

UNIVERZITET U BEOGRADU  
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

Milan S. Matić

**METODOLOŠKI ASPEKTI OPTIMIZACIJE  
INTENZITETA KOD SKOKA IZ SASKOKA**

doktorska disertacija

Beograd, 2015.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF SPORT AND PHYSICAL EDUCATION

Milan S. Matic

**METHODOLOGICAL ASPECTS OF  
OPTIMIZATION INTENSITY IN DROP JUMP**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2015.

## Informacije o mentoru i članovima komisije

### Mentor:

1. Dr Duško Ilić, redovni profesor, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu.

---

### Članovi komisije:

1. Dr Đorđe Stefanović, redovni profesor, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu.

---

2. Dr Nenad Janković, vanredni profesor, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu.

---

3. Dr Nemanja Pažin, naučni saradnik, Zavod za sport i medicinu sporta Republike Srbije.

---

---

Datum odbrane

## Predgovor

Jedan deo dobijenih rezultata u realizovanom istraživanju (doktorskoj disertaciji) je objavljen ili prihvaćen za objavljivanje u zborniku radova i sažetaka međunarodnih naučnih konferencija. Takođe prihvaćen je rad za objavljivanje u istaknutom međunarodnom časopisu.

### **Istaknuti međunarodni časopis:**

**Matic, M.**, Pazin, N., Mrdakovic, V., Jankovic, N., Ilic, D., Stefanovic, Dj. (2015). Optimum drop height for maximizing power output in drop jump: the effect of maximal muscle strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (Prihvaćen, 5/5/2015; R-369914).

### **Zbornik radova međunarodne naučne konferencije:**

**Matić, M.** (2015). Uticaj visine saskoka na kinetičke i kinematičke varijable kod skoka iz saskoka. *Zbornik radova međunarodne naučne konferencije Menadžment u sportu*. Beograd: Fakultet za menadžment u sportu. (Prihvaćen)

### **Zbornik sažetaka međunarodne naučne konferencije:**

**Matić, M.**, Pažin, N., Janković, N., Mrdaković, V., Ilić, D., Stefanović, Đ. (2014). Optimalna visina za ispoljavanje maksimalne snage mišića kod skoka iz saskoka: uticaj maksimalne jačine. U: D. Mitić (ur.), *Zbornik sažetaka sa međunarodne naučne konferencije Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih* (str. 70). Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

## Izjava zahvalnosti

*Ovom prilikom želim svakom čitaocu da skrenem pažnju na ljude koji su svojim profesionalnim i motivacionim radom pomogli da se ova disertacija kvalitetno realizuje.*

*...želim da se zahvalim svojoj porodici, jer je odrastanje uz oca Spiru, dugogodišnjeg naučnog radnika Instituta za nuklearne nauke "Vinča", majku Linu i stariju sestru Jelenu, uticalo na moj naučni razvoj.*

*...želim da se zahvalim članu komisije i šefu predmeta Teorija i metodika atletike red. prof. dr Đorđu Stefanoviću na znanju koje mi je nesebično prenosio tokom mog studiranja i koji je u velikoj meri uticao na moje radno opredeljenje svojim zalaganjem, verovanjem u moje sposobnosti i svojom požrtvovanošću. Takođe, prof. Đorđu Stefanoviću se zahvaljujem na praćenju i usmeravanju mog pedagoškog rada na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja i savetovanju ne samo u naučnom i stručnom, već i životnom smislu.*

*...želim da se zahvalim mentoru red. prof. dr Dušku Iliću i članu komisije, van. prof. dr Nenadu Jankoviću na pomoći, motivisanju, pregledu i oceni doktorske disertacije.*

*...takođe, posebno želim da se zahvalim članu komisije i komentoru dr Nemanji Pažinu na datim smernicama i sugestijama tokom sprovođenja izrade doktorske disertacije, pomoći tokom obrade rezultata, softverskim rešenjima što je omogućilo bržu i precizniju obradu podataka.*

*...u jednom delu obrade podataka mi je pomogao i Boris Manola iz firme CBS Systems, kome se takođe zahvaljujem na ažurnosti u radu.*

*...zahvaljujem se studentima Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, koji su izdvojili svoje slobodno vreme, kako bi učestvovali u ovom naučnom istraživanju i van. prof. dr Irini Juhas sa kojom sam napravio dobru organizaciju oko raspodele časova, tako da sam svoje obaveze oko praktične nastave, kolokvijuma i ispita, mogao da uskladim sa radom na doktorskoj disertaciji.*

*...zahvaljujem se Jeleni Popović i Neveni Andrić za korekcije i kontrolu teksta koji je preveden na engleski i dr Predragu Božiću na datim sugestijama za napisani naučni rad pre nego što je poslat u istaknuti međunarodni časopis.*

*...zahvaljujem se svim mojim profesorima na osnovnim, master i doktorskim studijama, koji su mi dali fundamentalno znanje iz interdisciplinarne Nauke sporta i fizičkog vaspitanja i pripremili za istraživački rad na doktorskoj disertaciji.*

## **Posveta**

*Doktorsku disertaciju posvećujem svojoj majci Lini Matić i zahvaljujem joj se na celoživotnoj požrtvovanosti, neograničenoj ljubavi, radosti, milosti, opraštanju i svemu što mi je život dao.*

## Rezime

### Metodološki aspekti optimizacije intenziteta kod skoka iz saskoka

U sportskoj nauci i praksi se predlaže sprovođenje treninga koji omogućavaju ostvarivanje odgovarajućih akutnih efekata u cilju povećanja efikasnosti trenažnih ili rehabilitacionih procedura i maksimizacije adaptacionih kapaciteta. U dosadašnjim istraživanjima optimalna visina saskoka ( $DH_{opt}$ ) je određivana na osnovu: postignute visine skoka ( $H$ ), reaktivnog indeksa izvođenja ( $RSI$ ), vrednosti kinetičke energije u amortizacionoj i ekstenzionoj fazi odskoka, kontakta petama sa podlogom tokom odskoka i generisanja relativizovane maksimalne mišićne snage tokom koncentrične faze odskoka ( $PP_{con}$ ). Relativno širok opseg  $DH_{opt}$  je posledica različitih faktora za koje se u analiziranoj literaturi smatra da mogu značajno uticati na  $DH_{opt}$  i da neki od njih nisu dovoljno istraženi, što ograničava njihovu praktičnu primenu u trenažnom procesu. Sa tim u vezi definisani su ciljevi koji se odnose na metodološke aspekte optimizacije intenziteta skoka iz saskoka.

U realizovanom istraživanju su ispitivani sledeći ciljevi: 1) pouzdanost zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli kod skoka iz saskoka; 2) uticaj visine saskoka na zavisne kinetičke i kinematičke varijable; 3) pouzdanost metoda *biranja* i metoda *predviđanja* za određivanje  $DH_{opt}$ ; 4) povezanost dva metoda za određivanje  $DH_{opt}$ ; 5) povezanost morfoloških varijabli sa  $DH_{opt}$ ; 6) povezanost varijabli koje opisuju maksimalnu jačinu mišića i  $DH_{opt}$ ; 7) razlike u kinetičkim i kinematičkim varijablama između grupa sa različitim nivoom maksimalne mišićne jačine; 8) razlike u  $DH_{opt}$  između grupa sa različitim nivoom maksimalne mišićne jačine; 9) utvrđivanje regresionih modela za predikciju  $DH_{opt}$  na osnovu odgovarajućih morfoloških i varijabli koje opisuju maksimalnu jačinu mišića i 10) predikcija pouzdanosti za određivanje  $DH_{opt}$ .

U eksperimentu je učestvovalo ukupno 30 ispitanika (studenata Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja). Izdvojene su dve subgrupe od po 8 ispitanika. Kriterijum koji se koristio za stratifikaciju ispitanika u grupu *jakih* ili *slabih* bila je vrednost  $1 RM$  ostvarena u standardnom testu jačine, relativizovana u odnosu na telesnu masu. Tokom eksperimenta randomizovan je redosled izvođenja sa osam visina saskoka (u opsegu od 0.12 do 0.82 m). U svakom pokušaju su izvođeni skokovi maksimalnog intenziteta na tenzometrijskoj platformi.

*Prvi nalaz* studije pokazuje viši nivo pouzdanosti zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli tokom koncentrične u odnosu na ekscentričnu fazu odskoka. To je prouzrokovano razvijanjem velikih udarnih sila u trenutku kontakta sa podlogom i korišćenja ekscentrične faze prvenstveno za stvaranje uslova koji će omogućiti generisanje optimalne sile, snage itd. kasnije tokom koncentrične faze sa ciljem realizovanja maksimalnih performansi. *Drugim nalazom* je utvrđen značajan uticaj visine saskoka na vrednosti određenih kinetičkih i kinematičkih varijabli. Dobijeni rezultati sugerišu da se visina saskoka može koristiti za doziranje intenziteta kod skoka iz saskoka. U velikom broju dosadašnjih istraživanja  $DH_{opt}$  je određivana varijablom  $H$  metodom *biranja* i može se sugerisati primena u budućim istraživanjima metoda *predviđanja* određene varijablom  $PP_{con}$  koja se pokazala kao najpouzdanija u ovom istraživanju (*treći nalaz*). Jedan od značajnih uzroka dobijene razlike  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$  je dobijena najniža pouzdanost metoda *biranja* a najviša metodom *predviđanja* (*četvrti nalaz*). Dobijena je pozitivna značajna korelacija  $DH_{opt}$  sa pojedinim morfološkim varijablama (*peti nalaz*). U ovoj studiji je utvrđena statistički značajna povezanost između varijabli maksimalna jačina ispitanika i  $DH_{opt}$ , dobijene kada je ona određivana metodom *predviđanja* i determinisana varijablama  $PP_{con}$  i  $H$  (*šesti nalaz*). Na osnovu dobijenih rezultata se može zaključiti da se  $DH_{opt}$  može određivati u zavisnosti od neuromišićnih kapaciteta za generisanje maksimalne mišićne jačine. Dobijena statistički značajna razlika varijabli  $PP_{con}$  i  $PM_{con}$  između grupe ispitanika *jaki* i *slabi* se objašnjava varijablama pomoću kojih je računata snaga tokom koncentrične faze odskoka. Sa tim u vezi može se zaključiti da je povećanje visine saskoka kod grupe *jakih* ispitanika manje uticalo na gubitak brzine težišta tela i smanjenje generisane snage mišića tokom koncentrične faze odskoka (*sedmi nalaz*). *Jaki* ispitanici su takođe bili eksplozivniji u odnosu na *slabe* što je utvrđeno kraćim



trajanjem kontakta sa podlogom tokom odskoka i većom vrednošću  $RSI$  indeksa. Pretpostavka da postoji značajan uticaj maksimalne jačine mišića ispitanika na  $DH_{opt}$  je potvrđena (*u osmom nalazu*) dobijanjem značajno više  $DH_{opt}$  kod grupe *jakih* u odnosu na grupu *slabih* ispitanika. Dobijena povezanost  $DH_{opt}$  određena varijablama  $PP_{con}$  ili  $H$  i  $DH_{opt}$  određena regresionim modelima je u rasponu od umerene do visoke (*deveti nalaz*). Najviša povezanost i najpreciznija predikcija  $DH_{opt}$  je dobijena kada su regresioni model činile varijable  $IRM / BW^{0.67}$  i  $BF\%$  a najmanja kada je model predstavljen varijablom  $MDS$ . Najmanji broj ponavljanja je potreban kada je  $DH_{opt}$  određivana  $PP_{con}$  metodom *predviđanja* a najveći kada određivana  $PP_{con}$  metodom *biranja* (*deseti nalaz*).

Može se zaključiti da dobijeni nalazi predstavljaju određeni doprinos za dalja istraživanja u naučnoj oblasti i praktičnoj primeni u sportu koja se bavi problematikom  $DH_{opt}$ . U nastavno-pedagoškom procesu rada, dobijeni rezultati mogu pomoći studentima u poboljšanju određenih motoričkih sposobnosti prilikom sprovođenja trenažnih procesa, za što efikasnije polaganje određenih praktičnih ispita na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja.

U realizovanoj studiji je dobijen značajan uticaj korišćene dve nezavisne varijable (visina saskoka i maksimalna jačina mišića ispitanika) na  $DH_{opt}$ . Sa tim u vezi njihov značaj treba uzeti u obzir prilikom sprovođenja naučnih eksperimenata i sportskih ili rehabilitacionih treninga u kojima se primenjuje trenažno sredstvo skok iz saskoka.

*Ključne reči:* visina saskoka, maksimalna jačina mišića, visina skoka, maksimalna snaga mišića

*Naučna oblast:* Sport i fizičko vaspitanje

*Uža naučna oblast:* Opšta motorika čoveka

*UDK broj:* 796.012.414:612.766(043.3)

# Summary

## Methodological aspects of optimization intensity in drop jump

It is suggested that, in the sports science and practice, it is advisable to conduct training that would enable achievement of adequate acute effects in order to increase the efficiency of training or rehabilitation procedures and maximize the adaptive capacity. In the previous research, the optimal drop height ( $DH_{opt}$ ) was determined on the basis of: achieved jump height ( $H$ ), reactive strength index ( $RSI$ ), the values of the kinetic energy in amortized stage of rebound, the contact of heels with the ground during the rebound and generating normalized maximal muscle power during the concentric phase of rebound ( $PP_{con}$ ). The relatively wide range of  $DH_{opt}$  is due to different factors, in the literature taken into account, considered to have a significant effect on the  $DH_{opt}$ ; some of them have not been explored sufficiently, which limits their practical use in the training process. In regard to this, the goals relating to methodological aspects optimization intensity of drop jumps have been defined.

In the completed study the following objectives were examined: 1) reliability of the dependent kinetic and kinematic variables in the drop jump; 2) The influence of the height of drop jump on the dependent kinetic and kinematic variables; 3) reliability of *picking* methods and *fitting* methods for the determination of  $DH_{opt}$ ; 4) The correlation between the two methods for determining  $DH_{opt}$ ; 5) The correlation of morphological variables with  $DH_{opt}$ ; 6) correlation of the variables that describe the maximum muscle strength and  $DH_{opt}$ ; 7) differences in kinetic and kinematic variables between the subject groups with different levels of maximum muscular strength; 8)  $DH_{opt}$  differences between the subject groups with different levels of maximum muscular strength; 9) determining the regression models for prediction of  $DH_{opt}$  based on its morphological variables and the variables that describe the maximum muscle

strength and 10) the number of repetitions required to obtain acceptable reliability of  $DH_{opt}$ .

The experiment involved a total of 30 subjects (students of the Faculty of Sport and Physical Education). Featured are two subgroups of 8 subjects each. The criterion used to divide the subjects into the groups of strong or weak was the value of one repetition maximum from half squat normalized in relation to body weight ( $IRM/BW^{0.67}$ ). During the experiment, the order of execution from the eight drop heights (in the range of 0.12 to 0.82 m) was randomized. During each attempt the jumps were performed at maximum intensity on force platform.

The *first conclusion* of the study showed a higher level of reliability of dependent kinetic and kinematic variables during concentric phase rebound relative to the eccentric phase rebound. It is caused by developing of a large impact force at the time of contact with the ground and the use of eccentric phase is primarily to create conditions that will enable the generation of optimal strength, power, etc. later during the concentric phase with the aim of optimizing performance. Another – *second finding* was the significant influence of the drop height on the value of certain kinetic and kinematic variables. The results suggest that the drop height can be used for scaling the intensity of the drop jump. In a number of previous studies, the  $DH_{opt}$  was measured using the variable *H picking* method; for future research it is suggested to apply the methods of *fitting* certain variable  $PP_{con}$ , which proved to be the most reliable in this study (the *third finding*). One of the major causes of the differences in obtaining  $DH_{opt}$  determined by the variable  $PP_{con}$ , where the lowest reliability was obtained by *picking* methods and the highest by *fitting* method (the *fourth finding*). This resulted in the positive significant correlation of  $DH_{opt}$  with some morphological variables (the *fifth report*). This study claims a statistically significant correlation between the variables of the maximum muscular strength of the subjects and  $DH_{opt}$ , obtained while determining it by the method of *fitting* variables and determined by  $PP_{con}$  and *H* variables (the *sixth finding*). Based on these results it can be concluded that the  $DH_{opt}$  can be determined depending on the neuromuscular capacity to generate maximum muscular strength. The statistically significant difference of variables  $PP_{con}$  and  $PM_{con}$  between *strong* and *weak* groups is explained by variables used to calculate the muscle power during the concentric phase rebound. In this regard, it can be concluded that the increase in drop

height in the group of *strong* subjects had a less severe impact on the loss of the body velocity at the center of gravity and on the reduction of muscle power generated during the concentric phase of rebound (the *seventh report*). *Stronger* subjects were also more explosive compared to the *weaker* ones as determined by the shorter duration of the contact with the ground and the higher value of the *RSI*. The assumption that there is a significant effect of the maximal muscle strength of the subjects on the  $DH_{opt}$  is confirmed (in the *eighth report*) by obtaining a significantly higher  $DH_{opt}$  in the group of the *strong* compared to the group of the *weak* subjects. Thus obtained correlation of  $DH_{opt}$  determined by the variables  $PP_{con}$  or  $H$  and the  $DH_{opt}$  determined by specific regression models ranged from moderate to high (the *ninth report*). The highest correlation and the most reliable prediction of  $DH_{opt}$  is obtained when the regression model was composed of the variables  $IRM / BW^{0.67}$  and  $BF\%$ , and the lowest when the model was represented by the *MDS* variable. The lowest number of repetitions is required when  $DH_{opt}$  is determined by the  $PP_{con}$  method of *fitting*, and the highest when using the  $PP_{con}$  picking method (the *tenth report*).

It can be concluded that the findings represent a contribution to further research in the scientific field, as well as in the practical aspect of the sport and rehabilitation. In teaching and pedagogical procedures, the contribution will be of help to students seeking to improve certain motor abilities and benefits when preparing and taking certain practical exams at the Faculty of Sport and Physical Education.

In the conducted study a significant effect can be observed when using two independent variables (height of drop jump and maximal muscle strength) on  $DH_{opt}$ . In this regard, their importance should be taken into account when conducting scientific experiments and sports rehabilitation or training, in which the drop jump is applied.

*Keywords:* drop jump height, maximum muscle strength, jump height, maximum power

*Scientific field:* Sport and physical education

*Narrower scientific field:* Human general movement

*UDC number:* 796.012.414:612.766(043.3)

## Lista skraćenica

### Pregled skraćenica varijabli

$FP_{ecc}$  – relativizovana maksimalna vrednost vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka

$FP_{con}$  – relativizovana maksimalna vrednost vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom koncentrične faze odskoka

$FM_{ecc}$  – relativizovana vrednost prosečne vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka

$FM_{con}$  – relativizovana vrednost prosečne vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom koncentrične faze odskoka

$PP_{ecc}$  – relativizovana maksimalna mišićna snaga u ekscentričnoj fazi odskoka

$PP_{con}$  – relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka

$PM_{ecc}$  – relativizovana prosečna mišićna snaga u ekscentričnoj fazi odskoka

$PM_{con}$  – relativizovana prosečna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka

$T_{total}$  – vreme trajanja kontakta stopala sa podlogom

$T_{ecc}$  – vreme trajanja ekscentrične faze odskoka

$T_{con}$  – vreme trajanja koncentrične faze odskoka

$H$  – visina skoka

$RSI$  – reaktivni indeks izvođenja

$V_{peak\ con}$  – maksimalna vrednost vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka

$V_{mean\ con}$  – prosečna vrednost vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka

$BH$  – telesna visina

$BW$  – telesna masa

$BF\%$  – procenat masti

$BM\%$  – procenat mišića

$BMI$  – indeks telesne mase

$1\ RM / BW^{0.67}$  – jedan ponavljajući maksimum u polučučnju

$MDS$  – maksimalna dinamička sila u polučučnju

$DH_{opt}$  – optimalna visina saskoka

## **Pregled skraćenica mernih jedinica**

*m* – metar

*cm* – centimetar

*mm* – milimetar

*min* – minut

*s* – sekund

° – stepen

% – procenat

*N* – njutn

*W* – vat

*Hz* – herc

*kg* – kilogram

*g* – gravitaciono ubrzanje

## **Pregled skraćenica korišćenih u statističkim procedurama**

*A* – aritmetička sredina

*SD* – standardna devijacija

$R^2$  – koeficijent determinacije

*r* – pirsonov koeficijent korelacije

*ICC* – intraklasni koeficijent korelacije

*CV* – koeficijent varijacije

*ANOVA* – analiza varijanse

*F* – F test

*p* – vrednost verovatnoće nastanka greške

$p\eta^2$  – parcijalni koeficijent eta

*SEE* – standardna greška procene

$CI_{95\%}$  – interval pouzdanosti na nivou poverenja od 95%

*d* – veličina uticaja *Koenov d*

*t* – t test

# SADRŽAJ

Informacije o mentoru i članovima komisije.....	i
Predgovor .....	ii
Izjava zahvalnosti .....	iii
Posveta .....	iv
Rezime .....	v
Summary .....	viii
Lista skraćena.....	xi
1. UVOD.....	1
1.1. Definisane osnovnih pojmova .....	3
1.1.1. Uloga i značaj intenziteta opterećenja .....	3
1.1.2. Optimizacija intenziteta opterećenja .....	5
1.1.3. Operaciona definicija.....	6
1.2. Optimizacija intenziteta u odnosu na neuromehaničke karakteristike .....	7
1.2.1. Mehaničke karakteristike mišića .....	8
1.2.2. Neuralne karakteristike mišića .....	13
1.2.3. Refleksi i kontrola pokreta .....	15
1.2.4. Ciklus izduženja-skraćenja mišića.....	17
1.3. Uloga i opravdanost primene optimalnog intenziteta .....	19
1.4. Optimalan intenzitet u različitim kretnim zadacima .....	22
1.5. Problem definisanja optimalnog intenziteta kod skoka iz saskoka.....	23
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA .....	24
2.1. Spoljašnji faktori koji utiču na optimalni intenzitet kod skoka iz saskoka .....	24
2.1.1. Visina saskoka.....	24
2.1.2. Spoljašnje opterećenje .....	28
2.1.3. Varijable za određivanje optimalne visine saskoka.....	31
2.1.4. Tehnika skoka iz saskoka .....	33
2.1.5. Uticaj tipa instrukcije.....	35
2.1.6. Pouzdanost metoda za određivanje optimalne visine saskoka.....	37
2.2. Unutrašnji faktori koji utiču na optimalni intenzitet kod skoka iz saskoka .....	38
2.2.1. Uticaj utreniranosti .....	38
2.2.2. Uticaj pola.....	42
2.2.3. Uticaj uzrasta.....	44

3.	OGRANIČENJA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	46
4.	PROBLEM, PREDMET, CILJEVI I ZADACI ISTRAŽIVANJA .....	49
5.	HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA .....	51
6.	METODE ISTRAŽIVANJA.....	52
6.1.	Protokol eksperimenta.....	52
6.2.	Uzorak ispitanika .....	54
6.3.	Uzorak varijabli.....	55
6.4.	Merenje varijabli .....	57
6.4.1.	Merenje i prikupljanje varijabli za procenu morfološkog statusa.....	57
6.4.2.	Merenje i prikupljanje varijabli za procenu maksimalne jačine mišića.....	58
6.4.3.	Merenje i prikupljanje zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli.....	60
6.5.	Analiza i obrada podataka .....	61
6.5.1.	Analiza i obrada podataka u testu polučučanj sa tegovima.....	61
6.5.2.	Analiza i obrada podataka u testu skok iz saskoka.....	62
6.5.3.	Metode za određivanje optimalne visine saskoka .....	63
6.6.	Statistička obrada podataka.....	65
7.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	68
7.1.	Pouzdanost kinetičkih i kinematičkih varijabli .....	68
7.1.1.	Sila reakcije podloge.....	68
7.1.2.	Snaga mišića .....	72
7.1.3.	Trajanje odskoka .....	75
7.1.4.	Visina skoka i reaktivni indeks izvođenja .....	78
7.1.5.	Brzina težišta tela .....	80
7.2.	Uticaj visine saskoka na kinetičke i kinematičke varijable .....	82
7.3.	Pouzdanost metoda za određivanje optimalne visine saskoka .....	92
7.4.	Povezanost različitih metoda za određivanje optimalne visine saskoka .....	94
7.5.	Povezanost morfoloških varijabli sa optimalnom visinom saskoka .....	97
7.7.	Uticaj maksimalne jačine mišića na kinetičke i kinematičke varijable .....	101
7.8.	Uticaj maksimalne jačine mišića na optimalnu visinu saskoka .....	113
7.9.	Regresioni modeli za predikciju optimalne visine saskoka .....	115
7.10.	Predikcija pouzdanosti za određivanje optimalne visine saskoka .....	118
8.	DISKUSIJA .....	119
8.1.	Pouzdanost kinetičkih i kinematičkih varijabli .....	120



8.2.	Uticaj visine saskoka na kinetičke i kinematičke varijable .....	122
8.3.	Pouzdanost metoda za određivanje optimalne visine saskoka .....	125
8.4.	Povezanost metoda za određivanje optimalne visine saskoka .....	126
8.5.	Povezanost morfoloških varijabli sa optimalnom visinom saskoka .....	127
8.6.	Povezanost maksimalne jačine ispitnika i optimalne visine saskoka .....	128
8.7.	Uticaj maksimalne jačine na kinetičke i kinematičke varijable .....	130
8.8.	Razlike u optimalnoj visini saskoka u odnosu na nivo maksimalne jačine mišića .....	132
8.9.	Regresioni modeli za predikciju optimalne visine saskoka .....	134
9.	ZAKLJUČCI .....	137
10.	ZNAČAJ ISTRAŽIVANJA .....	140
10.1.	Teorijski značaj istraživanja .....	141
10.2.	Praktični značaj istraživanja .....	142
11.	OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA .....	143
12.	BUDUĆA ISTRAŽIVANJA .....	144
13.	LITERATURA .....	146
	PRILOZI .....	159
	BIOGRAFIJA AUTORA .....	162

# 1. UVOD

Sport kao jedinstven fenomen je nastao iz fizičke aktivnosti koja je tokom evolucije čoveka uticala na egzistenciju, motoričko-mentalni razvoj i zdravlje (pojedince, porodice, društva). Za egzistenciju, uloga fizičke aktivnosti u prošlosti je bila u: lovu, ribolovu, ratovanju, gladijatorskim borbama i dr. Motoričko-mentalni razvoj čoveka je u skladu sa Lamarkovom teorijom evolucije (1809): „Kontinuirano korišćenje bilo kog dela tela dovodi do njegovog postepenog razvoja i jačanja, a ne korišćenje uzrokuje njegovo slabljenje“. Hipokrat je smatrao da se telesni segment koji je fizički aktivan više razvija, sporije stari i duži vremenski period ostaje zdrav od neaktivnog, a prvi podaci o primeni fizičke aktivnosti u cilju poboljšanja zdravlja ljudi potiču iz Kine oko 2500 godina pre nove ere.

Fizička aktivnost se definiše kao svaki oblik pokreta tela koji povećava energetske potrošnje iznad potrošnje u miru. Uključuje rad, fizičko vežbanje, trening, takmičenje i druge aktivnosti koje zahtevaju fizičko naprezanje (Ostojić i sar. 2013). Prema tome njena uloga se može posmatrati i u kontekstu adaptacije, što podrazumeva očuvanje funkcionalnih sposobnosti stečenih kroz evoluciju, razvoj tokom detinjstva, adolescencije, zrelog i poznog doba života. Sposobnost živih sistema za reorganizacijom njihovih funkcija se zove “funkcionalna adaptacija” (Roux 1845 prema Željaskovu 2004). Ona se temelji na integraciji tri procesa razmene – materijalnom, energetskom i informacionom, koji se razlikuju po svojim kvalitetima, ali između njih postoji jedinstvo, koje se definiše kao “biološko trojedinstvo života” (Engelhard 1969 prema Željaskovu 2004). Dešifrovanjem ljudskoga genoma i fundamentalne uloge dezoksiribonukleinske kiseline (DNK) u prenosu informacija u živim sistemima, dokazano je da se materijalne i energetske veze između organizma i okoline ostvaruju putem obrade informacija, koju unose nukleinske kiseline što omogućava razmenu materija, sposobnost organizma za regeneraciju i razvoj. Fizička aktivnost može, ali ne mora, da dovede do pomenutih procesa, zato je bitno upoznati se sa onim adaptivnim promenama u organizmu koje uzrokuju kvalitativne promene u njegovom motoričkom potencijalu (Željaskov 2004).

Za razliku od fizičke aktivnosti sportski trening<sup>1</sup> prema Stefanoviću i sar. (2010) predstavlja vaspitanje, obrazovanje i vežbanje u oblasti sporta, u cilju postizanja maksimalnog rezultata/uspeha na glavnom takmičenju. Fratrić (2012) sportski trening definiše kao specifičan dugotrajan intenzivan proces adaptacije organizma, ostvaren primenom optimalnih trenažnih stimulusa (npr. trenažnih sredstava, metoda) u pravo vreme u cilju transformacije onih antropoloških karakteristika i sposobnosti od kojih zavisi postizanje željenih rezultata. Sportski trening je ciljani kontinuirani proces prilagođavanja organizma na specifične napore koji će obezbediti superadaptacione procese. Cilj ovakvog procesa je optimalni nivo prilagođenosti svih osobina, sposobnosti i karakteristika od kojih zavisi željeni, ali realno moguć sportski rezultat (Fratrić 2012). Time se poboljšavaju fizički, psihički, intelektualni, tehnički, taktički kvaliteti sportiste, koji se manifestuju u poboljšanju takmičarskih rezultata.

Osnovne komponente opterećenja koje definišu svaki sportski trening su intenzitet i obim. Previše visok ili nizak intenzitet i/ili obim imaju različite kvantitativne i kvalitativne adaptacione podsticaje na organizam, ali i sprečavaju (u određenoj meri) iskorišćavanje bioloških potencijala pojedinca. Veliki izazov za sportske stručnjake je određivanje optimalnog intenziteta i obima treninga, koji će uzrokovati željenu aktivaciju genetskog aparata *DNK* i uticati na odgovarajuću (kvalitativnu i kvantitativnu) adaptaciju, koja će se ogledati u efikasnom poboljšanju dominantnih motoričkih sposobnosti za određeni sport (npr. sila, snaga, brzina). Obzirom da je precizno određivanje intenziteta važno za podsticanje organizma na odgovarajući vid adaptacije, a obima na veličinu same adaptacije, jasno je da ove dve komponente opterećenja u sportskom treningu imaju gnoseološki i metodološki značaj za tehnologiju sportskog treninga. Iz tog aspekta je veoma važno posvetiti posebnu pažnju optimizaciji intenziteta u trenažnom procesu i zato će kao identifikovan problem biti detaljnije obrađivan. Potrebno je da se predlože jasni pravci koji bi mogli obezbediti nova naučna saznanja u okviru ove problematike, značajna za dalji razvoj nauke i njenu direktnu primenu u sportskoj praksi, odnosno trenažnom procesu.

---

<sup>1</sup>Reč trening je latinskog porekla i potiče od glagola "trehere" što znači vući, izvlačiti. Kao pojam pojavljuje se u starofrancuskom, a izgleda da je zajedno sa Normanima prešla iz Francuske u Englesku. U Engleskoj se prvo upotrebljava u konjičkom sportu gde se formira značenje – izvođenje konja iz štale sa ciljem obučavanja, povećanja sposobnosti, treniranja (Vujaklija 1972). Najverovatnije je iz konjičkog sporta pojam "trening" prenesen u druge sportove. Ne zna se tačno kada je reč "trening" poprimila svoje današnje značenje u sportu - obrazovanje, vežbanje.

## ***1.1. Definisane osnovnih pojmova***

### **1.1.1. Uloga i značaj intenziteta opterećenja**

Adaptivne promene organizma koje nastaju kao posledica primene određenog treninga zavise od intenziteta trenažnog opterećenja i one se mogu sagledati iz sledećih aspekata prema Issurinu (2009):

- fiziološkog i biomehaničkog – utvrđivanje posledičnih razlika nakon primene jednog treninga, serije treninga i vremenski dužeg sistematičnog treniranja,
- praktičnog (trenerskog) – adaptivne promene (generalni trenažni efekti) nakon primene određenih treninga koje omogućavaju dalje preciznije planiranje trenažnog procesa,
- trenažno-teorijskog – nedvosmisleno tumačenje rezultata, koje je bitno za objektivno sagledavanje uticaja intenziteta treninga.

Kada se uticaj primenjenog intenziteta treninga definiše preko generalnih trenažnih efekata, klasifikacija prema Issurinu (2009) i Stefanoviću i sar. (2010) je na:

- *Akutne* (promene biomehaničkih i fizioloških varijabli koje se menjaju/ispoljavaju tokom treninga kao posledica primene određenog intenziteta treninga npr. uticaj % od jednog ponavljajućeg maksimuma (*eng. one repetition of maximum – 1 RM*) kod polučučnja i potiska sa grudi na brzinu izvođenja pokreta, visine saskoka na visinu skoka i dr.
- *Neposredne* (promene koje se javljaju kao rezultat jednog treninga i manifestuju se ubrzo nakon njegovog završetka, tj. predstavljaju sumaciju akutnih trenažnih efekata nekoliko vežbi).
- *Kumulativne* (promene koje se javljaju nakon nekoliko treninga, predstavljaju sumu akutnih i odloženih efekata. Dostizanje maksimalne adaptacije kao odgovor na trenažne stimuluse odgovarajućeg intenziteta koji ne mora da bude optimalan u smislu akutnih efekata. Tokom pripremnog perioda se rade treninzi u otežanim uslovima, npr. skokovi sa dodatnim opterećenjem koji onemogućavaju dostizanje maksimalne visine skoka na treningu, ali

pozitivno utiču na „podizanje sportske forme“ i ostvarivanje maksimalnih performansi<sup>2</sup> na takmičenju, ako se optimizuju u okviru mikro, mezo ili makrociklusa. Takođe kao primer se može navesti trening sa trčanjem uzbrdo ili sprintevi sa tegom koji se vuče, što onemogućava postizanje maksimalne brzine na treningu, ali pozitivno utiče na poboljšanje maksimalne brzine trčanja ako se dobra povezanost napravi sa ostalim treninzima tokom trenažne periodizacije).

- *Odložene* (zavise od dužine vremenskog perioda (oporavka) između dva treninga koji može biti: a) nedovoljan, b) kombinacija različitih trenažnih stimulusa (npr. aerobni, anaerobni) i takođe nedovoljno dugog oporavka, c) dovoljan, ne dovodi na viši nivo ali je pogodan za trenažni proces koji zahteva stabilne uslove d) dovoljan, dovodi do povećanja nivoa treniranosti (superkompensacije).
- *Zaostale* – rezidualne, zadržavanje nastalih promena, *dugotrajno* – morfološke i neurofiziološke promene nastale kao posledica višegodišnjeg treniranja npr. očigledne razlike u mišićno-skeletnom sistemu (debljina kostiju, gustina koštanog tkiva, odnos brzih i sporih mišićnih vlakana i sl.) različitih sportista, *srednje* – fiziološke promene kardiovaskularnog, respiratornog i neuromišićnog sistema, zadržavaju se nekoliko meseci npr. veličina i zapremina srca i *kratkotrajno*, smanjenje sposobnosti generisanja mišićne sile nakon treninga za razvoj sile telesnog stanja i motornih sposobnosti od treniranja nakon vremenskog perioda u kome je došlo do adaptacije.

---

<sup>2</sup> Performansa se odnosi na efikasnost izvođenja određenog motoričkog zadatka. Kvantitativno predstavljanje performanse je moguće npr. generisanom snagom, visinom skoka, brzinom izvođenja.

### **1.1.2. Optimizacija intenziteta opterećenja**

Razjašnjavanje razlika pomenutih generalnih trenažnih efekata i njihovo utvrđivanje nakon primenjivanja određenih treninga olakšava planiranje, praćenje i doziranje intenziteta treninga/testiranja. Intenzitet opterećenja i njegova optimizacija se mogu sagledati (karakterisati) sa sledećih aspekata prema Issurinu (2009) i Fratriću (2012):

- Pomoću varijabli kojima se definiše intenzitet opterećenja:
  - ◇ fizioloških (npr. nivo laktata, frekvencija srca, krvni pritisak),
  - ◇ biomehaničkih varijabli (npr. sila, izvršeni rad),
  - ◇ objektivni odgovor (npr. jutarnji puls, rezultati biohemijskih analiza, promene u varijablama – dinamometrija šake, vertikalni skok uvis, telesna masa).
- Promene u sportskim performansama (nakon kraćeg ili dužeg vremenskog perioda primenjivanja određenog intenziteta treninga, npr. visina skoka).

### **1.1.3. Operaciona definicija**

U skladu sa prethodno navedenim i upotpunjenim sistematizacijama koje se odnose na iskazivanje intenziteta opterećenja, definisana je operaciona definicija koja ima za cilj da bliže odredi problem kojim će se ova disertacija baviti. *Operaciona definicija* se odnosi na intenzitet kao jedne od najvažnijih komponenti opterećenja u pogledu definisanja optimalnog stimulusa (intenziteta) u uslovima izvođenja gde se iniciraju/provociraju odgovarajući efekti.

Konkretno, optimalni intenzitet podrazumeva obezbeđivanje optimalnih akutnih trenajnih efekata sa ciljem ostvarivanja maksimalnih performansi u funkcionalnom smislu za zadatke koji uključuju režim ciklusa izduženje-skraćenje mišića (*eng. stretch shortening cycle - SSC*) i određuje se preko odgovarajućih biomehaničkih varijabli.

## ***1.2. Optimizacija intenziteta u odnosu na neuromehaničke karakteristike***

Motoričke aktivnosti obuhvataju različite vrste pokreta koji zahtevaju generisanje određenih mišićnih sila, brzina i njihovog trajanja. Tokom izvođenja pokreta/kretanja generisanje sile i snage mišića ostvaruje se dejstvom različitih fizioloških sistema a najznačajniji su mišićni i nervni. Da bi se preciznije definisao optimalni intenzitet potrebno je razmatrati zakonitosti:

- mehaničkih karakteristika mišića (zavisnosti: sila-dužina, sila-brzina, snaga-brzina, sila-vreme),
- neuralnih karakteristika mišića (intra i intermišićna koordinacija),
- karakteristika refleksa (spinalnog refleksa istezanja),
- ciklus izduženja-skraćenja (SSC) mišića.



### 1.2.1. Mehaničke karakteristike mišića

#### Zavisnost sile od dužine mišića

Intenzitet generisane sile u uslovima naprezanja mišića pri kome ne dolazi do približavanja mišićnih pripoja (izometrijski režim naprezanja muskulature), proporcionalan je površini fiziološkog preseka aktivnog mišića. Ova zavisnost ukazuje na činjenicu da povećanje površine preseka mišića utiče na povećanje sile kojom mišić deluje na svojim pripojima, prvenstveno zahvaljujući povećanom broju miofilamenata – proteinskih niti aktina i miozina. Veličina ispoljene mišićne sile varira kod istog mišića u zavisnosti od njegove dužine, što se definiše kao mišićna relacija sila-dužina (Ilić i Mrdaković 2009). Ova relacija je grafički predstavljena na slici 1. Maksimalna mišićna sila se sastoji od aktivne sile (aktivna komponenta) i pasivne sile (pasivna komponenta).



**Slika 1.** Relacija sila-dužina mišića, (preuzeto i modifikovano sa <http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/BM03/BMmaterial/Muscle.htm>)

Sa Slike 1 se može videti da je aktivna sila pri istom stepenu aktivacije najveća oko srednje dužine mišića što se objašnjava optimalnom interakcijom aktinskih i miozinskih filamenata, kojoj se pripisuje aktivna komponenta mišićne sile. Veća ili manja dužina mišića od srednje fiziološke utiče na smanjenje nivoa mišićne sile. Kod promene dužine mišića za otprilike 1/3 od srednje, mišić nije u stanju da proizvodi silu što je posledica nemogućnosti interakcije miofilamenata. Prema Latashu (2008) pri

malim dužinama sarkomera, poprečni mostići nisu u stanju da razviju silu zbog nedostatka prostora za interakciju aktina i miozina, dok pri velikim dužinama samo mali broj poprečnih mostića može generisati silu.

Iz svega navedenog može se predložiti da se sportske tehnike adaptiraju prema relaciji sila-dužina. Za zadatke u kojima su zahtevi za savladavanjem spoljnog opterećenja primarni, potrebno je ostvariti početne uslove u kojima mišić može maksimalno da ispolji svoju aktivnu komponentu. Ako je potrebno održati velika spoljna opterećenja, segmenti bi trebalo da budu u krajnjim položajima amplitude sa maksimalno izduženom muskulaturom pri kojima pored aktivne utiče i pasivna komponenta mišićne sile (Ilić i Mrdaković 2009).

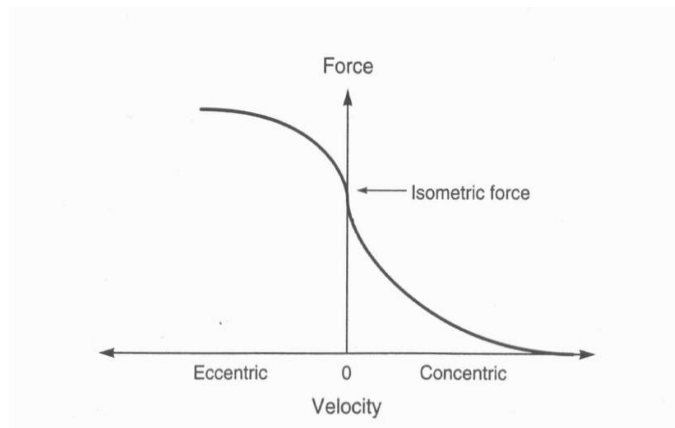
### **Zavisnost sile mišića od brzine njegovog skraćanja**

Druga najčešće ispitivana mišićna zavisnost je sila-brzina (ispituje se pri brzim pokretima kada mišići izvode kontrakcije sa različitim nivoima opterećenja, dok se maksimalna brzina skraćanja mišića meri). Grafički prikaz krive ima paraboličan oblik i može se aproksimirati Hilovom jednačinom:

$$\mathbf{F} = (\mathbf{F}_0 \times \mathbf{b} - \mathbf{a} \times \mathbf{V}) / (\mathbf{V} + \mathbf{b})$$

Gde je:  $F$  – mišićna sila,  $F_0$  – sila pri nultoj brzini (izometrijski uslovi),  $V$  – maksimalna brzina skraćanja mišića (na grafikonu je negativna za ekscentričnu kontrakciju),  $a$  i  $b$  su specifične konstante za dati mišić.

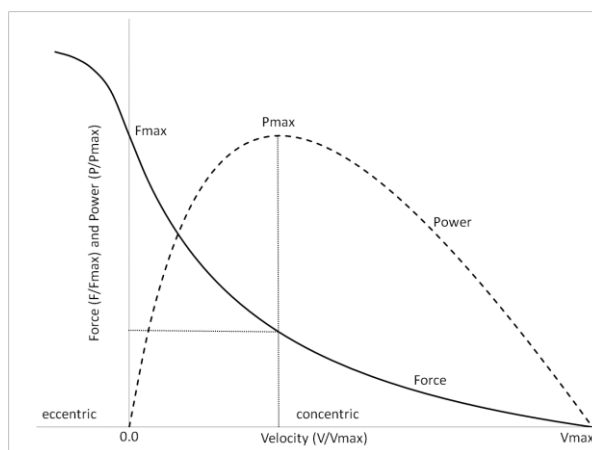
Prema Hilovoj jednačini mišići proizvode veće sile pri ekscentričnoj nego koncentričnoj kontrakciji (Slika 2). Tokom ekscentričnih mišićnih kontrakcija dolazi do naglog povećanja ispoljene mišićne sile. Ovaj režim mišićnog naprezanja muskulature se naziva pliometrijskim. Aktivna, pasivna i viskozna komponenta deluju u istom smeru i smatra se da je to jedan od osnovnih razloga postizanja mnogo veće vrednosti generisane mišićne sile (u nekim slučajevima je dobijena i dvostruka vrednost od maksimalne mišićne sile generisane u izometrijskim uslovima rada), snage tokom ekscentrične faze odskoka u odnosu na sile koje isti mišići manifestuju tokom koncentrične faze odskoka.



