacijske efekte koji uz to brzo i iščezavaju, što rezultira da se produljenjem odmora povećava omjer umora i potencijacije. U ovakvom konceptu istraživanja, ali i u onome u kojemu bi sudjelovali ispitanici deficitarni brzinom u F-v profilu, vrijedi istražiti akutne efekte balističkih predopterećenja u još ranijim faza odmora, budući da su u literaturi evidentirane pozitivne promjene nakon odmora od samo jedne minute (Read i sur., 2013; Tobin i Delahunt, 2014).

Nekonzistentnost rezultata vezanih za istraživanje PAP fenomena (Tillin i Bishop, 2009; Maloney i sur., 2014; Golas i sur., 2016; Seitz i Haff, 2016; Kobal i sur., 2019) ogledalo je kompleksne interakcije faktora koji determiniraju cijeli proces (Tillin i Bishop, 2009). Kao što je već istaknuto, jedan od možebitnih uzroka akcentiranog nesuglasja se smatra i, sve do recentnog vremena, nesagledavanje F-v profila. U dosad jedinjoj studiji koja je ispitivala odnos akutnih odgovora i F-v profila, uočeno je da akutna poboljšanja vertikalnoga skoka inducirana protokolom dubinskih skokova nisu povezana s F-v profilom (Baena – Raya i sur., 2020). No, navedeno istraživanje je evaluiralo jedan aspekt cijelog problema, pa su za konciznije uvide nužna daljnja ispitivanja. Shodno tome, predstavljen je niz argumentiranih prijedloga za buduća istraživanja u kojima bi se kroz različite varijante uključila i komponenta F-v profila. Potonje se, uz prezentirane i elaborirane podatke, čini relevantnim znanstvenim doprinosom.

Ako bi se na temelju dobivenih rezultata ovoga istraživanja iznosile preporuke za provedbu trenažne jedinice, onda bi se uz izraženu dozu opreza moglo preporučiti da sportaši/vježbači deficitarni silom u F-v profilu, i uz to srednje razine jakosti, koriste predopterećenja u smjeru sile visokim intenzitetom ( $\geq 85\%$  1RM), a da se serija vertikalnih skokova izvodi nakon odmora u trajanju 4' do 6'30".



## 5.2. UTJECAJ DUGOTRAJNIJE PROVEDBE USMJERENOG TRENINGA NA TEMELJU F-v PROFILA NA IZVEDBU VERTIKALNOGA SKOKA

Glavno saznanje ovog dijela istraživanja je da se kod ispitanika čiji su F-v profili deficitarni silom vršne visine SJ i CMJ značajno učinkovitije razvijaju dugotrajnijim izvođenjem treninga u smjeru sile, negoli provođenjem treninga usmjerenog ka brzini. Također, značajna poboljšanja u visini SJ i CMJ su popraćena značajnim smanjenjem neravnoteže F-v profila kod grupe sila, dok su se kod grupe brzina trivijalne promjene u visini navedenih vrsta skokova paralelno odvale uz trivijalne promjene omjera aktualnog i optimalnog F-v profila. Ovakvi podaci su u skladu s dosadašnjim istraživanjima i potvrđuju hipotezu o djelotvornosti treninga usmjerenog prema deficitarnoj komponenti F-v profila (Jimenez – Reyes, 2017; Jimenez – Reyes i sur., 2019; Escobar – Alvarez i sur., 2020; Simpson i sur., 2021).

Novitet ovog istraživanja je evaluacija utjecaja dugotrajnije provedbe treninga u smjeru dominantne komponente F-v profila, a kojim se potencijalno dodatno narušava ravnoteža spomenutog profila, na kinematičke i kinetičke parametre vertikalnoga skoka. Imajući u vidu podatke dosadašnjih eksperimentalnih studija ovoga područja, možda se ovakva vrsta evaluacije isprva smatra irelevantnom, no argumenti za njome itekako egzistiraju i već su prezentirani na kraju poglavlja uvod u problem. Naime, prema hipotezi maksimalnog dinamičkog izlaza, mišići nogu dizajnirani su tako da se maksimalni izlaz snage ( $P_{max}$ ) postiže svladavanjem opterećenja vlastite težine i inercije tijela (Jarić i Marković, 2009). U pozadini hipoteze je poimanje kako mišićni sustav svoja mehanička svojstva prilagođava opterećenjima koja konstantno savladava. Budući da su mišići donjih ekstremiteta aktivnih osoba tijekom većine dnevnih aktivnosti opterećeni samo težinom vlastitog tijela, sustav se podešava tako da proizvodi maksimalni izlaz snage svladavajući upravo takve uvjete. Međutim, ako subjekti učestalo i dominantno izvode radnje horizontalnog usmjerenja (npr. trčanje) bez dodatnog opterećenja, u kojima su mehanička ograničenja manja u odnosu na izvedbu vertikalnoga skoka vlastitom tjelesnom težinom, sustav se adaptira tako da u vertikalnome skoku generira  $P_{max}$  s opterećenjima manjima od tjelesne težine. Posljedično, prisutna je neravnoteža F-v profila vertikalnoga skoka s deficitarnošću komponente sile (Samozino i sur., 2014). Za optimalno razvijanje  $P_{max}$ , ključne komponente balističkih zadataka, preporuča se dugotrajnije izvođenje treninga s opterećenjima kojima se i generira maksimalni izlaz snage (Cronin i Sleivert, 2005; Cormie i sur., 2007; Harris i sur., 2007; Cormie

i sur., 2011a). Iako se nisu individualno detektirale razine rasterećenja u kojima se producira  $P_{\max}$ , ispitanici grupe brzina su izvođenjem SJ s rasterećenjem u vrijednosti 25% tjelesne mase išli u tom smjeru, te u konačnici, i ovakvim općenitijim pristupom, značajno poboljšali maksimalan izlaz snage izračunat preko ekstrapolacije parametara F-v profila -  $P_{\max F-v}$  ( $+16,07 \pm 18,52\%$ ;  $ES = 1,58 \pm 0,69$ ). Međutim, analizirajući izvedbe SJ i CMJ, kod navedene grupe ispitanika je utvrđena statistički neznačajna promjena u svim kinematičkim i kinetičkim varijablama. Također, evidentirana je statistički neznačajna promjena u omjeru aktualnog i optimalnog F-v profila -  $S_{Fv\%}$  ( $-2,20 \pm 34,34\%$ ;  $ES = -0,13 \pm 0,60$ ), čime se potkrjepljuje hipoteza da program treninga koji nije usmjeren ispravljanju neravnoteže F-v profila može prouzrokovati izostanak značajnih pozitivnih promjena ili čak izazvati određena pogoršanja (Jimenez – Reyes i sur., 2017). Drugim riječima, izvođenje 708 SJ s rasterećenjem, kroz period od sedam tjedana, nije pozitivno niti negativno utjecalo na izvedbu SJ i CMJ kod ispitanika čiji su F-v profili deficitarni silom. Ako rezultate grupe brzina povežemo s rezultatima neoptimizirane, na temelju postavki F-v profila, grupe iz studije autora Jimenez – Reyes i sur. (2017), onda dobivamo gotovo komplementarne podatke. Izuzetak je već spomenuta  $P_{\max F-v}$ , a zanimljivost su i podudarnosti vezane za parametar teoretske maksimalne brzine -  $v_0$ , u kojoj ni u ovome istraživanju nije evidentirana značajna promjena ( $p = 0,10$ ;  $ES = 0,30$ ). Generalno, rezultati ovoga istraživanja ukazuju na izrazitu neekonomičnost provedbe treninga koji je usmjeren ka dominantnoj komponenti F-v profila.

Osjetno drugačiji rezultati su zabilježeni kod grupe ispitanika, također F-v profila deficitarnog silom, koja je tijekom sedmotjednog procesa treninga izvodila stražnji polučučanj s velikim vanjskim opterećenjem (80 – 85% 1RM). Sagledavajući vršne visine SJ i CMJ, kao najeksponiranije produkte izvedbe, primjetno je značajno poboljšanje SJ uz velik učinak ( $+12,43 \pm 6,98\%$ ;  $ES = 1,92 \pm 0,72$ ) te značajno poboljšanje CMJ, ali sa srednjom veličinom učinka ( $+5,20 \pm 5,11\%$ ;  $ES = 1,19 \pm 0,65$ ). Ovakve razine unaprjeđenja su u potpunosti u skladu s dosad provedenim istraživanjima (Jimenez – Reyes, 2017; Jimenez – Reyes i sur., 2019; Escobar – Alvarez i sur., 2020). Izrazito je važno istaknuti da su u ovome i istraživanju autora Jimenez – Reyes i sur. (2017) svi ispitanici grupe koja je provodila usmjeren trening ka razvoju sile imali blagotvoran učinak na promjenu u visini SJ. Promjene kod ispitanika ovoga istraživanja su popraćene značajnim povećanjem  $S_{Fv\%}$  ( $+31,53 \pm 34,91\%$ ;  $ES = 1,10 \pm 0,65$ ), značajnim smanjenjem neravnoteže F-v profila -  $F-v_{IMB}$  ( $-29,27 \pm 30,37\%$ ;  $ES = 0,99 \pm 0,64$ ), značajno pozitivnom promjenom maksimalne teoretske sile -  $F_0$  ( $+11,34 \pm 14,94\%$ ;  $ES = 0,69 \pm 0,62$ ), ali i

neznačajnim promjenama  $P_{\max F-v}$  ( $+2,67 \pm 11,46\%$ ;  $ES = 0,18 \pm 0,60$ ) i  $v_0$  ( $p = 0,11$ ;  $ES = 0,30$ ). Trend i veličina promjena  $S_{Fv\%}$ ,  $F_0$  i  $P_{\max F-v}$ , također su komplementarne s podacima dosadašnjih studija, dok se jedina razlika očituje znatnijim smanjenjem vrijednosti  $v_0$  u prijašnjim studijama u odnosu na ovo istraživanje (Jimenez – Reyes, 2017; Jimenez – Reyes i sur., 2019). Nužno je apostrofirati trivijalne promjene  $P_{\max F-v}$  kojima se ojačava teoretska pretpostavka o mogućem poboljšanju izvedbe vertikalnog skoka bez amplifikacije maksimalnog izlaza snage dobivenog ekstrapolacijama  $F_0$  i  $v_0$ , ali uz značajno smanjenje neravnoteže F-v profila (Samozino i sur., 2012).