**Slika 2.** Zavisnost sile mišića od brzine njegovog skraćanja, preuzeto (Zatsiorsky 1995; Zatsiorsky i Kraemer 2009).

### Zavisnost snage mišića od brzine kontrakcije

Iz relacije sila-brzina mogu se direktno dobiti podaci o snazi mišića. Kako je  $P$  (snaga) =  $F$  (sila)  $\times$   $V$  (brzina) vidi se da je veličina mišićne snage direktno određena veličinom mišićne sile i brzine skraćanja ili izduženja mišića, tj. može se zaključiti da za svaku brzinu skraćanja mišića može da se izračuna njegova snaga kao proizvod brzine i sile koja se pri njoj realizuje (Slika 3).



**Slika 3.** Povezanost sile, brzine i snage mišića (Faulkner i sar. 1986).

**Legenda slike 3:** *Force* – mišićna sila; *Power* – mišićna snaga;  $V_{max}$ ,  $P_{max}$  i  $F_{max}$  su maksimalna brzina pokreta, mišićna snaga i izometrijska sila.

Na osnovu prikazane relacije snaga-brzina može se zaključiti da mišić proizvodi najveću snagu približno pri 1/3 od maksimalne brzine njegovog skraćenja, dok prema manjim i većim brzinama snaga mišića opada. Na izolovanim mišićima maksimalna vrednost snage je dobijena pri opterećenju 35-40% od maksimalne sile i 35-40% od maksimalne brzine skraćenja mišića (Hill 1938). U izometrijskom režimu rada mišića i pri maksimalnoj brzini skraćenja snaga je jednaka 0, jer je u prvom slučaju brzina, a u drugom sila jednaka 0. Mišići mogu da deluju velikim silama u izometrijskom režimu i pri sporim pokretima. Sa povećanjem brzine pokreta sila mišića opada a snaga raste, tj. maksimalna sila i snaga ne razvijaju se pri istim brzinama skraćenja mišića, odnosno režimima mišićne kontrakcije (Jarić 1997).

### **Zavisnost sile mišića od vremena trajanja naprezanja**

Čovek neposredno može da upravlja aktivnom komponentom mišićne sile. Mišićna sila se razvija od trenutka započinjanja kontrakcije do trenutka dostizanja maksimalne mišićne sile. U većini pokreta nivo mišićne aktivacije varira. Mišić nije sposoban da svoju silu u istom trenutku prilagodi promenjenom stepenu aktivacije kada se od ispitanika traži da za najkraće vreme razvije maksimalnu mišićnu silu (Jarić 1997). Ukupna sila aktivne komponente mišića zavisi od frekvencije aktivacije mišića, tj. sa povećanjem stepena aktivacije mišića raste sila njegove aktivne komponente (Ilić i Mrdaković 2009). Veličina mišićne grupe i lokacija mišića u odnosu na centralni nervni sistem (CNS) utiče na relaciju sila-vreme. Potrebno je od 0.2 do 0.3 s za postizanje maksimalne mišićne sile i to vreme je nešto duže za mišiće nogu nego ruku što pokazuje da vreme propagacije impulsa zavisi od udaljenosti mišića od CNS.

Mehanička osobina mišića prema kojoj sila zavisi od vremena proteklog od trenutka promene njegove aktivacije kraće se naziva relacijom sila-vreme. Najbitniji pokazatelj ove relacije jeste brzina razvoja sile (eksplozivna mišićna sila) ili gradijent prirasta sile – (*eng. rate of force development – RFD*). Smatra se da je *RFD* pokazatelj brzine ispoljavanja sile u jedinici vremena i da je povezan sa frekvencijom pražnjenja regrutovanih motornih jedinica, promenama u karakteristikama regrutovanja ili njihovom kombinacijom (Gruber i Gollhofer, 2004). Drugi faktori od uticaja na *RFD* (sila-vreme relaciju) su: tip mišićnih vlakana, poprečni presek mišića (Bellumori i sar.

2011), maksimalna mišićna sila, viskozno-elastična svojstva mišićno-tetivnog kompleksa i mišićni alfa-motoneuroni (Andersen i Aagaard 2006; Holtermann i sar. 2007). Eksplozivna mišićna sila je jedan od najvažnijih fizioloških parametara za uspešnost u mnogim sportovima i za aktivnu stabilizaciju zglobova (Gruber i Gollhofer, 2004). Veličina ispoljene mišićne sile u jedinici vremena se može koristiti kao pokazatelj da li se na primer skokovi izvode optimalnim intenzitetom. Danas većina sportova zahteva da brzina kretanja čovekovog tela bude što veća i ona se postiže upravo brzinom realizovanja mišićne sile koja preko koštano-zglobnih sistema pokreće čoveka motoričkom sposobnošću koja se zove mišićna snaga (Stanković 2014).

### **1.2.2. Neuralne karakteristike mišića**

Značajan doprinos u objašnjavanju koordinacije ljudskih pokreta daju Geljfanda i sar. (1962) sa tzv. “matričnim” načinom upravljanja. Prema ovoj koncepciji, više strukture mozga šalju prema nižim spinalnim delovima ne konkretne (detaljne) komande mišićima, već signale koji stavljaju u pogon tzv. “matrice upravljanja”, koje predstavljaju ranije izrađene “motoričke algoritme”, koji su lokalizovani u segmentarnim aparatima kičmene moždine. Kontrolisanje određenih mišića od strane CNS-a se vrši u najvećoj meri intra i intermuskularnom koordinacijom.

#### **Intramuskularna koordinacija**

Nervni sistem koristi tri opcije za variranje u generisanju mišićne sile: uključivanjem i isključivanjem motornih jedinica; promenom aktiviranja motornih jedinica; većom ili manjom sinhronizovanom aktivacijom motornih jedinica (Zatsiorsky 1995). Mišićna sila zavisi od broja aktivnih motornih jedinica (motorne jedinice se uključuju prema tzv. principu „veličine“) i frekvencije eferentnih impulsa svake od njih – motornog pražnjenja (Ilić i Mrdaković 2009). Prvo se uključuju mali motoneuroni sa niskim pragom pražnjenja, dok se veliki sa visokim pragom pražnjenja (imaju veće i brže kontrakcije) uključuju kasnije (Zatsiorsky 1995), kada se poveća potreba za generisanjem mišićne sile. Povećanjem intenziteta opterećenja na treningu, dominantno se aktivira centralni i periferni nervni sistem:

- povećava se brzina protoka nervnih impulsa i broj aktiviranih motornih jedinica,
- javlja se optimalan stepen aktivacije da se proizvede tetanus u svim motornim vlaknima (ako svaki sledeći nervni impuls zatiče mišić u fazi kontrakcije koja prosečno traje oko 0.04 s)
- motorne jedinice rade sinhronizovano tokom kratkog perioda maksimalnih napora.

Može se zaključiti da je za ostvarivanje maksimalnih performansi (visina, dužina skoka, generisana snaga tokom odskoka itd.) potrebno uključivanje motornih jedinica koje imaju visok prag aktivacije.

## **Intermuskularna koordinacija**

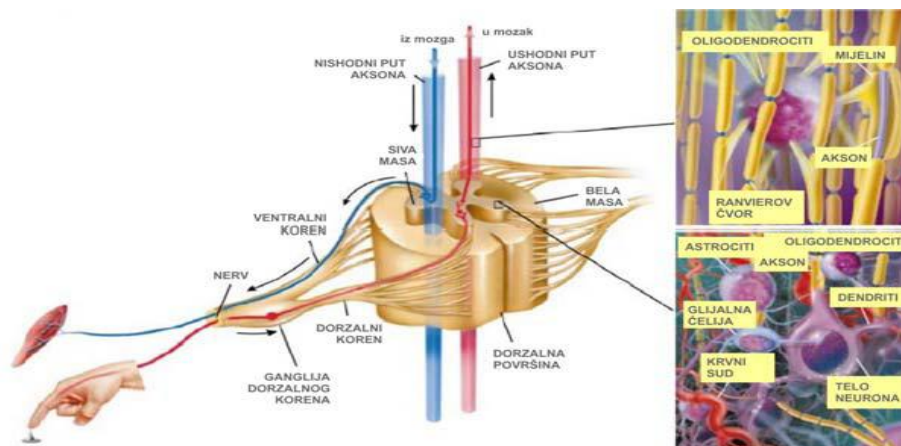
Svako trenažno sredstvo zahteva složenu koordinaciju određenog broja mišićnih grupa. Zato treba u većoj meri trenirati ceo pokret, nego pojedine mišićne grupe. Vežbe u kojima se trenira samo jedna mišićna grupa, gde se pokret odvija u jednom zglobu treba koristiti kao dodatne vežbe glavnom programu treninga (Stefanović, Jakovljević 2004). Ponavljanje određenog pokreta (vežbe) duži vremenski period (nekoliko godina) što je često kod vrhunskih sportista (npr skakača/čica udalj ili troskoka) dovodi do modifikacije interakcije između mišića (poboljšanja intermuskularne koordinacije), što omogućava poboljšanje određenih performansi (Sale 1992).

### 1.2.3. Refleksi i kontrola pokreta

Imenica refleks znači odblesak prema Vujakliji (1972). Mišićni refleks je mišićna kontrakcija indukovana od spoljašnjeg stimulusa. Mnoge akcije su indukovane od spoljašnjeg stimulusa, ali se ne smatraju refleksima! Primer: Kada vozač vidi crveno svetlo i pritisne kočnicu da li je to refleks? Ako je vozač pritisnuo kočnicu automatski bez prethodnog razmišljanja smatraće se refleksom, koji se prema Latashu (2008) definiše kao mišićna kontrakcija indukovana od spoljašnjeg stimulusa bez razmišljanja, bez uključivanja viših struktura CNSa.

#### Refleksni luk

Refleksni luk je osnovna funkcionalna jedinica nervnog sistema. Njegove osnovne komponente su receptor (detektor i konvertor nadražaja u nervni električni signal), aferentni neuron (prenosi signal do centralnog nervnog sistema), integrativni centar (lokalizovan u centralnom nervnom sistemu gde se ostvaruje veza aferentnog sa eferentnim neuronom), eferentni neuron (nosi odgovor na početnu draž) i efektorni organ (npr. mišić, Slika 4). Ovakav jednostavan refleksni luk je redak i sreće se kod miotatičkog refleksa. Motorne neurone za refleksnu kontrolu skeletnih mišića nalaze se u sivoj masi kičmene moždine – prednji korenovi sadrže eferentne motorne neurone, zadnji aferentne motorne neurone (Ostojić 2006).



Slika 4. Prednji i zadnji korenovi kičmene moždine.



Refleksi koji sadrže samo jednu sinapsu se nazivaju monosinaptičkim (sinapsa se nalazi između aferentnog vlakna i  $\alpha$  motoneurona), koji imaju dve oligosinaptički, koji imaju više polisinaptički refleksi.

Od trenutka spoljašnjeg stimulusa do reakcije prođe određeni vremenski period u zavisnosti od vrste refleksa koji se zove vreme kašnjenja. Ono se sastoji od: vremena aferentnog provođenja ( $T_a$ ), centralnog kašnjenja ( $T_c$ ) i vremena eferentnog provođenja ( $T_e$ ). Vreme provođenja zavisi od brzine propagacije i dužine vlakana. Centralno kašnjenje zavisi od broja sinapsi uključenih u procesuiranje aferentnih i eferentnih komandi. Monosinaptički refleksi imaju centralno kašnjenje od 0.5 ms. Povećanje centralnog kašnjenja je proporcionalno povećanju broja sinapsi (Latash 2008).

### **Spinalni (miotatički) refleks istezanja**

U svakoj fazi pokreta mišići mogu da se kontrahuju dinamičko-koncentrično, dinamičko-ekscentrično ili izometrijski. Potrebna koordinacija ostvaruje se od strane CNS-a i ona objašnjava niz osobina u radu nervno-mišićnog aparata. Naročitu pažnju zaslužuje činjenica da su maksimalne vrednosti mišićne sile izmerene kod ekscentričnih vežbi u proseku 1.2 – 1.6 puta veće nego kod koncentričnih i izometrijskih vežbi (Hill, 1927; Zatsiorsky, 1995). Razlozi veće efikasnosti pliometrijskih treninga se pored dejstva aktivne, pasivne i viskozne komponente u istom smeru objašnjavaju i dejstvom miotatičkog refleksa na proprioceptivne elemente, koji po principu povratne veze, stimulišu nadražaj nervno-mišićnog aparata.

Brzo istezanje mišića aktivira refleks mišićnog vretena koji šalje nervne impulse u mozak, nakon čega električni impulsi mozga pobuđuju mišić na kontrakciju, što se naziva refleksom istezanja ili miotatičkim refleksom. Vretenasti organi se takođe istegnu za neku relativnu dužinu pošto su mehanički paralelno vezani za mišić. Istezanje vretena nadražuje aferentna vlakna Ia, koja izazivaju povećano pražnjenje  $\alpha$  motoneurona, kontrolišući tako nivo sile u mišiću. Refleks na istezanje je jedan od najbržih refleksa u ljudskom telu zato što koristi samo jednu sinapsu, koja se nalazi između aksona Ia aferentnog vlakna i motornog neurona. Složeniji refleksi uključuju veći broj sinapsi i zato se javlja veće kašnjenje između nadražaja i odgovora (Ilić, Mrdaković 2009).

#### 1.2.4. Ciklus izduženja-skraćenja mišića

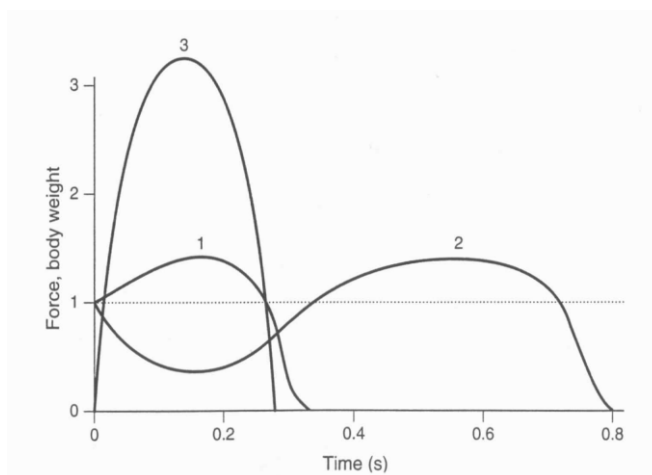
Hodanje, trčanje, neke vrste skokova i bacanja, spadaju u prirodne oblike kretanja pri kojima sila gravitacije povećava dužine mišićno-tetivnih kompleksa muskulature nogu tokom ekscentrične faze, nakon čega sledi koncentrična faza i njihovo skraćenje. Smena ekscentričnih i koncentričnih kontrakcija se naziva ciklusom izduženja-skraćenja mišića (*SSC*) (Cavagna 1977; Norman, Komi 1979).

Istraživanja vezana za energiju elastične deformacije mišića se prvi put pojavljuju u radu Mareya i Demenija (1885) gde je zapaženo da se visina skoka povećava ako se tokom odskoka izvodi ekscentrično-koncentrična kontrakcija u odnosu na skokove gde je tokom odskoka prisutna samo koncentrična faza. Šezdesetih godina prošlog veka se u radu Kavanje i sar. (1965), Zaciorskog i Verhošanskog intenzivno istražuje uticaj pliometrijskog metoda treninga na sportski rezultat. Sličnom problematikom su se bavili (Asmussen, Bonde-Petersen 1974; Komi, Bosco 1978; Bosco i sar. 1982; Adams i sar. 1992; Holcomb i sar. 1996; Pottegiar i sar. 1999; Komi 2000).

Osnovna fiziološka karakteristika svih pliometrijskih trenažnih sredstava je *SSC* mišića (Fatouros i sar. 2000; Matavulj, Kukulj, Ugarkovic, Tihany i Jaric 2001; Luebbers i sar. 2003; Potach, Katsavelis, Karst, Latin i Stergiou 2009, Taube, Leukel, Lauber, Gollhofer 2011). U sportu zbog najveće zastupljenosti takmičarskih aktivnosti i vežbi ekscentrično-koncentričnog karaktera, koje se izvode za veoma kratko vreme, proučavanje *SSC* mišića je od posebnog interesa. Obično se taj ciklus razmatra kao “*efekat povratnog (kontrastnog) mišićnog rada*” (*eng. reversible muscle action*). Tako na primer, ako se mišić skрати odmah posle istezanja, ispoljavanje eksplozivne sile se povećava i uporedo sa tim troši manje metaboličke energije (Zatsiorsky 1995). Ovo se dešava zahvaljujući činjenici što se kinetička energija padajućeg tela pri prizemljenju delimično pretvara u potencijalnu energiju mišića nogu, koje rade kao opruge. Ukoliko je jači pritisak, utoliko će moćnije biti opružanje. Prema Željaskovu (2004) više od polovine energije neophodne za naredni odskok se sačuva u “mišićima-oprugama” od prethodnog skoka. Na ovaj način pri seriji skokova jednom proizveden mehanički rad će se koristiti višekratno sa malim gubicima. Ova pojava je poznata kao *rekuperacija* i

zavisi od: elastičnosti tetivno-mišićnog kompleksa i kontrole njihove aktivnosti od strane CNS-a. Ukoliko stimuliramo mišić opterećenjem (određenom silom) povećaće se njegova dužina i akumulirati energija elastične deformacije mišića. Njen najveći deo će biti uskladišten i iskorišćen mišićnim tetivama (90% uskladištene energije se iskoristi u tetivama, Bennet i sar. 1986.), što će omogućiti ispoljavanje veće sile u koncentričnoj kontrakciji mišića. Neophodno je brzo prelaženje iz ekscentrične u koncentričnu kontrakciju kako bi se iskoristila energija elastične deformacije (Bosco i sar. 1982; Komi 2000; Kyrolainen i sar. 2005). Ako je prelaženje iz jedne u drugu kontrakciju vremenski predugo poprečni mostići aktina i miozina se rasklapaju i uskladištena energija se neće iskoristiti u koncentričnoj kontrakciji.

Pozitivni efekti primene ove vrste treninga su utvrđeni i kod Markovića (2007), gde je dobijeno da je poboljšanje obenožnog skoka uvis efikasnije ako su tokom treninga uključeni skokovi sa ekscentrično-koncentričnim režimom rada mišića nego samo koncentričnim. Wilson i sar. (1993, 1996) su mišljenja da su treninzi koji se izvode u SSC rada mišića efikasniji od treninga sa opterećenjem, elektrostimulacije (Malatesta i sar. 2003), vibracionog treninga (Cardinale i Bosco 2003) koji ne uključuju SSC mišića. Na Slici 5 se vidi da se najviša visina skoka postiže kada je tokom odskoka omogućeno u većoj meri ispoljavanje efekta SSC.



**Slika 5.** Sila reakcije podloge kod atletičara koji se takmiče u disciplini troskok, tokom odskoka kod izvođenja tri vrste skoka (Verchoshansky 1977).

**Legenda slike 5:** 1) skok iz polučučnja iz mesta (*eng. squat jump – SJ*) visina skoka je 0.67 m, 2) skok u kome ekscentrično-koncentrična kontrakcija mišića nogu prethodi odskoku – obenožni skok iz mesta uvis (*eng. countermovement jump – CMJ*) visina skoka je 0.74 m, 3) skok iz saskoka sa 0.40 m pri doskoku se pravi počučanj male amplitude nakon čega sledi odskok – skok iz saskoka (*eng. drop jump – DJ*) u navedenom istraživanju visina skoka je 0.81 m.

### ***1.3. Uloga i opravdanost primene optimalnog intenziteta***

U skladu sa operacionom definicijom u daljem tekstu ovog podpoglavlja će se obrazložiti zašto je važna primena optimalnog intenziteta opterećenja.

Prema cilju (treninga, testiranja, rehabilitacije) optimalni intenzitet se značajno može razlikovati. Kada je u pitanju testiranje, najčešće se koristi maksimalni intenzitet za procenu neke sposobnosti (maksimalna dužina, visina skoka, brzina na nekoj distanci, *1 RM*) iako takođe, postoje protokoli koji zahtevaju primenu submaksimalnog intenziteta, koji je u nekim slučajevima daleko prihvatljiviji (smanjuje se rizik od povreda, u toku procesa rehabilitacije).

Dosadašnja evolucija odgovarajućih funkcija ljudskog organizma definisala je uslove za najefikasnije izvođenje odgovarajućeg zadatka: kod obenožnog skoka iz mesta uvis (*eng. countermovement jump – CMJ*) istraživanja pokazuju da je mišićni sistem dizajniran da proizvodi maksimalnu snagu kada je opterećen samo sopstvenom težinom i inercijom tela bez obzira na utreniranost ispitanika, tzv. hipoteza maksimalnog dinamičkog izlaza – *eng. maximal dynamic output MDO* (Jarić i Marković 2009).

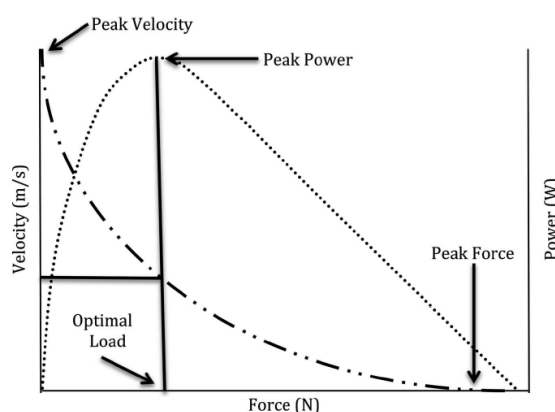
U istraživanju Jankovića (2009) je utvrđeno da realizovanje odskoka kod skoka udalj iz različitih dužina zaleta zahteva optimizovanje ispitivanih zavisnih varijabli odskoka kako bi se postigla maksimalna dužina skoka, dok se za intenzitet zagrebanja prema Matiću (2009) postavlja pitanje da li je njegova funkcija realizovanje optimalne dužine skoka ili stvaranje uslova za kvalitetan odskok? Precizno definisanje optimalnog intenziteta nije bitno samo zbog teorijskih (Cormie i sar. 2011a) nego i praktičnih aspekata (Cormie i sar. 2011b), tj. da bi se postigla veća efikasnost trenažnih i rehabilitacionih procesa (Cronin i Sleivert 2005).

Određeni procenat adaptacije (poboljšanja motoričkih sposobnosti) je moguće ostvariti primenom odgovarajućih trenažnih sredstava, preciznim doziranjem njihovog intenziteta i obima. Promena određenih biomehaničkih i fizioloških varijabli utiče na ispoljavanje motornih sposobnosti što u određenoj meri zavisi i od individualnih karakteristika (hereditarni faktori, uzrast, pol i dr.). U zavisnosti od željenog cilja preporučuje se odgovarajući intenzitet treninga, na primer: trčanjem na 80% od

maksimalne potrošnje kiseonika ( $VO_{2max}$ ) se poboljšava izdržljivost, 50 do 60% od  $VO_{2max}$  će biti najefikasnije za redukciju masnog tkiva. Primenom intenziteta 75% od  $1RM$  se najviše utiče na mišićnu hipertrofiju. Ako je cilj poboljšanje maksimalne brzine trčanja najveći efekti će biti izvođenjem trenažnih sredstava pri brzini od 98 do 100% maksimalne brzine.

Optimalan intenzitet je neophodan za valjan postupak procene odgovarajućih sposobnosti u različitim zadacima. Takođe je bitno stvoriti uslove testiranja koji će omogućiti da se svi ispitanici testiraju na željenom (maksimalnom ili submaksimalnom) intenzitetu, pa sa tim u vezi validno određivanje veličine opterećenja u standardnim motoričkim zadacima (trčanja, skakanja, bacanja) zahteva individualizaciju. Kod *SJ*, *CMJ* sa i bez zamaha ruku, dobijene su statistički značajno različite vrednosti opterećenja kao optimalne (Vuk i sar. 2012). Kod skoka iz saskoka su takođe dobijene različite optimalne visine saskoka (*eng. optimal drop height –  $DH_{opt}$* ) u zavisnosti od uzrasta (Lazaridis i sar. 2010), pola (Komi i Bosco 1978), tehnike (Bobbert i sar. 1986), instrukcije (Young i sar. 1995). Sa tim u vezi neophodno je primenjivati što preciznije procedure za njegovo utvrđivanje.

U sportskoj praksi se predlaže sprovođenje treninga koji omogućavaju ostvarivanje maksimalnih akutnih efekata u cilju povećanja efikasnosti trenažnih ili rehabilitacionih procedura i maksimizacije adaptacionih kapaciteta.



**Slika 6.** Optimalni intenzitet (preuzeto od Newton i Kraemer 1994).

Trening sa optimalnim opterećenjem koji maksimizuje mehaničku snagu se preporučuje (Baker i Nance 1999; Baker i sar. 2001; McBride i sar. 2002) i smatra superiornim u odnosu na klasičan trening opterećenja bez precizno određenog

intenziteta. Wilson i sar. (1993) su ispitivali efekte tri trenažna modaliteta (velikih trenažnih opterećenja sa tegovima, *DJ*, *SJ* sa opterećenjem pri kome se postiže maksimalna snaga) na testove 30 m sprint, skok udalj iz mesta, *CMJ*. Najveće poboljšanje rezultata u korišćenoj bateriji testova je kod grupe koja je radila trening optimalnog intenziteta (tokom *SJ* se generiše maksimalna mišićna snaga). Slične rezultate su dobili i Kaneko i sar. (1983) da treninzi pri kojima se realizuje maksimalna snaga mnogo efikasnije utiču na njeno poboljšanje nego druge vrste treninga, npr. pri kojima se razvija maksimalna mišićna sila.

U studijama Behm (1993) i Schmidbleicher (1992) nakon primene različitih treninga najveće poboljšanje je dobijeno u testovima snage i brzine kod grupe koja je trenirala sa velikim opterećenjima (tegovima) što je suprotno gorenavedenim rezultatima. Iz navedenih primera se vidi da je potrebno još longitudinalnih istraživanja kako bi se preciznije odredio efekat treninga sa optimalnim intenzitetom opterećenja.

Primena optimalnog intenziteta takođe utiče na smanjenje pojava akutnih ili hroničnih povreda koštano-zglobno-tetivnog sistema tokom treninga (Malfait i sar. 2014; Marković i Mikulić 2010). Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja uticaja visine saskoka (sa 0.20, 0.40, 0.60 m) na kinetičke i kinematičke varijable Bobbert i sar. (1987) su mišljenja da skok iz saskoka ne treba primenjivati sa 0.60 m, kako bi se smanjila mogućnost akutnih ili hroničnih povreda lokomotornog sistema.

#### 1.4. Optimalan intenzitet u različitim kretnim zadacima

U skokovima i drugim trenažnim sredstvima (potisak sa grudi, nabačaj, trzaj i dr.) optimalno opterećenje se često definiše kao procenat od *1 RM*. Ako je mišićna snaga kriterijum za definisanje optimalnog opterećenja, prema Edgertonu i sar. (1986) realizuje se pri različitom procentu od *1 RM* u zavisnosti od vrste angažovanih mišića (kod ekstenzora kolena pri 45%, fleksora kolena 59%, plantarnih fleksora 35%, plantarnih dorzifleksora 53%). Maksimalna vrednost snage kod skoka uvis iz polučučnja je pri većem procentu od *1 RM* kod jačih (oko 40%) nego slabijih (oko 10%) ispitanika (Cronin i Sleivert 2005). Isti autori smatraju da se optimalno opterećenje povećava sa mišićnom jačinom ispitanika. Korelacija maksimalne mišićne sile i generisane snage mišića se smanjuje u uslovima manjeg spoljašnjeg opterećenja (Cronin i sar. 2002). Prema Faulkneru (1986) maksimalna snaga se realizuje pri opterećenju 30% od maksimalne izometrijske sile a prema Harisu i sar. (2000) od 30-45% od *1 RM*. U velikom broju studija se optimalno opterećenje definiše u opsegu od 10 do 80% od *1 RM*.

**Tabela 1.** Optimalno opterećenje za generisanje maksimalne snage (Kawamora i Haff 2004).

Trenažno sredstvo	Optimalno opterećenje	Autori
Fleksija u zglobu lakta	30% od 1RM	Kaneko i sar. (1983)
Fleksija u zglobu lakta	Od 35 do 50 % od 1 RM	Moss i sar. (1997)
Potisak sa grudi	Od 40 do 50 % od 1 RM	Mayhew i sar. (1997)
Potisak sa grudi	Od 30 do 45 % od 1 RM	Izquierdo i sar. (2001, 2002)
Izbačaj sa grudi	55 % od 1 RM	Baker i sar. (2001)
Izbačaj sa grudi	Od 15 do 45 % od 1 RM	Newton i sar. (1997)
SJ i CMJ	10 % od 1 RM	Stone i sar. (2003)
SJ	Od 60 do 70 % od 1 RM	Izquierdo i sar. (2001, 2002)
SJ	Od 45 do 60 % od 1 RM	Izquierdo i sar. (2001, 2002)

### **1.5. Problem definisanja optimalnog intenziteta kod skoka iz saskoka**

Od 60-tih godina skok iz saskoka je veoma često korišćeno trenažno sredstvo u mnogim sportovima za:

- povećanje mišićne snage nogu (Bobbert 1990),
- jedan od najčešće korišćenih testova za određivanje skakačkih performansi (Malfait i sar. 2014),
- povećanje neuralne stimulacije mišića i korišćenje elastičnih svojstava mišićno-tetivnog kompleksa što utiče na povećanje generisane mišićne snage (Komi 1992),
- rehabilitaciju (Marković i Mikulić 2010).

Razlog česte primene skoka iz saskoka je utvrđena visoka validnost, pouzdanost i senzitivnost u istraživanjima (Bobbert 1990; Viitasalo i sar. 1998; Malfait i sar. 2014).

Iako je u više studija ispitivan uticaj visine saskoka na zavisne varijable kojima se definiše  $DH_{opt}$  (Komi i Bosco 1978, Bobbert i sar. 1987, Lees i Fahmi 1994, Viitasalo i sar. 1998, Bassa i sar. 2012, Pietraszewski i Rutkowska-Kucharska 2012) dobijeni rezultati su nekonzistentni. Opseg  $DH_{opt}$  je prema dosadašnjim istraživanjima u rasponu od 0.12 m (Lees i Fahmi 1994) do 0.80 m (Viitasalo i sar. 1998).

Dobijeni širok opseg je verovatno posledica faktora koji su na osnovu analizirane literature utvrđeni da značajno utiču na  $DH_{opt}$ . Faktori koji utiču na statistički značajne razlike  $DH_{opt}$  (pri kojoj je omogućeno ispoljavanje maksimalnih vrednosti – ciljanih varijabli) se mogu podeliti na **spoljašnje**: (visina saskoka, spoljašnje opterećenje, varijable kojima se definiše optimalni intenzitet, tehnika odskoka, tip instrukcije, pouzdanost metoda i **unutrašnje** (utreniranost deli se na nivo i tip utreniranosti, pol, uzrast). Navedeni faktori su u narednom poglavlju detaljnije analizirani.



## 2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

### 2.1. *Spoljašnji faktori koji utiču na optimalni intenzitet kod skoka iz saskoka*

#### 2.1.1. Visina saskoka

U velikom broju naučnih istraživanja (Komi i Bosco 1978; Bompá 1999; Sáez-Sáez de Villareal i sar. 2009; Makaruk i Sacewicz 2011 i dr.) smatra se da se povećanjem visine saskoka može značajno uticati na brojne mehaničke varijabe i performanse. Uticaj visine saskoka je sa neuro-fiziološkog aspekta objašnjavan u transverzalnim studijama (Komi, Gollhofer 1997; Leukel i sar. 2008a, 2008b). U navedenim istraživanjima je utvrđeno da visina sa koje se izvodi skok iz saskoka utiče na neuromišićnu adaptaciju i tehniku izvođenja skoka. U doktorskoj disertaciji Mrdakovića (2013) je utvrđeno da je visina saskoka ključni faktor koji određuje intenzitet odgovora u mišićnoj aktivaciji. Sa tim u vezi za fazu mišićne preaktivacije i prvog mišićnog odgovora (kratka latenca) nakon kontakta sa podlogom nije značajno da li će odskok biti submaksimalne ili maksimalne visine, ako postoji adekvatna visina saskoka. Mišićna aktivnost je u vremenskom periodu kratke latence (od 20 do 70 ms nakon doskoka) zavisna od visine saskoka, tj. mišićna aktivnost tokom kratke latence je niža tokom doskoka sa većih (0.70 m) nego manjih visina (0.30 m). Povećanje visine saskoka utiče na produžavanje trajanja amortizacione faze, smanjenje krutosti lokomotornog sistema i korišćenja benefita ciklusa izduženja-skraćenja mišića, postizanja niže visine skoka (Komi, Gollhofer 1997; Leukel i sar. 2008a, 2008b). Sa tim u vezi u ovom podpoglavlju sa teorijskog aspekta ispitaće se navedeni problem.

U istraživanju Walsh i sar. (2004) cilj je bio ispitati: 1) povezanost između trajanja kontakta sa podlogom tokom odskoka i generisane sile i snage, 2) povezanost visine saskoka i trajanja odskoka. Uzorak ispitanika su činili desetobojci ( $n = 15$ ) koji su izvodili skokove iz saskoka sa 0.20, 0.40, 0.60 m pri čemu su šake bile oslonjene na kukove kako bi se neutralisao uticaj zamaha ruku. Za svaku od visina saskoka je analizirano po pet skokova sa postepenim produžavanjem trajanja kontakta sa podlogom (grupa 1 najduži kontakt, grupa 5 najkraći).

**Tabela 2.** Promena brzine odskoka, maksimalne sile i trajanja kontakta kod različitih visina saskoka (Walsh i sar. 2004).

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
Takeoff velocity ( $m \cdot s^{-1}$ )					
20 cm	2.556 ± 0.2	2.506 ± 0.18	2.511 ± 0.17	2.297 <sup>1,2,3</sup> ± 0.22	2.086 <sup>1,2,3,4</sup> ± 0.29
40 cm	2.622 ± 0.26	2.533 ± 0.23	2.518 ± 0.23	2.338 <sup>1,2,3</sup> ± 0.21	2.14 <sup>1,2,3,4</sup> ± 0.29
60 cm	2.57 ± 0.2	2.512 ± 0.27	2.501 ± 0.22	2.318 <sup>1,2,3</sup> ± 0.24	2.161 <sup>1,2,3,4</sup> ± 0.28
Maximum force ( $N \cdot kg^{-1}$ )					
20 cm	58.749 ± 5.45	67.602 <sup>1</sup> ± 8.23	75.7811 <sup>1,2</sup> ± 7.1	79.471 <sup>1,2</sup> ± 8.32	82.382 <sup>1,2,3</sup> ± 8.6
40 cm	66.385 ± 5.57	81.96 <sup>1</sup> ± 5.95	88.202 <sup>1,2</sup> ± 9.12	93.623 <sup>1,2</sup> ± 13.73	97.079 <sup>1,2,3</sup> ± 12.53
60 cm	81.584 ± 14.36	94.398 <sup>1</sup> ± 11.07	101.552 <sup>1,2</sup> ± 12.6	105.884 <sup>1,2</sup> ± 11.92	108.942 <sup>1,2,3</sup> ± 17.39
Contact time (s)					
20 cm	0.21 ± 0.01	0.182 <sup>1</sup> ± 0.01	0.162 <sup>1,2</sup> ± 0.01	0.152 <sup>1,2,3</sup> ± 0.01	0.136 <sup>1,2,3,4</sup> ± 0.01
40 cm	0.218 ± 0.02	0.179 <sup>1</sup> ± 0.01	0.161 <sup>1,2</sup> ± 0.01	0.149 <sup>1,2,3</sup> ± 0.01	0.139 <sup>1,2,3,4</sup> ± 0.01
60 cm	0.222 ± 0.02	0.186 <sup>1</sup> ± 0.01	0.167 <sup>1,2</sup> ± 0.01	0.153 <sup>1,2,3</sup> ± 0.01	0.145 <sup>1,2,3,4</sup> ± 0.01

**Legenda Tabele 2:** eksponent <sup>1,2,3,4</sup> pokazuje statistički značajnu razliku između grupa ( $p < 0.05$ ).

Za sve visine saskoka maksimalna mišićna snaga se tokom propulzivne faze povećala sa smanjenjem trajanja kontakta i povećanjem visine saskoka do određene “granice” (grupa 3), daljim skraćanjem odskoka mišićna snaga se smanjivala. Grupa 3 pokazuje statistički značajnu razliku ( $p < 0.05$ ) u odnosu na ostale grupe za varijable maksimalna i prosečna snaga tokom propulzivne faze odskoka. U grupi 3, u skokovima sa visine od 0.40 m je generisana značajno veća snaga ( $p < 0.05$ ) u odnosu na ostale dve visine. Vrednosti izvršenog rada na nivou centra mase tokom propulzivne faze su najveće kod grupe jedan a najmanje kod grupe pet bez obzira na visinu saskoka.

Maksimalna mišićna snaga merena na nivou zgloba kolena je kod grupa 5 i 4 značajno manja u odnosu na ostale grupe, tj. snaga na nivou kolena je veća kod grupe 1 i 2 za sve visine saskoka. Kod skokova koji imaju vremenski relativno dug odskok (179 – 222 ms) doprinos snage na nivou kolena ukupnoj snazi je oko 45%. Kada je trajanje odskoka 160 – 167 ms doprinos je oko 37%, ako je 136 – 152 ms oko 28%. Maksimalni moment zgloba kolena je najveći kod svake grupe kod saskoka sa 0.60 m, bez obzira na vreme trajanja odskoka. Najmanji moment na nivou zgloba kolena je kod grupe 5 pri saskoku sa 0.20 m. Izvršeni mišićni rad na nivou kolena je bio najveći kod grupe 1 ( $p < 0.05$ ) a najmanji kod grupe 5 ( $p < 0.05$ ). Maksimalna mišićna snaga na nivou skočnog zgloba je kod grupe 3 i 4 bila značajno veća od ostalih grupa. Različite visine saskoka nisu uticale na značajnu razliku mišićne snage na nivou skočnog zgloba, ali je trajanje odskoka uticalo. Maksimalni moment skočnog zgloba je imao trend povećanja sa smanjenjem trajanja odskoka. Rad izvršen na nivou skočnog zgloba je značajno manji kod grupe 5 ( $p < 0.05$ ) u odnosu na ostale grupe za sve visine. Najveća vrednost je kod grupa 1, 2, 3, a visina saskoka nije značajno uticala na rezultat. Zaključak u studiji

Walsha i sar. (2004) je da trajanje kontakta sa podlogom tokom odskoka u većoj meri utiče na mehaničke varijable nego visina saskoka. Skokove sa relativno dužim vremenom trajanja odskoka treba koristiti u predtakmičarskom periodu, zbog većeg izvršenog rada na nivoima skočnog zgloba, kolena i kuka.

U istraživanju Viitasala i Bosca (1982) cilj je bio da se ispituju uticaji visine saskoka sa 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 i 1 m na visinu skoka kod populacije studenata. Nisu dobijene statistički značajne razlike visine skoka nakon saskoka sa 5 različitih visina. Slične rezultate su dobili i Viitasalo i sar. (1998) u ispitivanju uticaja dve visine saskoka sa 0.40 i 0.80 m na kinetičke, kinematičke i elektromiografske varijable vrhunskih troskokaša i studenata fizički aktivnih. Dobijeni rezultati su pokazali da kod obe grupe ispitanika visina skoka je identična nakon saskoka sa 0.40 i 0.80 m (troskokaši – 0.47 m, studenti – 0.35 m). Ukupno trajanje kontakta sa podlogom i kad se ono podeli na amortizacionu i propulzivnu fazu je bez značajnih razlika. Prosečna i maksimalna *GRF* tokom amortizacione faze je značajno povećana kod saskoka sa 0.80 m. Kod grupe studenata *GRF* je i značajno smanjena tokom propulzivne faze, što je verovatno posledica prevelikog opterećenja tokom saskoka. Veliki intenzitet uzrokuje smanjenje kontrole i povećanje amplitude pokreta na nivoima skočnog, kolenog i zgloba kuka, tj. pravljenje mekšeg doskoka i manjeg korišćenja efekta *SSC* mišića.

U rezultatima studije Mrdakovića (2013) dobijen je značajan uticaj visine saskoka na povećanje *GRF* kod 23 odbojkaša prve lige Republike Srbije. Ovaj mehanički efekat se vezuje za činjenicu da će se težište tela ispitanika kretati određenom brzinom u trenutku kontakta stopala sa podlogom nakon saskoka sa određene visine. Nakon uspostavljanja kontakta sa podlogom brzina težišta tela mora biti svedena na nultu vrednost kako bi mogla da usledi koncentrična faza odskoka. U skladu sa zakonitostima slobodnog pada, brzina težišta tela tokom faze leta se povećava u zavisnosti od visine saskoka. Na vremensko trajanje amortizacione faze pored visine saskoka utiče i primenjena tehnika odskoka. U analiziranoj literaturi su navedene dve tehnike odskoka kod skoka iz saskoka (Bobbert i sar. 1987), eng. *bounce drop jump* – *BDJ* i *countermovement drop jump* – *CDJ*. Produžavanje amortizacione faze utiče na smanjenje efekta povratnog režima mišićnog rada i gubljenje energije elastične deformacije koja je akumulirana u mišićno-tetivnom kompleksu. Pošto je nemoguće veliko produžavanje amortizacione faze, povećana brzina težišta tela u fazi leta, koja je

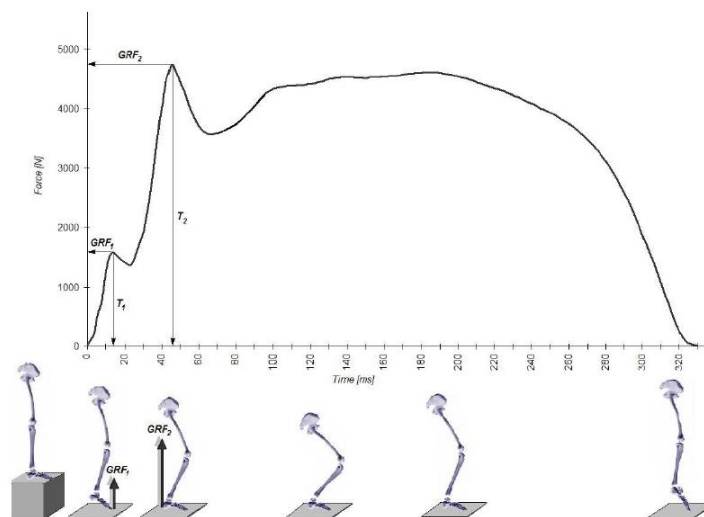
posledica povećanja visine saskoka utiče na vrednost ubrzanja tokom amortizacione faze i *GRF*, što je utvrđeno i u studiji (Bobberta i sar., 1987). Takođe kod viših visina saskoka na svim zglobovima postoji progresivno povećanje opterećenja izraženo preko ispoljenih momenata sile, ekstenzije u zglobovima donjih ekstremiteta i amplituda pomeraja. Na taj način se utiče da se amortizaciona faza započinje na većim visinama i produži njeno trajanje. Produžavanjem trajanja amortizacione faze omogućava se smanjenje ubrzanja centra mase, što može uticati na manje opterećenje ekstenzora nogu. Iako rezultati pokazuju da se povećanjem visine saskoka povećava *GRF*, ovakva strategija izvođenja odskoka je i zaštitni mehanizam za meka tkiva i izbegavanje mogućih povreda mišića ekstenzora. U skladu sa gorenavedenim može se zaključiti da se visine saskoka može koristiti za doziranje intenziteta opterećenja.

Da bi se preciznije odredio uticaj visine saskoka na mehaničke varijable i performanse za vežbu skok iz saskoka, neophodno je povećati broj visina saskoka na testiranjima. U nekim istraživanjima su primenjivane samo jedna (Lazaridis i sar. 2010) dve (Laffaye i Choukou 2009; Viitasalo i sar. 1998) ili tri visine saskoka (Walsh i sar. 2004; Taube i sar. 2011, Mrdaković 2013). Treba utvrditi najvalidnije i najpouzdanije varijable koje se koriste za određivanje intenziteta visine saskoka, npr. maksimalna visina skoka i snage mišića, reaktivni indeks izvođenja, što u istraživanjima (Viitasalo i sar. 1998; Walsh i sar. 2004) nije urađeno i može se smatrati metodološkim nedostatkom navedenih studija.

## 2.1.2. Spoljašnje opterećenje

Pored visine saskoka, drugi faktor kojim se može definisati intenzitet kao komponenta opterećenja je dodatno spoljašnje opterećenje sa kojim se izvode skokovi. Do sada je objavljen mali broj naučnih istraživanja koja se bave ovom tematikom kod skoka iz saskoka. Pregledom literature nađeno je da su navedeni problem ispitivali (McClay i sar. 1994; Jensen i Ebben 2007; Makaruk i Sacewicz 2011).

Makaruk i Sacewicz (2011) su ispitivali uticaj visine saskoka i promene mase tela (dodavanjem 5 i 10 % od telesne mase) na *GRF* i *RFD* tokom odskoka.



**Slika 6.** Promena sile reakcije podloge nakon saskoka sa visine 0.40 m i dodatim opterećenjem 5 % od mase tela (Makaruk i Sacewicz 2011).

**Legenda:** Force – sila, Time – vremenski period,  $GRF_1$  – prvi pik vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka, generiše se kontaktom prstima sa podlogom;  $GRF_2$  – drugi pik, generiše se kontaktom petama sa podlogom;  $E-RFD_1 = GRF_1 / T_1$  i  $E-RFD_2 = GRF_2 / T_2$  – brzina razvoja sile u ekscentričnoj fazi;  $T_1, T_2$  – vremenski period od trenutka uspostavljanja kontakta sa podlogom do pojave  $GRF_1$  i  $GRF_2$ .

Ispitanici su se profesionalno bavili atletskim skakačkim disciplinama ( $n = 9$ ) i izvodili su skok iz saskoka na tenzometrijsku platformu bez i sa opterećenjem sa visina 0.20, 0.40, 0.60 m. Pre izvođenja saskoka data je instrukcija da je cilj izvesti što viši skok sa što kraćim trajanjem odskoka. Utvrđeno je da sa povećanjem visine

saskoka vrednosti varijabli se značajno povećavaju ( $p < 0.01$ ), osim kod saskoka sa 0.40 i 0.60 m kada je dodato opterećenje 10 % od telesne mase ispitanika gde se  $GRF_2$  ne menja statistički značajno ( $p > 0.05$ ). Sa povećanjem opterećenja od 5 do 10 % telesne mase statistički se značajno smanjuju ( $p < 0.01$ ) vrednosti varijabli  $GRF_1$ ,  $GRF_2$ ,  $E-RFD_1$  nakon saskoka sa visine od 0.60 m u odnosu na vrednosti saskoka sa 0.20 i 0.40 m. Prilikom izvođenja saskoka bez dodatnog opterećenja sa 0.60 m navedene varijable imaju značajno veće vrednosti nego sa dodatih 10 % od mase tela, dok su inverzni rezultati pri visini saskoka od 0.20 m (detaljnije pogledati u Tabeli 3).

**Tabela 3.** Rezultati zavisnih varijabli kod skoka iz saskoka (Makaruk i Sacewicz 2011).

Parameter	Drop height	0% body mass	5% body mass	10% body mass
GRF1 (N)	0.2 m	765 ± 191	832 ± 142	892 ± 132
	0.4 m	1322 ± 202 <sup>§</sup>	1401 ± 137 <sup>§</sup>	1377 ± 233 <sup>§</sup>
	0.6 m	2203 ± 308 <sup>§,#</sup>	2410 ± 475 <sup>§,#</sup>	1846 ± 165 <sup>§,#,b</sup>
GRF2 (N)	0.2 m	3421 ± 624	3365 ± 832	3624 ± 614
	0.4 m	4416 ± 753 <sup>§</sup>	4429 ± 892 <sup>§</sup>	4631 ± 551 <sup>§</sup>
	0.6 m	4993 ± 991 <sup>§,#</sup>	5484 ± 603 <sup>§,#</sup>	4677 ± 657 <sup>§,b</sup>
E-RFD1 (N·ms <sup>-1</sup> )	0.2 m	39 ± 12	43 ± 12	56 ± 9 <sup>a</sup>
	0.4 m	94 ± 17 <sup>§</sup>	91 ± 15 <sup>§</sup>	90 ± 18 <sup>§</sup>
	0.6 m	146 ± 21 <sup>§,#</sup>	152 ± 24 <sup>§,#</sup>	116 ± 18 <sup>§,#,a,b</sup>
E-RFD2 (N·ms <sup>-1</sup> )	0.2 m	49 ± 11	46 ± 12	58 ± 16
	0.4 m	74 ± 13 <sup>§</sup>	72 ± 16 <sup>§</sup>	76 ± 14 <sup>§</sup>
	0.6 m	94 ± 15 <sup>§,#</sup>	93 ± 12 <sup>§,#</sup>	86 ± 17 <sup>§,#</sup>

**Legenda:** <sup>§</sup> - značajna razlika ( $p < 0.01$ ) u odnosu na vrednosti varijabli ostvarenih sa visine 0.20 m; <sup>#</sup> - značajna razlika ( $p < 0.01$ ) u odnosu na vrednosti varijabli ostvarenih sa visine 0.40 m; <sup>a</sup> - značajna razlika u odnosu na izvođenje bez dodatog opterećenja ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup> - značajna razlika ( $p < 0.05$ ) u odnosu na dodato opterećenje 5 % od mase tela.

Povećanjem visine saskoka od 0.20 m do 0.60 m značajno se povećava intenzitet kod skokova koji je u ranijim studijama (Jensen i Ebben 2007; Lin i sar. 2000) definisan varijablama  $GRF_1$ ,  $GRF_2$ ,  $E-RFD_1$ ,  $E-RFD_2$ . Dodavanjem spoljašnjeg opterećenja (npr. prsluk sa tegovima) intenzitet se povećava samo kod saskoka sa 0.20 m. Daljim povećanjem visine saskoka intenzitet se smanjuje i bitno se menja tehnika odskoka (amortizaciona faza se produžava, fleksija u skočnom zglobovima, kolenu i kuku se povećava). Promene varijabli (trajanje amortizacione faze, uglovi u zglobovima) u istraživanju Makaruka i Sacewicza (2011) nisu direktno merene, već se mogu indirektno zaključiti iz dobijenih rezultata varijabli  $GRF_1$ ,  $GRF_2$ ,  $E-RFD_1$ ,  $E-RFD_2$ . Sa tim u vezi povećanje visine saskoka na 0.60 m i mase tela za 10 % je uticalo prvenstveno na promenu tehnike odskoka a ne na povećanje intenziteta kod skoka iz

saskoka. Iako Walsh i sar. 2004 smatraju da se promenom trajanja kontakta sa podlogom u većoj meri utiče na mehaničke varijable, Makaruk i Sacewicz (2011) su mišljenja da je promena visine saskoka mnogo jednostavnija, preciznija i praktičnija za doziranje intenziteta. U navedenoj studiji je u odnosu na istraživanje Walsh i sar. 2004 urađen intra-klasni korelacioni koeficijent (*eng. Intraclass correlation coefficient – ICC*). Kod ispitivanih varijabli vrednosti *ICC* su od 0.91 do 0.96 što potvrđuje visoku pouzdanost zavisnih varijabli u navedenom istraživanju.

### 2.1.3. Varijable za određivanje optimalne visine saskoka

Optimalna visina saskoka je u analiziranim radovima najčešće određivana na osnovu postignute visine skoka (Bobbert i sar. 1987; Komi i Bosco 1978; Lees i Fahmi 1994; Voigt i sar. 1994), detalje pogledati u Tabeli 4. Nešto ređe se koristio reaktivni indeks izvođenja – eng. *reactive strength index* – *RSI* (Byrne i sar. 2010), količina kinetičke energije u amortizacionoj i ekstenzionoj fazi odskoka (Asmussen i Bonde-Petersen 1974), vremenski period trajanja odskoka (Komi 1992b), kontakt petama sa podlogom tokom odskoka (Schmidtbleicher 1992) i generisana relativizovana maksimalna mišićna snage tokom odskoka (Pietraszewski i Rutkowska-Kucharska 2011). U Tabeli 4 su prikazane zavisne varijable pomoću kojih je definisana  $DH_{opt}$ .

**Tabela 4.** Optimalna visina saskoka (opterećenje) u navedenim istraživanjima.

Autori	Uzorak (n - broj ispitanika)	Primenjene visine saskoka (m)	Optimalna visina saskoka (m)	Zavisna varijabla
Komi & Bosco 1978	Studentkinje (n = 25)	Od 0.20 do 0.80	0.48 ± 0.19	H
	Studenti (n = 16)	Od 0.26 do 0.83	0.63 ± 0.23	
	Odbojkaši (n = 16)		0.66 ± 0.16	
Viitasalo i sar. 1998	Skakači (n=7)	0.40, 0.80	0.40 = 0.80	H
	Kontrolna (n = 11)			
Viitasalo 1982	Odbojkaši	0.40	0.40	H
Lees i Fahmi 1994	Muškarci (n = 30)	0.12, 0.24, 0.36, 0.46, 0.58, 0.68	0.12	H
Voigt i sar. 1994	Skakači (n = 6)	0 (SIP i OSU), 0.30, 0.60, 0.90	0.30	H
Bobbert i sar. 1987	Studenti (n = 6)	0.20, 0.40, 0.60	=	H
Asmussen i Bonde-Petersen 1974	Muškarci	0 (SIP i OSU), 0.23, 0.40, 0.69	0.40	H i E pos
Decker & McCaw 2012	Studenti (n = 15)	0.40, 0.60, 0.80	0.60	Ukupan rad i snaga
Bassa i sar. 2012	Dečaci i devojčice (n = 60)	0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50	=	H
			0.39 ± 0.14 za	
Byrne i sar. 2010	Studenti (n = 22)	0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60	0.31 ± 0.12 za RSI	H i RSI
Pietraszewski Rutkowska-Kucharska 2011	Atletičari, odbojkaši, košarkaši, fudbaleri, plivači...	0, 0.15, 0.30, 0.45, 0.60	0.30	Snaga

**Legenda:** = – nema razlike u visini skoka kod primenjenih različitih visina saskoka, *H* – maksimalna visina skoka, *Snaga* – relativizovana maksimalna mišićna snaga tokom odskoka, *E pos* – energija tokom koncentrične faze odskoka.



Varijabla maksimalna mišićna snaga relativizovana u odnosu na telesnu masu (Pietraszewski i Rutkowska-Kucharska 2011) se retko koristila u dosadašnjim istraživanjima. U radu (Laffaye i Choukou 2010) mišićna snaga se smatra najprediktivnijom varijablom visine skoka, koja je najčešće korišćena varijabla za određivanje  $DH_{opt}$ . Iz navedene Tabele 4 se vidi da su dobijeni rezultati nekonzistentni, pa će u narednim poglavljima biti pokušano da se definišu mogući uzroci dobijenih razlika  $DH_{opt}$ .

#### 2.1.4. Tehnika skoka iz saskoka

Kod skoka iz saskoka u zavisnosti od vrednosti određenih biomehaničkih varijabli (koje definišu tehniku odskoka) značajno se može uticati na trenajne efekte, tj. u zavisnosti od cilja treninga treba primenjivati odgovarajuću tehniku odskoka.

U radu Bobberta i sar. (1986) su prema trajanju odskoka skokovi iz saskoka podeljeni u dve grupe: amortizujući skok u dubinu (*CDJ*) i reaktivni skok u dubinu (*BDJ*). Kod *CDJ* prilikom doskoka se pravi počučanj veće amplitude a trajanje odskoka je preko 260 ms. Karakteristika *BDJ* je da se pri doskoku pravi počučanj manje amplitude nakon čega sledi odskok, trajanje odskoka je oko 200 ms. Nešto drugačiju podelu je dao Schmidtbleicher (1992), skokovi koji se izvode u režimu *SSC* dele se na: kratki *SSC* - trajanje odskoka je kraće od 250 ms i dugi *SSC* - trajanje odskoka je duže od 250 ms.

#### Povezanost tehnika skoka iz saskoka sa skokom iz mesta uvis

Najčešći kriterijum na osnovu koga se tehnika skoka iz saskoka definiše kao *BDJ* ili *CDJ* skok je vremenski period trajanja odskoka za koji se smatra da bitno utiče na benefite *SSC* efekta, što se vidi iz prethodnog poglavlja. U ovom podpoglavlju se tumači na koje mehaničke varijable i performanse utiče tehnika odskoka skoka iz saskoka i da li postoji značajna relacija između određenih zavisnih varijabli određene tehnike (*BDJ* i *CDJ*) sa  $DH_{opt}$ .

Bobbert i sar. (1987) su ispitali uticaj tehnike izvođenja *CMJ* i skoka iz saskoka (pri čemu su *BDJ* i *CDJ* izvođeni sa visine 0.20 m) na sledeće zavisne varijable i utvrdili da:

- kada se posmatra spuštanje (najniža tačka) težišta tela tokom odskoka dobijeni su sledeći rezultati:  $BDJ < CDJ < CMJ$ ,
- kada se posmatraju ostvarene maksimalne visine skoka  $BDJ < CDJ < CMJ$ ,
- kada se posmatraju *GRF* tokom faze odskoka  $CMJ < CDJ < BDJ$ .

Značajno manje spuštanje težišta tela tokom odskoka kod *BDJ* u odnosu na *CDJ* i *CMJ* utiče na kraće trajanje faze odskoka i vremenskog perioda između postignute

maksimalne brzine težišta tela u amortizacionoj i početka ekstenzione faze. Ovakva tehnika odskoka omogućava u većoj meri korišćenje elastičnih svojstava mišićno-tetivnog kompleksa. Razlike u brzinama težišta tela i visine skoka kod ispitivanih vrsta skokova su male, ali statistički značajne između *BDJ* i druge dve vrste skoka. Značajna razlika u mišićnoj snazi je ostvarena prvenstveno na račun velikih razlika u vrednostima *GRF*. Na početku ekstenzione faze maksimalna vrednost *GRF* je skoro duplo veća kod *BDJ* skoka u odnosu na *CDJ* i *CMJ*. U istraživanju Bobberta (1990) su dobijeni slični rezultati varijabli tokom odskoka između *CDJ* i *CMJ* skoka i značajne razlike u odnosu na *BDJ*. Slične rezultate je dobio i Schmidtleicher (1990), tj. nisku korelaciju zavisnih varijabli između skokova izvođenih u uslovima tzv. sporog i brzog *SSC* mišića (*CDJ* skok pripada sporom a *BDJ* brzom *SSC* mišića).

Mišićna snaga i moment na nivou skočnog zgloba i kolena su značajno veći tokom odskoka kod *BDJ* u odnosu na ostale vrste skokova (Bobbert i sar. 1987). Sve dobijene razlike su na statističkom nivou značajnosti ( $p < 0.05$ ). Na osnovu ovih rezultata Bobbert (1990) smatra da *BDJ* može značajno poboljšati mišićnu silu i snagu, dok *CDJ* pomaže usavršavanju koordinacije.

### 2.1.5. Uticaj tipa instrukcije

Pregledom literature nađene su samo dve studije koje se bave ispitivanjem uticaja tipa instrukcije na tehniku izvođenja odskoka i visinu skoka kod vežbe skok iz saskoka i relativno su starije. Prva studija je Bobberta i sar. (1986), a nešto novija Younga i sar. (1995) koja je sveobuhvatnija i iz tog razloga je detaljnije analizirana.

Young i sar. (1995) su poredili tehniku odskoka i visinu skoka *CMJ* i skoka iz saskoka sa 0.30, 0.45 i 0.60 m izvođenih sa tri različita tipa instrukcije (kod populacije studenata fizički aktivnih  $n = 17$ ):

- 1) sa ciljem postizanja što veće visine skoka (*DJ-H*),
- 2) sa ciljem postizanja što veće visine i kraćeg trajanja odskoka (*DJ-H/t*),
- 3) sa ciljem ostvarivanja što kraćeg trajanja odskoka (*DJ-t*).

Kod skoka iz saskoka povećanje visine skoka se postiže porastom ili produženjem trajanja *GRF*, pri čemu se povećava impuls sile. Kod (*DJ-H/t*) trajanje odskoka je manje za 56-57% i visina skoka za 18-21% u odnosu na (*DJ-H*). Sa tim u vezi praćene zavisne varijable tokom izvođenja skoka iz saskoka (*DJ-t*) visoko koreliraju sa istim kod (*DJ-H/t*). Može se zaključiti da skok izveden pod ovakvom instrukcijom je prema vrednostima mehaničkih varijabli i performansi, veoma sličan *BDJ* skoku iz saskoka analiziranog u radu Bobberta i sar. (1986) a *DJ-H* je sličan *CDJ*. U nekim slučajevima (u zavisnosti od zadate instrukcije) tehnika odskoka kod skoka iz saskoka se fundamentalno ne razlikuje od tehnike kod *CMJ*. U korelacionoj matrici navedenog istraživanja je dobijena visoka povezanost visine skoka ( $r = 0.98$ ) između *CMJ* i (*DJ-H*) što je u skladu sa rezultatima Bobberta i sar. (1987) (razlika u maksimalnoj visini skoka je samo 3% ali ipak statistički značajna  $p < 0.05$ ). Pozicija tela tokom odskoka je takođe veoma slična, npr. minimalni ugao u zglobu kolena je kod oba skoka  $90^\circ$ ). Korelacija (*DJ-H*) sa (*DJ-H/t*) je mnogo niža ( $r = 0.37$ ) a sa (*DJ-t*) ( $r = -0.38$ ). Slični rezultati se dobijaju u korelacijama *CMJ* i (*DJ-H*) ( $r = 0.98$ ), *DJ-H* i *DJ-H/t* ( $r = 0.56$ ), *DJ-H* i *DJ-t* ( $r = -0.32$ ) nakon saskoka samo sa visine od 0.45 m. U navedenoj studiji se navodi da postoji veća korelacija bez obzira na datu instrukciju između skokova iz saskoka izvedenih sa visina od 0.30 i 0.45 m i 0.45 i 0.60 m nego

između 0.30 i 0.60 m. Young i sar. (1995) su zaključili da bez obzira na zadatu instrukciju sa povećanjem visine saskoka:

- visina skoka se smanjuje,
- trajanje odskoka se produžava,
- odnos visina skoka / trajanje odskoka (*RSI* indeks) se smanjuje.

Na neke zavisne varijable visina saskoka ima uticaja bez obzira na zadatu instrukciju, što pokazuje uticaj primenjene visine saskoka na određene mehaničke varijable i performanse, tj. tehniku odskoka. Trebalo bi precizno utvrditi koliko utiče visina saskoka a koliko zadata instrukcija na tehniku odskoka. Kod *DJ* i *CMJ* mehaničke varijable i performanse se ne razlikuju značajno, ako je cilj postizanje maksimalne visine skoka. U slučaju kada je što kraće trajanje odskoka cilj, dobijaju se značajne razlike između ove dve vrste skoka. Vrednosti mehaničkih varijabli i performansi treba da budu što sličnije kod primenjivanja specifičnih trenažnih sredstava i takmičenja. Ako ne postoji sličnost uslova u kojima se izvode trenažni i takmičarski skokovi, neće doći do specifičnih trenažnih efekata (Aura i Viitasalo 1989). Bez eksplicitne instrukcije za izvođenje skoka iz saskoka i merenja nekih bitnih varijabli (npr. vremenski period trajanja odskoka) odgovarajuća tehnika koja je u skladu sa ciljem treninga se verovatno neće izvoditi (Bobbert 1986). U budućim istraživanjima treba ispitati da li različite instrukcije tokom treninga utiču na statistički značajne trenažne efekte, tj. koju instrukciju je najefikasnije primenjivati u zavisnosti od cilja treninga.

### 2.1.6. Pouzdanost metoda za određivanje optimalne visine saskoka

U pregledu dosadašnje literature je utvrđeno da postoji velika varijabilnost u  $DH_{opt}$  (Pietraszewski and Rutkowska-Kucharska 2011; Viitasalo i sar. 1998; Lees i Fahmi 1994; Komi i Bosco 1978). Iz tog razloga je sa metodološkog aspekta bitno ispitati da li je korišćena metoda za određivanje  $DH_{opt}$  pouzdana.

Za određivanje  $DH_{opt}$  u svim analiziranim radovima koristio se metod *biranja* (eng. *picking method*). Kod ovog metoda ispitanici sa različitih visina izvode skokove iz saskoka. U nekim radovima se koriste samo dve (Viitasalo i sar. 1998) ili tri (Taube i sar. 2011) različite visine saskoka, tako da se može upoređivati samo razlika u zavisnim varijablama sa primenjenih visina. Što je veći broj primenjenih visina moguće je preciznije odrediti  $DH_{opt}$ . Visina saskoka sa koje se ostvari maksimalna vrednost zavisne varijable, na primer maksimalna visina skoka (Komi i Bosco 1978), maksimalna mišićna snaga tokom koncentrične faze (Pietraszewski and Rutkowska-Kucharska 2011), smatra se optimalnom. U studijama (Pietraszewski i Rutkowska-Kucharska 2011; Lazaridis i sar. 2013)  $DH_{opt}$  je računata kao prosečna vrednost grupe ili individualna vrednost ispitanika (Komi i Bosco 1978). U navedenim radovima nije proveravana pouzdanost korišćenog metoda, što predstavlja određeni metodološki nedostatak istraživanja koji treba uzeti u obzir prilikom tumačenja dobijenih rezultata.

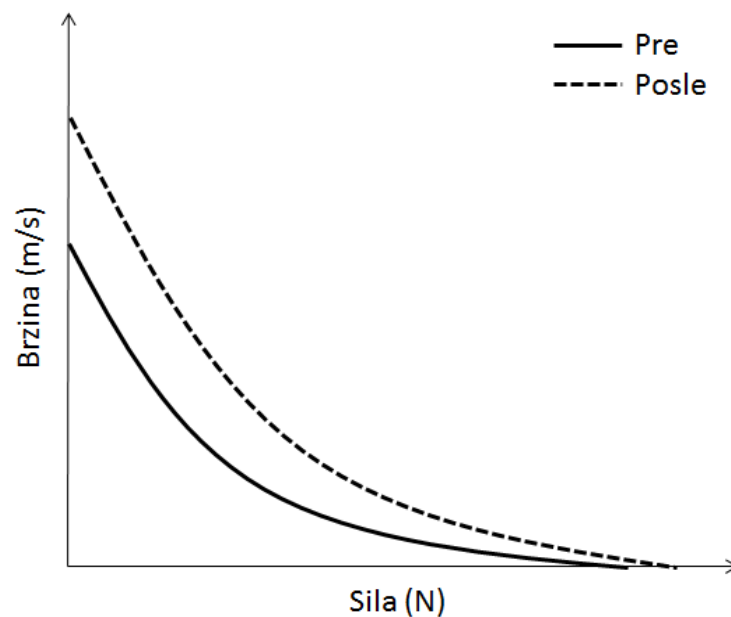
Metod *predviđanja* – regresioni (eng. *fitting method*) nije korišćen za određivanje  $DH_{opt}$  u dosadašnjim istraživanjima. Sa teorijsko-matematičkog gledišta metod predviđanja (optimalno opterećenje se određuje pomoću krive koja teži da prođe blizu svih tačaka) je pouzdaniji od metoda biranja. Osnovni razlog veće pouzdanosti ovog metoda je način na koji se određuje  $DH_{opt}$ . Time se neutrališu pojedinačne greške u merenju, što može uticati na preciznije određivanje  $DH_{opt}$  u odnosu na metod biranja. Prema dosadašnjim saznanjima ovakav metod se koristio u testiranju na bickl-ergometru, za određivanje optimalnog opterećenja. Pokazao se kao valjan, jer su za sve četiri grupe ispitanika (jaki, aktivni, neaktivni i brzi) dobijene vrednosti koeficijenta korelacije bile visoke (Pažin i sar. 2013). Iz tog razloga postoji očigledna potreba da se ispita pouzdanost regresionog metoda za određivanje  $DH_{opt}$ .

## 2.2. Unutrašnji faktori koji utiču na optimalni intenzitet kod skoka iz saskoka

### 2.2.1. Uticaj utreniranosti

Utreniranost se generalno može podeliti na tip i nivo utreniranosti. Prema Pažinu (2013) tip utreniranosti podrazumeva usmerenost treninga na razvoj jedne od dve važne sposobnosti za generisanje maksimalne snage mišića (jačine mišića, odnosno brzine skraćivanja mišića). Nivo utreniranosti podrazumeva visok ili nizak nivo fizičke aktivnosti, pri čemu fizička aktivnost ne mora da uključuje usmeren trening za razvoj (npr. sile, brzine ili neke druge motoričke sposobnosti).

Značajno različite vrednosti mišićne sile ili brzine kao posledice primene određenih tipova treninga, utiču na menjanje Hilove krive (Newton i Kraemer 1994; Moss i sar. 1997; McBride i sar. 2002) što se vidi na slici 7. Uzrok menjanja Hilove krive su promene električne aktivnosti (Hakkinen i Komi 1985a i b) i kontraktilnih karakteristika mišića (Duchateau i Hainaut 1984) kao posledica primenjivanja određenog tipa treninga.



**Slika 7.** Efekti SJ (eksplozivnih trenažnih opterećenja u trajanju od nekoliko nedelja) na relaciju sila-brzina pre i posle treninga (Kawamura i Haff 2004 prema McBride i sar. 2002).

## Nivo utreniranosti

Jačim ispitanicima je potrebno veće spoljašnje opterećenje u odnosu na slabije da postignu optimalnu brzinu pri kojoj će realizovati maksimalnu mišićnu snagu (Komi 1992b). Kada je visina saskoka veća od optimalne, tokom doskoka se uzrokuje prelaženje praga goldžijevog-tetivnog organa, smanjenje elektromiografske mišićne aktivnosti u vremenskom periodu od 50 do 100 *ms* pre kontakta stopala sa podlogom koje traje u narednih od 100 do 200 *ms* (Schmidtbleicher i sar. 1988). Takođe, smanjuje se mišićna sila, snaga i visina skoka. Ove pojave su Gollhofer (1987), Gollhofer i Kyrolainen (1991) objasnili kao posledice dejstva zaštitnog mehanizma (goldžijevog tetivnog organa) tokom velikih opterećenja, kako bi se sprečile povrede mišićno-tetivnog sistema.

U istraživanju Viitasala i sar. (1998) se ispitivao uticaj dve visine saskoka od 0.40 i 0.80 *m* na kinetičke, kinematičke i elektromiografske varijable vrhunskih troskokaša i studenata (rekreativno fizički aktivnih). Dobijeni rezultati su pokazali da postoji statistički značajna razlika u prosečnoj visini skoka (troskokaši su imali visinu skoka od 0.47 *m* nakon saskoka sa 0.40 i 0.80 *m* a studenti 0.35 *m*). Značajne razlike su i u trajanju kontakta sa podlogom tokom odskoka (kod troskokaša je amortizaciona i ekstenziona faza značajno kraća kod obe visine saskoka) između dve grupe ispitanika. Takođe su dobijene značajne razlike u amplitudi pokreta, kod studenata je veća fleksija zglobova kolena i kuka tokom amortizacione faze pri saskoku sa 0.80 *m*, kod saskoka sa 0.40 *m* nema razlika u amplitudama pokreta ispitivanih zglobova. Najveće prosečne razlike između grupa su dobijene na nivou zglobova kolena (16°). Razlike dve grupe ukazuju na veću sposobnost neuro-mišićnog sistema na velike brzine istezanja mišića tokom doskoka i silu reakcije podloge kod troskokaša u odnosu na studente. Drugo objašnjenje može biti da grupa studenata kod saskoka sa 0.80 *m* menja tehniku odskoka u odnosu na troskokaše (Viitasalo i sar. 1998), što potvrđuju dobijene značajne razlike zavisnih varijabli. Na dobijanje značajnih razlika su verovatno uticale “trenažna istorija ispitanika” i genetske predispozicije. Navedena studija je kompleksna u pogledu broja ispitivanih zavisnih varijabli (kinetičke, kinematičke i elektromiografske), ali nedostatak je mali broj primenjenih visina saskoka (samo dve). Da je u eksperimentu korišćen veći



broj visina saskoka moglo bi se odrediti koje su tzv. granične visine – pri kojima nastaju razlike u praćenim zavisnim varijablama troskokaša i studenata.

U navedenim istraživanjima Schmidtbleichera (1992), Viitasala i sar. (1998) nije ispitivana razlika u mišićnoj sili nogu utreniranih i neutreniranih (npr. rezultat u *1 RM* polučučnja). Kriterijumi na osnovu koga su ispitanici klasifikovani u grupu utreniranih je trenažni staž i sportski rezultat. Sa tim u vezi kod definisanja grupe/a utreniranih i neutreniranih trebalo bi utvrditi kako na vrednosti zavisnih ispitivanih varijabli utiče mišićna jačina. Iz pregledane literature nije pronađeno da li postoji statistički značajna korelacija rezultata u mišićnoj jačini (npr. rezultat *1 RM* u polučučnju, čučnju) i  $DH_{opt}$ . U preglednom radu Kawamore i Hafa (2004) se predlaže ispitivanje povezanosti nivoa maksimalne jačine i optimalnog opterećenja koje će omogućiti generisanje maksimalne snage. Navedena pretpostavka je verovatno tačna, obzirom da su Bobbert i Van Soest (1994) dobili visoku povezanost *SJ* sa mišićnom silom. U studiji Ugrinowitscha i sar. (2007) rezultat u *1 RM* na legpresu kod atletičara sa  $r = 0.93$ , bodibildera  $r = 0.89$ , fizički aktivnih  $r = 0.52$  korelira (za sve korelacije nivo značajnosti je  $p < 0.05$ ) sa *CMJ*.

### **Tip utreniranosti**

U istraživanju Pietraszewski i Rutkowska-Kucharska (2011) je ispitivana korelacija mišićne snage tokom odskoka i visine saskoka ispitanika studenata Fakulteta za fizičko vaspitanje koji su članovi različitih sportskih sekcija: odbojka, košarka, fudbal, skok uvis, mačevanje. Ispitanici su izvodili *CMJ* i skok iz saskoka sa visina od 0.15, 0.30, 0.45, 0.60 m. Kada je optimalno opterećenje računato (visina saskoka sa koje se postiže maksimalna mišićna snaga, relativizovana u odnosu na telesnu masu) zajedno za sve ispitanike dobijeno je da se ono realizuje sa visine od 0.30 m. Kada se računalo za svakoga individualno dobijene su vrednosti u opsegu od 0.15 do 0.60 m.

Rezultati ove studije ukazuju na neophodnost individualnog određivanja  $DH_{opt}$ . Nedostatak studije je neutvrđivanje nivoa utreniranosti ispitanika i da li postoji statistički značajna razlika (može se odrediti na osnovu rezultata *1 RM* u polučučnju, čučnju). Da je ispitivana razlika nivoa utreniranosti moglo bi se zaključiti, da li je dobijena razlika  $DH_{opt}$  posledica uticaja tipa ili nivoa utreniranosti.

Takođe, bitno je izvršiti periodična testiranja u toku makrociklusa, kako bi se pratile promene  $DH_{opt}$ , što može omogućiti poboljšanje efekta treninga i smanjenje mogućnosti povređivanja sportista (Pietraszewski i Rutkowska-Kucharska 2011).

### 2.2.2. Uticaj pola

Površina fiziološkog preseka i broj mišićnih vlakana, u proseku je veći kod muškaraca u odnosu na žene a procenat tipa mišićnih vlakana se statistički značajno ne razlikuje između polova istog uzrasta (Zatsiorsky i Kraemer 2009). Sa starenjem površina fiziološkog preseka mišića se smanjuje zbog sarkopenije (postepeno dolazi do izumiranja mišićnih vlakana) a značajne razlike između muškaraca i žena i dalje postoje u procentu relativizovane mišićne mase u odnosu na ukupnu telesnu masu (Borges i Esson-Gustavsson 1989 prema Nikoliću 2003). Navedene fiziološke razlike između polova su jedan od bitnih faktora koji utiče na relaciju sila-brzina muškaraca i žena (Komi i sar. 1977) a time i na  $DH_{opt}$ .

Komi i Bosco (1978) su ispitivali uticaj pola (studenata i studentkinja Fakulteta fizičkog vaspitanja) na tehniku izvođenja odskoka kod *SJ*, *CMJ*, skoka iz saskoka od 0.20 do 1 m sa ciljem postizanja maksimalne visine skoka. Skokovi su izvođeni na tenzometrijskoj platformi. Da bi se uporedile dobijene razlike negativne i pozitivne energije ostvarene tokom ekscentrične i koncentrične faze odskoka kod različitih skokova između muškaraca i žena računata je kinetička energija (za detalje pogledati formule 1, 2, 3 i 4 u radu Komi i Bosco 1978). Visina skoka devojaka je od 54 do 67% niža od visine skoka muškaraca. Kod muškaraca se visina skoka povećavala primenjivanjem visina saskoka od 0.26 do 0.62 m a kod devojaka od 0.20 do 0.50 m. Iz dobijenih rezultata se vidi da muškarcima imaju bolje performanse izvođenja u svim korišćenim testovima u odnosu na devojke.

Laffaye i Choukou (2010) su ispitivali uticaj pola i visine saskoka na performanse i tehniku odskoka. Uzorak je činilo 9 odbojkaša i 9 odbojkašica. Korišćene visine saskoka su od 0.30 i 0.60 m. Rađena je kinematička i kinetička analiza. U navedenom istraživanju značajan efekat pola se ispoljio kod varijable visina skoka i relativizovana (u odnosu na telesnu masu) mišićna snaga. Srednja vrednost visine skoka odbojkaša je  $0.47 \pm 0.08$  m, odbojkašica  $0.36 \pm 0.05$  m (značajna razlika na nivou  $p < 0.05$ ). Dobijenu razliku (visinu skoka) autori objašnjavaju generisanom značajno većom ( $p < 0.05$ ) relativizovanom prosečnom mišićnom snagom (odbojkaši  $56.9 \pm 26$  W / kg, odbojkašice  $42.4 \pm 19$  W / kg, tj. za 25.5% je veća kod odbojkaša) i kraćom

amortizacionom fazom odskoka za 43% kod odbojkaša. Generisana veća snaga i kraće trajanje amortizacione faze je verovatno uticalo i na korišćenje benefita *SSC* mišića i povećanje visine skoka (Laffaye i sar. 2005). Kod *GRF* pri doskoku sa 0.60 m je dobijen značajan uticaj visine saskoka, a kod varijable *RFD* dobijena je značajna interakcija visine saskoka i pola. U ovoj studiji se potvrdilo da je mišićna snaga najprediktivnija varijabla za visina skoka i da se značajno razlikuje kod muškaraca i žena. Slični rezultati su dobijeni i u studiji Aragona-Vargasa i Grossa (1997).

Na osnovu pregleda rezultata u studiji Laffaye i Choukou (2010) može se zaključiti da postoji statistički značajna razlika u visini saskoka sa koje se postiže maksimalna visina skoka i generisana mišićna snaga između žena i muškaraca. Nedostatak ove studije su primenjene samo dve visine saskoka od 0.30 m i 0.60 m. Da je korišćeno više visina saskoka kao kod Komia i Boscoa (1978), moglo bi se utvrditi pri kojim visinama saskoka dolazi do menjanja tehnike izvođenja odskoka kod odbojkašica. U studiji Komia i Boscoa (1978) je poređenje dobijenih rezultata muškaraca i devojaka rađeno samo na osnovu deskriptivne statistike i prikazivanje razlika u procentima (koliko je rezultat određene zavisne varijable veći ili manji kod muškaraca u odnosu na devojke). Nije ispitivana pouzdanost zavisnih varijabli što treba uzeti u obzir prilikom interpretacije dobijenih rezultata.

### 2.2.3. Uticaj uzrasta

Veliki broj fizioloških varijabli se razlikuje kod dece u odnosu na odrasle, za koje se smatra da bitno utiče proces maturacije. Navešće se samo nekoliko najbitnijih razlika koje mogu uticati na tehniku odskoka kod skoka iz saskoka. Kod dečaka je utvrđena niža vrednost miotatičkog refleksa (Sinkjaer i sar. 1988), statistički značajno kasnija mišićna preaktivacija (Assaiante i Amblard 1996) i manja osetljivost mišićnih vretena (Lazaridis i sar. 2010) u odnosu na odrasle muškarce. Navedene fiziološke razlike se ispituju u daljem tekstu sa teorijskog aspekta, kako utiču na vrednosti određenih mehaničkih varijabli i performansi dečaka u odnosu na odrasle.

Lazaridis i sar. (2010) su ispitivali razlike u biomehaničkim (kinetičkim, kinematičkim i elektromiografskim) varijablama netreniranih (u poslednje dve godine) dečaka (9-11 godina) i odraslih (19-27 godina) kod skoka iz saskoka sa visine od 0.20 m. Navedena visina je korišćena u eksperimentu, jer se najčešće primenjuje na treninzima dece i odraslih (Kotzamanidis 2006). Ispitanicima je data instrukcija da je cilj postići što veću visinu skoka. Izvodili su po 3 skoka sa šakama oslonjenim na kukove. U dobijenim rezultatima visina skoka dečaka ( $0.15 \pm 0.02$  m) se statistički značajno razlikuje ( $p < 0.001$ ) u odnosu na odrasle  $0.33 \pm 0.04$  m. Veća fleksija u zglobu kolena odraslih je neposredno pre (30 ms pre kontakta) i u trenutku uspostavljanja kontakta sa podlogom u odnosu na dečake ( $p < 0.008$ ). Dečaci su imali veću maksimalnu fleksiju zgloba kolena ( $p = 0.02$ ) i veću ugaonu brzinu kolena tokom amortizacione ( $p = 0.002$ ) i ekstenzione faze ( $p < 0.001$ ). Takođe se vidi da su amortizaciona i ekstenziona faza odskoka kod odraslih značajno kraće ( $p = 0.02$  i  $p = 0.004$ ). Ugao u zglobu kuka je sličnih vrednosti kod odraslih i dečaka pre (50 ms) i u trenutku uspostavljanja kontakta sa podlogom.

Generalno se može zaključiti da odrasli ostvaruju raniju i veću mišićnu preaktivaciju i mišićnu aktivnost m. gastrocnemiusa tokom odskoka. Dečaci nisu uspeali da regulišu krutost sistema, slični rezultati su dobijeni kod Zaciorskog (2002). Manja krutost sistema utiče na veće vrednosti ugaone brzine i maksimalne fleksije kolena, trošenja više energije tokom odskoka (Villagra i sar. 1993). Indirektno se može zaključiti da su dečaci manje sposobni da iskoriste energiju elastične deformacije tokom koncentrične

faze odskoka. Slični rezultati su dobijeni u poređenju starih i mladih (odraslih) ispitanika, pri čemu su dobijene vrednosti zavisnih varijabli kod starijih osoba slične dobijenim kod dece (Hoffrén i sar. 2007; Liu i sar. 2006). Tehnika odskoka odraslih prema vrednostima biomehaničkih varijabli je odgovarala tzv. *BDJ* a dečaka *CDJ* skokovima, iako je ista instrukcija bila za jedne i druge. Dobijena razlika je verovatno posledica nedovoljne mišićne krutosti sistema i manje inter/intramišićne koordinacije tokom odskoka dečaka u odnosu na odrasle ispitanike.

### 3. OGRANIČENJA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Da bi se preciznije odredio uticaj visine saskoka na biomehaničke varijable i  $DH_{opt}$  neophodno je ispitivati saskoke sa većim brojem skokova, u većem rasponu i broju visina u narednim istraživanjima. Potrebno je utvrditi najvalidnije i najpouzdanije varijable (npr. maksimalna visina skoka i snaga mišića, reaktivni indeks izvođenja), što u nekim radovima (Viitasalo i sar. 1998; Walsh i sar. 2004) nije urađeno i može se smatrati nedostatkom navedenih studija.

U studijama koje su ispitivale uticaj nivoa utreniranosti može se primetiti kao jedan od nedostataka relativno mali broj primenjenih visina saskoka. Potrebno je u narednim istraživanjima koristiti veći broj visina saskoka kako bi se odredile tzv. granične visine – pri kojima nastaju razlike u praćenim zavisnim varijablama kod ispitanika različitog nivoa utreniranosti. U navedenim istraživanjima Schmidtleichera (1992), Viitasala i sar. (1998) nije ispitivana razlika u mišićnoj sili nogu utreniranih i neutreniranih (npr. rezultat  $1 RM$  u polučučnju). Kriterijumi na osnovu koga su ispitanici klasifikovani u grupu utreniranih je trenazni staž i sportski rezultat. Sa tim u vezi kod definisanja grupe/a utreniranih i neutreniranih trebalo bi utvrditi kako na vrednosti zavisnih varijabli utiče maksimalna jačina mišića.

Kada je u pitanju uticaj tipa utreniranosti na  $DH_{opt}$  (visina saskoka sa koje se postiže relativizovana maksimalna snaga tokom koncentrične faze odskoka) zajedno za sve ispitanike (atletičare, odbojkaše, košarkaše), dobijeno je da se ono realizuje sa visine od 0.30 m. Kada se računalo za svakog sportistu individualno, dobijene su vrednosti u opsegu od 0.15 do 0.60 m, što ukazuje da je neophodno određivanje  $DH_{opt}$  pojedinačno za svakog ispitanika (Pietraszewski i Rutkowska-Kucharska 2011). U navedenoj studiji nije utvrđeno da li postoji razlika u nivou utreniranosti između ispitanika. Da je ispitana razlika nivoa utreniranosti, moglo bi se zaključiti da li je dobijena značajna razlika  $DH_{opt}$  posledica uticaja tipa ili nivoa utreniranosti.