Ukoliko su svi F-v profili ispitanika deficitarni silom, onda je nepotrebno istovremeno prezentirati parametre  $S_{Fv\%}$  i  $F-v_{IMB}$  jer su te dvije varijable u potpuno negativnoj korelaciji i njihov zbroj je kod pojedinca uvijek jednak 100%. No, kod jednog ispitanika grupe sila je u finalnom mjerenju evidentirana vrijednost  $S_{Fv\%}$  od 106%, što bi značilo da se F-v profil usmjerio prema sili. Takvo što je povećalo prosječnu vrijednost  $S_{Fv\%}$  kod grupe sila više nego da je ispitanik generirao vrijednost  $S_{Fv\%}$  u iznosu 94%, a u pitanju su jednake neravnoteže F-v profila. Upravo je ovo razlog pronađene različitosti u veličinama učinka varijabli  $S_{Fv\%}$  ( $ES = 1,10$ ) i  $F-v_{IMB}$  ( $ES = 0,99$ ) kod grupe sila. Za cjelokupne rezultate ovoga istraživanja je u pitanju zanemariva pojavnost, no značajno ju je istaknuti kako bi se izbjegle krive interpretacije u drugačijim okolnostima.

Jedan od remetećih faktora pri razjašnjavanju dobivenih rezultata se tiče linearnog korelacijskog koeficijenta ( $r$ ) unutar regresijskog F-v modela. Analizirajući obje grupe, uočeno je da su prosječne vrijednosti  $r$  njihovih inicijalnih i finalnih mjerenja jednake ili veće od 0,94, odnosno da su koeficijenti determinacije ( $r^2$ ) jednaki ili veći od 0,88. U literaturi se preporučuje zadovoljavanje kriterija od 0,95 za  $r^2$  kod svakog ispitanika, pa je temeljem toga nužna doza suzdržanosti pri interpretaciji parametara F-v profila (Simpson i sur., 2021).

Od ukupno dvanaest kinematičkih varijabli, kod grupe sila u tri varijable nisu zabilježene značajne promjene. Riječ je o prijeđenoj udaljenosti tijekom koncentrične faze u skoku iz čučnja -  $h_{PO}$  SJ ( $+9,47 \pm 17,93\%$ ;  $p = 0,08$ ;  $ES = 0,48 \pm 0,61$ ), prijeđenoj udaljenosti tijekom ekscentrične faze u skoku iz čučnja s pripremom -  $h_{ecc}$  CMJ ( $p = 0,82$ ;  $ES = 0,04$ ) i vremenu potrebnom za postizanje vršne sile u skoku iz čučnja s pripremom -  $t_{F_{peak}}$  CMJ ( $p = 0,39$ ;  $ES = 0,16$ ). Relevantno je problematizirati prirodu varijabli  $h_{PO}$  SJ i  $h_{ecc}$  CMJ, te postaviti pitanje što bi uopće označavalo pozitivnu promjenu u njihovom slučaju? Koncizni odgovor iziskuje uključivanje više faktora u

navedenu problematiku, a čije kombinacije mogu u konačnici prouzrokovati oprečne zaključke ovisno o npr. specifičnosti sporta ili discipline. Stoga, moglo bi se reći da je kod grupe sila u devet od deset varijabli, u kojima vlada konsenzus oko poželjnosti promjena, prisutno značajno poboljšanje vrijednosti. Inače,  $h_{PO}$  je determinirajući parametar pri utvrđivanju F-v profila, a valjanost samog utvrđivanja zahtjeva konstantnost inicijalne pozicije u svim uvjetima progresivnog testiranja. Ovakvo što je tijekom istraživanja strogo kontrolirano, no neophodno je problematizirati definiranu inicijalnu poziciju. Naime, ukoliko se bilo kojem ispitaniku kaže da nekoliko puta zaredom ode u početnu poziciju za SJ, izgledno je da će pozicije biti sličnih visina, ali ne i identičnih. Iz iskustva mjeritelja, kada se u pripremi za testiranje F-v profila izvodilo pet SJ bez dodatnog opterećenja, ispitanici su često zauzimali poziciju koja je nekoliko cm niža ili viša od na kraju definirane inicijalne pozicije. S obzirom na osjetljivost algoritma za kalkuliranje F-v profila, ovime se stvaraju objektivne šanse za širim spektrom možebitnih vrijednosti  $S_{Fv}$ , a time i neravnoteže F-v profila. Prethodno potkrjepljuje studija autora Jančijević i sur. (2020), u kojoj se prezentira značajan utjecaj inicijalne pozicije SJ, odnosno  $h_{PO}$  na F-v nagib,  $F_0$  i  $P_{\max F-v}$ , ali ne i na vrijednost  $v_0$ . No, način utjecaja  $h_{PO}$  na F-v nagib nije u skladu s iskustvom iz ovoga istraživanja u kojemu se koristila proračunska tablica autora Morin i Samozino (2017). Naime, Jančijević i sur. (2020) prikazuju da uslijed smanjenja  $h_{PO}$  dolazi do povećanja izlaza sile, ali i neznčajne promjene  $v_0$ , a to posljedično do usmjeravanja F-v profila prema sili. U ovome istraživanju je smanjenjem  $h_{PO}$ , uz povećanje izlaza sile, primjetno i još izraženije povećanje  $v_0$ , čime se F-v profil usmjerava više prema komponenti brzine. Konkretno, jednom od ispitanika je u inicijalnom mjerenju određena vrijednost  $h_{PO}$  od 36 cm, a u konačnici utvrđen  $S_{Fv\%}$  u iznosu 81%. Međutim, da je taj ispitanik zauzeo samo 3 cm višu inicijalnu poziciju za SJ ( $h_{PO} = 33$  cm) i da je dosezao iste visine u testiranju, vrijednost  $S_{Fv\%}$  bi iznosila 76%. Ovakvu simulaciju je opravdano prezentirati imajući saznanja da vršna visina vertikalnoga skoka neznčajno varira uslijed različitih inicijalnih kutova koljenog zgloba (McBride i sur., 2010; Mitchell i sur., 2017). Naravno, preduvjet za razmatranje utjecaja  $h_{PO}$  je jednakost visina vertikalnoga skoka i antropometrijskih karakteristika. Testiranjem pouzdanosti parametra F- $v_{IMB}$ , Richards i sur. (2018a) ukazuju faktor umora kao glavni razlog pronađene limitirajuće umjerene pouzdanosti (0,561), jer je zadovoljavajuća pouzdanost (0,762) istog parametra notirana kada ispitanici nisu izvodili treninge za donje ekstremitete u periodu od 48h prije testiranja (Richards i sur., 2018b). U oba istraživanja nisu istaknute vrijednosti inicijalnih pozicija vertikalnoga skoka, pa je moguće

samo pretpostavljati da su razlike u pouzdanosti pratile i varijacije  $h_{PO}$ . Jedan od prijedloga za određivanje F-v profila, a koji se tiče varijable  $h_{PO}$ , ide u smjeru testiranja iz dubine spuštanja karakteristične za natjecateljske izvedbe. Prethodno bi označavalo da se npr. profesionalnoga košarkaša analizira na nekoliko treninga i utakmica te utvrdi njegova prosječna dubina spuštanja pri bilateralnom vertikalnom skoku. Iako se razina  $h_{PO}$  povezuje s povijesti treniranja i specifičnosti sporta (Morin i sur., 2019), pretpostavka je da bi utvrđena natjecateljska dubina spuštanja bila znatno manja od one koju bi košarkaš zauzeo na testiranju F-v profila, a samim time se postavlja pitanje efikasnog transfera informacija na natjecateljsku izvedbu.