Na osnovu pregleda rezultata u studiji Laffaye i Choukou (2010) može se zaključiti da postoji statistički značajna razlika u visini saskoka sa koje se postiže maksimalna visina skoka i generisana mišićna snaga tokom odskoka između devojaka i

muškaraca. U studiji Kormia i Boscoa (1978) poređenje dobijenih rezultata muškaraca i devojaka je rađeno samo na osnovu deskriptivne statistike i nije ispitivana pouzdanost zavisnih varijabli. Takođe potreban je kompleksniji interdisciplinarni naučni pristup da bi se utvrdili uzroci razlika  $DH_{opt}$  između žena i muškaraca.

Indirektno se može zaključiti da su dečaci manje sposobni da iskoriste energiju elastične deformacije tokom koncentrične faze odskoka. Slični rezultati su dobijeni u poređenju starih i mladih (odraslih) ispitanika (Hoffrén i sar. 2007; Liu i sar. 2006), pri čemu su dobijene vrednosti zavisnih varijabli starijih osoba slične kao kod dece. Tehnika odskoka odraslih prema vrednostima biomehaničkih varijabli odgovara tzv. *BDJ*, a dečaka *CDJ* skokovima, iako je ista instrukcija data jednima i drugima. Dobijena razlika je verovatno posledica nedovoljne mišićne krutosti sistema i manje inter/intramišićne koordinacije tokom odskoka dečaka, koja u velikoj meri zavisi od procesa maturacije.

Do sada nije sprovedeno ispitivanje čiji je cilj bio da se utvrdi koliko utiče visina saskoka a koliko zadata instrukcija na tehniku odskoka. Kod skoka iz saskoka i *CMJ*, mehaničke varijable i performanse se ne razlikuju značajno ako je cilj (instrukcija) postizanje maksimalne visine skoka. Kada je što kraći kontakt zahtevan, dobijene su značajne razlike između ove dve vrste skoka. Bez eksplicitne instrukcije za izvođenje skoka iz saskoka i merenja nekih bitnih varijabli (npr. trajanje kontakta sa podlogom tokom odskoka), odgovarajuća tehnika koja je u skladu sa ciljem treninga se verovatno neće ispoljiti (Bobbert i sar. 1986). Jedna od najbitnijih praktičnih primena budućih istraživanja bi trebala da vodi ka ispitivanju toga da li različite instrukcije za izvođenje skoka iz saskoka tokom treninga utiču i na značajnost trenažnih efekata. Ili koje instrukcije je potrebno primenjivati za najefikasnije realizovanje ciljeva treninga?

Zbog velike varijabilnosti  $DH_{opt}$  u budućim istraživanjima je bitno ispitati koliko su korišćene metode za određivanje  $DH_{opt}$  pouzdane. U svim analiziranim studijama za određivanje  $DH_{opt}$  koristio se tzv. metod *biranja*, čija pouzdanost nije proveravana i trebalo bi je ispitati u narednim studijama. U budućim istraživanjima obavezno treba ispitati pouzdanost metoda *predviđanja* i njegovu primenu u određivanju  $DH_{opt}$ . Ako se pokaže pouzdanijim metod *predviđanja* će omogućiti preciznije određivanje  $DH_{opt}$  u odnosu na metod *biranja* što će se reflektovati na povećanje kvaliteta trenažno-takmičarskih performansi preciznijim određivanjem  $DH_{opt}$ .



Za naredna istraživanja se predlaže sveobuhvatniji metodološki pristup (veći broj kinematičkih, kinetičkih i elektromiografskih varijabli), radi pronalaženje potpunijih odgovora neuro-mišićne kontrole pokreta i adaptacije na primenu različitih visina saskoka. Neophodno je longitudinalnim studijama utvrditi trenažne efekte kako bi se spoznali realni efekti primenjenih opterećenja i videlo šta se menja u tehnici sa promenom određenih performansi. Takođe u narednim longitudinalnim studijama treba ispitati da li i koliko precizno određena  $DH_{opt}$  efikasno utiče na razvoj sportskih performansi i kakav je efekat na tzv. “dostizanje platoa” kod sportista?

## 4. PROBLEM, PREDMET, CILJEVI I ZADACI ISTRAŽIVANJA

**Problem istraživanja** se odnosio na optimizaciju intenziteta opterećenja za obezbeđivanje maksimalnih performansi kod skoka iz saskoka, koji se primenjuju u trenažnoj praksi mnogobrojnih sportova.

**Predmet** realizovanog istraživanja odnosio se na metodološke aspekte optimizacije intenziteta opterećenja kod izvođenja skoka iz saskoka.

**Ciljevi** istraživanja su bili:

- 1) Odrediti pouzdanost ispitivanih zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli.
- 2) Ispitati uticaj visine saskoka na zavisne varijable.
- 3) Odrediti pouzdanost metoda *biranja* i metoda *predviđanja* za određivanje  $DH_{opt}$  za zavisne varijable kojima se definišu maksimalne performanse kod skoka iz saskoka.
- 4) Ispitati povezanost  $DH_{opt}$  određene zavisnim varijablama kojima se definišu maksimalne performanse kod skoka iz saskoka metodom *biranja* i *predviđanja*.
- 5) Ispitati povezanost morfoloških varijabli sa  $DH_{opt}$  (određene u odnosu na zavisne varijable kojima se definišu maksimalne performanse kod skoka iz saskoka).
- 6) Ispitati povezanost varijabli koje opisuju maksimalnu jačinu mišića i  $DH_{opt}$  određene zavisnim varijablama kojima se definišu maksimalne performanse kod skoka iz saskoka metodom *biranja* i *predviđanja*.
- 7) Ispitati da li postoje razlike u kinetičkim i kinematičkim varijablama skoka iz saskoka između grupa sa različitim nivoom maksimalne jačine mišića.
- 8) Ispitati da li postoje razlike u  $DH_{opt}$  između grupa sa različitim nivoom maksimalne jačine mišića.
- 9) Utvrditi regresione modele za predikciju  $DH_{opt}$  na osnovu varijabli koje opisuju maksimalnu jačinu mišića i određenih morfoloških varijabli.
- 10) Predikcija pouzdanosti za određivanje  $DH_{opt}$ .

Da bi se stvorili uslovi za definisanje ciljeva i hipoteza urađeni su sledeći **zadaci** istraživanja:

- Izvršena je procena veličine uzorka;
- Formirane su grupe ispitanika na osnovu određenih kriterijuma;
- Izvršena je procena motoričkog i morfološkog statusa ispitanika;
- Odgovarajućim softverima dobijeni su i obrađeni podaci;
- Primenom adekvatnih statističkih procedura analizirani su dobijeni podaci;
- Prezentovani su i protumačeni dobijeni rezultati.

## 5. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Nakon teorijskih razmatranja relevantne literature i izvršene analize prethodnih istraživanja koja su se bavila navedenom problematikom/tematikom postavljene su sledeće hipoteze:

**H<sub>1</sub>** – Pretpostavlja se da zavisne kinetičke i kinematičke varijable imaju visoku pouzdanost.

**H<sub>2</sub>** – Pretpostavlja se da različite visine saskoka utiču na statistički značajne promene vrednosti zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli.

**H<sub>3</sub>** – Pretpostavlja se da oba metoda za određivanje  $DH_{opt}$  imaju visoku pouzdanost.

**H<sub>4</sub>** – Pretpostavlja se da postoji značajna povezanost dva metoda za određivanje  $DH_{opt}$ .

**H<sub>5</sub>** – Pretpostavlja se da postoji značajna povezanost morfoloških varijabli sa  $DH_{opt}$ .

**H<sub>6</sub>** – Pretpostavlja se da postoji značajna povezanost između maksimalne jačine mišića i  $DH_{opt}$ .

**H<sub>7</sub>** – Pretpostavlja se da postoje značajne razlike u kinetičkim i kinematičkim varijablama odskoka i skoka između grupa sa različitim nivoom maksimalne jačine mišića.

**H<sub>8</sub>** – Pretpostavlja se da postoje razlike u  $DH_{opt}$  između grupa sa različitim nivoom maksimalne jačine mišića.

**H<sub>9</sub>** – Pretpostavlja se da je moguće modelovati predikciju  $DH_{opt}$  na osnovu određenih motoričkih i morfoloških varijabli.

## 6. METODE ISTRAŽIVANJA

U ovom istraživanju su korišćene eksperimentalna metoda transverzalnog karaktera, metoda teorijske analize, komparativna i deskriptivna metoda.

### 6.1. *Protokol eksperimenta*

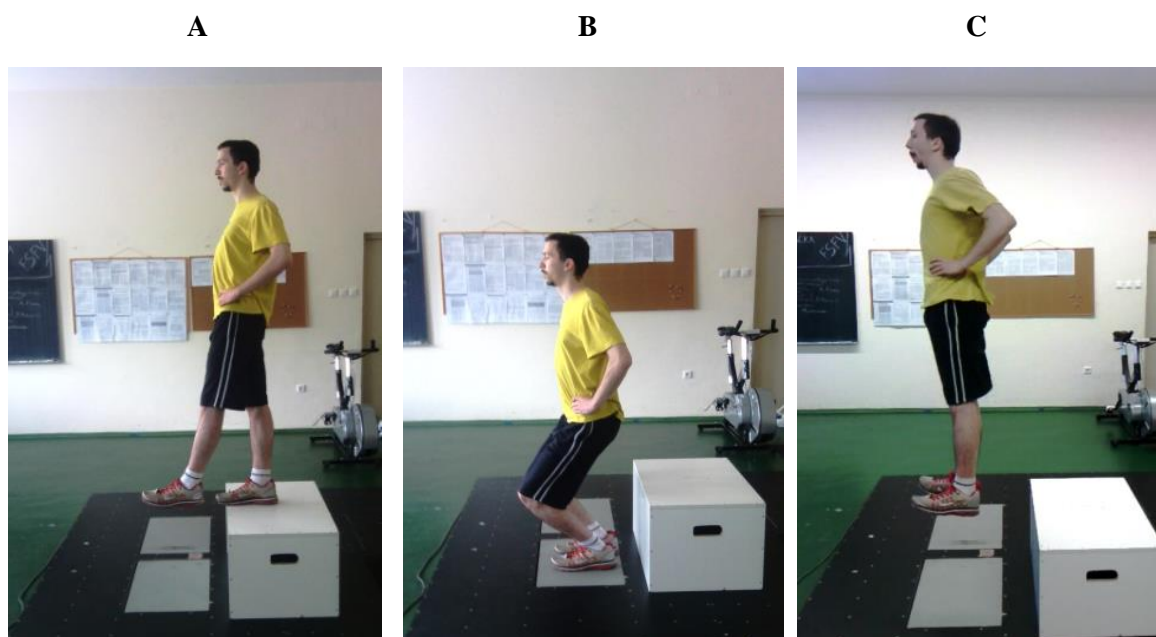
Sva eksperimentalna merenja su realizovana na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu. Ispitanici su testirani u Metodičko-istraživačkoj laboratoriji u vremenskom periodu od 10 do 14 časova. Sva merenja su sprovedena u dogovoru sa svakim ispitanikom pojedinačno (u zavisnosti od njegovih obaveza koje je imao tokom perioda u kome je planirano merenje).

Od svih ispitanika se tražilo da skokove izvode maksimalnim intenzitetom. Tri dana pre eksperimentalnog merenja pomoću bioimpedance određena je telesna kompozicija, *IRM* u polučučnju i familijarizacija sa skokovima iz saskoka (sa svake od visina ispitanici su radili po 3-4 skoka, što je ukupno 24-32 skokova). Tokom eksperimenta randomizovana je visina saskoka od 0.12 do 0.82 m (0.12, 0.22, 0.32, 0.42, 0.50, 0.62, 0.72, 0.82 m) tj. svaki ispitanik je izvodio skokove sa različitih visina drugačijim redosledom. Ukupno je primenjivano 8 visina saskoka, sa svake visine izvodilo se po 5 skokova maksimalnog intenziteta na tenzometrijskoj platformi, a poslednja 3 uzimana su za dalju analizu. Instrukcija je bila da se postigne što viši skok (maksimalni za date uslove), sa što kraćim trajanjem odskoka (Makaruk i Sacewicz 2011). Pored maksimalne brzine odskoka i visine skoka, ispitanicima je naglašeno i da što manje saviju kolena tokom odskoka (Taube i sar. 2012). Šake su bile oslonjene na kukove, kako bi se eliminisao uticaj zamaha ruku (Viitasalo i sar. 1998; Potach i Chua 2000; Taube i sar. 2012).

Zagrevanje je trajalo oko 30 min. Sastojalo se od trčanja umerenim intenzitetom i vožnje stacionarnog bicikla, statičkog i dinamičkog istezanja mišićnih grupa koje su najviše angažovane u skokovima, sprinterskih i skakačkih vežbi sa postepenim povećanjem intenziteta: brzo nisko gaženje u mestu i kretanju, odskoci iz skočnog

zgloba sa opruženim zglobovima kolena, skokovi sa noge na nogu, zabacivanje potkolenica u mestu i kretanju, dečiji poskoci sa akcentom na podizanje kolena zamajne noge do visine kuka i sa akcentom na spuštanje zamajne noge na tlo, visoko podizanje kolena „skip“, visoko podizanje kolena sa osloncem rukama na zid ili partnera  $2 \times 10$  ponavljanja – kosi skip, poskoci sa kružnim pokretima zamajne noge kroz postepeno povećanje amplitude pokreta, kružno trčanje sa naglašenim izbacivanjem potkolenica i zagrebajućim pokretom stopala ( $2 \times 10-15 m$ ).

Pauze (aktivni odmori) su bile oko 15 s (Read i Cisar 2001) između pokušaja i 3 min. između različitih visina saskoka (Taube i sar. 2012). Tokom izvođenja svakog skoka vršena je vizuelna kontrola od strane iskusnog asistenta. Ukoliko se uočilo da je ispitanik pre napuštanja sanduka sa koga izvodi saskok savio stajnu nogu u zglobu kolena ili kuka smatralo se da je skok neispravan. Da bi se skok smatrao ispravnim kriterijum je bio trajanje kontakta sa podlogom (ne duže od 0.30 s) tokom odskoka, kako bi se primenila odgovarajuća tehnika odskoka (prema Schmidbleicher 1992, tj. iskoristio efekat SSC mišića, Kibele 1999).



**Slika 8.** Prikaz izvođenja eksperimentalnog zadatka: A) početna pozicija, (B) saskok i (C) skok.

## 6.2. *Uzorak ispitanika*

U eksperimentu je učestvovalo ukupno 30 ispitanika (studenata Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja). Ispitanici su homogenizovani po uzrastu, i u periodu od poslednje dve godine nisu trenirali i takmičili se za neki profesionalni klub, već samo na nivou Univerzitetskog sporta. Ispitivani uzorak je heterogen prema maksimalnoj mišićnoj jačini.

Prvo se izvršila procena uzorka na osnovu razlike u mišićnoj jačini (Ugrinowitsch i sar. 2007), određen je potreban broj ispitanika po grupi (za grupu *jaki* i *slabi*) da bi se zadovoljili kriterijumi prema Cohenu (1988) snaga od 0.8 i alfa nivo 0.05. Potreban broj ispitanika je određen pomoću statističkog softvera *G\*power*. Utvrđeno je da je dovoljno 4 ispitanika po grupi.

Niko od ispitanika nije imao prethodna iskustva sa pliometrijskim trenaznim sredstvom skok iz saskoka. Kriterijum koji se koristio za stratifikaciju ispitanika u grupu *jaki* ili *slabi* bila je vrednost *1 RM* ostvarena u standardnom testu (koncentričnoj mišićnoj kontrakciji iz polučučnja) relativizovana u odnosu na masu tela. Osnovni kriterijum na osnovu koga se pravila selekcija ispitanika za učešće u eksperiment je bila da su: zdravi, bez ikakvih povreda lokomotornog sistema, hroničnih i srčanih oboljenja koje bi mogle da utiču na zdravstveno stanje ispitanika i tačnost merenja. Pre testiranja svi ispitanici su bili upoznati sa protokolom merenja, testovima, predmetom, ciljem istraživanja i mogućim rizicima. Svojevoljnim potpisom su potvrdili saglasnost za učešće u eksperimentu.

Etička komisija Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu je odobrila sprovođenje istraživanja, čiji su rezultati korišćeni za izradu ove doktorske disertacije.

### 6.3. Uzorak varijabli

Ispitivanje promene zavisnih varijabli kao posledica primene različitih visina saskoka je od primarnog značaja u ovom istraživanju. Identifikovane su kinetičke i kinematičke varijable za koje se smatra da su povezane sa skakačkim performansama i da mogu pomoći u boljem objašnjavanju i razumevanju adaptacionih mehanizama prilikom izvođenja odskoka sa različitih visina saskoka. Uzorak varijabli sastojao se od dve nezavisne, 8 zavisnih kinetičkih, 7 zavisnih kinematičkih varijabli i 5 morfoloških varijabli:

#### Nezavisne varijable

- Visina saskoka;
- Rezultat  $1 RM$  u polučučnju (relativizovan u odnosu na telesnu masu  $1 RM / BW^{0.67}$  i maksimalna dinamička sila, eng. *maximal dynamic strength – MDS*).

#### Zavisne kinetičke varijable

- Relativizovana maksimalna vrednost vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka –  $FP_{ecc} (N/BW^{0.67})$ ;
- Relativizovana maksimalna vrednost vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom koncentrične faze odskoka –  $FP_{con} (N/BW^{0.67})$ ;
- Relativizovana vrednost prosečne vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka –  $FM_{ecc} (N/BW^{0.67})$ ;
- Relativizovana vrednost prosečne vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom koncentrične faze odskoka –  $FM_{con} (N/BW^{0.67})$ ;
- Relativizovana maksimalna mišićna snaga u ekscentričnoj fazi odskoka –  $PP_{ecc} (W/BW^{0.67})$ ;
- Relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka –  $PP_{con} (W/BW^{0.67})$ ;
- Relativizovana prosečna mišićna snaga u ekscentričnoj fazi odskoka –  $PM_{ecc} (W/BW^{0.67})$ ;



- Relativizovana prosečna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka –  $PM_{con}$  ( $W/BW^{0.67}$ ).

#### **Zavisne kinematičke varijable**

- Vreme trajanja kontakta stopala sa podlogom –  $T_{total}$  (s);
- Vreme trajanja ekscentrične faze odskoka –  $T_{ecc}$  (s);
- Vreme trajanja koncentrične faze odskoka –  $T_{con}$  (s);
- Visina skoka –  $H$  (m);
- Reaktivni indeks izvođenja skoka –  $RSI$  (visina skoka/trajanje odskoka);
- Maksimalna vrednost vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka –  $V_{peak\ con}$  (m/s);
- Prosečna vrednost vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka –  $V_{mean\ con}$  (m/s).

#### **Morfološke varijable**

- Telesna visina –  $BH$  (m);
- Telesna masa –  $BW$  (kg);
- Procenat masti –  $BF\%$ ;
- Procenat mišića –  $BM\%$ ;
- Indeks telesne mase –  $BMI$ .

## **6.4. Merenje varijabli**

### **6.4.1. Merenje i prikupljanje varijabli za procenu morfološkog statusa**

Merenje varijabli je izvršeno prema preporukama International Society for the Advancement of Kinanthropometry (Norton i sar. 2000). Telesna visina je izmerena sa tačnošću od 0.005 m pomoću antropometra po Martinu. Telesna masa sa tačnošću 0.1 kg, procenat mišićnog i masnog tkiva u telu procenjeno je pomoću bioelektrične impedance (In Body 720, Biospace, Seoul, Korea).



**Slika 9.** Bioelektrična impedanca (In Body 720, Biospace, Seoul, Korea).

#### 6.4.2. Merenje i prikupljanje varijabli za procenu maksimalne jačine mišića

Koristila se standardna procedura (McBride i sar. 1999) za određivanje jačine mišića testom *1 RM* iz polučučnja na standardnoj Smit mašini. Pouzdanost ovog metoda za određivanje mišićne sile su potvrdili Rahmani i sar. (2001). Nakon procedure zagrevanja, goniometrom se kod svakog od ispitanika odredio ugao u zglobu kolena od  $90^\circ$  u poziciji polučučnja, i prema toj visini se kod svakog ispitanika podešavala klizna šipka na Smit mašini (Slika 10). Testiranje je rađeno iz koncentrične faze iz sledećih razloga: 1) veća vrednost mišićne sile se postiže pri ekscentričnoj (sabiraju se aktivna, pasivna i viskozna komponenta mišića) nego koncentričnoj fazi (oduzimaju se), tako da se smatra, ako je ispitanik podigao neko opterećenje pri koncentričnoj fazi, moći će i pri ekscentričnoj da ga spusti, 2) veća je bezbednost ispitanika ako se radi samo u uslovima koncentrične kontrakcije (jedan broj ispitanika nije imao iskustva sa određivanjem *1 RM* u polučučnju).

Ispitanici su kao specifično zagrevanje izvodili 8 ponavljanja sa opterećenjem 30% od maksimalnog, 4-6 ponavljanja sa 50% od *1 RM*, 2-4 ponavljanja sa 70% od *1 RM*, 1 ponavljanje sa 90% od maksimuma i zatim *1 RM* koji je bio povećavan za 5 kg ako su ispitanici procenili da opterećenje koje su smatrali da je *1 RM* (100%) mogu da podignu bez većih teškoća. Ako ispitanici nisu znali vrednosti *1 RM* ona je bila pretpostavljena kao  $1.5 \times$  telesna masa ispitanika (Logan i sar. 2000). Za određivanje *1 RM* ispitanici su imali tri pokušaja. Svaki ispitanik je dobio instrukciju da podigne teret optimalnom brzinom sa opruženim trupom do potpune ekstenzije zglobova kolena i kuka. Odmor između serija je bio od 3 do 5 min. u zavisnosti od individualnog osećaja spremnosti ispitanika za sledeću seriju.



**Slika 10.** Određivanje maksimalne jačine mišića ispitanika u polučučnju.

### **6.4.3. Merenje i prikupljanje zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli**

Za merenje kinetičkih i kinematičkih varijabli korišćena je tenzometrijska platforma (AMTI, Inc., Newton MA, USA), montirana i kalibrisana prema uputstvima proizvođača na 1000 *Hz* dimenzije  $0.60 \times 0.40$  *m*. Mišićna snaga u vertikalnim skokovima je određivana prema preporukama Vanrenterghem i sar. (2001). Za snimanje podataka vertikalne komponente sile reakcije podloge korišćen je softver (LabVIEW, National Instruments, Version 11.0, Austin, TX, USA).

## **6.5. Analiza i obrada podataka**

### **6.5.1. Analiza i obrada podataka u testu polučučanj sa tegovima**

Dobijeni podaci u testu polučučanj sa tegovima (određeni  $1 RM$ ) prikazani su na dva načina, odnosno preko dve varijable. Prvi način uključuje računanje  $MDS$ , a drugi način podrazumeva normalizaciju apsolutnih vrednosti dobijenih podataka u odnosu na telesnu masu.

#### **Maksimalna dinamička sila**

Za izračunavanje maksimalne dinamičke sile korišćena je standardna formula:  
 $MDS = 1RM + (\text{masa tela} - \text{masa potkolenica})$ , masa potkolenica je predstavljena kao 12% telesne mase, za detalje pogledati (Cormie i sar. 2007).

#### **Normalizacija apsolutnih vrednosti u odnosu na telesnu masu**

U cilju povećanja valjanosti dobijenih rezultata, svi podaci ostvareni u testu polučučanj sa tegovima su normalizovani u cilju eliminisanja uticaja dimenzija tela na ostvarene rezultate. Normalizacija podataka je izvršena u odnosu na masu tela pri čemu su individualne vrednosti dobijenih rezultata u testu deljene sa masom tela sa eksponentom od 0.67 (Jarić 2002).

Normalizacija dobijenih rezultata  $1 RM$  polučučnja izračunata je prema matematičkoj formuli:

$$R = 1RM / BW^{0.67}$$

$R$  – normalizovana vrednost rezultata u testu polučučanj,  $1 RM$  – jedno maksimalno ponavljanje u polučučnju,  $BW$  – telesna masa ispitanika.

## 6.5.2. Analiza i obrada podataka u testu skok iz saskoka

Podaci snimljeni sa tenzometrijske platforme obrađivani su na osnovu analize zapisa vertikalne komponente sile reakcije podloge pomoću softvera (LabVIEW, National Instruments, Version 11.0, Austin, TX, USA).

Brzina centra mase tokom faze odskoka izračunata je metodom direktne dinamike na osnovu ubrzanja izračunatog preko dobijenih vrednosti vertikalne komponente sile reakcije podloge (Baca 1999):

$$V_z = V_{TD} + \int_{t_{TD}}^{t_{TO}} \frac{(F_z(t) - m \times g)}{m} \times dt \quad (\text{jednačina 1})$$

$V_z$  – vertikalna brzina centra mase,  $V_{TD}$  – vertikalna brzina centra mase u trenutku doskoka i  $t_{TO}$  – na kraju odskoka,  $F_z$  – vertikalna komponenta sile reakcije podloge,  $m$  – masa ispitanika,  $g$  – gravitaciono ubrzanje,  $dt$  – delta vreme.

Relativizovana mišićna snaga, izračunata je kao proizvod vertikalne komponente sile reakcije podloge ( $F_z$ ) i vertikalne brzine težišta tela ( $V_z$ ):

$$P = F_z \times V_z \quad (\text{jednačina 2})$$

Visina skoka je izračunata prema formuli (za detalje pogledati studiju Voigta i sar. 1994):

$$H = 1/8 \times g \times t^2 \quad (\text{jednačina 3})$$

Vrednost  $RSI$  je izračunata prema formuli (Byrne i sar. 2010):

$$RSI = H / T_{total} \quad (\text{jednačina 4})$$

U cilju povećanja valjanosti dobijenih rezultata, varijable snage i sile su normalizovane u odnosu na telesnu masu sa eksponentom 0.67, sa ciljem eliminisanja uticaja dimenzija tela na ostvarene rezultate (Jarić 2002).

Skokovi u kojima je generisana najveća vrednost varijable  $PP_{con}$  od poslednja tri pokušaja sa svake od visina saskoka su korišćeni za prikupljanje i analiziranje ostalih zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli.

### 6.5.3. Metode za određivanje optimalne visine saskoka

Korišćena su dva metoda – metod *biranja* i *predviđanja* za određivanje  $DH_{opt}$ . Takođe,  $DH_{opt}$  koja omogućuje generisanje maksimalnih vrednosti varijabli  $PP_{con}$ ,  $H$ ,  $RSI$ .

Kod metoda *biranja*, za  $DH_{opt}$  je smatrana ona visina saskoka sa koje ispitanik postiže maksimalnu vrednost (visine skoka, indeksa izvođenja, mišićne snage u koncentričnoj fazi odskoka). Na primer kada je varijabla  $PP_{con}$  korišćena za određivanje  $DH_{opt}$  od tri poslednja pokušaja sa svake visine saskoka korišćen je skok kod koga je realizovana najveća vrednost varijable  $PP_{con}$ , isti princip je primenjen i kada je za određivanje  $DH_{opt}$  korišćena varijabla  $H$  (Kotzamanidis i sar. 2005) ili  $RSI$ .

Metoda *predviđanja* je podrazumevala predikciju  $DH_{opt}$  na osnovu interpolisane vrednosti  $PP_{con}$ ,  $H$  ili  $RSI$  koja je izračunata pomoću polinomijalne regresije drugog reda fitovana na podacima  $PP_{con}$ ,  $H$  ili  $RSI$  dobijenih nakon saskoka sa visina od 0.12 do 0.82 m.

Regresiona jednačina

$$P_{max} = ax^2 + bx + c \quad (\text{jednačina 5})$$

$x$  – primenjena visina saskoka;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – parametri; koristiće se prvi izvod za računanje  $DH_{opt}$  – optimalne visine saskoka (optimalnog intenziteta opterećenja). Prvi izvod je korišćen za računanje optimalne visine saskoka.

$$DH_{opt} = -b / 2a \quad (\text{jednačina 6})$$

Koeficijent Pirsonove korelacije i interval pouzdanosti na nivou poverenja od 95% (eng. *The 95% confidence interval – CI<sub>95%</sub>*) su bili korišćeni za testiranje jačine relacije visina saskoka – mišićna snaga.



Kod određivanja  $DH_{opt}$  metodom predviđanja vizuelnom inspekcijom je utvrđivano da li postoje određene tačke (visine saskoka individualno kod svakog od ispitanika) koje su narušavale paraboličan oblik krive  $DH_{opt}$ . Svaki ispitanik je imao ukupno 8 visina saskoka. Kada je  $DH_{opt}$  određivana varijablom  $PP_{con}$  nisu bile primećene navedene tačke. U slučaju pojave tačaka koje su narušavale paraboličan oblik krive (kada se  $DH_{opt}$  određivala varijablama  $H$  i  $RSI$ ) one su odstranjivane i tražila se najviša značajnost sa 7 ili 6 tačaka. Ni u jednom slučaju nije uzimano manje od 6 tačaka za određivanje  $DH_{opt}$ .

**Tabela 5.** Broj značajnih pokušaja ( $R^2$ ) u zavisnosti od broja korišćenih tačaka za određivanje  $DH_{opt}$  determinisane varijablama  $H$  i  $RSI$ .

Varijable	osam tačaka		sedam tačaka		šest tačaka		$R^2$		
	$r > 0.71$	Median	$r > 0.75$	Median	$r > 0.81$	Median			
$H_1$ (od 27)	15	0.76	$H_1$ (od 3)	1	0.69	$H_1$	16		
$H_2$ (od 27)	14	0.71	$H_2$ (od 2)	2	0.82	$H_2$ (od 1)	1	0.86	17
$H_3$ (od 25)	7	0.65	$H_3$ (od 3)	2	0.81	$H_3$ (od 2)	2	0.96	11
$RSI_1$ (od 28)	20	0.81	$RSI_1$ (od 1)	0	0.53	$RSI_1$ (od 1)	0	0.78	20
$RSI_2$ (Od 28)	17	0.75	$RSI_2$ (od 2)	1	0.64	$RSI_2$			18
$RSI_3$ (od 27)	13	0.7	$RSI_3$ (od 3)	2	0.85	$RSI_3$			15
$H$ (od 28)	16	0.74	$H$ (od 2)	1	0.8	$H$			17
$RSI$ (od 29)	19	0.79	$RSI$ (od 1)	1	0.82	$RSI$			20

**Legenda:**  $H_1, H_2, H_3$  – prvi, drugi, treći pokušaj kod koga je  $DH_{opt}$  determinisana visinom skoka,  $RSI_1, RSI_2, RSI_3$  – prvi, drugi, treći pokušaj kod koga je  $DH_{opt}$  determinisana vrednošću reaktivnog indeksa,  $H$  – optimalna visina saskoka određena postignutom najvišom visinom skoka iz tri pokušaja,  $RSI$  – optimalna visina saskoka određena postignutom najvećom vrednošću reaktivnog indeksa izvođenja za tri pokušaja.

## 6.6. Statistička obrada podataka

Rezultati su obrađivani deskriptivnom, komparativnom i regresionom statističkom analizom. Iz prostora deskriptivne statistike za svaku varijablu izračunati su centralni i disperzioni parametri: aritmetička sredina ( $A$ ), standardna devijacija ( $SD$ ) i opseg.

Za određivanje normalne distribucije rezultata upotrebljen je Šapiro Vilks test (*eng. The Shapiro–Wilks test – Shapiro Wilks*). Homogenost varijansi zavisnih varijabli utvrđena je sa kriterijumom da  $p$  bude veće od 0.05. Ako je utvrđeno da je narušena sferičnost pretpostavljenih uslova, korišćena je Grinhaus-Giser metoda (*eng. The Greenhouse-Geisser method*) regulisanja stepeni slobode za računanje odgovarajućih  $F$  i  $p$  vrednosti (Vincent, 2005).

U naučnim istraživanjima sporta i fizičkog vaspitanja zbog mnoštva faktora koji utiču na pouzdanost rezultata, postoje različita shvatanja, i pristupi o veličini pouzdanosti koju predstavlja određeni intraklasni korelacioni koeficijent (*eng. The Intraclass Correlation Coefficient – ICC*). Prema Sole i sar. (2007)  $ICC$  ukazuje na stepen povezanosti između dve ili više mera i okarakterisan je kao pokazatelj relativne pouzdanosti. Mirkov i saradnici (2004)  $ICC$  od 0.80 do 1.00 definišu kao "dobru" pouzdanost (Sleivert i Wenger, 1994, prema Mirkov i sar., 2004). Bellumori i sar. (2011) navode da prema Atkinsonu i Nevillu (1998) kriterijumi za dobru pouzdanost odgovaraju  $ICC \geq 0.70$ . Vincent (2005) takođe smatra prihvatljivim nivoom pouzdanosti ako su vrednosti  $ICC \geq 0.70$ . Vrednosti  $ICC$  od 0.50 do 0.69 se definišu kao umerena, od 0.70 do 0.89 kao visoka od 0.90 i više kao veoma visoka pouzdanost (Sole i sar. 2007 prema Munro i sar. 1986). Sva navedena istraživanja bavila su se problemom pouzdanosti određenih mišićnih svojstava kod ljudi. Ovakvi podaci govore o različitim metodološkim pristupima i zaključcima u naučnoistraživačkoj oblasti koja se bavi sličnim problematikama.

Prema Periću (1996) vrednosti koeficijenta varijacije (*eng. The coefficient of variation – CV*) se najčešće tumače na sledeći način:

od 0 do 0.2 ili izraženo u procentima (od 0 do 20%) definiše se kao izrazito homogen skup, od 0.21 do 0.40 (od 21 do 40%) kao homogen skup, od 0.41 do 0.60 (od

41 do 60%) prosečno homogen skup, od 0.61 do 0.80 (od 61 do 80%) nehomogen skup, od 0.81 do 1 (od 81 do 100%) izrazito nehomogen skup.

Kada se koristila jednofaktorska analiza varijanse (*eng. analysis of variance – ANOVA*) pretpostavka o homogenosti varijanse je utvrđena Leveneovim testom (*eng. The Levene test for equality of variances*) ( $p > 0.05$ ). Kada je utvrđeno narušavanje ove pretpostavke korišćeni su dobijeni rezultati iz tabele robust testa jednakosti (*eng. Robust Tests of Equality of Means*). U varijablama kod kojih je dobijen statistički značajan uticaj visine saskoka veličina razlike je izražavana pomoću eta kvadrat pokazatelja veličine uticaja (*eng. Eta-Square –  $\eta^2$* ). Naknadna poređenja su rađena pomoću Tukijevo testu (*eng. The Tukey post hoc test – Tukey*).

Pre korišćenja koeficijenta linearne Pirsonove korelacije (*eng. Pearson product-moment correlation coefficient –  $r$* ) obavljene su preliminarne analize da bi se ispitala normalnost, linearnost, homogenost varijanse i utvrdilo da li postoje ekstremne tačke (*eng. outlier*). Ekstremne tačke su utvrđivane pravougaonim dijagramom (*eng. boxplot*). Kada je narušena normalna raspodela rezultata urađena je i neparametrijska statistika ali zbog dobijenih malo većih značajnosti odlučilo se za prezentovanjem vrednosti rezultata parametrijske statistike. Pallant (2009) navodi da je većina statističkih postupaka prilično robusna, tj. da one dobro podnose manja odstupanja od pretpostavki što je u skladu sa robusnošću raznih statističkih testova objašnjenih u knjizi Conea i Fostera (1993). Vrednosti  $r$  u opsezima od 0.10 do 0.29 su smatrane niskim, od 0.30 do 0.49 umerenim, a preko 0.50 visokim (Cohen, 1988).

Za ispitivanje **cilja 1 i potvrdu hipoteze 1** korišćen je *ICC* da se odredi pouzdanost varijabli (Weir 2005), dok se varijacija unutar ispitanika određivala pomoću *CV* (Hopkins 2000) i standardne greške merenja (*eng. standard error of measurement – SEM*) (Weir 2005). Za *ICC*, *CV* i *SEM* je korišćen  $CI_{95\%}$ . Za utvrđivanje postojanja statistički značajnih razlika između tri pokušaja korišćena je *ANOVA* ponovljenih merenja.

Za ispitivanje **cilja 2 i potvrdu hipoteze 2** korišćena je jednofaktorska *ANOVA*. Ako je pronađena statistička značajnost primenjivao se *Tukey* post-hok test.

Za ispitivanje **cilja 3 i potvrdu hipoteze 3** korišćen je *ICC*, *CV*, *SEM* i *ANOVA* ponovljenih merenja.

Za ispitivanje: **cilja 4 i potvrdu hipoteze 4** korišćena je  $r$  i  $t$  test za zavisne uzorke.

Za ispitivanje **cilja 5 i potvrdu hipoteze 5** korišćena je  $r$ , **cilja 6 i potvrdu hipoteze 6** je takođe korišćena  $r$ .

Za ispitivanje **cilja 7 i potvrdu hipoteze 7** korišćena je dvostruka mešovita ANOVA.

Za ispitivanje **cilja 8 i potvrdu hipoteze 8** korišćen je  $t$  test za nezavisne uzorke.

Za ispitivanje **cilja 9 i potvrdu hipoteze 9** korišćen je metod linearne regresije (*eng. linear regression*) za ispitivanje stepena povezanosti između  $DH_{opt}$  determinisane varijablama  $PP_{con}$  ili  $H$  i regresionih modela. Procena valjanosti modela je utvrđena pomoću:  $r$ , standardne greške procene (*eng. standard error of estimate – SEE*),  $CI_{95\%}$ ,  $t$  testa za zavisne uzorke čime je provereno da li ima sistematskih razlika između  $DH_{opt}$  izračunate na osnovu vrednosti varijabli  $PP_{con}$  ili  $H$  i na osnovu predikcije regresionih modela. Evaluacija dobijenog regresionog modela izvršena je metodom auto-validacije (Harrell, 2001).

Za ispitivanje **cilja 10** korišćena je Spirman-Braunova formula predviđanja (*eng. the Spearman–Brown prophecy*).

Nivo statističke značajnosti je bio  $p < 0.05$  za sva poređenja. Prema Cohen-u (1988), veličina razlike rezultata računata je pomoću veličine uticaja (*eng. The Effect size – ES*). Za računanje efekata glavnih faktora i interakcije kod statističke procedure ANOVA upotrebljen je eta kvadrat (*eng. eta square –  $\eta^2$* ). Vrednosti od 0.01 su se smatrale malim, 0.06 srednjim, preko 0.15 velikim. U post hoc testovima vrednost od 0.2 smatra se malom, 0.5 srednjom, 0.8 velikom. Statistička obrada podataka izvršena je aplikacionim statističkim programom SPSS 16.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) i Office Excel 2003 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

## 7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Deskriptivna statistika (celokupnog uzorka ispitanika  $n = 30$ ) apsolutnih vrednosti (aritmetičke sredine ( $A$ ), standardne devijacije ( $SD$ )) i indikatori pouzdanosti ( $ICC$ ,  $CV$ ,  $SEM$ ,  $CI_{95\%}$ ,  $p$  vrednosti) ispitivanih zavisnih (kinetičkih i kinematičkih) varijabli prikazani su u Tabelama od 6 do 11.

### 7.1. Pouzdanost kinetičkih i kinematičkih varijabli

#### 7.1.1. Sila reakcije podloge

Deskriptivna statistika i indikatori pouzdanosti ( $ICC$ ,  $CV$ ,  $SEM$ ,  $CI_{95\%}$ ,  $p$  vrednosti) za varijable: maksimalna vertikalna komponenta sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze ( $FP_{ecc}$ ), maksimalna vertikalna komponenta sile reakcije podloge tokom koncentrične faze ( $FP_{con}$ ), prosečna vertikalna komponenta sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze ( $FM_{ecc}$ ), prosečna vertikalna komponenta sile reakcije podloge tokom koncentrične faze ( $FM_{con}$ ) odskoka prikazani su u Tabelama 6a, b, c, d.

Za varijablu  $FP_{ecc}$  (Tabela 6a) vrednosti  $A$  su se skoro linearno povećavale od 3851  $N$  do 5558  $N$  sa povećanjem visine saskoka. Dobijena pouzdanost je visoka za visine saskoka od 0.12 do 0.42  $m$  ( $ICC$  od 0.78 do 0.83). Kod saskoka sa visina od 0.50 do 0.72  $m$  dobijena je umerena pouzdanost ( $ICC$  od 52 do 61). Kod saskoka sa 0.82  $m$  dobijena je niska pouzdanost ( $ICC$  je 0.49). Vrednosti  $CV$  su u opsegu od 5.4 do 7.8%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.12  $m$ .

Za varijablu  $FP_{con}$  (Tabela 6b) promena vrednosti  $A$  je paraboličnog oblika od 3548  $N$  do 4449  $N$ . Dobijena je od visoke do veoma visoke pouzdanosti ( $ICC$  od 0.79 do 0.91). Vrednosti  $CV$  su od 5.0 do 8.3% što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.12  $m$ .

Aritmetičke sredine varijable  $FM_{ecc}$  (Tabela 6c) su linearnog oblika, povećavaju se od 2052  $N$  do 3412  $N$  sa povećanjem visine saskoka. Dobijena pouzdanost je od visoke do veoma visoke ( $ICC$  od 0.80 do 0.91). Vrednosti  $CV$  su u opsegu od 4.0 do 8.3%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.12  $m$  i 0.82  $m$ .

Za varijablu  $FM_{con}$  (Tabela 6d) promene vrednosti  $A$  su paraboličnog oblika u opsegu od 2130  $N$  do 2490  $N$ . Dobijena je veoma visoka pouzdanost ( $ICC$  od 0.92 do 0.95). Vrednosti  $CV$  su u opsegu od 3.4 do 5.1%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.82  $m$ .

**Tabela 6a.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti maksimalne vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka – **FP<sub>ecc</sub> (N)**.

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	3897	642	4035	685	3851	646	0.83	0.72-0.91	7.04	5.82-8.97	261	217-330	4.34	0.02	3 ≤ 1 ≤ 2
0.22	4535	747	4550	798	4476	788	0.83	0.71-0.91	7.63	6.30-9.73	324	269-409	0.48	0.62	/
0.32	4736	742	4842	734	4734	716	0.78	0.64-0.88	7.82	6.46-9.97	354	294-447	0.84	0.44	/
0.42	4833	732	4838	730	4681	682	0.81	0.68-0.90	7.53	6.23-9.60	346	288-437	3.07	0.06	/
0.50	4961	526	4994	667	5120	564	0.61	0.41-0.77	7.58	6.26-9.66	345	287-436	1.21	0.32	/
0.62	5416	549	5364	473	5322	548	0.62	0.42-0.78	7.41	6.12-9.45	350	291-442	0.89	0.42	/
0.72	5514	372	5423	428	5454	431	0.52	0.31-0.71	6.03	4.99-7.67	290	241-366	0.70	0.51	/
0.82	5490	367	5558	261	5544	354	0.49	0.27-0.69	5.40	4.47-6.87	254	211-321	0.76	0.48	/

**Legenda:** A – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F – F test; p – p vrednost; ICC – intraklas korelacioni koeficijent; CV – koeficijent varijacije; CI<sub>95%</sub> – devedesetpeto procentni interval poverenja; ANOVA- jednofaktorska analiza varijanse ponovljenih merenja; < – statistički značajno manje, ≤ – nema statistički značajne razlike sa prvim a ostalo je značajno manje, = – jednako.

**Tabela 6b.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti maksimalne vrednosti vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom koncentrične faze odskoka – **FP<sub>con</sub>**.