Paralelno s pozitivnom promjenom u visini SJ, kod grupe sila je notirano i značajno smanjenje vremena potrebnoga za generiranje vršne sile ( $t_{F_{peak}}$  SJ), što je vrijedna spoznaja za većinu sportskih disciplina jer je u pozadini situacijske uspješnosti najčešće sinergija visine skoka i trajanja same izvedbe (Domire i Challis, 2015). Prezentirano u brojkama, ispitanicima grupe sila je u finalnom mjerenju trebalo prosječno  $30 \pm 40$  ms manje za postizanje vršne sile u odnosu na inicijalno mjerenje ( $-10,87 \pm 21,00\%$ ;  $ES = 0,66 \pm 0,62$ ). Suprotna tendencija, ali uz neznačajnu vrijednost, je zabilježena kod ispitanika grupe brzina kojima je u finalnom mjerenju bilo potrebno  $10 \pm 80$  ms više u komparaciji s njihovim inicijalnim mjerenjem ( $+11,40 \pm 47,64\%$ ;  $ES = 0,17 \pm 0,60$ ).

Relevantnim znanstvenim doprinosom se smatra i premijerno praćenje promjena u visini SJ s dodatnim opterećenjem, gdje grupa sila u svim uvjetima bilježi značajno pozitivne pomake s velikim učincima, dok su kod grupe brzina zabilježeni trivijalni učinci. Uspoređujući učinke grupe, moglo bi se reći da je očekivan ishod dobiven primjenom miješanog ANOVA 2 x 2 modela. Naime, uključujući sve varijable istraživanja, najveća je veličina učinka pri istraživanju razlika u promjenama vrijednosti između dvije grupe ispitanika pronađena u visini SJ s dodatnim opterećenjem od 60% tjelesne mase ( $F = 34,79$ ;  $p = < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,55$ ), što je predstavljalo i najveće opterećenje u ovome istraživanju. S obzirom na to da je grupa sila izvodila stražnji polučučanj s velikim vanjskim opterećenjem, a grupa brzina SJ s rasterećenjem, ne iznenađuje da je najveća diskrepancija između odgovora na trenažne procese notirana upravo u navedenoj varijabli.

Analizirajući kinetičke parametre vertikalnoga skoka unutar grupe sila, kod svih varijabli izlaza snage je došlo do značajne amplifikacije, s naglaskom da je kod varijabli koje se tiču vršnih

vrijednosti zabilježen velik učinak (ES  $P_{\text{peak}}$  SJ =  $1,99 \pm 0,74$ ; ES  $P_{\text{peak}}$  CMJ =  $1,55 \pm 0,69$ ), dok je kod onih koje se odnose na prosječne vrijednosti evidentiran srednji učinak (ES  $P_{\text{mean}}$  SJ =  $1,04 \pm 0,64$ ; ES  $P_{\text{mean}}$  CMJ =  $0,71 \pm 0,62$ ). U obje varijable vršnih vrijednosti snage je četrnaest od petnaest ispitanika imalo benefite od provedenog programa u smjeru sile, dok je korištenjem proračunske tablice autora Hopkins (2007) utvrđena gotovo 100% vjerojatnost da je navedeni program utilitaran pri njihovu razvoju. Shodno spoznaji da se sposobnost skeletnih mišića za produciranje velikih izlaza snage smatra ključnom fizikalnom komponentom u natjecateljskoj izvedbi velikoga broja sportova (Morin i sur., 2019), ovakvi rezultati predmnijevaju izrazito pozitivan praktični transfer usmjerenog treninga na temelju F-v profila. Kada su u pitanju terminološka definiranja, onda se valjanim smatra korištenje termina vršni izlaz snage ( $P_{\text{peak}}$ ), budući da se maksimalni izlaz snage ( $P_{\text{max}}$ ) postiže samo u uvjetima optimalnoga opterećenja (eng. *optimal loading* –  $L_{\text{opt}}$ ) (Morin i sur., 2019). Upravo izostanak određivanja individualnih  $L_{\text{opt}}$  za  $P_{\text{max}}$  i posljedično provedba programa grupe brzine u kojemu se nisu izričito koristila  $L_{\text{opt}}$ , već se tendiralo tomu, mogu predstavljati limitirajuće faktore pri ispitivanju postavljenih hipoteza.

Neznačajne promjene s malim učincima u varijablama vršnih sila -  $F_{\text{peak}}$  SJ ( $p = 0,17$ ; ES =  $0,37 \pm 0,61$ ) i  $F_{\text{peak}}$  CMJ ( $p = 0,16$ ; ES =  $0,59 \pm 0,61$ ) moguće je povezati sa zanimljivim saznanjima iz ispitivanja utjecaja prvoga (PF1) i drugoga (PF2) vrha sile na izvedbu vertikalnoga skoka (Gonzalez – Badillo i sur., 2017). Početno, autori su testiranjem SJ utvrdili značajno pozitivnu povezanost oba vrha sile s vršnom brzinom ( $v_{\text{peak}}$ ), koja je direktni indikator dosegnute visine ( $h_{\text{peak}}$ ). No, povezanost omjera PF2/PF1 i  $v_{\text{peak}}$  se pokazala značajno negativnom, odnosno povećanjem razlike između PF2 i PF1 došlo je do smanjenja izvedbe SJ. To je potaklo autore na daljnju analizu te je otkriveno da ukoliko se korelacija PF2 i  $v_{\text{peak}}$  promatra bez utjecaja PF1, tj. provedbom parcijalne korelacije, onda ona opada i postaje neznačajna. Za razliku od navedene studije, u ovome istraživanju je analiziran samo parametar PF2 koji je predstavljala varijabla  $F_{\text{peak}}$ , jer je PF2 uvijek veći od PF1. S obzirom na to da u zaključku autori Gonzalez - Badillo i sur. (2017) ističu da je, izuzevši  $P_{\text{peak}}$ , PF1 najbolji prediktor izvedbe SJ i da PF2 nije značajno povezan s izvedbom, onda neznačajne promjene  $F_{\text{peak}}$  nisu više toliko iznenađujuće. U budućim istraživanjima usmjerenih treninga na temelju F-v profila važnim se smatra evaluacija parametra PF1 čime bi se stekao detaljniji uvid u prirodu promjena.

Važno saznanje je, iako izraženijeg koeficijenta varijacije u odnosu na druge parametre, značajno povećanje generirane sile u prvih 100 ms SJ (RFD<sub>100ms</sub> SJ), uz srednju veličinu učinka ( $ES = 0,53 \pm 0,61$ ). Ovakvi podaci ukazuju na povećanje razine eksplozivne jakosti SJ, odnosno na poboljšanje sposobnosti proizvodnje sile u što kraćem periodu. Razina te sposobnosti se određuje stopom razvoja sile tj. gradijentom sile (RFD), koji se derivira iz F - t krivulje, a čije vrijednosti više koreliraju sa specifičnim sportskim izvedbama i svakodnevnim funkcionalnim zadacima, nego vrijednosti maksimalne voljne kontrakcije (eng. *maximal voluntary contraction* – MVC) (Maffiuletti i sur., 2016). Usprkos značajnom poboljšanju unutar grupe sile, nije zabilježena značajna razlika u promjeni RFD<sub>100ms</sub> SJ između dvije analizirane grupe ( $F = 2,03$ ;  $p = 0,17$ ;  $\eta^2 = 0,07$ ), što ukazuje na postojanje očiglednih rezervi pri kreiranju programa treninga za ispitanike deficitarne silom u F-v profilu. Kada se tomu pridodaju i neznčajna poboljšanja preostalih parametara gradijenta sile unutar grupe sila, onda se još više potencira potreba za osmišljavanjem ekonomičnijih programa kojima bi se značajno unaprijedila eksplozivna jakost. Možebitnim rješenjem se smatra provođenje WL programa treninga na ispitanicima F-v profila deficitarnog silom, jer se prema podacima meta analize autora Berton i sur. (2018) takvom vrstom treninga induciraju značajna poboljšanja vertikalnoga skoka, a etablirana je i izrazita učinkovitost derivata WL pri razvoju gradijenta sile. Specifičnosti WL vježbi osiguravaju svladavanje velikih opterećenja eksplozivnom trostrukom ekstenzijom uz visoku razinu generiranja sile i brzine, pa je to vjerojatan uzrok istaknute djelotvornosti (James i sur., 2020). Također, biomehanička komplementarnost WL vježbi i vertikalnoga skoka uvelike povećava šanse za željenim pozitivnim transferom (Haff i sur., 1997; Stone i sur., 2002).

Kao što je već navedeno, slična poboljšanja ovom istraživanju, kada je u pitanju vršna visina SJ kod grupe sila, su prezentirana u studiji u kojoj su ispitanici izvodili program treninga sve do dosezanja optimalne razine F-v profila (Jimenez – Reyes i sur., 2019). Međutim, imajući u vidu da je ispitanicima trebalo  $12,6 \pm 4,6$  tjedana za postizanje navedenog, a tim periodom treniranja generirano povećanje visine SJ za  $12,5 \pm 7,6\%$  ( $ES = 1,45 \pm 0,23$ ), očito da je, u komparaciji s ovim istraživanjem, ispitanicima trebalo znatno više vremena za u konačnici manje poboljšanje izraženo veličinom učinka. Također, ispitanici grupe sile su u istaknutom istraživanju izvodili ukupno osamnaest serija u jednom tjednu, dok su ispitanici ovoga istraživanja bili podvrgnuti izvođenju deset serija tjedno. Dakako, za cjelovitu usporedbu ova dva istraživanja je nužno uključivanje svih ostalih parametara, no izneseni podaci upućuju na svrhovitost budućih

kompariranja različitih programa treninga usmjerenih ka ispravljanju deficitarne komponente F-v profila, jer se pretpostavlja da ne znači svaki usmjereni trening na temelju F-v profila i *a priori* ekonomičan proces. Mišljenje je da su u novim istraživanjima nužne temeljite evaluacije komponenti koje sačinjavaju svaki pa i usmjereni program treninga na temelju F-v profila (npr. intenzitet opterećenja, volumen opterećenja, frekventnost treninga, itd.), ali i ispitivanja njihove povezanosti sa stupnjem deficita u F-v profilu. Inače, Jimenez – Reyes i sur. (2019) vrijednosti  $S_{FV\%} < 60\%$  smatraju velikim deficitom sile,  $60\% - 90\%$  malim deficitom sile,  $> 90\% - 110\%$  optimalnima,  $> 110\% - 140\%$  malim deficitom brzine i one  $> 140\%$  velikim deficitom brzine.