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	3911	579	3957	656	3837	623	0.84	0.74-0.92	6.38	5.28-8.12	234	194-295	2.12	0.14	/
0.22	4312	741	4387	732	4264	693	0.81	0.68-0.90	7.73	6.38-9.85	319	265-403	1.32	0.29	/
0.32	4412	682	4449	705	4312	697	0.79	0.65-0.88	7.23	5.98-9.21	308	256-389	1.10	0.35	/
0.42	4263	629	4297	595	4174	675	0.83	0.71-0.91	6.58	5.44-8.38	264	219-333	1.29	0.29	/
0.50	4157	695	4125	691	4242	714	0.91	0.85-0.96	5.16	4.27-6.56	202	168-255	1.95	0.16	/
0.62	4224	708	4169	784	4095	694	0.78	0.64-0.88	8.37	6.91-10.69	334	278-422	0.94	0.40	/
0.72	3858	714	3837	658	3923	709	0.84	0.74-0.92	6.93	5.73-8.84	261	217-329	1.54	0.23	/
0.82	3548	602	3623	606	3672	589	0.91	0.85-0.95	5.07	4.20-6.45	174	145-220	3.25	0.05	1 ≤ 2 ≤ 3

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a.**

**Tabela 6c.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti prosečne vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka –  $FM_{ecc}$  (N).

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	2091	427	2199	418	2052	424	0.84	0.74-0.92	8.25	6.82-10.53	161	134-204	8.09	0.002	$3 \leq 1 \leq 2$
0.22	2560	457	2591	507	2558	525	0.88	0.80-0.94	6.85	5.66-8.73	167	139-210	0.39	0.68	/
0.32	2776	404	2874	415	2806	412	0.83	0.72-0.91	6.26	5.18-7.07	170	142-215	2.47	0.10	/
0.42	2972	442	2974	462	2944	459	0.88	0.80-0.94	5.99	4.96-7.62	169	140-213	0.36	0.70	/
0.50	3057	400	3084	430	3140	393	0.91	0.84-0.95	4.23	3.50-5.37	124	104-157	3.25	0.05	/
0.62	3412	406	3374	427	3379	436	0.80	0.68-0.89	6.02	4.98-7.66	194	161-245	0.36	0.70	/
0.72	3382	445	3394	429	3409	465	0.85	0.74-0.92	5.46	4.52-6.95	174	145-220	0.19	0.83	/
0.82	3315	413	3400	402	3407	405	0.90	0.82-0.95	4.01	3.32-5.10	129	107-163	4.42	0.02	$1 < 2 \leq 3$

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a.****Tabela 6d.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti prosečne vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom koncentrične faze odskoka –  $FM_{con}$  (N).

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	2295	293	2313	313	2274	305	0.93	0.88-0.96	3.49	2.90-4.43	75	62-94	1.94	0.16	/
0.22	2448	350	2455	343	2422	344	0.93	0.88-0.96	3.77	3.12-4.78	88	73-111	2.35	0.11	/
0.32	2473	330	2490	343	2450	348	0.92	0.86-0.96	3.81	3.16-4.84	91	75-114	1.24	0.30	/
0.42	2443	349	2444	347	2406	373	0.94	0.89-0.97	3.98	3.30-5.06	86	72-109	1.38	0.27	/
0.50	2333	362	2377	381	2404	364	0.93	0.88-0.97	4.20	3.48-5.34	90	75-114	3.21	0.06	/
0.62	2399	361	2365	391	2387	391	0.92	0.86-0.96	5.11	4.23-6.50	112	93-141	0.63	0.54	/
0.72	2254	377	2259	393	2275	368	0.94	0.89-0.97	4.40	3.64-5.59	93	77-117	0.45	0.65	/
0.82	2130	349	2176	347	2188	334	0.95	0.92-0.98	3.39	2.81-4.30	71	59-90	4.61	0.02	$1 < 2 \leq 3$

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a.**



### 7.1.2. Snaga mišića

Deskriptivna statistika i indikatori pouzdanosti za varijable maksimalna mišićna snaga u ekscentričnoj fazi ( $PP_{ecc}$ ), maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi ( $PP_{con}$ ), prosečna mišićna snaga u ekscentričnoj fazi ( $PM_{ecc}$ ), prosečna mišićna snaga u koncentričnoj fazi ( $PM_{con}$ ) odskoka prikazani su u Tabelama 7a, b, c, d.

U Tabeli 7a su prikazane  $A$  varijable  $PP_{ecc}$ . Dobijene vrednosti su se linearno povećavale od 3516  $W$  do 15251  $W$  sa povećanjem visine saskoka. Dobijena je visoka pouzdanost kod saskoka od 0.12 do 0.50  $m$  i 0.82  $m$  ( $ICC$  od 0.72 do 0.79). Kod saskoka sa 0.62 i 0.72  $m$  dobijena je umerena pouzdanost ( $ICC$  je 0.57 i 0.69). Vrednosti  $CV$  su od 8.4 do 11.3%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja).

Sa povećanjem visine saskoka promene  $A$  varijable  $PP_{con}$  (Tabela 7b) su paraboličnog oblika od 5190  $W$  do 6290  $W$ . Dobijeni rezultati su veoma visoke pouzdanosti ( $ICC$  je od 0.90 do 0.96). Vrednosti  $CV$  su u opsegu od 4.2 do 8.6%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.82  $m$ .

Kod varijable  $PM_{ecc}$  (Tabela 7c) vrednosti  $A$  su se linearno povećavale od 1877  $W$  do 6122  $W$  sa povećanjem visine saskoka. Dobijeni rezultati su visoke pouzdanosti ( $ICC$  od 0.73 do 0.84) osim kod saskoka sa 0.62  $m$  gde je dobijena umerena pouzdanost ( $ICC$  je 0.67). Vrednosti  $CV$  su u opsegu od 4.2 do 11.1%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.12  $m$ .

Promene vrednosti aritmetičke sredine varijable  $PM_{con}$  (Tabela 7d) su paraboličnog oblika u opsegu od 3047  $W$  do 3579  $W$ . Dobijeni rezultati su veoma visoke pouzdanosti ( $ICC$  od 0.93 do 0.96). Koeficijenti varijacije su u opsegu od 3.9 do 6.1%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.82  $m$ .

**Tabela 7a.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti maksimalne mišićne snage u ekscentričnoj fazi odskoka – **PP<sub>ecc</sub> (W)**.

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	3606	960	3642	774	3516	889	0.78	0.64-0.88	10.26	8.46-13.13	350	291-441	1.17	0.32	/
0.22	5170	1109	5073	890	5107	1214	0.78	0.65-0.88	9.13	7.54-11.67	469	390-592	0.28	0.76	/
0.32	6399	1251	6482	1311	6554	1336	0.72	0.56-0.84	11.25	9.27-14.41	730	607-922	0.50	0.61	/
0.42	7745	1529	7725	1617	7570	1297	0.79	0.65-0.88	8.84	7.30-11.29	679	565-858	0.76	0.48	/
0.50	8928	1549	9038	1676	9131	1639	0.73	0.58-0.85	8.56	7.07-10.93	732	609-924	0.32	0.73	/
0.62	10913	1549	11186	1855	11347	1482	0.57	0.37-0.75	10.72	8.84-13.72	1148	955-1450	1.70	0.20	/
0.72	13307	1991	13002	2085	12897	1914	0.69	0.51-0.82	9.07	7.49-11.59	1190	990-1503	1.34	0.28	/
0.82	15251	2563	14590	2168	14967	2055	0.73	0.57-0.85	8.40	6.94-10.73	1209	1006-1527	1.70	0.20	/

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a**.

**Tabela 7b.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti maksimalne mišićne snage u koncentričnoj fazi odskoka – **PP<sub>con</sub> (W)**.

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	5554	866	5626	940	5526	873	0.93	0.88-0.96	4.21	3.49-5.35	223	185-282	1.59	0.22	/
0.22	6042	1025	6075	993	6029	980	0.92	0.85-0.96	4.96	4.11-6.31	275	229-348	0.44	0.65	/
0.32	6193	1000	6290	1014	6166	1026	0.92	0.87-0.96	4.47	3.71-5.68	262	218-331	2.05	0.15	/
0.42	6180	1093	6244	1097	6111	1211	0.94	0.90-0.97	5.09	4.21-6.47	261	217-329	1.60	0.22	/
0.50	5923	1206	5970	1182	6093	1198	0.93	0.88-0.96	6.11	5.05-7.77	326	271-412	2.42	0.11	/
0.62	6066	1159	5936	1355	5981	1267	0.90	0.82-0.95	8.58	7.09-10.96	432	359-545	0.63	0.54	/
0.72	5580	1243	5551	1249	5619	1199	0.92	0.86-0.96	6.97	5.76-8.88	337	280-426	0.40	0.67	/
0.82	5190	1201	5356	1232	5399	1148	0.96	0.93-0.97	5.07	4.20-6.44	249	207-314	6.37	0.005	1 < 2 ≤ 3

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a**.

**Tabela 7c.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti prosečne mišićne snage u ekscentričnoj fazi odskoka –  $PM_{ecc}$  (W).

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	1903	481	2008	415	1877	440	0.80	0.67-0.89	11.07	9.13-14.18	194	161-245	4.68	0.02	$3 \leq 1 \leq 2$
0.22	2791	480	2807	507	2758	552	0.84	0.73-0.91	7.50	6.20-9.56	196	163-248	0.49	0.62	/
0.32	3482	489	3590	479	3478	459	0.75	0.59-0.86	6.83	5.65-8.70	233	194-294	2.32	0.12	/
0.42	4152	551	4182	607	4105	548	0.81	0.68-0.90	6.55	5.42-8.34	265	220-335	0.53	0.59	/
0.50	4638	428	4646	514	4733	464	0.78	0.64-0.88	4.71	3.91-5.99	218	181-275	1.57	0.23	/
0.62	5544	560	5484	613	5517	550	0.67	0.49-0.81	6.50	5.38-8.28	339	282-428	0.28	0.76	/
0.72	5799	594	5854	539	5806	630	0.73	0.56-0.85	5.37	4.44-6.83	301	250-380	0.31	0.73	/
0.82	6022	651	6119	600	6122	556	0.84	0.72-0.91	4.23	3.50-5.37	251	209-317	1.76	0.19	/

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a.**

**Tabela 7d.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti prosečna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka –  $PM_{con}$  (W).

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	3188	525	3238	560	3208	517	0.95	0.90-0.97	3.99	3.31-5.07	125	104-158	1.22	0.31	/
0.22	3455	580	3488	557	3452	548	0.93	0.87-0.96	4.24	3.51-5.38	140	117-177	1.20	0.32	/
0.32	3550	580	3579	578	3551	564	0.94	0.89-0.97	3.85	3.19-4.89	130	108-164	0.70	0.51	/
0.42	3534	595	3572	621	3501	628	0.95	0.92-0.98	4.26	3.53-5.41	130	108-164	1.94	0.16	/
0.50	3374	675	3454	656	3493	655	0.93	0.87-0.96	5.42	4.49-6.90	171	142-216	3.06	0.06	/
0.62	3488	654	3434	707	3455	694	0.94	0.89-0.97	6.07	5.03-7.73	181	151-229	0.67	0.52	/
0.72	3234	670	3236	654	3265	635	0.94	0.90-0.97	5.08	4.21-6.46	148	123-187	0.42	0.66	/
0.82	3047	640	3110	659	3145	646	0.96	0.93-0.98	4.30	3.57-5.46	127	105-160	4.13	0.03	$1 \leq 2 \leq 3$

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a.**

### 7.1.3. Trajanje odskoka

Deskriptivna statistika i indikatori pouzdanosti za varijable ukupno trajanje kontakta stopala sa podlogom tokom odskoka ( $T_{total}$ ), trajanje ekscentrične faze odskoka ( $T_{ecc}$ ), trajanje koncentrične faze odskoka ( $T_{con}$ ) prikazani su u Tabelama 8a, b, c.

U Tabeli 8a su prikazane vrednosti  $A$  varijable  $T_{total}$  koje su u opsegu od 0.197 s do 0.248 s. Dobijeni rezultati su visoke pouzdanosti ( $ICC$  od 0.77 do 0.89). Dobijene vrednosti  $CV$  su u opsegu od 5.1 do 7.7%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.12 i 0.82 m.

Kod varijable  $T_{ecc}$  (Tabela 8b) vrednosti  $A$  su od 0.084 do 0.108 s. Dobijena je visoka pouzdanost  $ICC$  je u opsegu od 0.78 do 0.89. Koeficijenti varijacije su od 6.2 do 9.4%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.12 i 0.82 m.

Varijabla  $T_{con}$  (Tabela 8c) ima vrednosti  $A$  od 0.113 do 0.140 s, takođe je dobijena visoka pouzdanost,  $ICC$  je od 0.74 do 0.87. Vrednosti  $CV$  su u opsegu od 4.8 do 6.9%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.82 m.

**Tabela 8a.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti ukupnog trajanja kontakta stopala sa podlogom tokom odskoka –  $T_{total}$  (s).

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	0.210	0.030	0.207	0.034	0.219	0.036	0.84	0.73-0.91	6.08	5.03-7.74	0.013	0.011-0.016	6.83	0.004	$2 \leq 1 \leq 3$
0.22	0.198	0.034	0.198	0.039	0.201	0.035	0.87	0.77-0.93	6.53	5.40-8.32	0.013	0.011-0.017	0.77	0.47	/
0.32	0.201	0.029	0.197	0.030	0.204	0.036	0.79	0.66-0.89	6.55	5.42-8.35	0.013	0.011-0.017	1.81	0.18	/
0.42	0.207	0.031	0.209	0.030	0.212	0.031	0.84	0.73-0.91	6.32	5.23-8.05	0.012	0.010-0.016	1.13	0.34	/
0.50	0.218	0.031	0.217	0.034	0.211	0.030	0.89	0.81-0.94	5.07	4.20-6.45	0.011	0.009-0.013	2.83	0.08	/
0.62	0.212	0.037	0.215	0.033	0.214	0.035	0.79	0.65-0.88	7.71	6.38-9.84	0.016	0.013-0.020	0.26	0.77	/
0.72	0.229	0.036	0.228	0.033	0.225	0.037	0.77	0.62-0.87	7.61	6.29-9.71	0.017	0.014-0.021	0.32	0.73	/
0.82	0.248	0.036	0.238	0.032	0.237	0.028	0.79	0.65-0.88	5.56	4.61-7.08	0.014	0.011-0.017	3.98	0.03	$3 \leq 2 < 1$

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a.****Tabela 8b.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti trajanja ekscentrične faze odskoka –  $T_{ecc}$  (s).

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	0.089	0.019	0.085	0.021	0.093	0.023	0.85	0.75-0.92	9.07	7.48-11.58	0.008	0.007-0.010	8.35	0.001	$2 \leq 1 < 3$
0.22	0.084	0.019	0.084	0.022	0.084	0.021	0.87	0.78-0.93	9.16	7.56-11.70	0.007	0.006-0.009	0.06	0.94	/
0.32	0.087	0.016	0.084	0.017	0.087	0.020	0.81	0.68-0.90	8.93	7.37-11.41	0.007	0.006-0.009	1.95	0.16	/
0.42	0.090	0.017	0.091	0.017	0.092	0.017	0.86	0.76-0.92	8.09	6.68-10.32	0.007	0.006-0.008	0.39	0.68	/
0.50	0.095	0.017	0.094	0.017	0.091	0.016	0.89	0.81-0.94	6.17	5.10-7.85	0.005	0.005-0.007	3.14	0.06	/
0.62	0.091	0.019	0.092	0.018	0.092	0.018	0.80	0.67-0.89	9.42	7.77-12.04	0.008	0.007-0.010	0.16	0.85	/
0.72	0.098	0.019	0.098	0.017	0.097	0.020	0.78	0.64-0.88	9.31	7.69-11.90	0.009	0.007-0.011	0.24	0.79	/
0.82	0.108	0.018	0.103	0.017	0.102	0.015	0.81	0.69-0.90	6.47	5.35-8.24	0.007	0.006-0.009	4.20	0.03	$3 \leq 2 < 1$

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a.**

**Tabela 8c.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti trajanja koncentrične faze odskoka  $T_{con}$  (s).

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	0.122	0.015	0.122	0.015	0.126	0.017	0.74	0.58-0.86	5.81	4.81-7.39	0.007	0.006-0.009	2.09	0.14	/
0.22	0.115	0.017	0.115	0.020	0.117	0.016	0.84	0.73-0.91	5.94	4.92-7.56	0.007	0.006-0.009	1.92	0.17	/
0.32	0.114	0.014	0.113	0.015	0.117	0.018	0.78	0.64-0.88	5.63	4.66-7.16	0.007	0.006-0.008	1.84	0.18	/
0.42	0.117	0.015	0.118	0.015	0.120	0.015	0.81	0.68-0.90	5.68	4.71-7.23	0.007	0.005-0.008	1.87	0.17	/
0.50	0.123	0.016	0.123	0.017	0.120	0.016	0.87	0.78-0.93	4.81	3.98-6.11	0.006	0.005-0.007	2.02	0.15	/
0.62	0.121	0.018	0.123	0.016	0.122	0.017	0.78	0.63-0.88	6.92	5.72-8.81	0.008	0.007-0.011	0.41	0.67	/
0.72	0.130	0.018	0.130	0.017	0.128	0.018	0.75	0.60-0.86	6.70	5.54-8.54	0.009	0.007-0.011	0.38	0.69	/
0.82	0.140	0.019	0.135	0.016	0.135	0.014	0.77	0.63-0.87	5.11	4.23-6.50	0.007	0.006-0.009	3.66	0.04	3 = 2 < 1

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a.**

#### 7.1.4. Visina skoka i reaktivni indeks izvođenja

Deskriptivna statistika i indikatori pouzdanosti za varijablu visina skoka ( $H$ ) prikazani su u Tabeli 9, reaktivni indeks izvođenja ( $RSI$ ) u Tabeli 10.

Kod varijable  $H$  (Tabela 9) promene vrednosti  $A$  su u opsegu od 0.29 do 0.32  $m$ . Dobijeni rezultati su visoke i veoma visoke pouzdanosti ( $ICC$  od 0.88 do 0.93). Vrednosti  $CV$  su od 3.7 do 5.2%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.12  $m$ .

Aritmetičke sredine varijable  $RSI$  (Tabela 10) su paraboličnog oblika u opsegu od 1.25 do 1.63. Dobijeni rezultati su od visoke do veoma visoke pouzdanosti ( $ICC$  od 0.86 do 0.94). Vrednosti  $CV$  su u opsegu od 6.6 do 9.5%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane  $ANOVOM$  ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.12 i 0.82  $m$ .

**Tabela 9.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti visne skoka **H (m)**.

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	0.29	0.05	0.30	0.05	0.30	0.05	0.91	0.84-0.95	5.08	4.20-6.45	0.014	0.012-0.018	5.55	0.00	1 ≤ 2 ≤ 3
0.22	0.30	0.04	0.31	0.04	0.31	0.04	0.89	0.80-0.94	4.87	4.03-6.19	0.014	0.012-0.018	1.08	0.35	/
0.32	0.31	0.04	0.32	0.04	0.32	0.04	0.88	0.80-0.94	3.73	3.09-4.73	0.012	0.010-0.015	1.60	0.22	/
0.42	0.32	0.04	0.32	0.04	0.32	0.04	0.93	0.88-0.96	3.74	3.10-4.75	0.011	0.009-0.014	1.21	0.32	/
0.50	0.32	0.05	0.32	0.05	0.32	0.05	0.91	0.84-0.95	4.61	3.82-5.86	0.015	0.012-0.018	1.10	0.35	/
0.62	0.32	0.05	0.32	0.05	0.32	0.05	0.93	0.88-0.96	4.72	3.91-5.99	0.014	0.011-0.017	0.40	0.68	/
0.72	0.31	0.04	0.31	0.04	0.31	0.04	0.89	0.80-0.94	5.19	4.30-6.60	0.015	0.013-0.019	0.07	0.94	/
0.82	0.30	0.05	0.30	0.05	0.31	0.05	0.92	0.86-0.96	4.82	3.99-6.12	0.014	0.012-0.018	1.29	0.29	/

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a**.

**Tabela 10.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti reaktivnog indeksa izvođenja **RSI (m/s)**.

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	1.40	0.25	1.46	0.28	1.40	0.23	0.86	0.77-0.93	7.01	5.80-8.94	0.097	0.081-0.122	4.29	0.02	1 ≤ 3 ≤ 2
0.22	1.57	0.31	1.60	0.33	1.58	0.32	0.89	0.80-0.94	6.59	5.45-8.39	0.099	0.083-0.125	0.82	0.45	/
0.32	1.59	0.28	1.63	0.26	1.62	0.32	0.87	0.78-0.93	6.87	5.68-8.76	0.100	0.083-0.126	1.40	0.26	/
0.42	1.57	0.28	1.58	0.30	1.55	0.32	0.89	0.80-0.94	6.94	5.74-8.85	0.100	0.083-0.126	0.65	0.53	/
0.50	1.48	0.33	1.51	0.33	1.54	0.33	0.90	0.83-0.95	7.07	5.85-9.01	0.104	0.086-0.131	3.27	0.05	/
0.62	1.56	0.38	1.51	0.38	1.53	0.36	0.89	0.81-0.94	9.47	7.81-12.10	0.129	0.108-0.164	0.85	0.44	/
0.72	1.38	0.31	1.38	0.33	1.40	0.30	0.89	0.81-0.94	8.46	6.99-10.81	0.098	0.082-0.124	0.48	0.63	/
0.82	1.25	0.31	1.29	0.32	1.31	0.30	0.94	0.89-0.97	6.99	5.78-8.91	0.078	0.065-0.099	5.95	0.007	1 ≤ 2 ≤ 3

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a**.



### 7.1.5. Brzina težišta tela

Deskriptivna statistika i indikatori pouzdanosti varijabli maksimalna vrednost vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka ( $V_{peak\ con}$ ) i prosečna vrednost vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka ( $V_{mean\ con}$ ) su prikazani u Tabelama 11a, b.

Rezultati *A* varijable  $V_{peak\ con}$  (Tabela 11a) su od 2.53 do 2.67 *m/s*. Dobijeni rezultati su u opsegu visoke i veoma visoke pouzdanosti (*ICC* od 0.88 do 0.93). Dobijene vrednosti *CV* su od 1.7 do 2.3%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane *ANOVOM* ponovljenih merenja), osim kod visine saskoka sa 0.12 *m*.

Kod varijable  $V_{mean\ con}$  (Tabela 11b) rezultati *A* su u opsegu od 1.77 do 1.88 *m/s*. Dobijeni rezultati su visoke i veoma visoke pouzdanosti (*ICC* od 0.86 do 0.93). Vrednosti *CV* su od 1.7 do 2.5%, što ukazuje na nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika. Nisu utvrđene sistematske razlike između uzastopnih pokušaja (utvrđivane *ANOVOM* ponovljenih merenja).

**Tabela 11a.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti maksimalne vrednosti vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka  $V_{peak\ con}$  (m/s)

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	2.53	0.18	2.56	0.18	2.57	0.18	0.91	0.84-0.95	2.27	1.89-2.88	0.06	0.05-0.07	4.81	0.02	1 ≤ 2 ≤ 3
0.22	2.58	0.16	2.60	0.16	2.61	0.16	0.89	0.82-0.94	2.17	1.80-2.74	0.06	0.05-0.07	1.98	0.16	/
0.32	2.63	0.14	2.63	0.15	2.65	0.14	0.88	0.80-0.94	1.72	1.43-2.18	0.05	0.04-0.06	1.32	0.28	/
0.42	2.65	0.16	2.67	0.17	2.66	0.17	0.93	0.87-0.96	1.68	1.40-2.13	0.04	0.04-0.06	1.46	0.25	/
0.50	2.63	0.19	2.65	0.18	2.65	0.17	0.90	0.83-0.95	2.13	1.77-2.69	0.06	0.05-0.07	1.30	0.29	/
0.62	2.65	0.18	2.64	0.19	2.64	0.19	0.93	0.87-0.96	2.07	1.72-2.62	0.05	0.04-0.07	0.25	0.78	/
0.72	2.61	0.17	2.60	0.17	2.61	0.17	0.89	0.81-0.94	2.26	1.87-2.86	0.06	0.05-0.07	0.16	0.86	/
0.82	2.59	0.18	2.59	0.19	2.61	0.21	0.92	0.86-0.96	2.11	1.75-2.68	0.05	0.05-0.07	1.16	0.33	/

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a.**

**Tabela 11b.** Deskriptivna statistika i analiza pouzdanosti prosečne vrednosti vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka  $V_{mean\ con}$  (m/s).

Visina saskoka (m)	Pokušaj 1		Pokušaj 2		Pokušaj 3		ANOVA								
	A	SD	A	SD	A	SD	ICC	CI <sub>95%</sub>	CV	CI <sub>95%</sub>	SEM	CI <sub>95%</sub>	F	p	Post hok
0.12	1.77	0.11	1.78	0.11	1.79	0.10	0.89	0.81-0.94	2.15	1.79-2.73	0.04	0.03-0.05	2.88	0.07	/
0.22	1.82	0.10	1.83	0.10	1.83	0.10	0.86	0.76-0.92	2.00	1.66-2.54	0.04	0.03-0.05	1.67	0.21	/
0.32	1.85	0.09	1.86	0.09	1.86	0.09	0.87	0.77-0.93	1.65	1.37-2.09	0.03	0.03-0.04	0.74	0.49	/
0.42	1.86	0.10	1.88	0.11	1.86	0.11	0.91	0.84-0.95	1.73	1.44-2.19	0.03	0.03-0.04	2.99	0.07	/
0.50	1.86	0.12	1.86	0.12	1.86	0.11	0.88	0.79-0.93	2.34	1.94-2.96	0.04	0.04-0.05	0.23	0.80	/
0.62	1.86	0.12	1.85	0.13	1.85	0.14	0.89	0.81-0.94	2.50	2.07-3.16	0.04	0.04-0.05	0.69	0.51	/
0.72	1.82	0.12	1.81	0.12	1.82	0.12	0.90	0.83-0.95	2.18	1.81-2.76	0.04	0.03-0.05	0.72	0.50	/
0.82	1.79	0.13	1.80	0.14	1.81	0.14	0.93	0.88-0.96	2.04	1.69-2.58	0.04	0.03-0.05	2.13	0.14	/

Pogledati legendu ispod **Tabele 6a.**

## **7.2.      *Utica*j visine saskoka na kinetičke i kinematičke varijable**

Jednofaktorskom analizom varijanse (na celokupnom uzorku ispitanika  $n = 30$ ) istražen je uticaj osam različitih visina saskoka primenjivanih u eksperimentu (0.12, 0.22, 0.32, 0.42, 0.50, 0.62, 0.72, 0.82 m) na zavisne kinetičke i kinematičke varijable (nivo značajnosti  $p < 0.05$ ). Dobijeni rezultati su korišćeni za ispitivanje cilja 2 (pogledati Tabelu 13). Deskriptivna statistika ( $A$  i  $SD$ ) zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli je prikazana u Tabeli 12 i Slikama od 11 do 17.

**Tabela 12.** Deskriptivna statistika ispitivanih zavisnih varijabli.

Visina saskoka	0.12 (m)		0.22 (m)		0.32 (m)		0.42 (m)		0.50 (m)		0.62 (m)		0.72 (m)		0.82 (m)	
	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD
FP <sub>ecc</sub> (N/BW <sup>0.67</sup> )	226	28	253	33	272	32	272	35	285	29	300	26	302	25	304	25
FP <sub>con</sub> (N/BW <sup>0.67</sup> )	222	25	245	32	252	32	244	32	240	36	242	38	220	30	204	28
FM <sub>ecc</sub> (N/BW <sup>0.67</sup> )	120	20	141	23	158	19	167	20	175	17	191	19	190	18	189	17
FM <sub>con</sub> (N/BW <sup>0.67</sup> )	129	9	137	13	139	11	136	12	134	13	134	14	127	14	122	13
PP <sub>ecc</sub> (W/BW <sup>0.67</sup> )	205	48	278	50	355	61	420	78	503	81	599	81	708	120	797	105
PP <sub>con</sub> (W/BW <sup>0.67</sup> )	317	32	344	40	353	36	353	44	344	49	347	52	322	53	304	52
PM <sub>ecc</sub> (W/BW <sup>0.67</sup> )	110	22	153	26	196	25	233	29	264	25	306	35	324	33	339	35
PM <sub>con</sub> (W/BW <sup>0.67</sup> )	182	20	196	23	201	20	201	23	197	27	197	29	185	29	176	28
T <sub>total</sub> (s)	0.202	0.028	0.191	0.029	0.190	0.025	0.201	0.029	0.206	0.028	0.201	0.031	0.216	0.029	0.229	0.027
T <sub>ecc</sub> (s)	0.084	0.019	0.081	0.018	0.081	0.014	0.086	0.016	0.089	0.015	0.086	0.017	0.092	0.016	0.099	0.015
T <sub>con</sub> (s)	0.118	0.012	0.110	0.014	0.109	0.013	0.114	0.014	0.117	0.015	0.115	0.015	0.124	0.014	0.131	0.014
H (m)	0.30	0.04	0.31	0.04	0.32	0.04	0.33	0.04	0.33	0.05	0.32	0.05	0.32	0.05	0.31	0.05
RSI	1.52	0.27	1.66	0.33	1.70	0.25	1.68	0.31	1.63	0.32	1.64	0.36	1.49	0.31	1.37	0.30
V <sub>peak con</sub> (m/s)	2.58	0.17	2.61	0.16	2.64	0.14	2.69	0.14	2.68	0.18	2.66	0.17	2.64	0.18	2.63	0.19
V <sub>mean con</sub> (m/s)	1.80	0.11	1.84	0.10	1.87	0.09	1.90	0.09	1.89	0.12	1.88	0.12	1.85	0.13	1.83	0.13

**Legenda:** *A* – aritmetička sredina, *SD* – standardna devijacija, *FP<sub>ecc</sub>* – relativizovana maksimalna vrednost vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka, *FP<sub>con</sub>* – relativizovana maksimalna vrednost vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom koncentrične faze odskoka, *FM<sub>ecc</sub>* – relativizovana vrednost prosečne vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka, *FM<sub>con</sub>* – relativizovana prosečna vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom koncentrične faze odskoka, *PP<sub>ecc</sub>* – relativizovana maksimalna mišićna snaga u ekscentričnoj fazi odskoka, *PM<sub>ecc</sub>* – relativizovana prosečna mišićna snaga u ekscentričnoj fazi odskoka, *PP<sub>con</sub>* – relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka, *PM<sub>con</sub>* – relativizovana prosečna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka, *T<sub>total</sub>* – trajanje kontakta stopala sa podlogom, *T<sub>ecc</sub>* – trajanje ekscentrične faze odskoka, *T<sub>con</sub>* – trajanje koncentrične faze odskoka, *H* – visina skoka, *RSI* – reaktivni indeks izvođenja skoka (visina skoka/trajanje odskoka), *V<sub>peak con</sub>* – maksimalna vrednost vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka, *V<sub>mean con</sub>* – prosečna vrednost vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka.

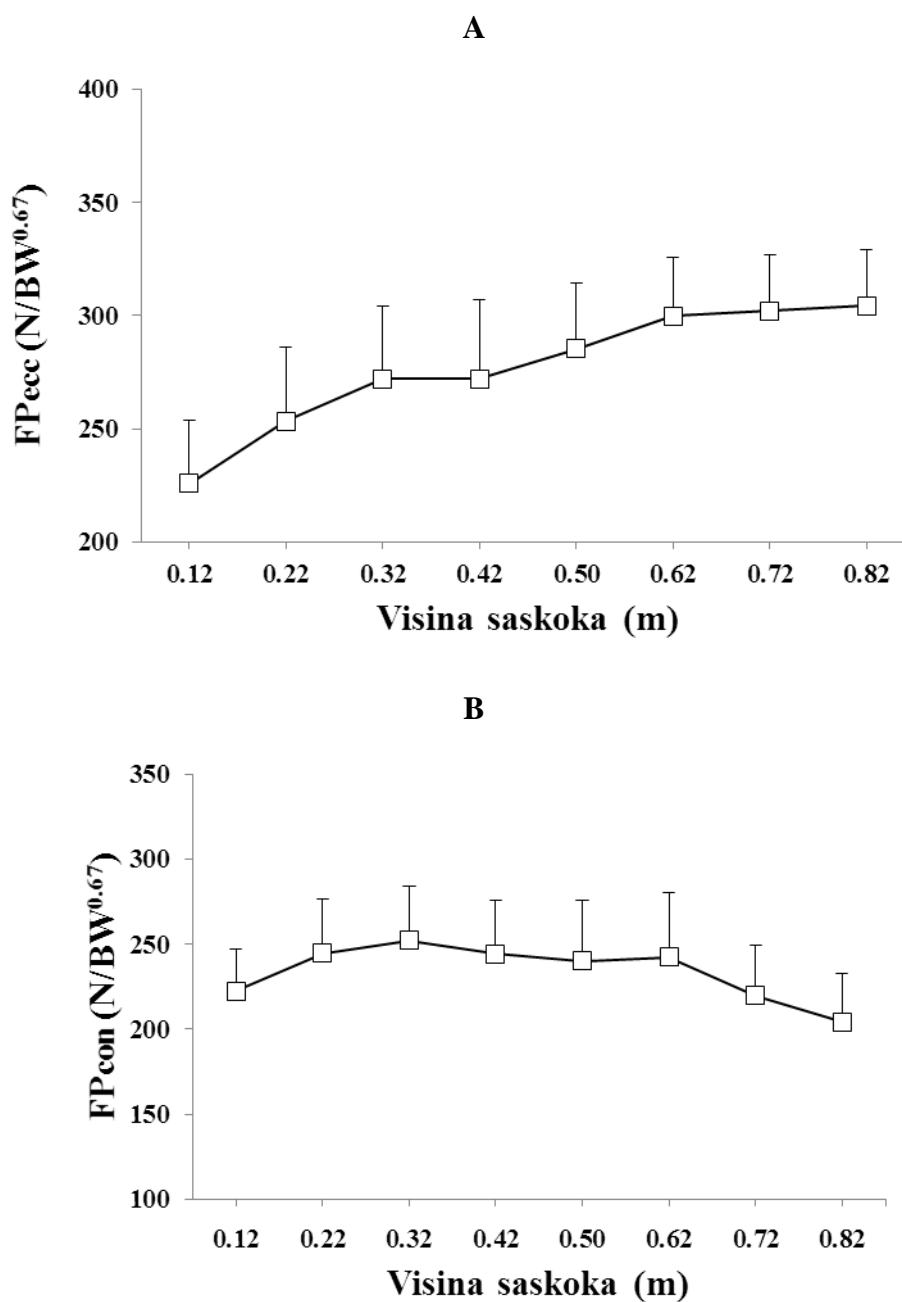
**Tabela 13.** Uticaj visine saskoka na zavisne kinetičke i kinematičke varijable kod skoka iz saskoka.

Varijable	F	p	$p\eta^2$	Veličina uticaja	Post hok
FP <sub>ecc</sub>	25.86	0.00	0.44	Veliki	12<22≤32,42=50 <sup>22</sup> ≤62,72,82
FP <sub>con</sub>	8.70	0.00	0.19	Veliki	12=22,42,50,62≤32>72 <sup>22</sup> ,82 <sup>22,32,42,50,62</sup>
FM <sub>ecc</sub>	52.75	0.00	0.61	Veliki	12<22<32=42≤50≤72,82≤62
FM <sub>con</sub>	6.54	0.00	0.16	Veliki	12=22=32=42=50=62=72 <sup>22,32</sup> =82 <sup>22,32,42,50,62</sup>
PP <sub>ecc</sub>	208.81	0.00	0.86	Veliki	12<22<32<42<50<62<72<82
PP <sub>con</sub>	4.86	0.00	0.13	Srednji	12=22=32=42=50=62=72≥82 <sup>22,32,42,50,62</sup>
PM <sub>ecc</sub>	261.41	0.00	0.88	Veliki	12<22<32<42<50<62≤72≤82
PM <sub>con</sub>	4.12	0.00	0.11	Srednji	12=22=32=42=50=62=72>82 <sup>32,42,50,62</sup>
T <sub>total</sub>	6.20	0.00	0.16	Veliki	12=22=32=42=50=62=72 <sup>22,32</sup> =82 <sup>12,22,32,42,50,62</sup>
T <sub>ecc</sub>	4.12	0.00	0.12	Srednji	12=22=32=42=50=62=72=82 <sup>12,22,32</sup>
T <sub>con</sub>	7.85	0.00	0.20	Veliki	12=22=32=42=50=62=72 <sup>22,32</sup> =82 <sup>12,22,32,42,50,62</sup>
H	1.37	0.22	0.04	/	/
RSI	4.04	0.00	0.11	Srednji	12=22=32=42=50=62=72≥82 <sup>22,32,42,50,62</sup>
V <sub>peak con</sub>	1.54	0.16	0.00	/	/
V <sub>mean con</sub>	2.73	0.01	0.00	Mali	12=22,32,62,72,82≤42,50

Skraćenice varijabli pogledati ispod **Tabele 12.**

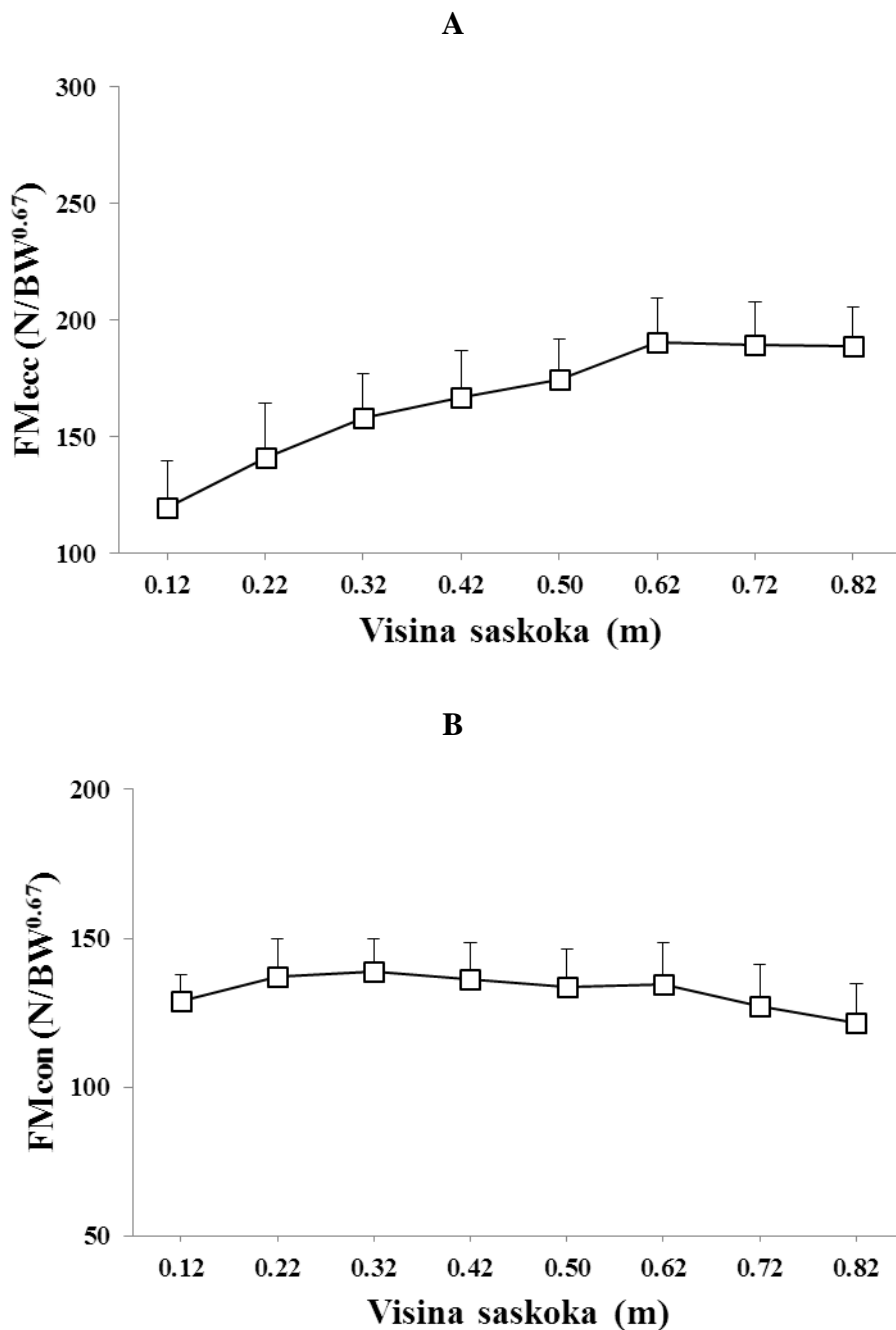
**Legenda:** F – F test; p – p vrednost;  $p\eta^2$  – eta kvadrat; < > – manje/veće; ≤ ≥ – jednako sa prvim, i manje/veće od ostalih; eksponent – pokazuje od kojih visina saskoka se značajno razlikuju vrednosti varijable realizovane sa visine saskoka kod koje je stavljen eksponent; = – jednako; statistička značajnost  $p < 0.05$ .

Dobijen je statistički značajan uticaj visine saskoka na varijable  $FP_{ecc}$  i  $FP_{con}$  ( $p < 0.05$ ). Vrednosti varijable  $FP_{ecc}$  su u opsegu od 164 do 345  $N/BW^{0.67}$  a varijable  $FP_{con}$  su u opsegu od 161 do 266  $N/BW^{0.67}$ .



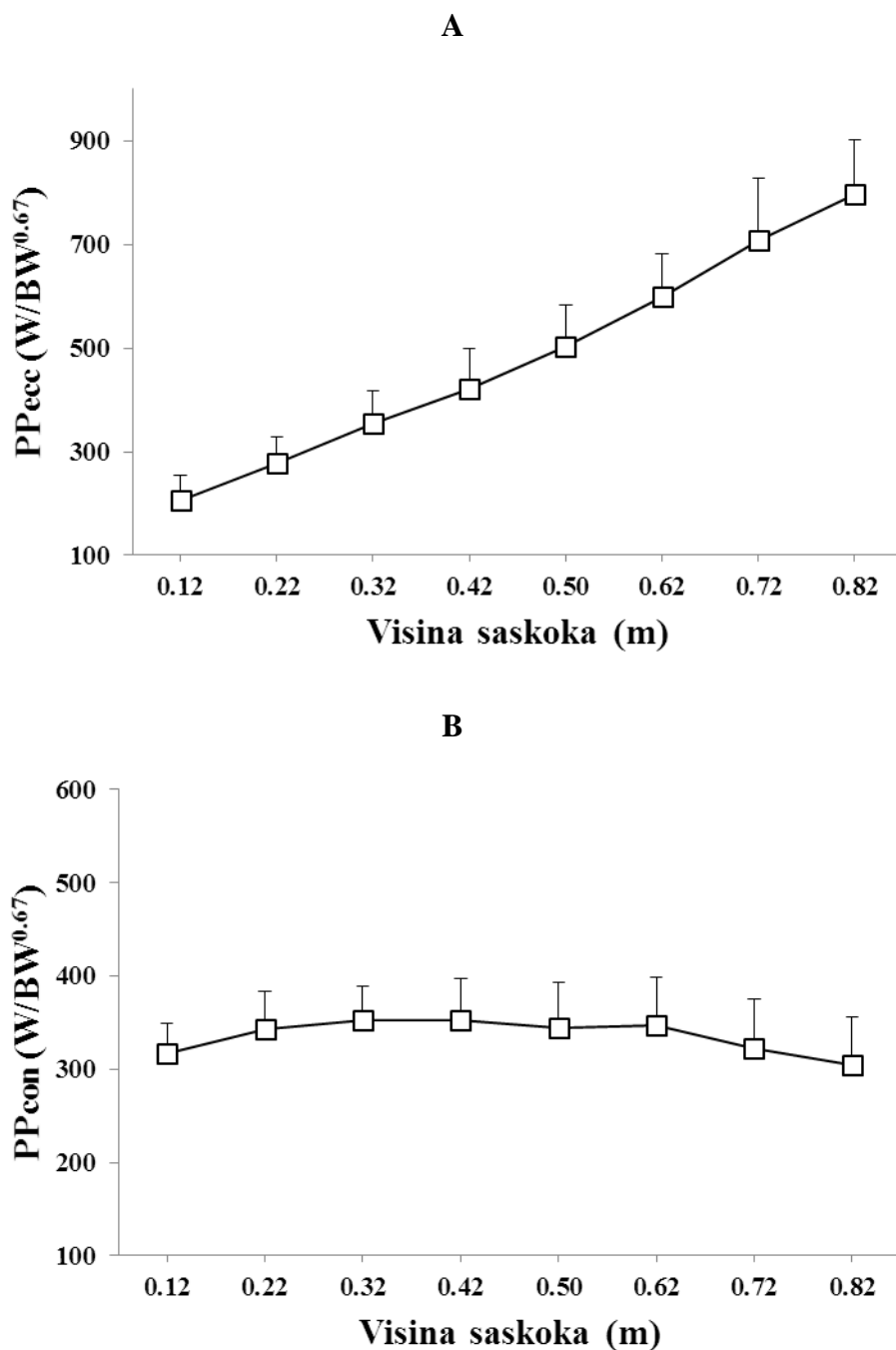
**Slika 11.** Uticaj visine saskoka na ispoljavanje relativizovane maksimalne vrednosti vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične ( $FP_{ecc}$ ) (panel A) i koncentrične ( $FP_{con}$ ) (panel B) faze odskoka.

Statistički značajan uticaj visine saskoka je dobijen na varijable  $FM_{ecc}$  i  $FM_{con}$  ( $p < 0.05$ ). Vrednosti varijable  $FM_{ecc}$  su u opsegu od 81 do 221  $N/BW^{0.67}$  a varijable  $FM_{con}$  su u opsegu od 101 do 175  $N/BW^{0.67}$ .



**Slika 12.** Uticaj visine saskoka na ispoljavanje relativizovane prosečne vrednosti vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične ( $FM_{ecc}$ ) (panel A) i koncentrične ( $FM_{con}$ ) (panel B) faze odskoka.

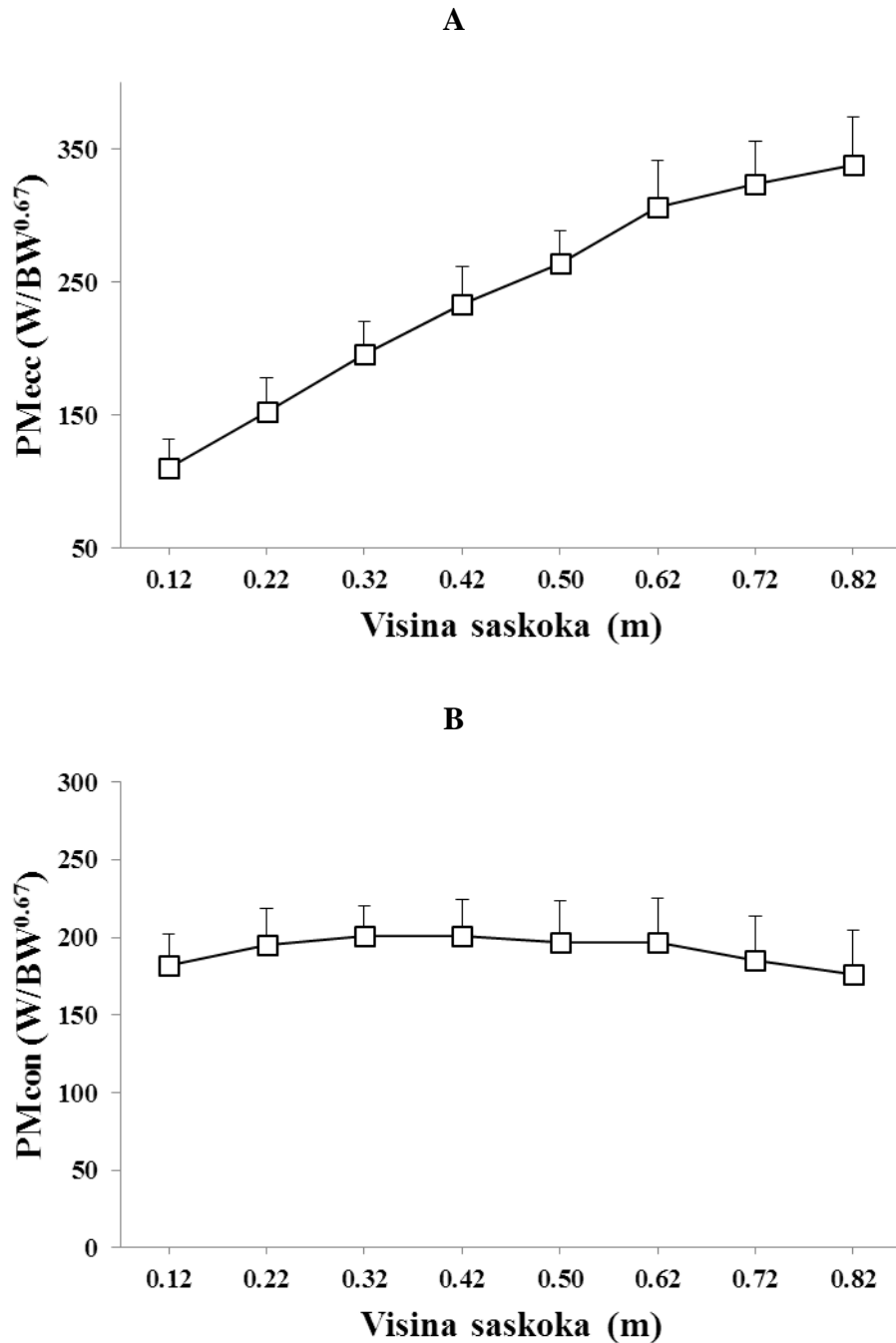
Dobijen je statistički značajan uticaj visine saskoka na varijable  $PP_{ecc}$  i  $PP_{con}$  ( $p < 0.05$ ). Vrednosti varijable  $PP_{ecc}$  su u opsegu od 135 do 950  $W/BW^{0.67}$ , za  $PP_{con}$  su u opsegu od 222 do 499  $W/BW^{0.67}$ .



**Slika 13.** Uticaj visine saskoka na ispoljavanje relativizovane maksimalne mišićne snage tokom ekscentrične ( $PP_{ecc}$ ) (panel A) i koncentrične ( $PP_{con}$ ) (panel B) faze odskoka.

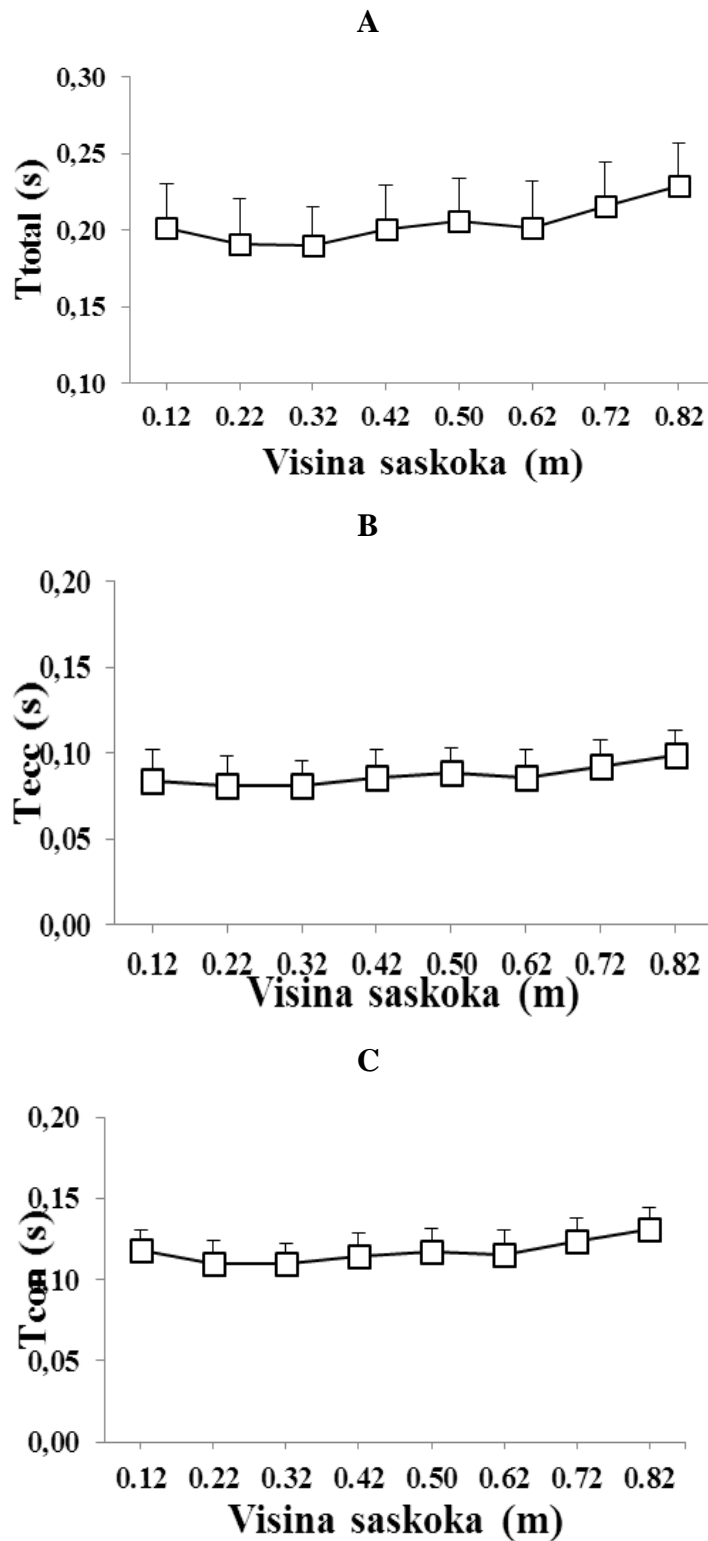


Uticaj visine saskoka na varijable  $PM_{ecc}$  i  $PM_{con}$  je statistički značajan ( $p < 0.05$ ). Vrednosti varijable  $PM_{ecc}$  su u opsegu od 70 do 394  $W/BW^{0.67}$ , za varijablu  $PM_{con}$  su u opsegu od 134 do 274  $W/BW^{0.67}$ .



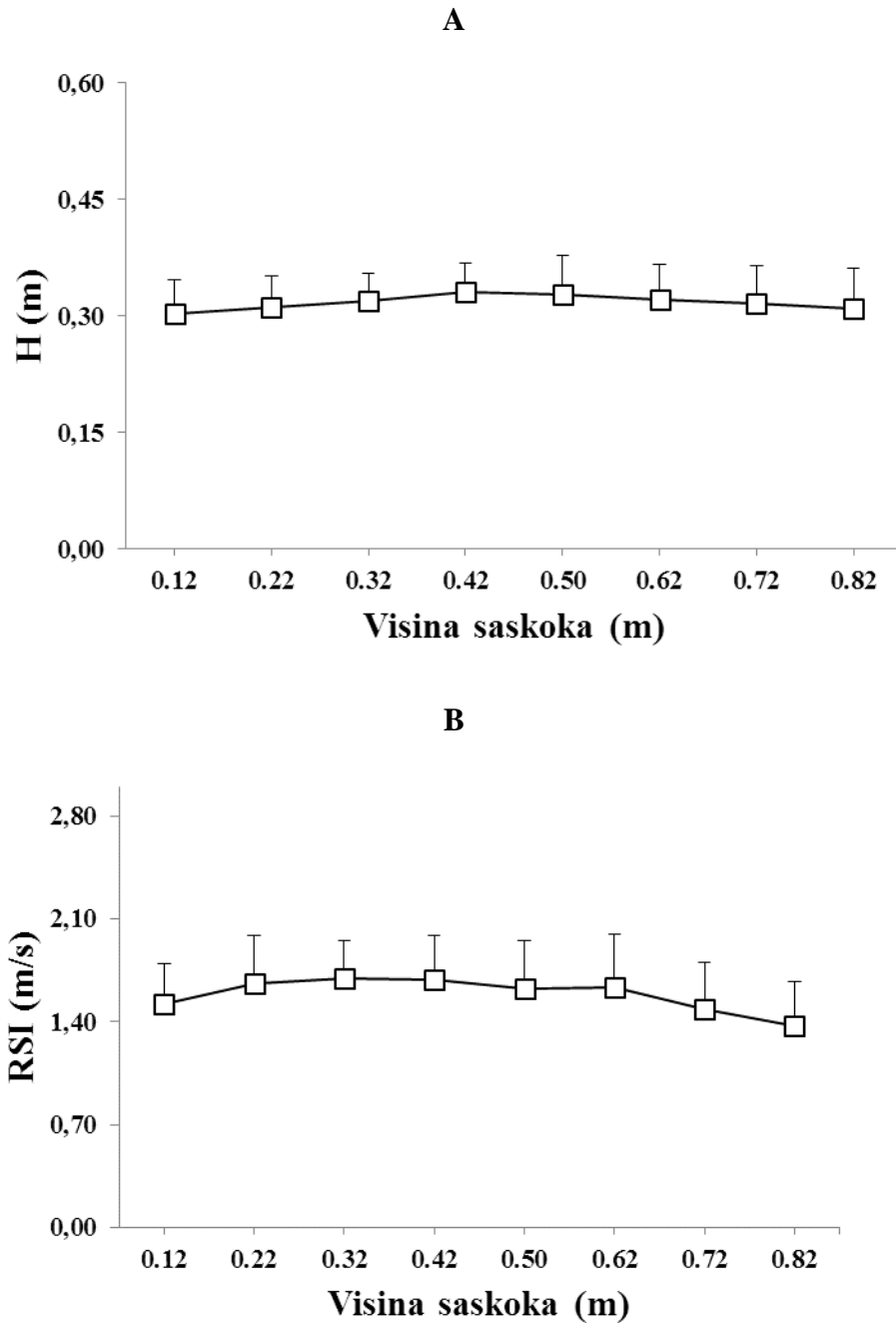
**Slika 14.** Uticaj visine saskoka na ispoljavanje relativizovane prosečne mišićne snage tokom ekscentrične ( $PM_{ecc}$ ) (panel A) i koncentrične ( $PM_{con}$ ) (panel B) faze odskoka.

Dobijen je statistički značajan uticaj visine saskoka na varijable  $T_{total}$ ,  $T_{ecc}$  i  $T_{con}$  ( $p < 0.05$ ). Vrednosti varijable  $T_{total}$  su u opsegu od 0.14 do 0.29 s,  $T_{ecc}$  od 0.05 do 0.14 s,  $T_{con}$  od 0.09 do 0.16 s.



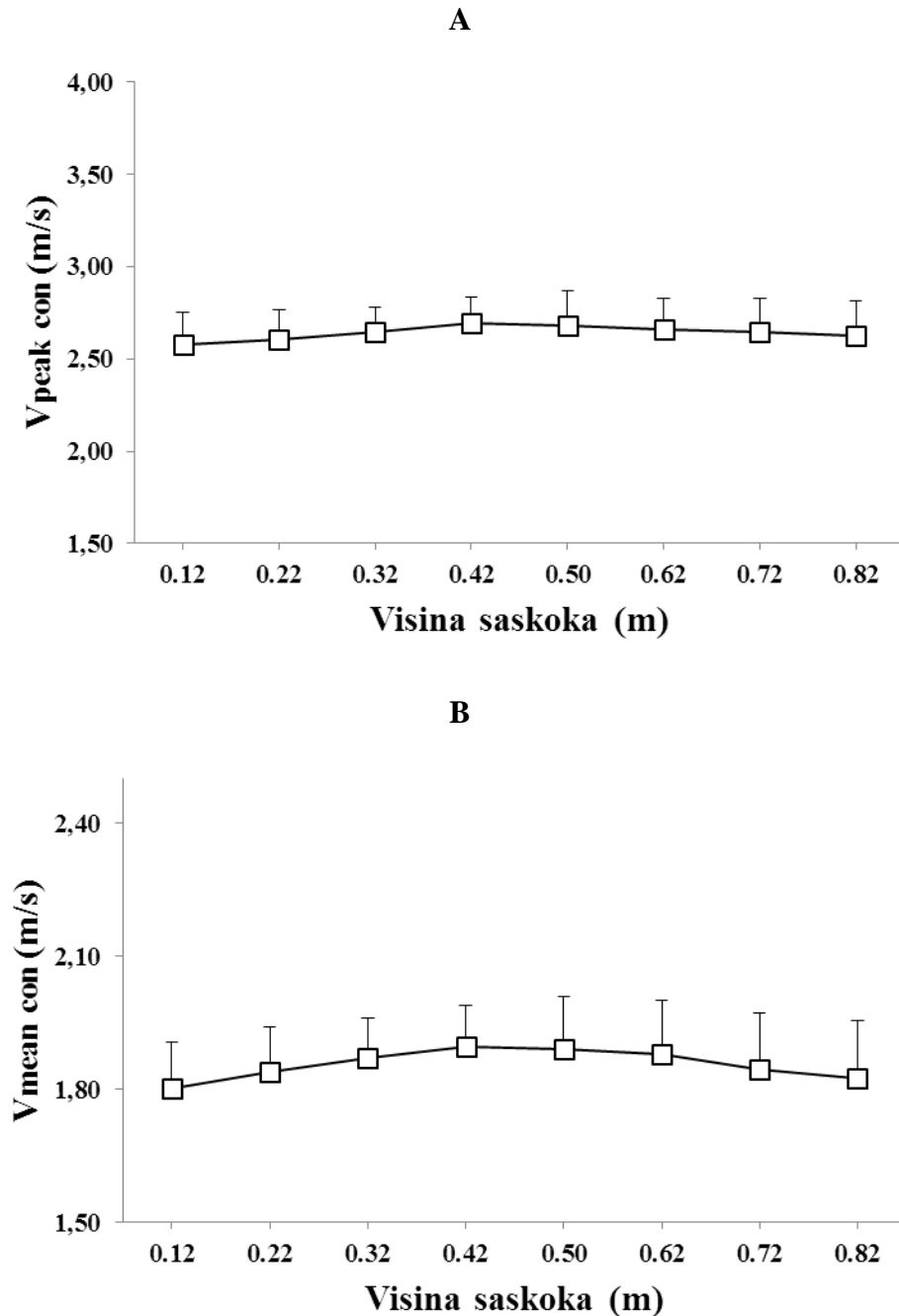
**Slika 15.** Uticaj visine saskoka na ukupno trajanje odskoka ( $T_{total}$ ) (panel A), trajanje ekscentrične ( $T_{ecc}$ ) (panel B) i koncentrične faze odskoka ( $T_{con}$ ) (panel C).

Uticaj visine saskoka se nije pokazao značajnim ( $p > 0.05$ ) na varijablu  $H$ . Vrednosti varijable su u opsegu od 0.21 m do 0.43 m. Kod zavisne varijable  $RSI$  dobijen je statistički značajan uticaj visine saskoka ( $p < 0.05$ ). Vrednosti  $RSI$  su u opsegu od 0.91 do 2.45.



**Slika 16.** Uticaj visine saskoka na visinu skoka ( $H$ ) (panel A) i reaktivni indeks izvođenja skoka ( $RSI$ ) (panel B).

Nije dobijen statistički značajan uticaj visine saskoka na varijablu  $V_{peak\ con}$  ( $p > 0.05$ ), vrednosti varijable su u opsegu od 2.25 m/s do 3.05 m/s. Na rezultate zavisne varijable  $V_{mean\ con}$  visina saskoka je statistički značajno uticala ( $p < 0.05$ ) a vrednosti su u opsegu od 1.62 do 2.12 m/s.



**Slika 17.** Uticaj visine saskoka na ispoljavanje maksimalne vrednosti vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične ( $V_{peak\ con}$ ) (panel A) i prosečne vrednosti vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične ( $V_{mean\ con}$ ) faze odskoka.

### 7.3. Pouzdanost metoda za određivanje optimalne visine saskoka

Deskriptivna statistika ( $A$  i  $SD$ ) i indikatori pouzdanosti ( $ICC$ ,  $CV$ ,  $SEM$ ,  $CI_{95\%}$ ,  $p$  vrednosti)  $DH_{opt}$  određene varijablama: relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka ( $PP_{con}$ ), visina skoka ( $H$ ) i reaktivni indeks izvođenja ( $RSI$ ) metodom *biranja* i *predviđanja* za svaki pojedinačni pokušaj (na celokupnom uzorku ispitanika  $n = 30$ ) prikazane su u Tabelama 14a, b i c.

Za  $DH_{opt}$  određenu varijablom  $PP_{con}$  metodom *biranja* dobijen je nizak a metodom *predviđanja* visok nivo pouzdanosti. Vrednosti  $CV$  za metod *biranja* ukazuju na nizak a metodom *predviđanja* izrazito nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika.

**Tabela 14a.** Pouzdanost metoda biranja i predviđanja  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$ .

	Pokušaj	Metod biranja		Metod predviđanja	
		A (m)	SD (m)	A (m)	SD (m)
$DH_{opt}$ (m)	1	0.45	± 0.15	0.42	± 0.11
	2	0.49	± 0.16	0.41	± 0.11
	3	0.45	± 0.17	0.43	± 0.13
	F	1.40		0.81	
	p	0.26		0.45	
	ICC ( $CI_{95\%}$ )*	0.42 (0.42 – 0.84)		0.74 (0.82 – 0.95)	
	CV ( $CI_{95\%}$ )	37.6 (30.4 – 49.6)		17.0 (14.0 – 22.0)	
	SEM ( $CI_{95\%}$ )	0.13 (0.11 – 0.17)		0.05 (0.05 – 0.07)	

**Legenda:**  $DH_{opt}$  – optimalna visina saskoka,  $A$  – aritmetička sredina,  $SD$  – standardna devijacija,  $F$  –  $F$  test,  $p$  –  $p$  vrednost,  $ICC$  – intraklasni korelacioni koeficijent,  $CV$  – koeficijent varijacije,  $SEM$  – standardna greška merenja,  $CI_{95\%}$  – interval pouzdanosti na nivou poverenja od 95%, \* – pojedinačna mera (*eng. single measure*).

Kada je  $DH_{opt}$  određena varijablom  $H$  metodama *biranja* i *predviđanja* dobijen je umeren nivo pouzdanosti rezultata. Vrednosti  $CV$  za metod *biranja* ukazuju na nizak a za metod *predviđanja* na prosečan nivo varijabilnosti unutar ispitanika.

**Tabela 14b.** Pouzdanost metoda biranja i predviđanja  $DH_{opt}$  određene varijablom  $H$ .

Varijabla	Pokušaj	Metod biranja			Metod predviđanja		
		A (m)	SD (m)		A (m)	SD (m)	
$DH_{opt}$ (m)	1	0.44	±	0.18	0.49	±	0.17
	2	0.47	±	0.15	0.47	±	0.13
	3	0.45	±	0.19	0.44	±	0.18
	F	5.41			5.62		
	p	0.00			0.00		
	ICC (CI <sub>95%</sub> )*	0.60 (0.39 – 0.76)			0.61 (0.41 – 0.77)		
	CV (CI <sub>95%</sub> )	36.7 (29.7 – 48.4)			40.6 (32.7 – 53.7)		
	SEM (CI <sub>95%</sub> )	11.16 (9.28 – 14.10)			10.44 (8.68 – 13.18)		

Pogledati legendu ispod **Tabele 14a.**

Za  $DH_{opt}$  određenu varijablom  $RSI$  metodom *biranja* i *predviđanja* dobijena je umerena pouzdanost. Vrednosti  $CV$  za metod *biranja* ukazuju na nizak a za metod *predviđanja* na prosečan nivo varijabilnosti unutar ispitanika (Tabela 14c).

**Tabela 14c.** Pouzdanost metoda biranja i predviđanja  $DH_{opt}$  određene varijablom  $RSI$ .

Varijabla	Pokušaj	Metod biranja			Metod predviđanja		
		A (m)	SD (m)		A (m)	SD (m)	
$DH_{opt}$ (m)	1	0.39	±	0.15	0.38	±	0.12
	2	0.43	±	0.15	0.36	±	0.15
	3	0.39	±	0.15	0.38	±	0.14
	F	4.70			7.43		
	p	0.00			0.00		
	ICC (CI <sub>95%</sub> )*	0.55 (0.34 – 0.73)			0.68 (0.50 – 0.82)		
	CV (CI <sub>95%</sub> )	32.3 (26.2 – 42.4)			48.1 (38.6 – 64.2)		
	SEM (CI <sub>95%</sub> )	10.15 (8.44 – 12.82)			8.00 (6.65 – 10.10)		

Pogledati legendu ispod **Tabele 14a.**

#### 7.4. Povezanost različitih metoda za određivanje optimalne visine saskoka

Vrednosti  $A$  i  $SD$  celokupnog uzorka ispitanika ( $n = 30$ )  $DH_{opt}$  određene varijablama  $PP_{con}$ ,  $H$ ,  $RSI$ , metodom *biranja* i *predviđanja* prikazane su u Tabeli 15. Povezanost metoda *biranja* i *predviđanja*  $DH_{opt}$  određena varijablama  $PP_{con}$ ,  $H$ ,  $RSI$  kod skoka iz saskoka je korišćena za utvrđivanje cilja 4.

**Tabela 15.** Deskriptivna statistika varijabli kojima je određena  $DH_{opt}$ .

$DH_{opt}$ (m)	Metod biranja			Metod predviđanja		
	A		SD	A		SD
$PP_{con}$	0.47	±	0.14	0.43	±	0.10
H	0.49	±	0.16	0.47	±	0.17
RSI	0.37	±	0.14	0.38	±	0.10

**Legenda:**  $DH_{opt}$  – optimalna visina saskoka,  $A$  – aritmetička sredina,  $SD$  – standardna devijacija,  $PP_{con}$  – relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka,  $H$  – visina skoka,  $RSI$  – reaktivni indeks izvođenja.

Iz Tabela 16a i b se vidi da je normalnost zadovoljena kod  $DH_{opt}$  određene varijablama  $PP_{con}$ ,  $H$ ,  $RSI$ , metodom *predviđanja* i  $H$  metodom *biranja*. Kada je  $DH_{opt}$  određena preko varijabli  $PP_{con}$  i  $RSI$  metodom *biranja* ona nije zadovoljena. Kod navedenih metoda i korišćenih varijabli za određivanje  $DH_{opt}$  utvrđeno je da ne postoje ekstremne tačke.

**Tabela 16a.** Normalnost raspodele rezultata Metode predviđanja.

$DH_{opt}$	Shapiro-Wilk		
	Statistic	n	sig.
$PP_{con}$	0.95	30	0.16
H	0.95	30	0.18
RSI	0.97	30	0.54

**Legenda:**  $n$  – broj ispitanika,  $sig.$  – nivo značajnosti definisan sa  $p > 0.05$ .

**Tabela 16b.** Normalnost raspodele rezultata Metode biranja.

$DH_{opt}$	Shapiro-Wilk		
	Statistic	n	sig.
$PP_{con}$	0.88	30	0.00
H	0.94	30	0.10
RSI	0.85	30	0.00

Pogledati legendu ispod **Tabele 16a.**

Izračunata je jaka pozitivna  $r$  ( $p < 0.01$ , pogledati Tabelu 17a) između dva metoda kod svih korišćenih varijabli za određivanje  $DH_{opt}$ . Nakon toga je urađen  $t$  test za zavisne uzorke kako bi se utvrdilo da li postoji statistički značajna razlika u  $DH_{opt}$  između dva metoda (za sve vrednosti statističke značajnosti  $t$  testa zavisnih uzoraka pogledati Tabelu 17a).

Kada je  $DH_{opt}$  određena varijablom  $PP_{con}$  metodom *biranja* i *predviđanja*  $t_{(29)} = -2.26$  utvrđena je statistički značajna razlika ( $p < 0.05$ ). Prosečno smanjenje vrednosti  $DH_{opt}$  je bilo za 0.04 m dok se  $CI_{95\%}$  proteže od -0.09 do -0.004.

Određivanje  $DH_{opt}$  varijablom  $H$  metodom *biranja* i *predviđanja*  $t$  testom zavisnih uzoraka nije utvrđena statistički značajna razlika ( $p > 0.05$ ),  $t_{(29)} = 0.86$ , prosečno smanjenje vrednosti  $DH_{opt}$  je bilo 0.02 m a  $CI_{95\%}$  se proteže od -0.02 do 0.06.

Vrednosti  $DH_{opt}$  definisane na osnovu varijable  $RSI$  metodom *biranja* i *predviđanja* takođe se ne razlikuju statistički značajno ( $p > 0.05$ ),  $t_{(29)} = -0.77$ . Prosečno povećanje vrednosti  $DH_{opt}$  je bilo za 0.01 m dok je  $CI_{95\%}$  od -0.02 do 0.05.

**Tabela 17a.** Povezanost i utvrđivanje razlika  $DH_{opt}$  određene varijablama  $PP_{con}$ ,  $H$ ,  $RSI$ , metodom biranja i predviđanja.

Varijable	Korelacija	t test zavisnih uzoraka
$PP_{con}$	$r = 0.61^{**}$	$p = 0.03$
$H$	$r = 0.80^{**}$	$p = 0.39$
$RSI$	$r = 0.75^{**}$	$p = 0.45$

**Legenda:**  $PP_{con}$  – relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka,  $H$  – visina skoka,  $RSI$  – reaktivni indeks izvođenja,  $r$  – koeficijent linearne Pirsonove korelacija;  $^{**}$ nivo statističke značajnosti  $p < 0.01$ .

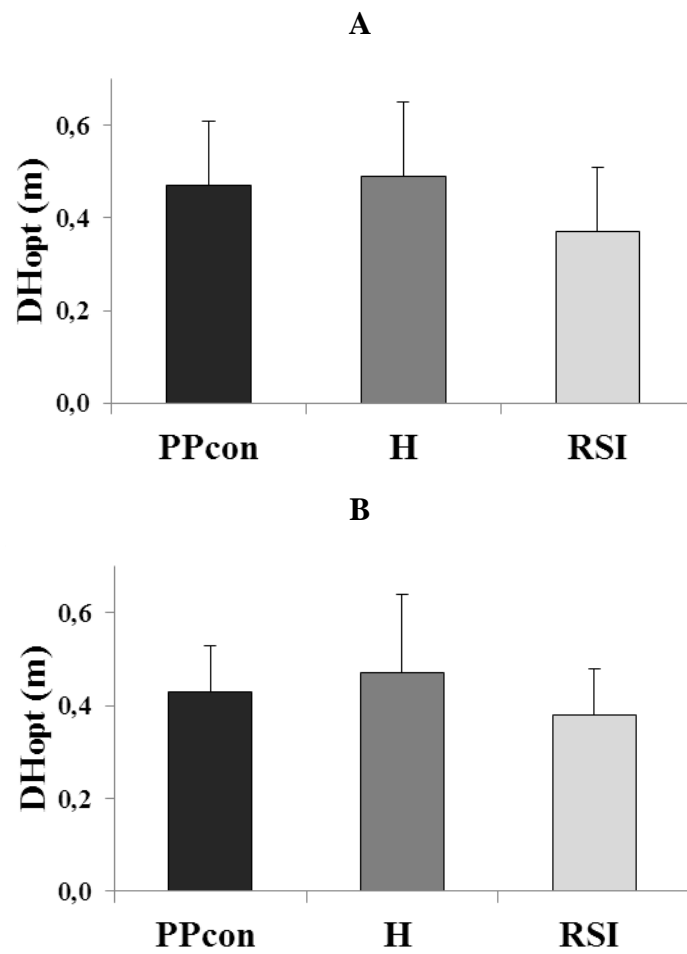
Da bi se utvrdilo da li postoji značajna razlika između korišćenih varijabli za određivanje  $DH_{opt}$  metodom *biranja* i *predviđanja* korišćena je jednofaktorska ANOVA ponovljenih merenja. Utvrđen je značajan uticaj varijable kojom se određuje  $DH_{opt}$  kod metoda *biranja* i *predviđanja* (pogledati Tabelu 17b i Sliku 18).

**Tabela 17b.** Komparativna analiza za utvrđivanje razlika između varijabli  $PP_{con}$ ,  $H$ ,  $RSI$ .

Metod	$DH_{opt}$	F	p	$p\eta^2$	Post hok
Biranje	$PP_{con}$ , $H$ , $RSI$	7.30	0.00	0.34	$RSI < PP_{con} \leq H$
Predviđanja	$PP_{con}$ , $H$ , $RSI$	6.56	0.00	0.32	$RSI < PP_{con} \leq H$

**Legenda:**  $DH_{opt}$  – optimalna visina saskoka,  $F$  –  $F$  test,  $p$  –  $p$  vrednost,  $p\eta^2$  – eta kvadrat,  $<$  – manje/veće,  $\leq$  – manje/veće od prvog ali statistički neznačajno i statistički značajno manje/veće od ostalih vrednosti. Statistička značajnost  $p < 0.05$ .





**Slika 18.** Aritmetičke sredine i standardne devijacije  $DH_{opt}$  određene varijablama: relativizovana maksimalna mišićna snaga tokom koncentrične faze odskoka ( $PP_{con}$ ), visina skoka ( $H$ ), reaktivni indeks izvođenja ( $RSI$ ) metodom biranja (panel A) i predviđanja (panel B).

## 7.5. Povezanost morfoloških varijabli sa optimalnom visinom saskoka

Vrednosti  $A$  i  $SD$ , godina i morfoloških varijabli na celokupnom uzorku ispitanika ( $n = 30$ ) prikazane su u Tabeli 18.

**Tabela 18.** Deskriptivna statistika celokupnog uzorka ispitanika ( $n = 30$ ).

Varijable	A		SD
Godine	20.73	±	1.26
BW (kg)	77.40	±	9.51
BH (m)	1.84	±	0.07
BF%	11.24	±	3.77
BM%	50.69	±	2.23
BMI	22.87	±	2.10

**Legenda:** *BW* – telesna masa, *BH* – telesna visina, *BF%* – procenat masnog tkiva u telu, *BM%* – procenat mišićnog tkiva u telu, *BMI* – indeks telesne mase,  $n$  – broj ispitanika.

Povezanost morfoloških varijabli sa  $DH_{opt}$  (određenom varijablama:  $PP_{con}$ ,  $H$ ,  $RSI$ , metodom *biranja* i *predviđanja*) je istražena pomoću  $r$ . Dobijeni rezultati su korišćeni za utvrđivanje cilja 5. Varijabla godine (starost) nije statistički obrađivana već je samo navedena kao dodatna deskripcija ispitanika. Iz Tabele 19 se vidi da prema *Shapiro-Wilk* testu normalna raspodela rezultata nije dobijena samo kod varijable  $BM\%$ . Kod ispitivanih varijabli  $BW$ ,  $BF\%$ ,  $BM\%$ ,  $BMI$  (za nazive varijabli pogledati legendu Tabele 18) utvrđeno je da ne postoje ekstremne tačke.

**Tabela 19.** Normalnost raspodele morfoloških varijabli celokupnog uzorka.

morf. var.	Shapiro-Wilk		
	Statistic	n	sig.
BMI	0.98	30	0.85
BH	0.98	30	0.68
BM%	0.93	30	0.04
BF%	0.94	30	0.09
BW	0.97	30	0.45

**Legenda:** *morf. var.* – morfološke varijable,  $n$  – broj ispitanika, *sig.* – nivo statističke značajnosti  $p < 0.05$ . Za skraćeniice varijabli pogledati legendu ispod **Tabele 18**.

Izračunata je negativna statistički značajna korelacija između  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$  metodom *predviđanja* sa varijablom  $BF\%$  i pozitivna sa varijablom  $BM\%$  ( $p < 0.05$ , pogledati Tabelu 20a).

Kada je ispitivana povezanost  $DH_{opt}$  određena varijablama  $H$  i  $RSI$ , metodom *biranja* i *predviđanja* sa morfološkim varijablama nije dobijena statistički značajna korelacija (Tabele 20b i 20c).

**Tabela 20a.** Povezanost morfoloških varijabli sa  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$  metodom biranja i predviđanja.

Varijable	Biranje	Predviđanje
BW	-0.21	-0.09
BH	-0.12	-0.06
BMI	-0.18	-0.09
BF%	-0.06	-0.42*
BM%	0.10	0.43*

Za skraćenice varijabli pogledati legendu ispod **Tabele 18.** \*Nivo značajnosti  $p < 0.05$ .

**Tabela 20b.** Povezanost morfoloških varijabli sa  $DH_{opt}$  određene varijablom  $H$  metodom biranja i predviđanja.

Varijable	Biranje	Predviđanje
BW	-0.13	-0.10
BH	0.06	-0.15
BMI	-0.15	0.02
BF%	-0.26	-0.05
BM%	0.28	0.07

Za skraćenice varijabli pogledati legendu ispod **Tabele 18.**

**Tabela 20c.** Povezanost morfoloških varijabli sa  $DH_{opt}$  određene varijablom  $RSI$  metodom biranja i predviđanja.

Varijable	Biranje	Predviđanje
BW	0.17	-0.06
BH	0.15	-0.10
BMI	0.16	0.09
BF%	-0.09	-0.14
BM%	0.11	0.17

Za skraćenice varijabli pogledati legendu ispod **Tabele 18.**

## 7.6. Povezanost maksimalne jačine mišića sa optimalnom visinom saskoka

Dobijene vrednosti  $A$  i  $SD$  maksimalne jačine ispitanika prikazane su na dva načina, odnosno preko dve varijable (pogledati Tabelu 21). U prvom načinu je računata maksimalna dinamička sila ( $MDS$ ). Za drugi način su normalizovane apsolutne vrednosti rezultata (podizanja tega koncentričnom mišićnom kontrakcijom iz polučučnja) u odnosu na telesnu masu ( $1 RM / BW^{0.67}$ ).

**Tabela 21.** Deskriptivna statistika varijabli maksimalne jačine svih ispitanika.

Varijable	A		SD
MDS (kg)	196.43	±	23.62
1 RM / $BW^{0.67}$ (kg)	7.01	±	1.31

Povezanost varijabli koje opisuju maksimalnu jačinu ispitanika na celokupnom uzorku ( $n = 30$ ) i  $DH_{opt}$  je ispitivana pomoću  $r$ . Dobijeni rezultati su korišćeni za utvrđivanje cilja 6. Iz Tabele 22 se vidi da je prema *Shapiro-Wilk* testu dobijena normalna raspodela rezultata kod obe varijable kojima se procenjuje maksimalna jačina ispitanika. Kod varijabli  $MDS$  i  $1 RM / BW^{0.67}$  utvrđeno je da ne postoje ekstremne tačke.

**Tabela 22.** Normalnost raspodele rezultata varijabli maksimalne jačina ispitanika.

Varijable	Shapiro-Wilk		
	Statistic	n	sig.
MDS	0.96	30	0.29
1 RM / $BW^{0.67}$	0.94	30	0.07

**Legenda:**  $1 RM / BW^{0.67}$  – normalizovana vrednost rezultata u testu polučučanj u odnosu na telesnu masu ( $BW$ ),  $MDS$  – maksimalna dinamička sila;  $n$  – broj ispitanika,  $sig.$  – nivo statističke značajnosti  $p < 0.05$ .

Izračunata je pozitivna statistički značajna  $r$  između  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$ , metodom *predviđanja* i varijable  $1 RM / BW^{0.67}$  ( $p < 0.01$ ,  $n = 30$ ) i  $MDS$  ( $p < 0.05$ ,  $n = 30$ ) (Tabela 23a).

Takođe je dobijena pozitivna statistički značajna korelacija između  $DH_{opt}$  određene varijablom  $H$ , metodom *predviđanja* sa varijablom  $1 RM / BW^{0.67}$  ( $p < 0.05$ ) i  $MDS$  ( $p < 0.05$ ) (Tabela 23b).

Kada se računala povezanost  $DH_{opt}$  određene varijablama  $PP_{con}$ ,  $H$ , metodom *biranja* i  $RSI$  *predviđanja* sa varijablama maksimalne jačine ispitanika nije dobijena statistički značajna

korelacija ali postoji pozitivan trend. Optimalna visina saskoka određena varijablom *RSI*, metodom *biranja* veoma nisko korelira sa maksimalnom jačinom ispitanika (Tabela 23c).

**Tabela 23a.** Prikaz  $r$  maksimalne jačine mišića i  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$ , metodom biranja i predviđanja.

Varijable	Biranje ( $PP_{con}$ )	Predviđanje ( $PP_{con}$ )
1 RM / $BW^{0.67}$	0.31	0.50**
MDS	0.12	0.40*

Za skraćenice varijabli pogledati legendu ispod **Tabele 22**.

**Legenda:** \*\* nivo statističke značajnosti  $p < 0.01$ ,

\*nivo statističke značajnosti značajnosti  $p < 0.05$ .

**Tabela 23b.** Prikaz  $r$  maksimalne jačine mišića i  $DH_{opt}$  određene varijablom  $H$ , metodom biranja i predviđanja.

Varijable	Biranje (H)	Predviđanje (H)
1 RM / $BW^{0.67}$	0.27	0.42*
MDS	0.19	0.36*

Pogledati legendu ispod **Tabela 22 i 23a**.

**Tabela 23c.** Prikaz  $r$  maksimalne jačine mišića i  $DH_{opt}$  određene varijablom  $RSI$ , metodom biranja i predviđanja.

Varijable	Biranje (RSI)	Predviđanje (RSI)
1 RM / $BW^{0.67}$	-0.07	0.29
MDS	0.08	0.27

Pogledati legendu ispod **Tabela 22 i 23a**.

## 7.7. Uticaj maksimalne jačine mišića na kinetičke i kinematičke varijable

Izračunate  $A$ ,  $SD$  i sistematske razlike: uzrasta, morfoloških varijabli, maksimalne jačine (grupe *jaki*  $n = 8$  i *slabi* ispitanika  $n = 8$ ) su prikazane na Tabeli 24a.

**Tabela 24a.** Deskriptivna statistika varijabli grupe *jaki* i *slabi* ispitanika.

Varijable	Jaki			Slabi			p	d
	A	±	SD	A	±	SD		
Godine	20.50	±	1.80	21.00	±	1.30	0.53	/
BW (kg)	73.30	±	10.60	82.30	±	7.50	0.07	/
BH (m)	1.82	±	0.08	1.87	±	0.06	0.15	/
BF%	10.30	±	3.50	13.00	±	4.60	0.21	/
BM%	51.24	±	2.23	49.60	±	2.47	0.19	/
BMI	22.29	±	0.88	23.56	±	0.56	0.25	/
MDS (kg)	219.96	±	20.57	181.57	±	15.58	0.00	1.88
1RM / BW <sup>0.67</sup> (kg / BW <sup>0.67</sup> )	8.78	±	0.95	5.67	±	0.58	0.00	3.95

**Legenda:**  $A$  – aritmetička sredina,  $SD$  – standardna devijacija,  $BW$  – telesna masa,  $BH$  – telesna visina,  $BF\%$  – procenat masnog tkiva u telu,  $BM\%$  – procenat mišićnog tkiva u telu,  $BMI$  – indeks telesne mase,  $1RM / BW^{0.67}$  – normalizovana vrednost rezultata u testu polučučanj u odnosu na telesnu masu,  $MDS$  – maksimalna dinamička sila,  $p$  –  $p$  vrednost;  $d$  – veličina uticaja prema Koenu.