Podudarno istraživanju akutnih učinaka, moglo bi se reći da su i ispitivanju kroničnih učinaka bili podvrgnuti ispitanici srednje razine jakosti. Omjer 1RM u vježbi stražnji polučučanj i tjelesne mase je u inicijalnom mjerenju grupe sila iznosio  $1,67 \pm 0,20$ , dok je kod grupe brzina evidentirana vrijednost  $1,75 \pm 0,35$ . Seitz i Haff (2016) su u meta analizi jakim ispitanicima smatrali one čiji je omjer  $\geq 1,75$ , no u pitanju je bila izvedba stražnjeg čučnja (kut u koljenom zglobu  $60^\circ - 70^\circ$ ), a ne polučučnja ( $80^\circ - 100^\circ$ ). Također, većina ispitanika (24 od 30) nije dosad organizirano i kontinuirano provodila treninge s velikim vanjskim opterećenjem ( $\geq 85\%$  1RM). Prema tome, dobiveni rezultati se primarno upućuju upravo prema populaciji srednje razine jakosti, a u daljnjim istraživanjima bi valjalo istražiti kako ovaj proces treninga utječe na izvedbu vertikalnoga skoka kod ispitanika iste vrste F-v profila, ali s nižim i višim razinama jakosti. Pretpostavka je da bi kod ispitanika s višom razinom jakosti odgovor bio osjetno slabiji, budući da se napredovanjem u jakosti smanjuju razine neuroloških adaptacija (Baker, 2002; Gabriel i sur., 2006). Prethodno je potkrijepljeno recentnim istraživanjem u kojemu su vrhunski ragbijaši visoke razine jakosti provođenjem usmjerenog treninga na temelju F-v profila značajno povećali visinu SJ ( $p = 0,001$ ;  $ES = 0,37$ ) (Simpson i sur., 2021), no ipak u znatno manjoj mjeri negoli ispitanici grupe sila ovoga istraživanja ( $ES = 1,92$ ).

Za kvalitetno percipiranje promjena u izvedbi vertikalnoga skoka, neophodno je istaknuti da su ispitanici grupe sila u ovome istraživanju značajno povećali 1RM u vježbi stražnji polučučanj, uz izrazito velik učinak ( $+14,75 \pm 5,65\%$ ;  $ES = 3,16 \pm 0,90$ ). Cilj ovog istraživanja nije bio detektirati živčano – fiziološke mehanizme koji su u pozadini navedenih promjena, no indikativna su saznanja iz istraživanja autora Morales – Artacho i sur. (2018) u kojemu se notiraju značajne povezanosti teoretske maksimalne sile, procijenjene putem F-v testiranja vertikalnoga skoka, s maksimalnim



izometričkim momentom sile na testu ekstenzije potkoljenice ( $r = 0,80$ ), poprečnim presjekom m. *quadriceps femoris* ( $r = 0,73$ ) i penacijskim kutom m. *vastus lateralis* ( $r = 0,69$ ). Koreliranost  $F_0$  s izometričkim momentom sile je postepeno rasla od početnih do krajnjih faza testa, a najveća je vrijednost zabilježena s istaknutim momentom maksimalne voljne izometričke kontrakcije. Autori ističu da, usprkos razlici u prirodi kompleksnosti između vertikalnoga skoka i izolirane ekstenzije potkoljenice, rezultati sugeriraju visoku determiniranost  $F_0$  razinom maksimalne izometričke jakosti. Budući da su dosad utvrđene značajne povezanosti maksimalne izometričke jakosti i maksimalne dinamičke jakosti (Haff i sur., 1997; McGuigan i Winchester, 2008), onda se ovakav niz korelacija čini važnim u objašnjenju utvrđenih promjena vertikalnoga skoka kod grupe sila. Uzimajući u obzir dosadašnja saznanja, pretpostavlja se da je glavni pozadinski uzročnik evidentiranih poboljšanja integracija promjena unutar: individualnih mehaničkih svojstava mišića (npr. intrinzični F-v odnos mišića, odnos dužina – tenzija mišića, gradijent sile), morfološke komponente (npr. nemasna mišićna masa donjih ekstremiteta, poprečni presjek mišića, penacijski kut) i neuralnih mehanizama (npr. uključenost motoričkih jedinica, frekvencija pražnjenja motoričkih jedinica, sinkronizacija motoričkih jedinica, međumišićna koordinacija) (Cormie i sur., 2011a; Cormie i sur., 2011b; Samozino i sur., 2014). Nužno je napomenuti da kod populacije kakve su dio ispitanici ovoga istraživanja uslijed početnog povećanja maksimalne jakosti dolazi i do konkomitantnog povećanja u generiranju maksimalne snage. Međutim, sve većim napretkom u jakosti jenjava njen relativan utjecaj na izlaz maksimalne snage, pa su za daljnje adaptacije nužni specifičniji pristupi (Cormie i sur., 2011b).

S obzirom na to da su posljedice sedmotjednog programa treninga ispitivane samo neposredno nakon njegova završetka, postavlja se pitanje održivosti postignutih poboljšanja, odnosno perioda nakon kojega će efekti početi opadati, ali i pitanje trenutka u kojemu se pojavljuju najveći efekti provedenog procesa treninga. Jimenez – Reyes i sur. (2019) su ukazali na održavanje postignutih promjena i tri tjedna nakon provedbe programa treninga, s naglaskom da su ispitanici prethodno izvodili treninge sve do postizanja optimalnog F-v profila, dok Morin i sur. (2020) pronalaze najveće efekte pri testiranjima koja su se odvila dva do četiri tjedna nakon završetka procesa treninga. Osim utvrđivanja istaknutih pojavnosti kojima bi se dobile vrijedne informacije za planiranje natjecateljske forme, relevantnim se čini istražiti varijante treninga kojima bi se uz što manji vremenski i energijski utrošak održavali postignuti učinci kroz dugoročan period. Prethodno je važno za momčadske sportove tijekom natjecateljske sezone, kada su okolnosti takve da se

frekvencija i volumen razvojnih oblika treninga moraju bitno umanjiti. Pretpostavka je da u tom slučaju ekonomičan proces označava provedbu usmjerenog i doziranog treninga na temelju F-v profila, kao i sporadična testiranja F-v profila, čime bi se modificirale komponente cjelokupnog trenažnog procesa.

Na temelju rezultata ovoga istraživanja, praktične upute za razvoj vertikalnoga skoka sastoje se od nekoliko komponenti. Subjektima čiji su F-v profili deficitarni silom, a razina jakosti donjih ekstremiteta na srednjoj razini, preporučuje se dugotrajnija provedba treninga u kojemu bi se koristile tradicionalne vježbe (npr. stražnji polučačnj) s velikim vanjskim opterećenjem ( $\geq 80\%$  1RM). Za velik učinak trenažnog procesa dostatnim se čini izvedba ukupno deset serija, odnosno 50 ponavljanja u tjednu, koja bi jednakobrojno bila podijeljena u dvije trenažne jedinice. Preporučuje se odmor od tri minute između serija, dok se korisnim pokazalo pridržavanje kriterija od minimalno četrdeset osam sati između dvije trenažne jedinice. Rezimirano, izglednim se smatra utilitarnost provedbe treninga u smjeru deficitarne komponente F-v profila pri razvoju performansi vertikalnoga skoka.

### 5.3. PREDNOSTI I OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA

Karakteristika gotovo svih znanstvenih ispitivanja je da njihova cjelokupna struktura posjeduje određene prednosti, ali i ograničenja. Niti ovo istraživanje nije lišeno istaknute karakteristike, pa su u obliku natuknica prikazane komponente za koje se smatra da doprinose poboljšanju uvida u istraživano područje, kao i one koje su ograničavale dobivanje još konciznije slike.