Razlike navedenih varijabli između grupa su utvrđene pomoću  $t$  testa za nezavisne uzorke. Utvrđeno je da između grupe *jaki* i *slabi* postoji statistički značajna razlika kod varijable  $MDS$  ( $t_{(14)} = -4.21$ ,  $p < 0.00$ ) razlika između aritmetičkih sredina grupa je (prosečno -38.39,  $CI_{95\%}$  je od -57.95 do -18.82). Kada je vrednost maksimalne jačine mišića kod polučučnja normalizovana u odnosu na telesnu masu takođe je dobijena značajna razlika između grupa ( $t_{(14)} = -7.90$ ,  $p < 0.00$ ) a između aritmetičkih sredina grupa razlika je (prosečno -3.11,  $CI_{95\%}$  je od -3.95 do -2.27). Iz Tabele 24a se vidi da su ispitanici iz grupe *jaki* i *slabi* prema uzrastu i morfološkim varijablama homogeni a heterogeni prema varijablama kojima se procenjuje maksimalna mišićna jačina ispitanika.

Deskriptivna statistika zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli ispitanika grupe *jaki* i *slabi* je prikazana u Tabeli 24b i Slikama od 19 do 25.

**Tabela 24b.** Aritmetičke sredine (*A*) i standardne devijacije (*SD*) zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli.

	Jaki		Slabi		Jaki		Slabi		Jaki		Slabi		Jaki		Slabi	
Visina sas.	0.12 (m)		0.12 (m)		0.22 (m)		0.22 (m)		0.32 (m)		0.32 (m)		0.42 (m)		0.42 (m)	
Varijable	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD
$FP_{ecc} (N/BW^{0.67})$	239.09	20.18	221.76	28.12	263.61	37.55	235.26	30.15	277.96	35.77	270.75	24.33	271.15	29.74	264.25	42.61
$FM_{ecc} (N/BW^{0.67})$	133.66	20.11	115.35	16.82	155.09	26.33	125.77	16.05	169.4	24.47	150.89	11.01	172.23	16.67	158.79	21.90
$FP_{con} (N/BW^{0.67})$	230.03	15.64	223.02	24.69	249.44	29.15	231.74	30.22	250.91	26.2	253.37	34.93	253.05	19.56	240.56	40.46
$FM_{con} (N/BW^{0.67})$	131.78	9.83	127.30	7.75	140.55	13.13	131.24	7.74	139.44	12.69	137.27	9.12	139.81	12.06	131.60	11.22
$V_{peak\ con} (m/s)$	2.62	0.17	2.49	0.15	2.65	0.14	2.51	0.17	2.67	0.12	2.59	0.12	2.72	0.14	2.63	0.14
$V_{mean\ con} (m/s)$	1.84	0.12	1.75	0.09	1.87	0.09	1.77	0.09	1.89	0.08	1.84	0.07	1.93	0.10	1.86	0.08
$PP_{ecc} (W/BW^{0.67})$	229.35	50.31	191.34	29.29	311.78	69.14	244.05	24.73	391.19	92.05	342.50	41.79	437.79	99.43	381.57	53.71
$PM_{ecc} (W/BW^{0.67})$	124.09	21.78	105.77	18.91	168.54	28.34	133.34	16.87	208.57	31.63	186.58	14.96	237.86	30.92	220.48	29.66
$PP_{con} (W/BW^{0.67})$	326.86	38.99	304.79	26.62	357.22	42.00	320.37	25.78	361.25	46.38	343.29	24.30	368.03	48.81	329.83	37.64
$PM_{con} (W/BW^{0.67})$	188.3	22.27	173.33	15.47	203.03	21.21	180.63	14.8	203.02	23.25	197.75	13.35	207.97	26.38	190.34	18.93
$T_{ecc} (s)$	0.07	0.01	0.09	0.02	0.07	0.01	0.09	0.02	0.07	0.01	0.09	0.01	0.08	0.01	0.09	0.02
$T_{con} (s)$	0.11	0.01	0.12	0.02	0.11	0.01	0.12	0.02	0.11	0.01	0.11	0.02	0.11	0.01	0.12	0.02
$T_{total} (s)$	0.18	0.02	0.21	0.04	0.18	0.03	0.21	0.03	0.18	0.02	0.20	0.03	0.19	0.02	0.22	0.04
$H (m)$	0.32	0.04	0.28	0.04	0.33	0.03	0.28	0.04	0.33	0.03	0.30	0.03	0.34	0.04	0.31	0.04
RSI	1.72	0.21	1.35	0.25	1.86	0.26	1.39	0.26	1.85	0.21	1.54	0.19	1.83	0.30	1.49	0.31

Za skraćenice varijabli pogledati legendu ispod **Tabele 12.**

	Jaki		Slabi		Jaki		Slabi		Jaki		Slabi		Jaki		Slabi	
Visina sas.	0.50 (m)		0.50 (m)		0.62 (m)		0.62 (m)		0.72 (m)		0.72 (m)		0.82 (m)		0.82 (m)	
Varijable	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD	A	SD
$FP_{ecc} (N/BW^{0.67})$	289.50	26.94	278.82	39.53	299.89	32.28	293.68	21.88	301.66	29.53	295.18	19.79	316.80	23.41	292.71	20.96
$FM_{ecc} (N/BW^{0.67})$	179.90	13.06	168.27	21.85	195.84	17.63	181.95	21.01	198.57	16.77	182.08	14.31	200.25	7.76	183.09	16.94
$FP_{con} (N/BW^{0.67})$	243.57	31.21	236.60	45.71	256.11	22.49	225.81	48.79	236.11	25.15	202.65	23.57	225.15	26.25	198.43	32.61
$FM_{con} (N/BW^{0.67})$	137.07	13.04	127.43	13.49	140.97	13.27	124.98	12.44	134.73	15.32	118.79	9.02	129.30	15.16	115.96	9.45
$V_{peak\ con} (m/s)$	2.76	0.14	2.56	0.17	2.72	0.16	2.54	0.12	2.70	0.22	2.54	0.16	2.71	0.22	2.48	0.12
$V_{mean\ con} (m/s)$	1.95	0.09	1.81	0.11	1.93	0.08	1.79	0.11	1.90	0.12	1.77	0.12	1.91	0.14	1.73	0.08
$PP_{ecc} (W/BW^{0.67})$	541.18	96.52	476.42	84.51	582.41	113.85	568.64	61.03	634.63	130.21	767.73	124.12	774.81	137.39	846.26	85.51
$PM_{ecc} (W/BW^{0.67})$	270.87	19.72	250.67	31.42	305.96	44.87	296.09	29.7	333.17	39.41	309.51	24.66	359.78	31.20	315.43	24.99
$PP_{con} (W/BW^{0.67})$	364.61	55.65	316.24	46.31	374.57	53.12	305.92	42.94	353.77	62.2	288.43	40.67	337.08	67.44	275.76	35.12
$PM_{con} (W/BW^{0.67})$	206.8	27.56	180.08	26.15	211.34	27.13	175.5	22.76	200.68	32.10	166.56	21.53	193.02	35.01	159.43	18.91
$T_{ecc} (s)$	0.08	0.01	0.10	0.02	0.08	0.01	0.10	0.02	0.08	0.01	0.10	0.01	0.09	0.01	0.10	0.02
$T_{con} (s)$	0.11	0.01	0.12	0.02	0.11	0.01	0.13	0.02	0.11	0.01	0.13	0.01	0.12	0.01	0.14	0.01
$T_{total} (s)$	0.2	0.02	0.22	0.04	0.18	0.02	0.22	0.04	0.20	0.02	0.23	0.03	0.21	0.02	0.24	0.03
H (m)	0.35	0.04	0.29	0.05	0.34	0.04	0.29	0.03	0.33	0.06	0.29	0.04	0.33	0.06	0.27	0.03
RSI	1.79	0.27	1.38	0.35	1.85	0.27	1.34	0.31	1.7	0.29	1.24	0.23	1.62	0.34	1.15	0.20

Za skraćenice varijabli pogledati legendu ispod **Tabele 12.**



Rezultati dvostruke mešovite ANOVE, veličine efekata i vrednosti post hoc testa su prikazani u Tabeli 25.

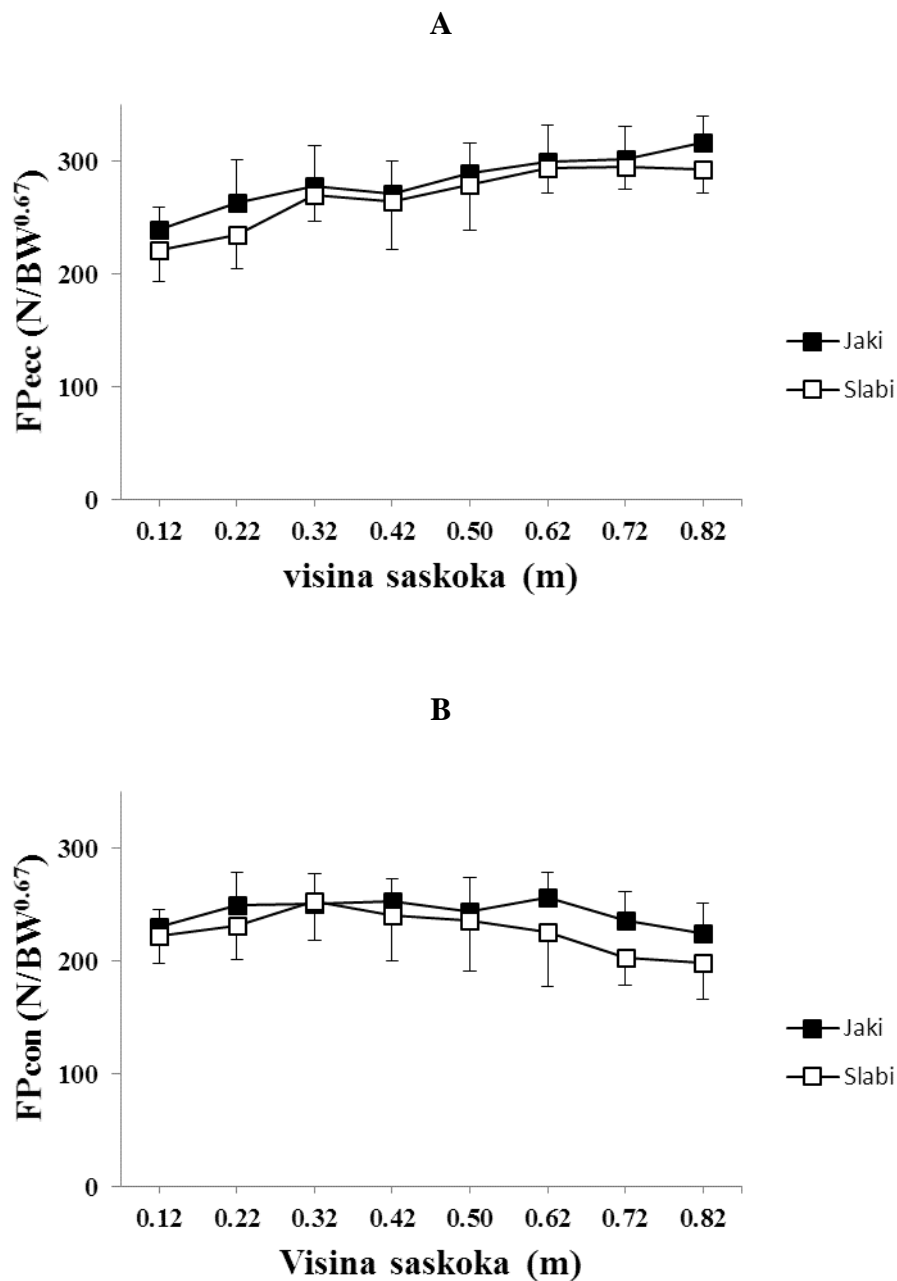
**Tabela 25.** Uticaj visine saskoka i grupe na zavisne kinetičke i kinematičke varijable.

Varijable	ANOVA	F	p	$p\eta^2$	Vel. utic.	Post hoc
FP <sub>ecc</sub>	Grupa	1.27	0.28	0.08	/	jaki=slabi
	Visina saskoka	29.34	0.00	0.68	Veliki	12<22<32,42,50 <sup>40</sup> <62≤72,82
	Interakcija	0.85	0.51	0.06	/	/
FP <sub>con</sub>	Grupa	1.98	0.18	0.12	/	Jaki=Slabi
	Visina saskoka	6.68	0.00	0.32	Veliki	12<22<32=42 <sup>12</sup> =50=62>72 <sup>22,32,42,50,62</sup> ≥82
	Interakcija	1.38	0.26	0.09	/	/
FM <sub>ecc</sub>	Grupa	5.57	0.03	0.28	Veliki	Jaki>Slabi
	Visina saskoka	71.68	0.00	0.84	Veliki	12<22<32,42<50<62≤72,82
	Interakcija	0.87	0.48	0.06	/	/
FM <sub>con</sub>	Grupa	3.9	0.07	0.22	/	Jaki=Slabi
	Visina saskoka	4.99	0.02	0.81	Veliki	12<22,32,42≥50,62>72 <sup>22,32,42,50</sup> >82 <sup>12,22,32,42,50,62</sup>
	Interakcija	1.85	0.20	0.62	/	/
PP <sub>ecc</sub>	Grupa	0.10	0.76	0.01	/	Jaki=Slabi
	Visina saskoka	185.93	0.00	0.93	Veliki	12<22<32<42<50<62<72<82
	Interakcija	5.88	0.00	0.30	Veliki	/
PP <sub>con</sub>	Grupa	4.93	0.04	0.26	Veliki	Jaki>Slabi
	Visina saskoka	9.69	0.00	0.41	Veliki	12<22<32=42 <sup>12</sup> =50 <sup>12</sup> =62 <sup>12</sup> >72 <sup>22,32,42,50,62</sup> >82 <sup>22,32,42,50,62</sup>
	Interakcija	3.32	0.03	0.19	Veliki	/
PM <sub>ecc</sub>	Grupa	5.17	0.04	0.27	Veliki	Jaki>Slabi
	Visina saskoka	245.87	0.00	0.95	Veliki	12<22<32<42<50<62<72<82
	Interakcija	1.12	0.35	0.07	/	/
PM <sub>con</sub>	Grupa	4.99	0.04	0.26	Veliki	Jaki>Slabi
	Visina saskoka	7.2	0.01	0.86	Veliki	12<22<32,42=50 <sup>12</sup> ,62 <sup>12</sup> >72 <sup>32,42,50</sup> >82 <sup>22,32,42,50,62</sup>
	Interakcija	2.63	0.10	0.7	/	/
T <sub>total</sub>	Grupa	5.76	0.03	0.29	Veliki	Jaki<Slabi
	Visina saskoka	3.98	0.04	0.78	Veliki	12=22=32<42 <sup>22,32</sup> =50 <sup>32</sup> =62 <sup>32</sup> <72 <sup>12,22,32</sup> <82
	Interakcija	1.9	0.45	0.49	/	/
T <sub>ecc</sub>	Grupa	6.24	0.03	0.31	Veliki	Jaki<Slabi
	Visina saskoka	7.15	0.00	0.34	Veliki	12=22=32<42 <sup>12</sup> ,50 <sup>12</sup> ,62 <sup>12</sup> ,72 <sup>12</sup> ≤82 <sup>12,22,32,42,62</sup>
	Interakcija	0.49	0.77	0.03	/	/
T <sub>con</sub>	Grupa	4.67	0.05	0.25	Veliki	Jaki<Slabi
	Visina saskoka	8.84	0.00	0.39	Veliki	12>22,32<42 <sup>22</sup> =50 <sup>32</sup> =62 <sup>32</sup> <72 <sup>12,22,32,42</sup> <82 <sup>12,22,32,42,50,62</sup>
	Interakcija	1.92	0.13	0.12	/	/
H	Grupa	5.76	0.03	0.29	Veliki	Jaki>Slabi
	Visina saskoka	4.37	0.03	0.79	Veliki	12<22=32=42 <sup>12,22</sup> =50 <sup>12,22</sup> =62 <sup>12</sup> =72 <sup>42</sup> =82 <sup>42,50</sup>
	Interakcija	2.49	0.11	0.69	/	/
RSI	Grupa	12.64	0.00	0.48	Veliki	Jaki>Slabi
	Visina saskoka	6.17	0.01	0.84	Veliki	12<22<32=42 <sup>12</sup> =50 <sup>32</sup> =62>72 <sup>22,32,42,50</sup> >82 <sup>12,22,32,42,50,62</sup>
	Interakcija	1.51	0.29	0.57	/	/
V <sub>peak con</sub>	Grupa	4.43	0.05	0.24	Veliki	Jaki=Slabi
	Visina saskoka	5.2	0.02	0.82	Veliki	12=22=32 <sup>12</sup> =42 <sup>12,22</sup> =50 <sup>12,22</sup> =62 <sup>12</sup> =72 <sup>12,42</sup> =82 <sup>42,50</sup>
	Interakcija	2.43	0.12	0.68	/	/
V <sub>mean con</sub>	Grupa	6.26	0.03	0.31	Veliki	Jaki>Slabi
	Visina saskoka	8.73	0.00	0.88	Veliki	12<22<32,42,50,62=72 <sup>12,42,50</sup> =82 <sup>32,42,50</sup>
	Interakcija	2.35	0.13	0.67	/	/

**Legenda:** FP<sub>ecc</sub> – relativizovana maksimalna vrednost vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka, FP<sub>con</sub> – relativizovana maksimalna vrednost vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom koncentrične faze odskoka, FM<sub>ecc</sub> – relativizovana vrednost prosečne vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične faze odskoka, FM<sub>con</sub> – relativizovana prosečna vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom koncentrične faze odskoka, PP<sub>ecc</sub> – relativizovana maksimalna mišićna snaga u ekscentričnoj fazi odskoka, PM<sub>ecc</sub> – relativizovana prosečna mišićna snaga u ekscentričnoj fazi odskoka, PP<sub>con</sub> – relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka, PM<sub>con</sub> – relativizovana prosečna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka, T<sub>total</sub> – trajanje kontakta stopala sa podlogom, T<sub>ecc</sub> – trajanje ekscentrične faze odskoka, T<sub>con</sub> – trajanje koncentrične faze odskoka, H – visina skoka, RSI – reaktivni indeks izvođenja skoka, V<sub>peak con</sub> – maksimalna vrednost vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka, V<sub>mean con</sub> – prosečna vrednost vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične faze odskoka. ANOVA – analiza varijanse, F – F test; p – p vrednost;  $p\eta^2$  – eta kvadrat; < > – manje/veće; ≤ ≥ – jednako sa prvim i manje/veće od ostalih vrednosti; eksponent – pokazuje od kojih visina saskoka se značajno razlikuju vrednosti varijable realizovane sa visine saskoka kod koje je stavljen eksponent; = – jednako; statistička značajnost p ≤ 0.05.

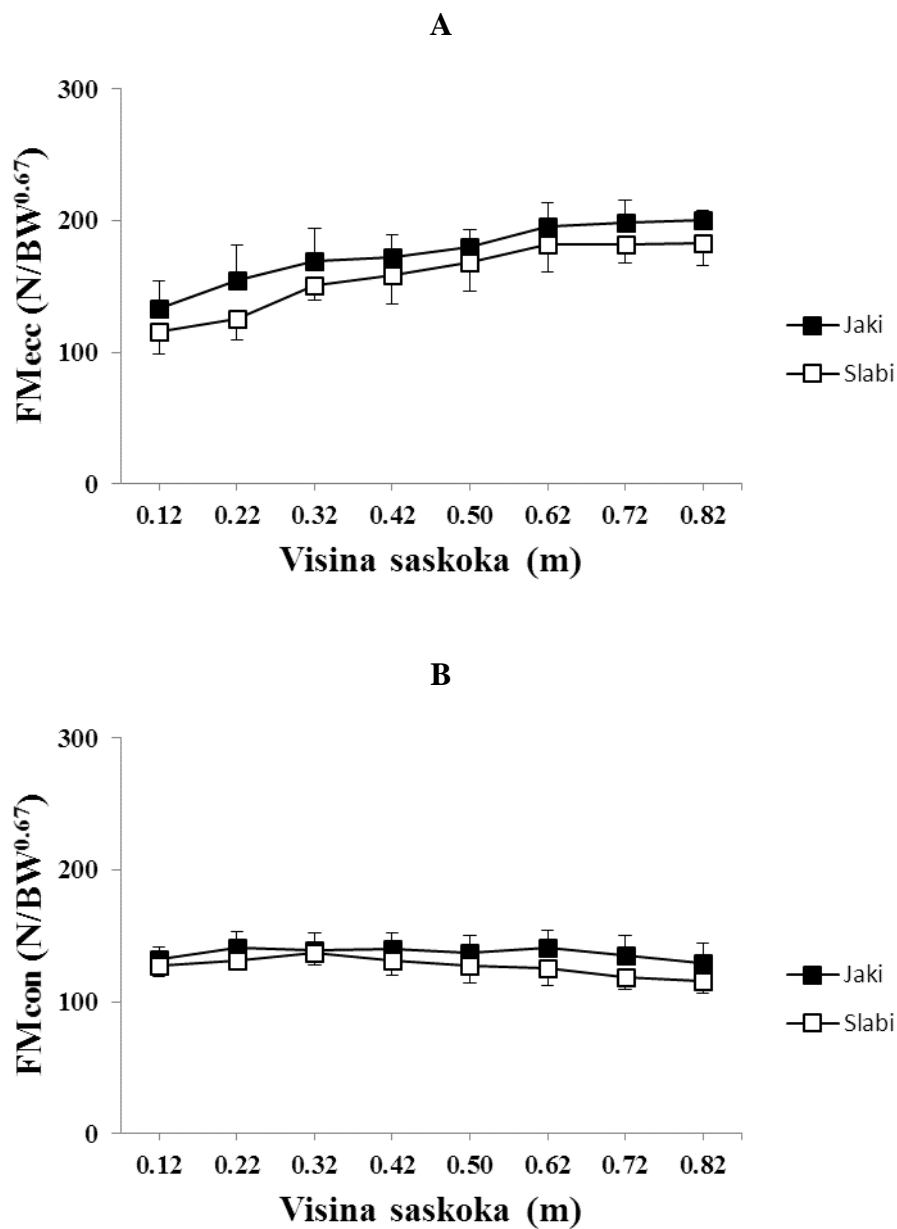
Može se zaključiti da je kod svih ispitivanih zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli dobijen statistički značajan uticaj visine saskoka ( $p < 0.05$ ). Značajan uticaj grupe (maksimalne mišićne jačine ispitanika) se nije ispoljio kod  $PP_{ecc}$ ,  $FM_{con}$ ,  $FP_{con}$ ,  $FP_{ecc}$  varijabli. Značajan uticaj interakcije (grupa  $\times$  visina saskoka) se ispoljio kod  $PP_{ecc}$  i  $PP_{con}$ . Za varijable kod kojih je dobijen značajan uticaj interakcije naknadnim  $t$  testom za nezavisne uzorke, je utvrđeno da *jaki* ispitanici sa niže visine saskoka (0.22 m) statistički značajno ( $p < 0.05$ ) generišu veću snagu tokom ekscentrične faze odskoka ( $PP_{ecc}$ ) u odnosu na *slabe*. Tokom koncentrične faze odskoka *jaki* ispitanici su generisali značajno veću ( $p < 0.05$ ) snagu ( $PP_{con}$ ) u odnosu na *slabe* kod saskoka sa visina od: 0.62, 0.72, 0.82 m.

Vrednosti varijable  $FP_{ecc}$  za grupu *jaki* ispitanici su u opsegu od 218 do 333  $N/BW^{0.67}$ , za grupu *slabi* od 174 do 340  $N/BW^{0.67}$ . Za varijablu  $FP_{con}$  za grupu *jaki* opseg je od 194 do 308  $N/BW^{0.67}$  a za grupu *slabi* od 161 do 316  $N/BW^{0.67}$ .



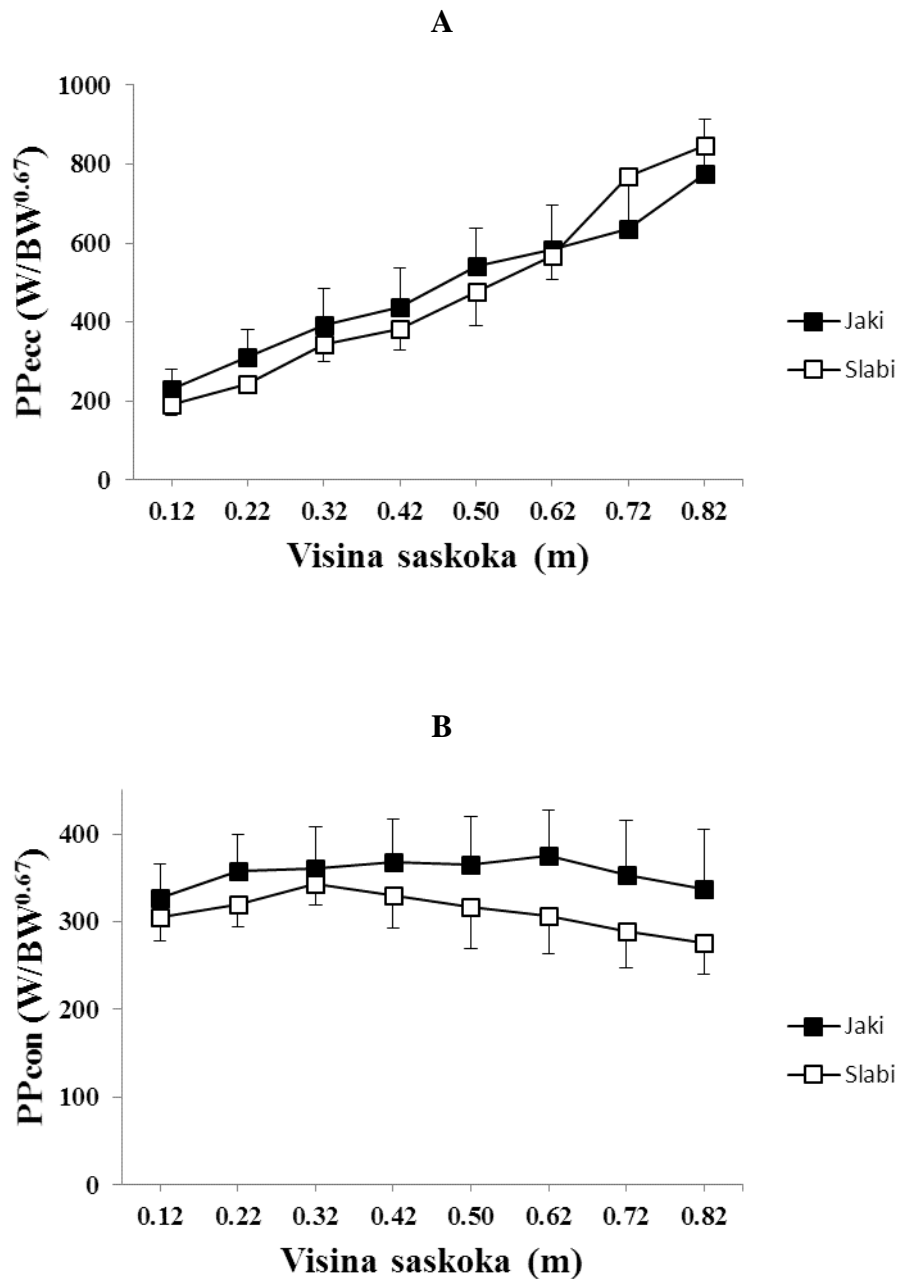
**Slika 19.** Uticaj visine saskoka i grupe (jačine ispitanika) na ispoljavanje relativizovane maksimalne vrednosti vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične ( $FP_{ecc}$ ) (panel A) i koncentrične ( $FP_{con}$ ) (panel B) faze odskoka.

Vrednosti varijable  $FM_{ecc}$  za grupu *jaki* i ispitanici su u opsegu od 104 do 220  $N/BW^{0.67}$  a za *slabe* od 81 do 214  $N/BW^{0.67}$ . Varijabla  $FM_{con}$  kod *jakih* je od 109 do 169  $N/BW^{0.67}$  a kod *slabih* od 103 do 152  $N/BW^{0.67}$ .



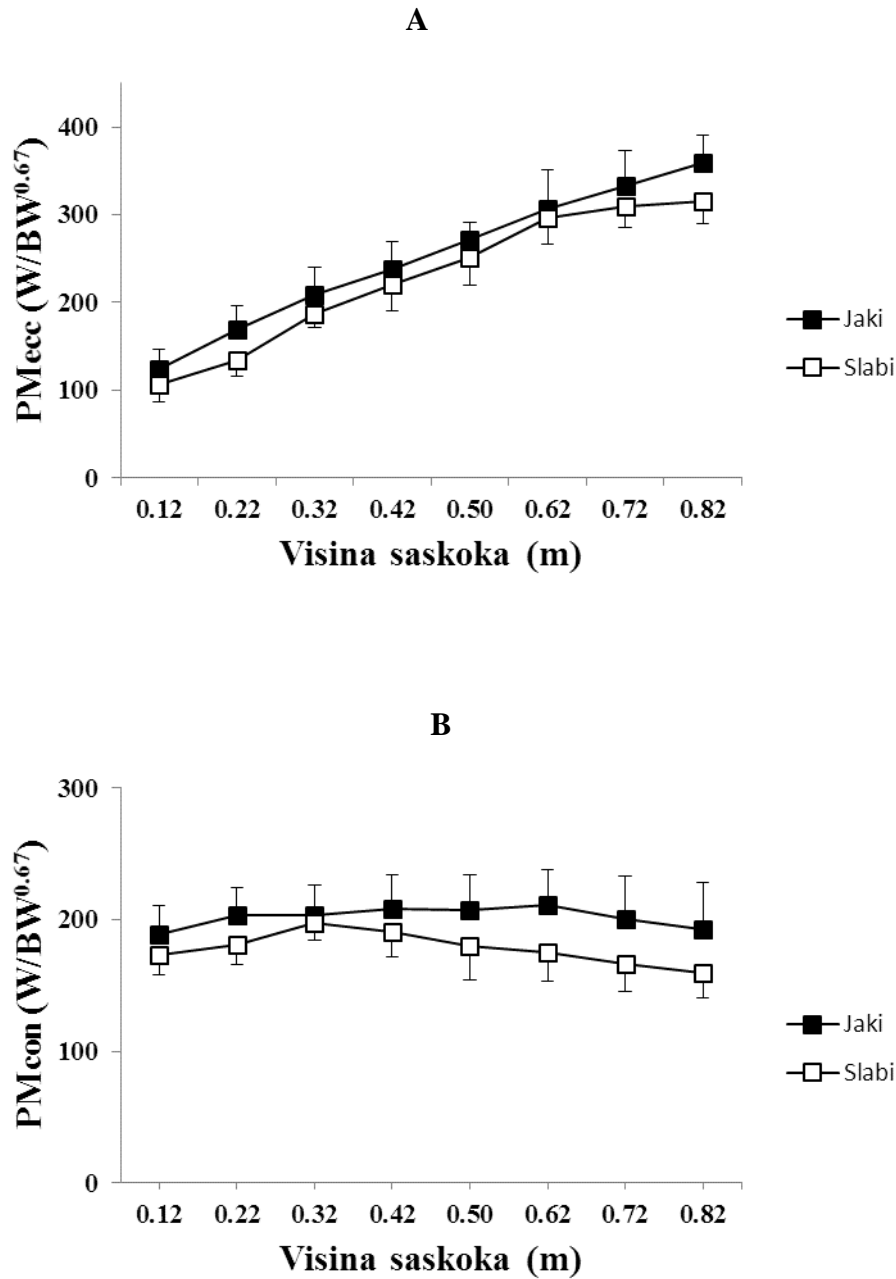
**Slika 20.** Uticaj visine saskoka i grupe (jačine ispitanika) na ispoljavanje relativizovane prosečne vrednosti vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične ( $FM_{ecc}$ ) (panel A) i koncentrične ( $FM_{con}$ ) (panel B) faze odskoka.

Vrednosti varijable  $PP_{ecc}$  kod *jakih* ispitanika je u opsegu od 170 do 904  $W / BW^{0.67}$  a kod *slabih* od 139 do 950  $W / BW^{0.67}$ . Za varijablu  $PP_{con}$  kod *jakih* opseg je od 234 do 499  $W / BW^{0.67}$  a kod *slabih* od 223 do 390  $W / BW^{0.67}$ .



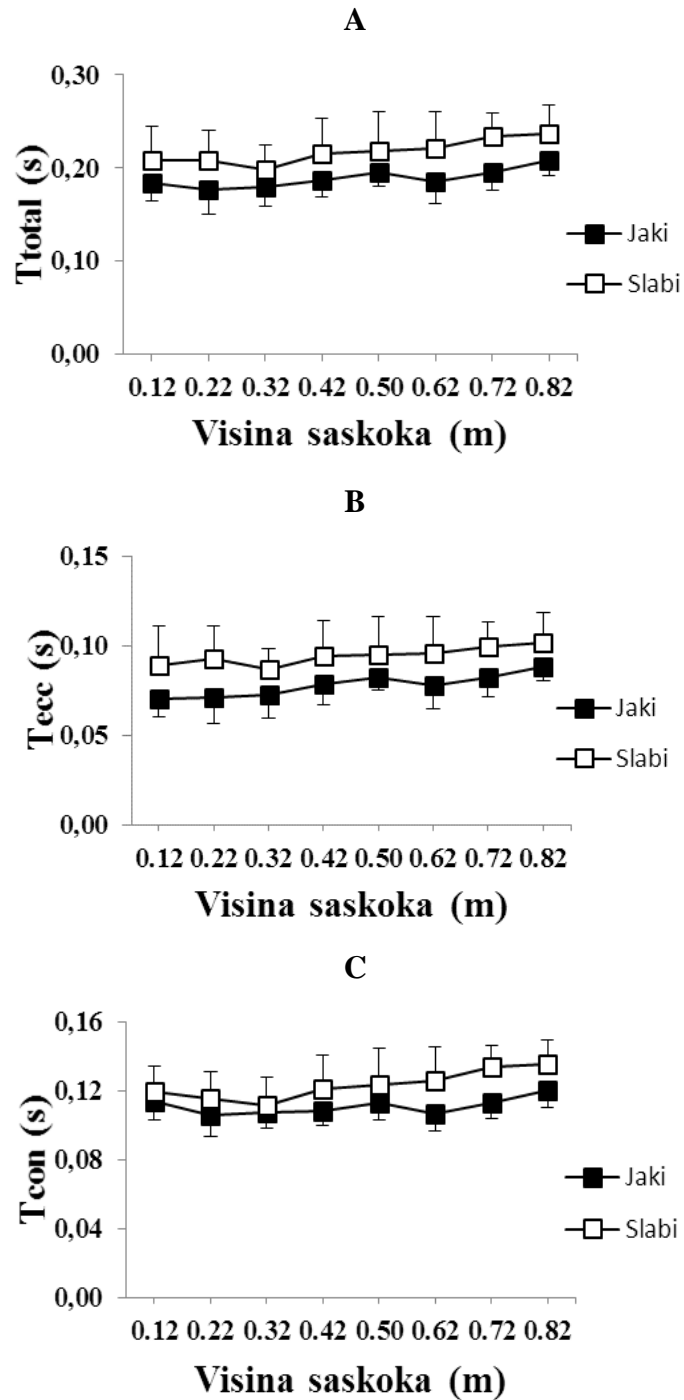
**Slika 21.** Uticaj visine saskoka i grupe (jačine ispitanika) na ispoljavanje relativizovane maksimalne mišićne snage tokom ekscentrične ( $PP_{ecc}$ ) (panel A) i koncentrične ( $PP_{con}$ ) (panel B) faze odskoka.

Vrednosti varijable  $PM_{ecc}$  za *jake* ispitanike su u opsegu od 90 do 390  $W/BW^{0.67}$  a za *slabe* od 70 do 343  $W/BW^{0.67}$ . Za varijablu  $PM_{con}$  vrednosti grupe *jakih* su u opsegu od 138 do 274  $W/BW^{0.67}$  a *slabih* od 142 do 220  $W/BW^{0.67}$ .



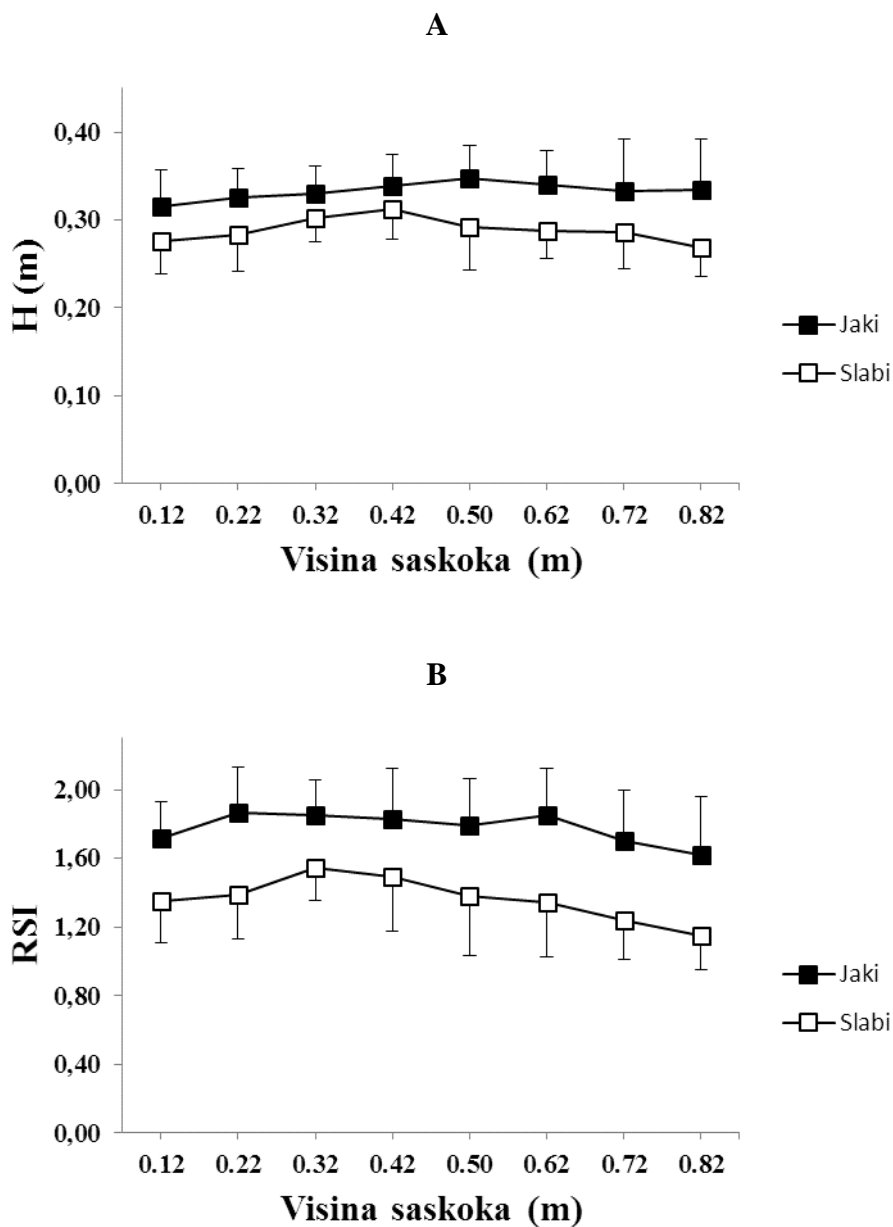
**Slika 22.** Uticaj visine saskoka i grupe (jačine ispitanika) na ispoljavanje relativizovane prosečne mišićne snage tokom ekscentrične ( $PM_{ecc}$ ) (panel A) i koncentrične ( $PM_{con}$ ) (panel B) faze odsaska.

Vrednosti varijable  $T_{total}$  su u opsegu od 0.14 do 0.24 s,  $T_{ecc}$  od 0.05 do 0.10 s a  $T_{con}$  od 0.09 do 0.14 s kod grupe *jaki* ispitanici. Kod grupe *slabi*  $T_{total}$  je u opsegu od 0.15 do 0.29 s,  $T_{ecc}$  od 0.06 do 0.14 s a  $T_{con}$  od 0.09 do 0.16 s.



**Slika 23.** Uticaj visine saskoka i grupe (jačine ispitanika) na ukupno trajanje odskoka ( $T_{total}$ ) (panel A), ekscentrične ( $T_{ecc}$ ) (panel B) i koncentrične ( $T_{con}$ ) (panel C) faze odskoka.

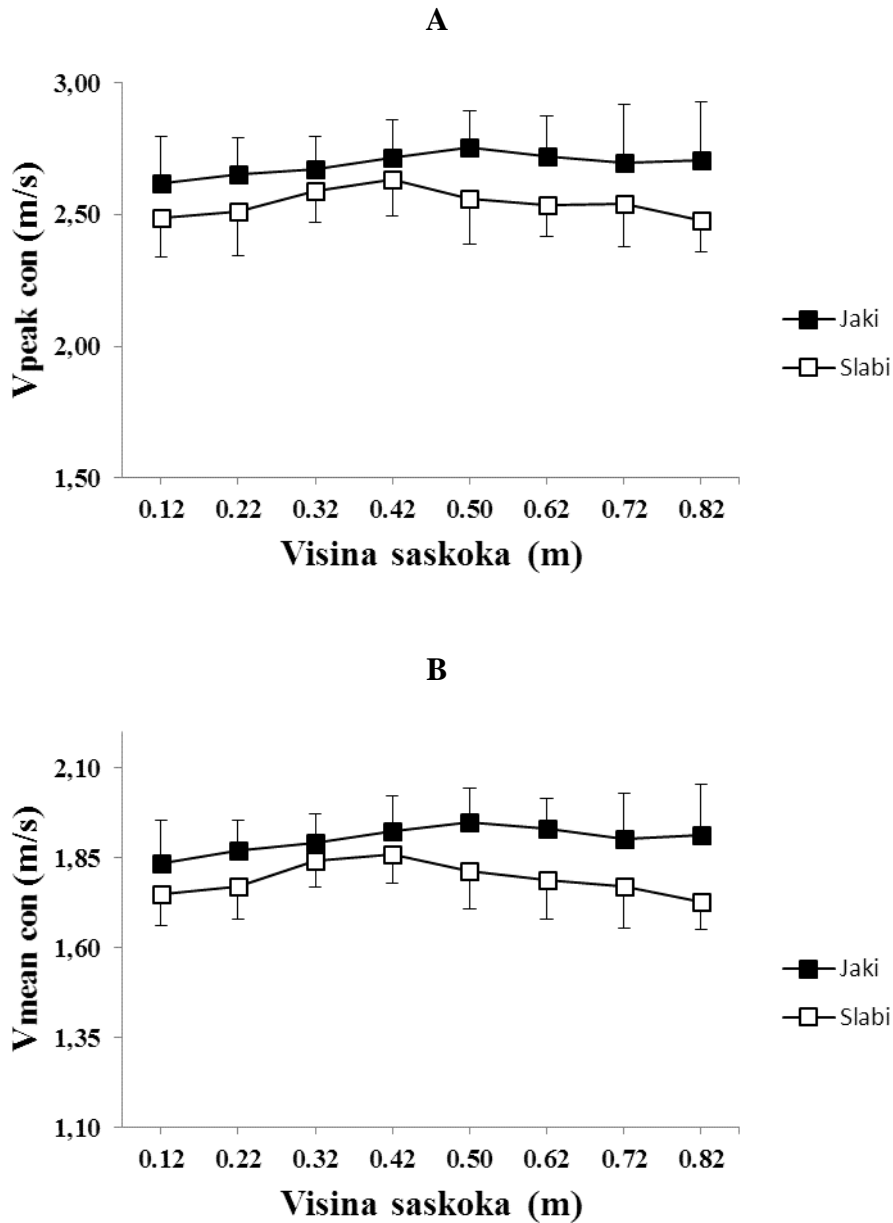
Vrednosti varijable  $H$  su u opsegu od 0.23 do 0.43 m za grupu *jaki* a kod *slabih* ispitanika od 0.21 do 0.39 m. Za varijablu  $RSI$  dobijene vrednosti su od 1.08 do 2.45 za *jake* a za *slabe* ispitanike od 0.91 do 2.13.