#### **Prednosti istraživanja:**

- prvo ispitivanje utjecaja dvije različite vrste opterećenja na ispitanicima iste vrste F-v profila
- potpuna individualizacija intenziteta za sve ispitanike obje grupa prilikom provedbe trenajnog procesa
- prikaz praktične značajnosti rezultata korištenjem parametara veličine učinka
- istaknutost praktičnih preporuka za poboljšanje izvedbe vertikalnoga skoka kod definirane populacije
- metodološka dosljednost u provedbi istraživanja
- ispitivanje velikog broja parametara na dvije različite vrste vertikalnoga skoka s ciljem dobivanja opsežnijih informacija
- detaljna opažanja tijekom cijelog procesa testiranja F-v profila ukazala na neophodnost daljnjeg ispitivanja pouzdanosti pri određivanju navedenog profila
- prisutnost potrebne razine samokritičnosti pri interpretaciji rezultata i donošenju sudova

#### **Ograničenja istraživanja:**

- rigidnost u praćenju izvedbe SJ tijekom akutnog dijela istraživanja prouzrokovala je povremena ponavljanja izvedbe, a time se u nekoliko situacija blago odstupalo od definirane vremenske točke
- potencijalno nedostatna količina privikavanja na skokove s rasterećenjem prije provedbe ispitivanja akutnih učinaka
- neiskustvo ispitanika u izvođenju skokova s dodatnim opterećenjem moglo je za posljedicu imati nemogućnost iskazivanja maksimalno mogućih izvedbi pri testiranju F-v profila
- istaknuta upitna pouzdanost pri testiranju F-v profila umanjuje snagu dobivenih podataka

## 6. ZAKLJUČAK

Temeljni cilj ovog istraživanja je bio utvrditi postoji li razlika u akutnom i kroničnom utjecaju između polučučnjeva s velikim vanjskim opterećenjem i skokova iz čučnja s rasterećenjem na izvedbu vertikalnoga skoka kod ispitanika deficitarnih silom u mehaničkom profilu sila - brzina. Na temelju postavljenih hipoteza i dobivenih rezultata ovoga istraživanja izneseni su zaključci.

Hipoteza H1 (*Ispitanici s mehaničkim profilom deficitarnim silom postići će veća akutna poboljšanja u visini skoka iz čučnja nakon izvođenja polučučnjeva s velikim vanjskim opterećenjem u odnosu na skokove iz čučnja s rasterećenjem*) nije potvrđena. Iako se očekivalo da će provedbom protokola predopterećenja u smjeru sile ispitanici akutno poboljšati izvedbu vertikalnoga skoka, to se nije dogodilo. Nakon početnog opadanja, tendencija ka poboljšanju u izvedbi je bila prisutna u navedenom protokolu, no statističke značajnosti nisu notirane. Provedbom protokola predopterećenja u smjeru brzine generirano je akutno pogoršanje u izvedbi, pa se može reći da kod ispitanika deficitarnih silom u F-v profilu postoje indikacije za oprečnim akutnim odgovorima uslijed provedbe dvije različite vrste predopterećenja. Pronađene naznake nužno je kvalitetno daljnje istraživati da se dobije egzaktniji uvid u prirodu akutnih živčano – mišićnih odgovora.

Hipoteza H2 (*Ispitanici s mehaničkim profilom deficitarnim silom postići će veća kronična poboljšanja u kinetičkim i kinematičkim parametrima vertikalnoga skoka izvodeći polučučnjeve s velikim vanjskim opterećenjem u odnosu na skokove iz čučnja s rasterećenjem, a predviđena poboljšanja će biti povezana s alternacijama mehaničkog profila sila – brzina*) je većinom potvrđena. Naime, provedba sedmotjednog programa treninga u kojemu se izvodio stražnji polučučanj s velikim vanjskim opterećenjem producirala je značajna poboljšanja u većini kinematičkih i kinetičkih parametara vertikalnoga skoka kod ispitanika deficitarnih silom u F-v profilu, a takve promjene su popraćene značajnim smanjenjem neravnoteže samoga F-v profila. Suprotno tome, kod ispitanika iste vrste F-v profila je nakon sedmotjednog izvođenja skokova iz čučnja s rasterećenjem zabilježena statistički neznačajna promjena u svim kinematičkim i kinetičkim parametrima vertikalnoga skoka. Ovakvi podaci potkrjepljuju hipotezu o izrazitoj efikasnosti programa treninga usmjerenog ka razvoju deficitarne komponente F-v profila, ali i onu da dominantno izvođenje podražaja koji su oprečni deficitarnoj komponenti mehaničkog F-v profila može za posljedicu imati nepromijenjenu razinu izvedbe ili čak izazvati pogoršanje.

## 7. LITERATURA

1. American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687 – 708.
2. Andrews, T.R., Mackey, T., Inkrott, T.A., Murray, S.R. i Clark, I.E. i Pettitt, R.W. (2011). Effect of hang cleans or squats paired with countermovement vertical jumps on vertical displacement. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2448–52.
3. Arabatzi, F. i Kellis, E. (2012). Olympic weightlifting training causes different knee muscle-coactivation adaptations compared with traditional weight training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2192–2201.
4. Arabatzi, F., Kellis, E. i Saez – Saez De Villareal (2010). Vertical jump biomechanics after plyometric, weight lifting, and combined (weight lifting + plyometric) training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2440 – 2448.
5. Arabatzi, F., Patikas, D., Zafeiridis, A., Giavroudis, K., Kannas, T., Gourgoulis, V. i Kotzamanidis, C. M. (2014). The post-activation potentiation effect on squat jump performance: age and sex effect. *Pediatric exercise science*, 26(2), 187 - 94.
6. Arfken, G.B., Griffing, D.F., Kelly, D.C. i Priest, J. (1984). International Edition University Physics. Academic Press, Inc.
7. Baena – Raya, A., Sanchez – Lopez, S., Rodriguez – Perez, M.A., Garcia – Ramos, A. i Jimenez – Reyes, P. (2020). Effects of two drop-jump protocols with different volumes on vertical jump performance and its association with the force - velocity profile. *European Journal of Applied Physiology*, 120(2), 317 – 324.
8. Baker, D. (2002). Differences in strength and power among junior – high, senior – high, college – aged, and elite professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 581 – 585.
9. Baković, M. (2016). *Biomehaničko vrjednovanje skokova: Uloga lateralnosti, zamaha rukama, režima rada mišića i smjera kretanja* (Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu), Zagreb: Kineziološki fakultet.

10. Berton, R., Lixandrao, M.E., Silva, C.M.P.E. i Tricoli, V. (2018). Effects of weightlifting exercise, traditional resistance and plyometric training on countermovement jump performance: a meta - analysis. *Journal of Sports Science*, 36(18), 2038 – 2044.
11. Bobbert, M.F., Plas, R.L.C., Weide, G., Clairbois, H.E.B., Hofman, S.O., Jaspers, R.T. i Philippens, I.H.C.H.M. (2014). Mechanical output in jumps of marmosets (*Callithrix jacchus*). *Journal of Experimental Biology*, 217, 482 – 488.
12. Boullosa, D., Beato, M., Dello Iacono, A., Cuenca - Fernández, F., Doma, K., Schumann, M., Zagatto, A.M., Loturco, I. i Behm, D.G. (2020). A new taxonomy for postactivation potentiation in sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1 – 4.
13. Carlock, J.M., Smith, S.L., Hartman, M.J., Morris, R.T., Ciroslan, D.A., Pierce, K.C., Newton, R.U., Harman, E.A., Sands, W.A. i Stone, M.H. (2004). The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: A field – test approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3). 534 – 539.
14. Castillo - Rodriguez, A., Fernandez-Garcia, J.C., Chinchilla - Minguet, J.L. i Carnero, E.A. (2012). Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 725–732.
15. Channel, B.T. i Barfield, J.P. (2008). Effect of Olympic and traditional resistance training on vertical jump improvement in high school boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1522 – 1527.
16. Chelly, M.S., Fathloun, M., Cherif, N., Amar, M.B., Tabka, Z. i Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2241 – 2249.
17. Chen, T.C., Nosaka, K. i Sacco, P. (2007). Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle, and the magnitude of repeated-bout effect. *Journal of Applied Physiology*, 102(3), 992 – 999.
18. Chen, Z.R., Lo, S.L., Wang, M.H., Yu, C.F. i Peng, H.T. (2017). Can different complex training improve the individual phenomenon of post – activation potentiation? *Journal of Human Kinetics*, 56, 167 – 175.
19. Chiu, L.Z. i Salem, G.J. (2012). Potentiation of vertical jump performance during a snatch pull exercise session. *Journal of Applied Biomechanics*, 28(6), 627 – 635.

20. Claudino, J. G., Cronin, J., Mezencio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A.C. i Serrao, J.C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397–402.
21. Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York: Academic Press.
22. Cormie, P., Deane, R. i McBride, J.M. (2007). Methodological concerns for determining power output in the jump squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 424–430.
23. Cormie, P., McBride, J.M. i McCaulley, G.O. (2008). Power – time, force – time, and velocity – time curve analysis during the jump squat: Impact of load. *Journal of Applied Biomechanics*, 24(2), 112 – 120.
24. Cormie, P., McGuigan, M. i Newton, R.U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(8), 1582 – 1598.
25. Cormie, P., McGuigan, M.R. i Newton, R.U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: part 1 – biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17 – 38.
26. Cormie, P., McGuigan, M.R. i Newton, R.U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146.
27. Cormier, P., Freitas, T.T., Rubio – Arias, J.A. i Alcaraz, P.E. (2020). Complex and contrast training: Does strength and power training sequence affect performance – based adaptations in team sports? A systematic review and meta – analysis. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5), 1461 – 1479.
28. Cronin, J. i Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213–234.
29. Cronin, J.B. i Hansen, K.T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349 – 357.
30. Dizdar, D. (2006). *Kvantitativne metode*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet.

31. Dobbs, C.W., Gili, N.D., Smart, D.J. i McGuigan, M.R. (2015). Relationship between vertical and horizontal jump variables and muscular performance in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 661 – 671.
32. Dobbs, W.C., Toluoso, D.V., Fedewa, M.V. i Esco, M.R. (2019). Effect of postactivation potentiation on explosive vertical jump: A systematic review and meta – analysis. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 2009 – 2018.
33. Domire, Z.J. i Challis, J.H. (2015). Maximum height and minimum time vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, 48(11), 2865 – 2870.
34. Eagles, A.N., Sayers, M.G.L., Bousson, M. i Lovell, D.I. (2015): Current methodologies and implications of phase identification of the vertical jump: A systematic review and meta – analysis, *Sports Medicine*, 45(9), 1311 – 1323.
35. Earp, J.E., Kraemer, W.J., Cormie, P., Volek, J.S., Maresh, C.M., Joseph, M. i Newton, R.U. (2011). Influence of muscle – tendon unit structure on rate of force development during the squat, countermovement, and drop jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 340 – 347.
36. El Hage, R., Zaknem, E., Zunqun, G., Theunynck, D., Moussa, E. i Maalouf, G. (2013). Performances in vertical jump and horizontal jump tests are positive determinants of hip bone mineral density in a group of young adult men. *Journal of Clinical Densitometry*, 18(1), 136 -137.
37. Eloranta, V. (2003). Influence of sports background on leg muscle coordination in vertical jumps. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 43(3), 141 – 156.
38. Enoka, R.M. (2008). *Neuromechanics of Human Movement*. Champaign Illinois: Human Kinetics.
39. Escobar Alvarez, J.A., Fuentes Garcia, J.P., Da Conceicao, F.A. i Jimenez – Reyes, P. (2020). Individualized training based on force - velocity profiling during jumping in ballet dancers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(6), 788 – 794.
40. Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N. i Buckenmeyer, P. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 470 – 476.



41. Freitas, T.T., Martinez – Rodriguez, A., Calleja – Gonzalez, J. i Alcaraz, P.E. (2017). Short – term adaptations following complex training in team – sports: A meta – analysis. *Plos One*, 12(6).
42. Fritz, C., Morris, P. i Richler, J.J. (2011). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology General*, 141(1), 2 – 18.
43. Frost, D.M., Cronin, J. i Newton, R.U. (2010). A biomechanical evaluation of resistance: Fundamental concepts for training and sports performance. *Sports Medicine*, 40(4), 303 – 326.
44. Gabriel, D., Kamen, G. i Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercises: Mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Medicine*, 36(2), 133– 149.
45. Golas, A., Maszczyk, A., Zajac, A., Mikolajec, K. i Stastny, P. (2016). Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. *Journal of Human Kinetics*, 52, 95 – 106.
46. Gorostiaga, E.M., Asiain, X., Izquierdo, M., Postigo, A., Aguado, R., Alonso, J.M. i Ibanez, J. (2010). Vertical jump performance and blood ammonia and lactate levels during typical training sessions in elite 400-m runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1138 – 1149.
47. Gouvea, A.L., Fernandes, I.A., Cesar, E.P., Silva, W.A.B. i Gomes, P.S.C. (2013). The effects of rest intervals on jumping performance: a meta-analysis on post-activation potentiation studies. *Journal of Sports Science*, 31(5), 459 – 467.
48. Griffiths, B., Grant, J., Langdown, L., Gentil, P., Fisher, J. i Steele, J. (2019)., The effect of in – season traditional and explosive resistance training programs on strength, jump height, and speed in recreational soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 90(1), 95 – 102.
49. Hackett, D., Davies, T., Soomro, N. i Halaki, M. (2015). Olympic weightlifting training improves vertical jump height in sportspeople: A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(14), 865 – 872.
50. Haff, G. G., Stone, M., O’Bryant, H. S., Harman, E., Chris., D., Johson, R. i Han, K. (1997). Force - time dependent characteristics of dynamic and isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(4), 269–272.

51. Ham, D.J., Knez, W.L. i Young, W.B. (2007). A deterministic model of the vertical jump: Implications for training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 967 -972.
52. Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D. i Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 88 (6), 2131-2137.
53. Hammami, M., Negra, Y., Shephard, R.J. i Chelly, M.S. (2017). The effect of standard strength vs. contrast strength training on the development of sprint, agility, repeated change of direction, and jump in junior male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1522 – 1527.
54. Harris, N.K., Cronin, J.B. i Hopkins, W.G. (2007). Power outputs of a machine squat - jump across a spectrum of loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1260–1264.
55. Hartmann, H., Wirth, K., Keiner, M., Mickel, C., Sander, A. i Szilvas, E. (2015). Short – term periodization models: Effects on strength and speed – strength performance. *Sports Medicine*, 45(10), 1373 – 1386.
56. Hodgson, M., Docherty, D. i Robbins, D. (2005). Post – activation potentiation (Underlying physiology and implications for motor performance). *Sports Medicine*, 35(7), 585 – 595.
57. Hoffman, J. R., Cooper, J., Wendell, M. i Kang, J. (2004). Comparison of olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 129–135.
58. Hopkins, W.G. (2007). A spreadsheet for deriving a confidence interval, mechanistic inference and clinical inference from a p value. *Sports Science*, 11, 16 – 20.
59. Hopkins, W.G., Marshall, S.W., Batterham, A.M. i Hanin, Y. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3 – 13.
60. Hornsby, W.G., Gentles, J.A., MacDonald, C.J., Mizuguchi, S., Ramsey, M.W. i Stone, M.H. (2017). Maximum strength, rate of force development, jump height, and peak power alterations in weightlifters across five months of training. *Sports*, 5(4), 78.

61. James, R.S., Navas, C.A. i Herrel, A. (2007). How important are skeletal muscle mechanics in setting limits on jumping performance? *The Journal of Experimental Biology*, 210(6), 923 – 933.
62. Jančijević, D., Knežević, O.M., Mirkov, D.M., Perez – Castilla, A., Petrović, M., Samozino, P. i Garcia – Ramos, A. (2020). The force – velocity relationship obtained during the squat jump exercise is meaningfully influenced by the initial knee angle. *Sports Biomechanics*, 30, 1 – 10.
63. Jarić, S. (2015). Force – velocity relationship of muscles performing multi – joint maximum performance tasks. *International Journal of Sports Medicine*, 36(9), 699 – 704.
64. Jarić, S. i Marković, G. (2009). Leg muscle design: The maximum dynamic output hypothesis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(4), 780 – 787.
65. Jimenez – Reyes, P., Samozino, P. i Morin, J.B. (2019). Optimized training for jumping performance using the force – velocity imbalance: Individual adaptation kinetics, *Plos One*, 14(5).
66. Jimenez – Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M. i Morin, J.B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force - velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, 7(7), 677.
67. Jones, P., Bampouras, T.M. i Marrin, K. (2009). An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 97 – 104.
68. Kilduff, L.P., Owen, N., Bevan, H., Bennett, M., Kingsley, M.I.C. i Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post - activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 795 – 802.
69. Kipp, K., Suchomel, T.J. i Comfort, P. (2019). Correlation analysis between joint – level kinetics of countermovement jumps and weightlifting derivatives. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(4), 663 – 668.
70. Kobal, R., Pereira, L.A., Kitamura, K., Paulo, A.C., Ramos, H.A., Carmo, E.C., Roschel, H., Tricoli, V., Bishop i Loturco, I. (2019). Post - activation potentiation: Is there an optimal training volume and intensity to induce improvements in vertical jump ability in highly - trained subjects? *Journal of Human Kinetics*, 66, 195 – 203.

71. Lamas, L., Ugrinowitsch, C., Rodacki, A., Pereira, G., Mattos, E. C., Kohn, A. F. i Tricoli, V. (2012). Effects of strength and power training on neuromuscular adaptations and jumping movement pattern and performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3335– 3344.
72. Lee, D.W., Yang, S.J., Cho, S.I., Lee, J.H. i Kim, J.G. (2018). Single - leg vertical jump test as a functional test after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Knee*, 25(6), 1016 – 1026.
73. Lenhard, W. i Lenhard, A. (2016). Calculation of effect sizes. Psychometrica, Dettelbach (Njemačka). [https://www.psychometrica.de/effect\\_size.html](https://www.psychometrica.de/effect_size.html).
74. Leppanen, M., Pasanen, K., Kujala, U.M., Vasankari, T., Kannus, P., Ayramo, S., Krosshaug, T., Bahr, R., Avela, J., Perttunen, J. i Parkkari, J. (2017). Stiff landings are associated with increased ACL injury risk in young female basketball and floorball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 45(2), 386 – 393.
75. Levine, T. R. i Hullelt, C. R. (2002). Eta - squared, partial eta - squared, and misreporting of effect size in communication research. *Human Communication Research*, 28, 612 - 625.
76. Lopez – Segovia, M., Marques, M.C., Van den Tillaar, R. i Gonzalez – Badillo, J.J. (2011). Relationship between vertical jump and full squat power outputs with sprint times in U21 soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 30, 135 – 144.
77. Loturco, I., Contreras, B., Kobal, R., Fernandes, V., Moura, N., Siqueira, F., Winckler, C., Suchomel, T. i Pereira, L.A. (2018). Vertically and horizontally directed muscle power exercises: Relationships with top – level sprint performance, *Plos One*, 13(7).
78. Loturco, I., D'Angelo, R.A., Fernandes, V., Gil, S., Kobal, R., Cal Abad, C.C., Kitamura, K. i Nakamura, F.Y. (2015). Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump test in elite sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 758 – 764.
79. Loturco, I., Pereira, L.A., Cal Abad, C.C., D'Angelo, R.A., Fernandes, V., Kitamura, K., Kobal, R. i Nakamura, F.Y. (2015). *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1966 – 1971.
80. Lutz, G.J. i Rome, L.C. (1994). Built for jumping: The design of the frog muscular system. *Science*, 263(5145), 370 – 372.

81. Maffiuletti, N.A., Aagaard, P., Blazevich, A.J., Folland, J., Tillin, N. i Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091 – 1116.
82. Maloney, S.J., Turner, A.N. i Fletcher, I.M. (2014). Ballistic exercise as a preactivation stimulus: a review of the literature and practical applications. *Sport Medicine*, 44(10), 1347 – 1359.
83. Manolopoulos, K., Gissis, I., Galazoulas, C., Manolopoulos, E., Patikas, D., Gollhofer, A. i Kotzamanidis. (2016). Effect of combined sensorimotor – resistance training on strength, balance, and jumping performance of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 53 – 59.
84. Marković, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349 – 355.
85. Marković, G. i Mikulić, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10), 859 – 895.
86. Marković, G., Dizdar, D., Jukić, I. i Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 551 – 555.
87. Marković, G., Vuk, S. i Jarić, S. (2011). Effects of jump training with negative versus positive loading on jumping mechanics. *International Journal of Sports Medicine*, 32(5), 365 – 372.
88. Marković, S., Mirkov, D.M., Knežević, O.M. i Jarić, S. (2013). Jump training with different loads: Effects on jumping performance and power output. *European Journal of Applied Physiology*, 113(10), 2511 – 2521.
89. Marques, M.C. i Izquierdo, M. (2015). Kinetic and kinematic associations between vertical jump performance and 10-m sprint time. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(8), 2366 – 2371.
90. Marques, M.C., Gil, H., Ramos, R.J., Costa, A.M. i Marinho, D.A. (2011). Relationship between vertical jump strength metrics and 5 meters sprint time. *Journal of Human Kinetics*, 29, 115 – 122.
91. McBride, J. M., Kirby, T. J., Haines, T. L. i Skinner, J. (2010). Relationship between relative net vertical impulse and jump height in jump squats performed to various squat

- depths and with various loads. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(4), 484 – 496.
92. McGuigan, M.R. i Winchester, J.B. (2008). The relationship between isometric and dynamic strength in college football players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7(1), 101 – 105.
  93. McLellan, C.P., Lovell, D.I. i Gass, G.C. (2011). The role of force development on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 379 – 385.
  94. Minetti, A.E. (2002). On the mechanical power of joint extensions as affected by the change in muscle force (or cross-sectional area), ceteris paribus. *European Journal of Applied Physiology*, 86(4), 363–369.
  95. Mitchell, L. J., Argus, C. K., Taylor, K. L., Sheppard, J. M. i Chapman, D. W. (2017). The effect of initial knee angle on concentric - only squat jump performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 88(2), 184 – 192.
  96. Morales – Artacho, A.J., Ramos, A.G., Perez – Castilla, A., Padial, P., Arguelles – Cienfuegos, J., de la Fuente, B. i Feriche, B. (2018). Associations of the force – velocity profile with isometric strength and neuromuscular factors. *International Journal of Sports Medicine*, 39(13), 984 – 994.
  97. Morin, J.B. i Samozino, P. (2016). Interpreting power – force – velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267 – 272.
  98. Morin, J.B., Jimenez – Reyes. P., Brughelli, M. i Samozino, P. (2019). When jump height is not a good indicator of lower limb maximal power output: Theoretical demonstration, experimental evidence and practical solutions. *Sports Medicine*, 49(7), 999 – 1006.
  99. Morin, J., Capelo - Ramirez, F., Rodriguez - Perez, M., Cross, M. i Morin, J. (2020). Individual adaptation kinetics following heavy resisted sprint training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1.
  100. Nuzzo, J.L., McBride, J.M., Cormie, P. i McCaulley, G.O. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 699 – 707.
  101. Oxfeldt, M., Overgaard, K., Hvid, L.G. i Dalgas, U. (2019). Effects of plyometric training on jumping, sprint performance, and lower body muscle strength in healthy adults: A

- systematic review and meta-analyses. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 29(10), 1453 – 1465.
102. Paasuke, M., Ereline, J. i Gapeyeva, H. (1998). Twitch potentiation capacity of plantarflexor muscles in endurance and power athletes. *Biology of Sport*, 15(3), 171–178.
103. Paasuke, M., Saapar, L., Ereline, J., Gapeyeva, H., Requena, B. i Oopik, V. (2007). Postactivation potentiation of knee extensor muscles in power - and endurance - trained, and untrained women. *European Journal of Applied Physiology*, 101(5), 577 – 585.
104. Pagaduan, J. i Pojskić, H. (2020). A meta – analysis on the effect of complex training on vertical jump performance. *Journal of Human Kinetics*, 71, 255 – 265.
105. Pallant, J. (2013). SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS. Crows Nest, NSW, Allen i Unwin.
106. Paterno, M.V., Schmitt, L.C., Ford, K.R., Raugh, M.J., Myer, G.D., Huang, B. i Hewett, T. (2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(10), 1968 – 1978.
107. Pažin, N., Berjan, B., Nedeljković, A., Marković, G. i Jarić, S. (2013). Power output in vertical jumps: Does optimum loading depend on activity profiles? *European Journal of Applied Physiology*, 113(3), 577 – 589.
108. Peterson, M.D., Rhea, M.R. i Alvar, B.A. (2004). Maximizing strength development in athletes: A meta – analysis to determine the dose – response relationship. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 377 – 382.
109. Petrigna, L., Karsten, B., Marcolin, G., Paoili, A., D'Antona, G., Palma, A. i Bianco, A. (2019). A review of countermovement and squat jump testing methods in the context of public health examination in adolescence: Reliability and feasibility of current testing procedures. *Frontiers in Physiology*, 10, 1384.
110. Petz, B. (1997). Osnovne statističke metode za nematematičere. Jastrebarsko: Naklada Slap.
111. Ralston, G.W., Kilgore, L., Wyatt, F.B. i Baker, J.S. (2017). The effect of weekly set volume on strength gain: A meta – analysis. *Sports Medicine*, 47(12), 2585 – 2601.

112. Read, P.J., Miller, S.C. i Turner, A.N. (2013). The effects of postactivation potentiation on golf club head speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1579 – 1582.
113. Rhea, M.R., Alvar, B.A., Burkett, L.N. i Ball, S.D. (2003). A meta – analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35(3), 456 – 464.
114. Richards, B.J., Gifford, M., Morrison, J.K., Willgress, S., Noble, J. i Seaman. K. (2018a). Reliability of the force – velocity imbalance assessment in an athletic population. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43, 91.
115. Richards, B.J., Gifford, M., Morrison, J.K., Willgress, S., Noble, J. i Seaman. K. (2018b). Controlling lower – body fatigue prior to the force – velocity imbalance assessment in an athletic population: An assessment of reliability. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43, 90.
116. Saez – Saez de Villareal, Requena, B. i Newton, R.U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 513 – 522.
117. Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P. i Morin, J.B. (2014). Force – velocity profile: Imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 505 – 510.
118. Samozino, P., Morin, J.B., Hintzy, F. i Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41(14), 2940 – 2945.
119. Samozino, P., Morin, J.B., Hintzy, F. i Belli, A. (2010). Jumping ability: A theoretical integrative approach. *Journal of Theoretical Biology*, 264(1), 11 – 18.
120. Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P.E., Belli, A. i Morin, J.B. (2012). Optimal force – velocity profile in ballistic movements – *altius: Citius or fortius?*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(2), 313 – 322.
121. Seitz, L.B. i Haff, G.G. (2016). Factors modulating post – activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper – body ballistic performances: A systematic review with meta – analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231 – 240.



122. Seitz, L.B., Trajano, G.S. i Haff, G.G. (2014). The back squat and the power clean: elicitation of different degrees of potentiation. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 643 – 649.
123. Sekulić, D. i Metikoš, D. (2007). Uvod u osnovne kineziološke transformacije. Split: Sveučilište u Splitu, Fakultet prirodoslovno – matematičkih znanosti i kineziologije.
124. Seo, D.I., Kim, E., Fahs, C.A., Rossow, L., Young, K., Ferguson, S.L., Thiebaud, R., Sherk, V.D., Loenneke, J.P., Kim, D., Lee, M.K., Choi, K.H., Bembem, D.A., Bembem, M.G. i So, W.I. (2012). Reliability of the one – repetition maximum test based on muscle group and gender. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(2), 221 – 225.
125. Sheppard, J.M., Dingley, A.A., Janssen, I., Spratford, W., Chapman, D.W. i Newton, R.U. (2011). The effect of assisted jumping on vertical jump height in high – performance volleyball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(1), 85 -89.
126. Simpson, A., Waldron, M., Cushion, E. i Tallent, J. (2021). Optimised force – velocity training during pre – season enhances physical performance in professional rugby league players. *Journal of Sports Science*, 39(1), 91 – 100.
127. Singh, H., Kim, D., Bembem, M.G., Anderson, M., Seo, D.I. i Bembem, D.A. (2014). Jump test performance and sarcopenia status in men and women, 55 to 75 years of age. *The Journal of Geriatric Physical Therapy*, 37(2), 76 – 82.
128. Soriano, M.A., Jimenez – Reyes, P., Rhea, M.R. i Marin, P.J. (2015). The optimal load for maximal power production during lower – body resistance exercises: A meta – analysis. *Sports Medicine*, 45(8), 1191 – 1205.
129. Stojanović, E., Ristić, V., McMaster, D.T. i Milanović, Z. (2016). Effect of plyometric training on vertical jump performance in female athletes: A systematic review and meta – analysis. *Sports Medicine*, 47(5), 975 -986.
130. Stone, M., Plisk, S. i Collins, D. (2002). Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training—A coaching perspective. *Sports Biomechanics*, 1(1), 79–103.
131. Suarez – Arrones, L., Gonzalo – Skok, O., Carrasquilla, I., Asian – Clemente, J., Santalla, A., Lara – Lopez, P. i Nunez, F.J. (2020). Relationships between change of direction, sprint, jump, and squat power performance. *Sports*, 8(3), 38.

132. Suchomel, T. J., Comfort, P. i Stone, M. H. (2015). Weightlifting pulling derivatives: Rationale for implementation and application. *Sports Medicine*, 45(6), 823–839.
133. Suchomel, T., Comfort, P. i Lake, J. (2017). Enhancing the force – velocity profile of athletes using weightlifting derivatives. *Strength and Conditioning Journal*, 39(1), 10 – 20.
134. Suchomel, T., Lamont, H.S. i Moir, G.L. (2016). Understanding vertical jump potentiation: A deterministic model. *Sports Medicine*, 46(6), 809 – 828.
135. Šimić, L. (2017). *Pozadinski mehanizmi bilateralnoga deficita jakosti i snage pri izvedbi vertikalnoga skoka: živčana inhibicija nasuprot odnosa sile i brzine ekstenzora nogu* (Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu), Zagreb: Kineziološki fakultet.
136. Štimac, D., Lacković, A. i Poropat, G. (2017). Važnost provođenja randomiziranih kliničkih istraživanja. *Medicina Fluminensis*, 53(4), 448 – 453.
137. Terzis, G., Spengos, K., Karampatsos, G., Manta, P., i Georgiadis, G. (2009). Acute effect of drop jumping on throwing performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2592-2597.
138. Tillin, N.A. i Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147–66.
139. Tobin, D.P. i Delahunt, E. (2014). The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 367 – 372.
140. Tomioka, M., Owings, T.M. i Grabiner, M.D. (2001). Lower extremity strength and coordination are independent contributors to maximum vertical jump height. *Journal of Applied Biomechanics*, 17(3), 181 – 187.
141. Tricoli, V., Lamas, L., Carnevale, R. i Ugrinowitsch, C. (2005). Short-term effects on lower-body functional power development: Weightlifting vs. vertical jump training programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 433–437.
142. Urquhart, B.G., Moir, G.L., Graham, S.M. i Connaboy, C. (2015). Reliability of 1RM split - squat performance and the efficacy of assessing both bilateral squat and split - squat 1RM in a single session for non-resistance-trained recreationally active men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1991 – 1998.

143. Vandenberg, R., Grange, R.W. i Houston, M.E. (1995). Myosin phosphorylation enhances rate of force development in fast - twitch skeletal muscle. *The American Journal of Physiology*, 268, 596 – 603.
144. Wilson, J.M., Duncan, N.M., Marin, P.J., Brown, L.E., Loenneke, J.P., Wilson, S.M.C., Jo, E., Lowery, R.P. i Ugrinowitsch, C. (2013). Meta analysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854 – 859.
145. Winter, E. (2005). Jumping: Power or impulse?. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(3), 523.
146. Wirth, K., Keiner, M., Hartmann, H. i Sander, A. (2016). Effect of 8 weeks of free – weight and machine – based strength training on strength and power performance. *Journal of Human Kinetics*, 53(1), 201 – 210.
147. Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. i Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285 – 288.
148. Wong, J.D., Bobbert, M.F., Van Soest, A.J., Gribble, P.L. i Kistemaker, D.A.(2016). Optimizing the distribution of leg muscles for vertical jumping. *Plos One*, 11(2).
149. Young, W., McLean, B. i Ardagna, J. (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(1), 13 – 19.
150. Zubčić, D., Antonić, D. i Reinholz, K. (2018). Tenziometrijska platforma vs. OptoJump sustav – usporedba visine vertikalnoga skoka. *Kondicijska priprema sportaša*. Milanović, L., Wertheimer, V. i Jukić, I. (ur.), Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske, 47 – 51.

## 8. ŽIVOTOPIS

David Zubčić je rođen 27. studenoga 1987. godine u Zadru. U rodnome gradu pohađao je Osnovnu školu Petra Preradovića te Opću gimnaziju Vladimira Nazora. Nakon završetka srednje škole, upisuje Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, na kojemu 2013. godine stječe titulu magistra kineziologije s usmjerenjem kondicijske pripreme sportaša. Na istoimenom fakultetu upisuje doktorski studij 2015. godine.

Pred kraj diplomskog studija sudjelovao je u radu Sportsko – dijagnostičkog centra na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu, a prvi profesionalni posao je bio onaj kondicijskog trenera u košarkaškom klubu Cibona u periodu od 2014. do 2017. Posao kondicijskog trenera je obavljao i pri U-20 muškoj košarkaškoj reprezentaciji 2015. godine, U-18 muškoj košarkaškoj reprezentaciji 2018. godine te pri studentskoj muškoj košarkaškoj reprezentaciji 2019. godine. U natjecateljskoj sezoni 2021./2022. radio je kao glavni trener u košarkaškom klubu Diadora. Trenutno vodi vlastiti sportsko – rehabilitacijski centar u Zadru.

Autor ili koautor je devet znanstvenih i jednog stručnog članka te je sudjelovao na velikom broju međunarodnih znanstvenih i stručnih skupova.

Popis radova:

1. Zubčić, D., Vučetić, V. i Jukić, G. (2014). Evaluacija utjecaja bioenergije na vrijednosti frekvencije srca u oporavku nakon visoko intenzivnih podražaja. Zbornik radova međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša 2014. / Jukić, I., Gregov, C., Šalaj, S., Milanović, L. i Wertheimer, V. (ur.), Zagreb, 144 – 147.
2. Vučetić, V., Zubčić, D., Jukić, G. i Jukić, I. (2014). Evaluating the influence of bioenergy on physiological parameters in the recovery after high – intensity stimulation. 7th International Scientific Conference on Kinesiology / Milanović, D. i Sporiš, G. (ur.), Opatija, 650 – 654.
3. Zubčić D., Reinholz, K. i Vučetić, V. (2015). Mogu li se vršne fiziološke vrijednosti izmjeriti progresivnim testom hodanja?. Zbornik radova međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša 2015. / Jukić, I., Gregov, C., Šalaj, S., Milanović, L. i Wertheimer, V. (ur.), Zagreb, 68 – 71.

4. Reinholz, K., Zubčić D. i Vučetić V. (2015). Age-Related Sprint Performance Characteristics Of Elite Male Soccer Players. Conference: Sport and Quality of Life, Brno.
5. Vučetić, V., Reinholz K., Zubčić, D. (2015). Anthropometric characteristics and standing long-jump performance of elite soccer players with respect to chronological age. Conference: Sport and Quality of Life, Brno.
6. Zubčić, D. i Reinholz, K. (2016). Relationship between unilateral jumping ability and 20 meter sprint performance in well – trained youth soccer players. Conference: Anthropological aspects of Sports, Physical education and Recreation, Banja luka.
7. Zubčić, D. i Reinholz, K. (2017). Maksimalna snaga skoka iz čučnja - problematika optimalnog opterećenja. / Zbornik radova međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša 2015. Jukić, I., Milanović, L. i Wertheimer, V. (ur.), Zagreb, 173 – 178.
8. Zubčić, D., Antonić, D. i Reinholz, K. (2018). Tenzimetrijska platforma vs. OptoJump sustav – usporedba visine vertikalnog skoka. Zbornik radova međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša 2018. / Milanović, L., Wertheimer, V. i Jukić, I. (ur.), Zagreb, 47 – 51.
9. Gladović, N., Zubčić, D. i Leško, L. (2018). Utjecaj manualne terapije yumeiho tehnikom i vježbanja na kvalitetu života kod osoba s kroničnom križoboljom. Zbornik radova 27. Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske, Opatija, 356 – 360.
10. Zubčić, D. i Vučetić, V. (2022). Influence of individualized training based on mechanical force-velocity profile on the bilateral vertical jump performance. *Kinesiology*, 54 (1), 133-139.