**Slika 24.** Uticaj visine saskoka i grupe (jačine ispitanika) na visinu skoka ( $H$ ) (panel A) i reaktivni indeks izvođenja skoka ( $RSI$ ) (visina skoka/trajanje odskoka) (panel B).



Vrednosti varijable  $V_{peak\ con}$  su u opsegu od 2.29 do 3.05 m/s za *jake* ispitanike a za *slabe* od 2.25 do 2.88 m/s. Vrednosti varijable  $V_{mean\ con}$  su u opsegu od 1.63 do 2.12 m/s za *jake* a za *slabe* od 1.62 do 1.97 m/s.



**Slika 25.** Uticaj visine saskoka i grupe (jačine ispitanika) na ispoljavanje maksimalne vrednosti vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične ( $V_{peak\ con}$ ) (panel A) i prosečne vrednosti vertikalne komponente brzine težišta tela tokom koncentrične ( $V_{mean\ con}$ ) (panel B) faze odskoka.

## 7.8. Uticaj maksimalne jačine mišića na optimalnu visinu saskoka

Razlike u  $DH_{opt}$  određene zavisnim varijablama kojima se definišu maksimalne performanse kod skoka iz saskoka između grupa sa različitim nivoom maksimalne mišićne jačine su ispitivane  $t$  testom za nezavisne uzorke. Dobijeni rezultati su korišćeni za utvrđivanje cilja 8.

Kada je  $DH_{opt}$  određena varijablom relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka ( $PP_{con}$ ) metodom *biranja* utvrđeno je da između grupa postoji statistički značajna razlika u  $DH_{opt}$  ( $t_{(14)} = -3.13, p = 0.00$ ). Između aritmetičkih sredina grupa razlika je prosečno -16.25 a vrednost  $CI_{95\%}$  je od -27.39 do -5.12. Kada je  $DH_{opt}$  određena metodom *predviđanja* takođe je dobijena statistička značajna razlika između grupa ( $t_{(14)} = -2.96, p = 0.01$ ). Razlika između aritmetičkih sredina grupa je prosečno bila -14.34 a  $CI_{95\%}$  je od -24.74 do -3.94 (pogledati Tabelu 26a). Izraženo u procentima  $DH_{opt}$  određena varijablom  $PP_{con}$  metodom *biranja* i *predviđanja* kod *slabih* je za oko 30% niža od  $DH_{opt}$  *jakih* ispitanika.

Rezultati  $DH_{opt}$  određene varijablom visina skoka ( $H$ ) metodom *biranja* pokazuju da između grupa postoji statistički značajna razlika ( $t_{(14)} = -3.71, p = 0.00$ ). Između aritmetičkih sredina grupa prosečna razlika je -24.75 a  $CI_{95\%}$  je od -39.05 do -10.45. Kod metoda *predviđanja* nije dobijena značajna razlika između grupa ( $t_{(14)} = -1.89, p = 0.08$ ) razlika između aritmetičkih sredina grupa je u proseku bila -15.75 a  $CI_{95\%}$  je od -33.60 do 2.09 (pogledati Tabelu 26b). Izraženo u procentima  $DH_{opt}$  određena varijablom  $H$  metodom *biranja* kod *slabih* je za oko 40% niža od  $DH_{opt}$  *jakih* ispitanika a metodom *predviđanja* 28%.

Kada je  $DH_{opt}$  određena varijablom  $RSI$  metodom *biranja* utvrđeno je da između grupa ne postoji statistički značajna razlika ( $t_{(14)} = -1.05, p = 0.31$ ). Između aritmetičkih sredina grupa razlika je u proseku -8.75,  $CI_{95\%}$  je od -26.60 do 9.10. Kod metode *predviđanja* takođe nije dobijena značajna razlika između grupa ( $t_{(14)} = -1.86, p = 0.08$ ). Između aritmetičkih sredina grupa prosečna razlika je -8.67,  $CI_{95\%}$  je od -18.64 do 1.31 (Tabela 26c). Izraženo u procentima  $DH_{opt}$  određena varijablom  $RSI$  metodom *biranja* kod *slabih* je za oko 19% niža od  $DH_{opt}$  *jakih* ispitanika. Kod metode *predviđanja*  $DH_{opt}$  *slabih* je za oko 21% niža od *jakih* ispitanika.

**Tabela 26a.** Razlike  $DH_{opt}$  određene varijablom relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka ( $PP_{con}$ ) za dva metoda.

	Metod	Jaki			Slabi			p	d
		A	±	SD	A	±	SD		
		$DH_{opt}$ (m)	Biranja	0.56	±	0.09	0.39		
	Predviđanja	0.50	±	0.09	0.35	±	0.10	0.01	1.48

**Legenda:**  $DH_{opt}$  – optimalna visina saskoka,  $A$  – aritmetička sredina,  $SD$  – standardna devijacija,  $p$  –  $p$  vrednost,  $d$  – veličina uticaja *Koenov d*.

**Tabela 26b.** Razlike  $DH_{opt}$  određene varijablom visina skoka ( $H$ ) za dva metoda.

	Metod	Jaki			Slabi			p	d
		A	±	SD	A	±	SD		
		$DH_{opt}$ (m)	Biranja	0.60	±	0.17	0.36		
	Predviđanja	0.58	±	0.23	0.42	±	0.05	0.08	1.14

Za skraćenice pogledati legendu **Tabele 26a**.

**Tabela 26c.** Razlike  $DH_{opt}$  određene varijablom reaktivni indeks izvođenja ( $RSI$ ) za dva metoda.

	Metod	Jaki			Slabi			p	d
		A	±	SD	A	±	SD		
		$DH_{opt}$ (m)	Biranja	0.48	±	0.18	0.39		
	Predviđanja	0.42	±	0.09	0.33	±	0.09	0.08	1.00

Za skraćenice pogledati legendu **Tabele 26a**.

## 7.9. Regresioni modeli za predikciju optimalne visine saskoka

Provera valjanosti i osetljivosti regresionih modela za predikciju  $DH_{opt}$  određenih varijablama  $PP_{con}$  i  $H$ , izvršena je principom auto-validacije.

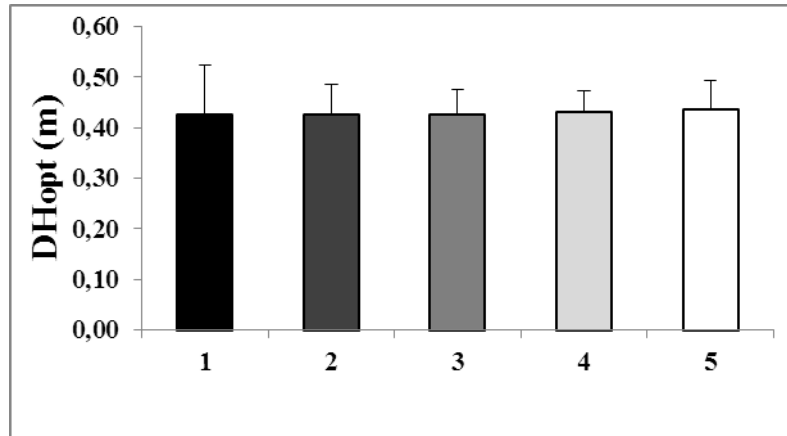
Karakteristike regresionih modela za predikciju  $DH_{opt}$  i njihova povezanost sa  $DH_{opt}$  određenom  $PP_{con}$  ili  $H$  metodom *predviđanja* su prikazane na Tabeli 27a. Valjanost modela je ispitana i utvrđena povezanošću (pomoću  $r$ ) vrednosti  $DH_{opt}$  izračunatih metodom *predviđanja* i dobijenih na osnovu modela (Tabela 27a i b). Svi korišćeni modeli za predikciju su pokazali statistički značajnu povezanost sa  $DH_{opt}$  a pomoću  $t$  testa za zavisne uzorke je utvrđeno da nema statistički značajnih razlika ( $p > 0.05$ ) (Tabela 27a i b). Rezultati  $t$  testa za zavisne uzorke  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$  metodom *predviđanja* i: 1) modela ( $1 RM / BW^{0.67} + BF\%$ ),  $t_{(29)} = -0.005$  a  $CI_{95\%}$  je od  $-0.03$  do  $0.03$ , 2) modela ( $1 RM / BW^{0.67}$ ),  $t_{(29)} = -0.003$  a  $CI_{95\%}$  je od  $-0.03$  do  $0.03$ , 3) modela ( $MDS + BF\%$ ),  $t_{(29)} = -0.71$  a  $CI_{95\%}$  je od  $-0.04$  do  $0.02$ , 4) modela ( $MDS$ ),  $t_{(29)} = -0.39$  a  $CI_{95\%}$  je od  $-0.04$  do  $0.03$ . Vrednosti  $t$  testa zavisnih uzoraka  $DH_{opt}$  određene varijablom  $H$  metodom *predviđanja* i: 1) modela ( $1 RM / BW^{0.67}$ ),  $t_{(29)} = -0.01$  a  $CI_{95\%}$  je od  $-0.06$  do  $0.06$ , 2) modela ( $MDS$ ),  $t_{(29)} = -0.38$  a  $CI_{95\%}$  je od  $-0.07$  do  $0.05$ .

**Tabela 27a.** Karakteristike regresionih modela za predikciju  $DH_{opt}$  i njihova povezanost sa  $DH_{opt}$  određenom  $PP_{con}$  metodom *predviđanja*.

Modeli za $DH_{opt}$	Jednačina predviđanja	$R^2$	$r$	SEE	$p$
$1 RM / BW^{0.67} + BF\%$	$Y = 29.5 + 3.4x_1 + (-0.9x_2)$	0.38	0.61**	0.08	1.00
$1 RM / BW^{0.67}$	$Y = 16.6 + 3.7x_1$	0.25	0.50**	0.08	1.00
$MDS + BF\%$	$Y = 23.56 + 0.16x_1 + (-1.01x_2)$	0.32	0.56**	0.08	0.49
$MDS$	$Y = 9.84 + 0.17x_1$	0.16	0.40*	0.09	0.70

**Legenda:**  $DH_{opt}$  – optimalna visina saskoka,  $R^2$  – koeficijent determinacije,  $r$  – koeficijent linearne Pirsonove korelacije,  $SEE$  – standardna greška procene,  $CI_{95\%}$  – interval pouzdanosti na nivou poverenja od 95%,  $t$  test –  $t$  test za zavisne uzorke,  $PP_{con}$  – relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka,  $BF\%$  – procenat masnog tkiva u telu,  $1 RM / BW^{0.67}$  – normalizovana vrednost rezultata u testu polučučanj u odnosu na telesnu masu ( $BW$ ),  $MDS$  – maksimalna dinamička sila,  $Y$  – vrednost predviđene  $DH_{opt}$ ,  $x_1$  i  $x_2$  – vrednost varijable/i korišćene/ih u modelu ( $1RM / BW^{0.67}$ ,  $MDS$ ,  $BF\%$ );  $t$  test –  $t$  test zavisnih uzoraka, \*\*nivo značajnosti  $p < 0.01$ , \*nivo značajnosti  $p < 0.05$ .

Na Slici 26a su grafički prikazane  $A$  i  $SD$  optimalne visine saskoka određene varijablom  $PP_{con}$  metodom *predviđanja* ( $0.43 \pm 0.1 m$ ) (na slici 26a obeleženo brojem 1) i modelima koji se sastoje od: varijabli  $1 RM / BW^{0.67}$  i  $BF\%$  ( $0.43 \pm 0.06 m$ ) (na Slici 26a obeleženo brojem 2),  $1 RM / BW^{0.67}$  ( $0.43 \pm 0.05 m$ ) (na Slici 26a obeleženo brojem 3),  $MDS$  i  $BF\%$  ( $0.44 \pm 0.06 m$ ) (na Slici 26a obeleženo brojem 4) i  $MDS$  ( $0.43 \pm 0.04 m$ ) (na Slici 26a obeleženo brojem 5).



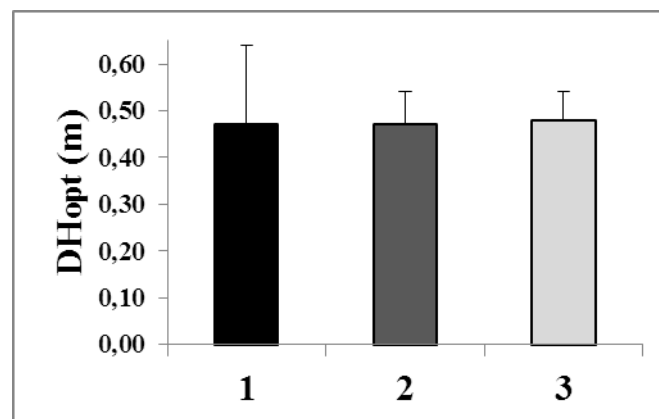
**Slika 26a.** Aritmetičke sredine i standardne devijacije  $DH_{opt}$  određene  $PP_{con}$  metodom predviđanja i regresionim modelima.

**Tabela 27b.** Karakteristike regresionih modela za predikciju  $DH_{opt}$  i njihova povezanost sa  $DH_{opt}$  određenom varijablom  $H$  metodom predviđanja.

Modeli za $DH_{opt}$	Jednačina predviđanja	$R^2$	$r$	SEE	p
1 RM / $BW^{0.67}$	$Y = 9.68 + 5.34x_1$	0.18	0.42*	0.15	0.99
MDS	$Y = -2.92 + 0.26x_1$	0.13	0.36*	0.15	0.71

Za skraćenice pogledati legendu **Tabele 27a.**

Na Slici 26b su grafički prikazane  $A$  i  $SD$ ,  $DH_{opt}$  određene varijablom  $H$  metodom predviđanja ( $0.47 \pm 0.17$  m) (na Slici 26b obeleženo sa 1) i modela koji se sastoje od: 1 RM /  $BW^{0.67}$  ( $0.47 \pm 0.07$  m) (na Slici 26b obeleženo sa 2), MDS ( $0.48 \pm 0.06$  m) (na Slici 26b obeleženo sa 3).



**Slika 26b.** Aritmetičke sredine i standardne devijacije  $DH_{opt}$  određene varijablom  $H$  metodom predviđanja i regresionim modelima.

Iz Tabele 27a i b se vidi da je najveći  $r$  dobijen između modela ( $IRM / BW^{0.67}$  i  $BF\%$ ) i  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$  (razlika  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$  i najvaljanijeg regresionog modela se može videti na Tabeli 28).

**Tabela 28.** Vrednosti  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$ , modelom ( $IRM / BW^{0.67}$  i  $BF\%$ ) i njihova razlika.

$DH_{opt}$ (m) određena $PP_{con}$	Predikcija $DH_{opt}$ (m) modelom	Razlika $DH_{opt}$ (m) određene $PP_{con}$ i modelom	$BF\%$	$IRM / BW^{0.67}$
0.46	0.35	0.11	10.9	4.75
0.24	0.34	-0.10	13.0	4.96
0.45	0.43	0.02	5.0	5.38
0.42	0.34	0.08	16.1	5.76
0.38	0.37	0.01	13.3	6.03
0.40	0.41	-0.01	9.2	6.10
0.23	0.32	-0.09	19.5	6.13
0.25	0.35	-0.10	16.9	6.29
0.45	0.40	0.05	11.8	6.30
0.43	0.38	0.05	14.6	6.52
0.49	0.42	0.07	9.8	6.55
0.29	0.45	-0.15	7.3	6.55
0.51	0.44	0.07	8.6	6.61
0.42	0.36	0.06	16.9	6.66
0.31	0.44	-0.13	8.6	6.71
0.49	0.43	0.05	9.4	6.76
0.49	0.44	0.05	9.4	6.85
0.34	0.44	-0.10	8.9	6.89
0.43	0.37	0.07	17.4	6.93
0.45	0.45	0.00	8.1	6.95
0.47	0.46	0.02	8.2	7.06
0.40	0.43	-0.02	12.1	7.32
0.44	0.49	-0.05	5.8	7.40
0.60	0.48	0.12	9.3	8.01
0.50	0.48	0.01	9.6	8.23
0.46	0.49	-0.03	10.1	8.64
0.37	0.43	-0.06	17.3	8.96
0.40	0.49	-0.09	11.6	9.13
0.61	0.50	0.10	11.7	9.41
0.60	0.58	0.02	6.8	10.50

**Legenda:**  $DH_{opt}$  – optimalna visina saskoka,  $PP_{con}$  – relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka,  $BF\%$  – procenat masnog tkiva u telu,  $IRM / BW^{0.67}$  – normalizovana vrednost rezultata u testu polučučanj u odnosu na telesnu masu ( $BW$ ).

## 7.10. Predikcija pouzdanosti za određivanje optimalne visine saskoka

Potreban broj skokova da bi se dobila određena pouzdanost  $DH_{opt}$  korišćenjem varijabli relativizovana maksimalna mišićna snaga u koncentričnoj fazi odskoka ( $PP_{con}$ ), visina skoka ( $H$ ), reaktivni indeks izvođenja ( $RSI$ ) metodama *biranja* i *predviđanja* je računata pomoću *Spirman-Braunove* formule. Dobijeni rezultati su korišćeni za ispitivanje cilja 10.

**Tabela 29a.** Potreban broj ponavljanja prema *Spirman-Braunovoj* za varijablu  $PP_{con}$ .

Metod	ICC > 0.9	ICC > 0.8	ICC > 0.7	ICC > 0.6
Biranje	37	17	10	6
Predviđanja	9	4	2	2

**Legenda:** ICC – intraklas korelacioni koeficijent.

**Tabela 29b.** Potreban broj ponavljanja prema *Spirman-Braunovoj* formuli za varijablu  $H$ .

Metod	ICC > 0.9	ICC > 0.8	ICC > 0.7	ICC > 0.6
Biranje	18	8	5	3
Predviđanja	19	8	5	3

Za skraćenice pogledati legendu ispod **Tabele 29a.**

**Tabela 29c.** Potreban broj ponavljanja prema *Spirman-Braunovoj* formuli za varijablu  $RSI$ .

Metod	ICC > 0.9	ICC > 0.8	ICC > 0.7	ICC > 0.6
Biranje	22	10	6	4
Predviđanja	13	6	3	2

Za skraćenice pogledati legendu ispod **Tabele 29a.**

## 8. DISKUSIJA

Na osnovu pregleda dosadašnje literature koja se bavila problematikom optimizacije intenziteta, za obezbeđivanje maksimalnih performansi kod skoka iz saskoka utvrđeno je da ne postoji potpuna konzistentnost u dobijenim nalazima, koja se pre svega odnosi na širok opseg  $DH_{opt}$ .

Iz tog razloga kreiran je eksperiment sa sledećim ciljevima ispitivanja: 1) određivanje pouzdanosti ispitivanih zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli kod skoka iz saskoka; 2) ispitivanje uticaja visine saskoka na zavisne kinetičke i kinematičke varijable; 3) određivanje pouzdanosti metoda *biranja* i metoda *predviđanja* za određivanje  $DH_{opt}$ ; 4) ispitivanje povezanosti dva metoda za određivanje  $DH_{opt}$ ; 5) ispitivanje povezanosti morfoloških varijabli sa  $DH_{opt}$ ; 6) ispitivanje povezanosti varijabli koje opisuju maksimalnu jačinu mišića i  $DH_{opt}$ ; 7) ispitivanje razlika u kinetičkim i kinematičkim varijablama između grupa sa različitim nivoom maksimalne mišićne jačine; 8) ispitivanje razlika u  $DH_{opt}$  između grupa sa različitim nivoom maksimalne mišićne jačine; 9) utvrđivanje regresionih modela za predikciju  $DH_{opt}$  na osnovu odgovarajućih morfoloških i varijabli koje opisuju maksimalnu jačinu mišića; i 10) Predikcija pouzdanosti za određivanje  $DH_{opt}$ .

Dobijeni rezultati, njihova interpretacija i poređenje u poglavlju diskusija može pomoći u razjašnjavanju i davanju odgovora na jedan broj naučnih, teorijskih i praktičnih pitanja koja se odnose na metodološke aspekte optimizacije intenziteta kod skoka iz saskoka.



## 8.1. Pouzdanost kinetičkih i kinematičkih varijabli

Određivanje pouzdanosti ispitivanih zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli kod skoka iz saskoka je definisano ciljem jedan. Pretpostavka (hipoteza 1) da će se dobiti visoka pouzdanost zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli kod skoka iz saskoka je delimično potvrđena.

Interpretacija rezultata  $ICC$  u realizovanom istraživanju je definisana prema kriterijumima Munro i sar. (1986). Vrednosti  $ICC$  od 0.50 do 0.69 su smatrane umerenom, od 0.70 do 0.89 visokom, od 0.90 veoma visokom pouzdanošću. Dobijena vrednost  $ICC$  za varijablu  $FP_{ecc}$  je visoka za visine saskoka od 0.12 do 0.42 m, umerena od 0.50 do 0.72 m i niska za 0.82 m. Sa tim u vezi skokovi iz saskoka sa visine od 0.82 m su verovatno značajno uticali na tehniku i smanjenje kontrole izvođenja odskoka. Za varijablu  $FM_{ecc}$  dobijena je visoka i veoma visoka pouzdanost. U istraživanju Makaruk i Sacewicz (2011) dobijene vrednosti vertikalne komponente sile reakcije podloge su veoma visoke pouzdanosti. Viša pouzdanost u navedenom istraživanju je verovatno posledica testiranja vrhunskih atletičara koji se takmiče u skakačkim disciplinama (pet troskokaša, dva skakača udalj i dva uvis) i korišćenje manjeg opsega visina saskoka 0.20, 0.40, 0.60 m u odnosu na realizovano istraživanje u kome su studenti Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja izvodili skok iz saskoka sa osam visina u opsegu od 0.12 do 0.82 m. Dobijena pouzdanost za varijable  $FP_{con}$  je u opsegu visoke i veoma visoke a  $FM_{con}$  veoma visoke pouzdanosti. U dostupnoj literaturi pouzdanost  $FP_{con}$  i  $FM_{con}$  varijabli nije ispitivana.

Dobijeni rezultati su u opsegu od umerene do visoke pouzdanosti za varijable  $PP_{ecc}$  i  $PM_{ecc}$  a za  $PP_{con}$  i  $PM_{con}$  veoma visoke. U dostupnoj literaturi pouzdanost navedenih varijabli nije ispitivana. S obzirom da su dobijene veoma visoke vrednosti  $ICC$  za varijable  $PP_{con}$  i  $PM_{con}$  može se sugerisati njihovo korišćenje za doziranje intenziteta i određivanje  $DH_{opt}$  na treninzima i naučnim istraživanjima.

Vrednosti  $ICC$  za varijablu  $RSI$  prema autorima Byrne i sar. (2010) kod skoka iz saskoka je veoma visoke pouzdanosti. Obzirom da su u istraživanju Byrne i sar. (2010) za uzorak ispitanika korišćeni fizički aktivni studenti kao i ovoj doktorskoj disertaciji uzrok dobijanja malo nižih vrednosti pouzdanosti u ovoj disertaciji ( $ICC$  je u opsegu od visoke do veoma visoke) je verovatno posledica korišćenja većeg opsega visina saskoka (od 0.12 do 0.82 m) nego kod Byrne i sar. (2010) gde je rađen skok iz saskoka sa visina od 0.20 do 0.60 m.

Dobijene su visoke vrednosti pouzdanosti u realizovanom istraživanju varijabli  $T_{total}$ ,  $T_{ecc}$ ,  $T_{con}$ . Vrednosti varijable  $H$ ,  $V_{mean\ con}$ ,  $V_{peak\ con}$  su u opsegu od visoke do veoma visoke pouzdanosti. U dosadašnjim analiziranim istraživanjima pouzdanost navedenih varijabli nije ispitivana.

Jednofaktorskom *ANOVOM* utvrđene su značajne razlike između tri pokušaja kod saskoka sa 0.12 i 0.82 m (za detalje pogledati Tabele od 6 do 11) kod svih zavisnih varijabli osim kod  $PP_{ecc}$ . Može se smatrati da su “krajnje” visine saskoka uticale u određenoj meri na tehniku odskoka, njenim modifikovanjem, što je uticalo na dobijanje statistički značajnih razlika određenih varijabli između tri pokušaja.

Može se zaključiti da je kod većine varijabli viši nivo pouzdanosti dobijen tokom koncentrične u odnosu na ekscentričnu fazu odskoka i kod saskoka sa nižih visina. Dobijeni rezultati su verovatno posledica razvijanja velikih udarnih sila u trenutku kontakta sa podlogom kod saskoka sa viših visina i korišćenja ekscentrične faze tokom odskoka prvenstveno za stvaranje uslova koji će omogućiti generisanje optimalne sile, snage itd. tokom koncentrične faze odskoka i realizovanje maksimalnih performansi. Iz gorenavedenog može se predložiti, za određivanje intenziteta i  $DH_{opt}$  korišćenje merenih varijabli tokom koncentrične faze odskoka i varijabli  $H$  i  $RSI$ , čija je pouzdanost na visokom nivou kod saskoka sa svih primenjenih visina.

## 8.2. Uticaj visine saskoka na kinetičke i kinematičke varijable

Ispitivanje uticaja visine saskoka na zavisne kinetičke i kinematičke varijable kod skoka iz saskoka je postavljeno u drugom cilju istraživanja. Efekat visine saskoka se nije dobio samo kod varijable  $H$  i  $V_{peak\ con}$  na osnovu čega se može zaključiti da je pretpostavka (hipoteza 2) da će različite visine saskoka uticati na statistički značajne promene vrednosti zavisnih kinetičkih i kinematičkih varijabli delimično potvrđena.

Identifikovane su kinematičke i kinetičke varijable za koje se smatra da su povezane sa skakačkim performansama i da mogu pomoći u boljem objašnjavanju adaptacionih mehanizama prilikom izvođenja odskoka sa različitih visina saskoka. Pre diskusije i poređenja dobijenih rezultata cilja 2 sa drugim istraživanjima neophodno je napomenuti da ni u jednom od analiziranih istraživanja nije ispitivan uticaj osam različitih visina saskoka na određene kinetičke i kinematičke varijable (opseg i broj primenjenih visina saskoka je manji) što se može smatrati važnim metodološkim aspektom ove studije. Sa tim u vezi dobijeni rezultati omogućavaju objektivniju diskusiju koja se odnosi na uticaj visine saskoka na određene kinetičke i kinematičke varijable.

Analizom dostupne literature se vidi da postoje različita mišljenja o uticaju visine saskoka na zavisne kinetičke i kinematičke varijable kod skoka iz saskoka (za detalje pogledati Poglavlje 2). Iz tog aspekta je veoma važno posvetiti pažnju ovom fenomenu. Prvi bitan nalaz ove studije koji se odnosi na hipotezu 2, je da visina saskoka značajno utiče na vrednosti većine ispitivanih kinetičkih i kinematičkih varijabli. Efekat visine saskoka je utvrđen kod sledećih varijabli:  $FP_{ecc}$ ,  $FP_{con}$ ,  $FM_{ecc}$ ,  $FM_{con}$ ,  $PP_{ecc}$ ,  $PP_{con}$ ,  $PM_{ecc}$ ,  $PM_{con}$ ,  $T_{total}$ ,  $T_{ecc}$ ,  $T_{con}$ ,  $RSI$ ,  $V_{mean\ con}$  (za detalje pogledati Tabelu 13 i Slike od 11 do 17). Dobijeni rezultati potvrđuju da se visina saskoka može koristiti za doziranje intenziteta kod skoka iz saskoka (kada se intenzitet definiše na osnovu vrednosti navedenih varijabli) što je u skladu sa istraživanjima (Viitasalo i sar. 1998; Villareal i sar. 2009; Makaruk i Sacewicz 2011). Dobijene značajno veće vrednosti sile i snage tokom ekscentrične u odnosu na koncentričnu mišićnu kontrakciju su u skladu sa relacijom sila-brzina (ostvarivanje većih sila pri ekscentričnoj kontrakciji). Takođe, mogu se objasniti jednim od osnovnih stanovišta biomehanike mišićne kontrakcije tj. dejstvom aktivne, pasivne i viskozne (raste sa brzinom izduženja) komponente u istom smeru tokom ekscentrične faze odskoka. U skladu sa fundamentalnim zakonom slobodnog pada

osnovno objašnjenje uticaja visine saskoka na kinetičke i kinematičke varijable je da se brzina koju težište tela stiže tokom faze leta povećava sa visinom saskoka što utiče na porast brzine tela i udarnih sila na lokomotorni sistem u trenutku doskoka. Na slikama (11, 12, 13, 14 panel A) se može videti približno linearno povećanje vrednosti varijabli  $FP_{ecc}$ ,  $FM_{ecc}$ ,  $PP_{ecc}$ ,  $PM_{ecc}$ . Sa povećanjem visine saskoka povećava se intenzitet izvođenja, što može uzrokovati smanjenje kontrole pokreta i narušavanje tehnike odskoka (Bobbert i sar. 1987), povećanje amplitude na nivou skočnog, kolena i zgloba kuka, tj. pravljenje mekšeg doskoka i manjeg korišćenja elastičnih svojstava tetiva i mišića. Navedene pojave su posledica primenjivanja intenziteta koji je iznad optimalnog. Kod *RSI* (Slika 16 panel B),  $FP_{con}$ ,  $FM_{con}$ ,  $PP_{con}$ ,  $PM_{con}$  na slikama (11, 12, 13, 14 panel B) se vidi da su dobijene vrednosti varijabli paraboličnog oblika što ukazuje na postojanje i mogućnost određivanja  $DH_{opt}$  čija primena se preporučuje na treninzima (Baker i Nance 1999; Baker i sar. 2001). Takvo određivanje i korišćenje  $DH_{opt}$  smatra se superiornim u odnosu na klasičan način određivanja opterećenja bez preciznog određivanja intenziteta. Nije dobijen efekat visine saskoka na varijablu  $V_{peak\ con}$  a veličina uticaja na  $V_{mean\ con}$  je mala. Grafički prikazi (oblici krivih) na slikama 11 i 12 (panel A i B) i 13 i 14 (panel A i B) varijabli  $FP_{ecc}$ ,  $FP_{con}$ ,  $FM_{ecc}$ ,  $FM_{con}$ ,  $PP_{ecc}$ ,  $PP_{con}$ ,  $PM_{ecc}$ ,  $PM_{con}$  su slični. Sa tim u vezi može se zaključiti da je na povećanje generisane snage tokom odskoka u najvećoj meri uticao porast vertikalne komponente sile reakcije podloge tokom ekscentrične i koncentrične faze odskoka na ispitivanom uzorku ( $n = 30$ ).

U realizovanoj studiji je dobijeno značajno produžavanje  $T_{total}$ ,  $T_{ecc}$ ,  $T_{con}$  (Tabela 13, post hok) kod saskoka sa visina od 0.72 i 0.82 m što je i očekivano za korišćeni uzorak ispitanika. Dobijeni rezultati su suprotni studiji Viitasala i sar. (1998) koji nisu dobili značajne razlike između  $T_{total}$ ,  $T_{ecc}$ ,  $T_{con}$  kod saskoka sa 0.40 i 0.80 m. Jedno od objašnjenja nedobijanja značajnih razlika je znatno manji broj korišćenih visina saskoka kod Viitasala i sar. (1998) (samo dve) i metodološki pristup studije u kojoj nije proveravana pouzdanost dobijenih varijabli. U realizovanom istraživanju dobijena je visoka pouzdanost varijabli  $T_{total}$ ,  $T_{ecc}$ ,  $T_{con}$ .

U trenažnoj praksi i naučnim istraživanjima (Komi i Bosco 1978; Viitasalo 1982; Bobbert i sar. 1987; Lees i Fahmi 1994; Voigt i sar. 1994; Viitasalo i sar. 1998; Bassa i sar. 2012) za određivanje  $DH_{opt}$  najčešće je korišćena varijabla  $H$  verovatno iz razloga najlakše praktične primene. Kod grupe troskokaša prosečna vrednost varijable  $H$  nakon saskoka sa 0.40 i 0.80 m je bila 0.47 m a kod grupe studenata 0.35 m. U studiji Pietraszewski i Rutkowska-Kucharska (2011) kod saskoka sa 0.30 m  $H$  je 0.42 m a kod saskoka sa 0.60 m  $H$  je 0.38 m. U

realizovanom istraživanju kod saskoka sa:  $0.32\text{ m H}$  je  $0.32\text{ m}$ ,  $0.42\text{ m H}$  je  $0.33\text{ m}$ ,  $0.62\text{ m H}$  je  $0.32\text{ m}$ ,  $0.82\text{ m H}$  je  $0.31\text{ m}$ .

Drugi bitan nalaz ove studije, koji se odnosi na hipotezu 2 je neznačajan efekat visine saskoka na varijablu  $H$ . Dobijeni rezultati su u skladu sa istraživanjima Viitasala i Boscoa (1982), Viitasala i sar. (1998) gde takođe nije dobijen efekat visine saskoka na  $H$ . Nedostatak studija (Viitasala i Boscoa 1982; Viitasala i sar. 1998) se ogleda u tome što je korišćen manji broj visina saskoka, nego u realizovanom istraživanju. Može se smatrati da rezultati realizovanog istraživanja omogućavaju objektivnije potvrđivanje prethodnih nalaza da visina saskoka ne utiče statistički značajno na varijablu  $H$ . Sa tim u vezi može se zaključiti da su neophodna dalja istraživanja i dovodi se u pitanje doziranje intenziteta kod skoka iz saskoka na sportskim ili rehabilitacionim treninzima i testiranjima samo na osnovu rezultata varijable  $H$ . U saglasju sa dobijenim rezultatima predlaže se korišćenje varijabli kod kojih je dobijen značajan efekat visine saskoka kao što su npr.  $PP_{con}$ ,  $RSI$  itd.

### 8.3. Pouzdanost metoda za određivanje optimalne visine saskoka

U realizovanom istraživanju ispitivana je pouzdanost dva metoda (*biranja i predviđanja*) za određivanje  $DH_{opt}$  pomoću zavisnih varijabli kojima se definišu maksimalne performanse kod skoka iz saskoka. Pretpostavka (hipoteza 3) da će oba metoda za određivanje  $DH_{opt}$  pokazati visoku pouzdanost je delimično potvrđena.

Metod biranja je korišćen za određivanje  $DH_{opt}$  u studijama (Viitasalo 1982; Lees i Fahmi 1994; Walsh i sar. 2004; Byrne i sar. 2010; Pietraszewski i Rutkowska-Kucharska 2011) ali njegova pouzdanost u navedenim studijama nije proveravana tako da nije moguće porediti dobijene rezultate. Treba naglasiti da u dosadašnjoj literaturi metod *predviđanja* nije korišćen za određivanje  $DH_{opt}$  u analiziranim radovima.

Za  $DH_{opt}$  određenu varijablom  $PP_{con}$  metodom *biranja* dobijen je nizak, a za metod *predviđanja* visok nivo pouzdanosti prema Munro i sar. (1986). Vrednosti  $CV$  za metod biranja ukazuju na nizak a *predviđanja* izrazito nizak nivo varijabilnosti unutar ispitanika (Perić 1996), za detalje pogledati Tabelu 14a.

Kada je  $DH_{opt}$  određena varijablom  $H$  metodom *biranja i predviđanja* dobijena je umerena pouzdanost rezultata prema Munro i sar. (1986). Vrednosti  $CV$  za metod *biranja* ukazuju na nizak a *predviđanja* prosečan nivo varijabilnosti unutar ispitanika (Perić 1996), za detalje pogledati Tabelu 14b.

Dobijena pouzdanost  $DH_{opt}$  varijablom  $RSI$  metodom *biranja i predviđanja* se može smatrati kao umerena. Vrednosti  $CV$  za metod *biranja* ukazuju na nizak a za metod *predviđanja* na prosečan nivo varijabilnosti unutar ispitanika (Perić 1996), za detalje pogledati Tabelu 14c.

U velikom broju dosadašnjih istraživanja  $DH_{opt}$  je određivana varijablom  $H$  metodom *biranja* (Komi i Bosco 1978; Viitasalo 1982; Bobbert i sar. 1987; Lees i Fahmi 1994; Voigt i sar. 1994; Viitasalo i sar. 1998; Bassa i sar. 2012). Sugerije se primena u budućim istraživanjima metode *predviđanja* za definisanje  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$ , koja se pokazala kao najpouzdanija u ovom istraživanju.

#### 8.4. *Povezanost metoda za određivanje optimalne visine saskoka*

Nakon ispitane pouzdanosti cilj je bio da se ispita povezanost dva metoda za određivanje  $DH_{opt}$ , određene zavisnim varijablama kojima se definišu maksimalne performanse kod skoka iz saskoka. Pretpostavljeno (hipoteza 4) je da postoji značajna povezanost dva metoda za određivanje  $DH_{opt}$ . Navedena pretpostavka je potvrđena.

U analiziranim naučnim istraživanjima koja su se bavila  $DH_{opt}$  nije ispitana navedena pretpostavka. Iz tog razloga dobijeni rezultati se mogu smatrati načelno kao sredstva za podešavanje koncepta budućih naučnih istraživanja. Kod korišćenja varijabli  $PP_{con}$ ,  $H$ ,  $RSI$  za određivanje  $DH_{opt}$  dobijena je statistički značajna povezanost ( $p < 0.05$ ) između metoda *biranja* i *predviđanja*. Najmanja vrednost  $r$  između metoda *biranja* i *predviđanja*, jedina značajna razlika  $DH_{opt}$  između dva metoda je dobijena kada je  $DH_{opt}$  određivana varijablom  $PP_{con}$ . Kao jedno od objašnjenja navedenog fenomena se može smatrati da je kod  $DH_{opt}$  određene metodom *biranja* i *predviđanja* determinisanom varijablom  $PP_{con}$  dobijena veća razlika aritmetičkih sredina  $DH_{opt}$  nego kada je određivana varijablama  $H$  i  $RSI$  (za detalje pogledati Tabele 15, 17a i b). Jedan od značajnih uzroka razlike  $DH_{opt}$  navedenih metoda u realizovanom istraživanju je dobijena najniža pouzdanost  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$  metodom *biranja* a najviša metodom *predviđanja* (za detalje pogledati Tabele 14a, b i c).

## 8.5. Povezanost morfoloških varijabli sa optimalnom visinom saskoka

Povezanost morfoloških varijabli sa  $DH_{opt}$  definisana je ciljem 5. Pretpostavka (hipoteza 5) da postoji značajna povezanost morfoloških varijabli i  $DH_{opt}$  je potvrđena samo kada je  $DH_{opt}$  određena varijablom  $PP_{con}$  metodom *predviđanja*.

Iako je do danas mali broj studija koje su se bavile ovakvim istraživanjima, smatra se da osobe velike telesne mase i visine (preko 1.9 m) treba sa oprezom da primenjuju pliometrijske vežbe (Milanović i Jukić 2003). Razlog su značajno veće udarne sile na lokomotorni sistem tokom odskoka. Ljudima telesne mase veće od 100 kg ne preporučuje se skok iz saskoka sa visine veće od 0.46 m (Beachle i Earle 2000). Sa tim u vezi cilj 5 je bio da se ispita da li neke od ispitivanih morfoloških varijabli utiču na  $DH_{opt}$ .

Dobijena je pozitivna korelacija  $DH_{opt}$  određene metodom *predviđanja* i varijablom  $PP_{con}$  sa varijablom  $BM\%$  a negativna sa  $BF\%$  ( $p < 0.05$ ). Dobijeni rezultati sugerisu da sa povećanjem  $BM\%$  i smanjenjem  $BF\%$  u telu povećava se visina koja predstavlja  $DH_{opt}$ . Dobijeni rezultati su logični kada uzorak ispitivane populacije ne čine vrhunski sportisti (kao u realizovanoj studiji). Kada je  $DH_{opt}$  determinisana varijablama  $H$ ,  $RSI$  metodom *predviđanja* i *biranja* i  $PP_{con}$  metodom *biranja* nije dobijena statistički značajna povezanost  $DH_{opt}$  sa ispitivanim morfološkim varijablama.

Treba podsetiti da je najviša pouzdanost  $DH_{opt}$  dobijena kod metode *predviđanja* i varijable  $PP_{con}$  što se može smatrati jednim od uzroka dobijenih značajnih korelacija  $DH_{opt}$  i određenih morfoloških varijabli. Neophodno je sprovesti još istraživanja sa ovakvom tematikom na različitom uzorku populacije, kod metoda *biranja* i *predviđanja*. Iz dobijenih rezultata se može zaključiti da varijable  $BM\%$  i  $BF\%$  treba uzeti u obzir prilikom planiranja pliometrijskih treninga u kojima se koristi trenažno sredstvo skok iz saskoka.



## 8.6. Povezanost maksimalne jačine ispitnika i optimalne visine saskoka

U realizovanom istraživanju ispitivana je povezanost varijabli koje opisuju maksimalnu jačinu mišića i  $DH_{opt}$  determinisane u odnosu na zavisne varijable kojima se definišu maksimalne performanse kod skoka iz saskoka. U hipotezi 6 je pretpostavljeno da postoji značajna povezanost maksimalne jačine mišića i  $DH_{opt}$ . Navedena pretpostavka je delimično potvrđena.

Iz analizirane literature nije pronađeno da je ispitivana povezanost rezultata maksimalne mišićne jačine (rezultat  $1 RM$  u polučučnju, čučnju itd.) i  $DH_{opt}$ . U preglednom radu Kawamora i Haff (2004) predlaže se ispitivanje povezanosti maksimalne jačine mišića i optimalnog opterećenja koje će omogućiti generisanje maksimalne mišićne snage. Sa tim u vezi u studiji Bobberta i Van Soesta (1994) vrednosti varijable  $H$  kod  $SJ$  visoko koreliraju sa mišićnom silom. U studiji Ugrinowitscha i sar. (2007) rezultat u  $1 RM$  na legpresu kod atletičara sa  $r = 0.93$ , bodibildera  $r = 0.89$ , fizički aktivnih  $r = 0.52$  korelira (za sve korelacije nivo značajnosti je  $p < 0.05$ ) sa varijablom  $H$  kod  $CMJ$ . Indirektno se može zaključiti da povezanost postoji i kod skoka iz saskoka. U istraživanju Lazaridis i sar. (2013) je utvrđeno da odrasli postižu maksimalnu visinu skoka nakon saskoka sa većih visina u odnosu na decu pri čemu se može sa velikom verovatnoćom pretpostaviti da su odrasli značajno jači od dece. Takođe je dobijena viša  $DH_{opt}$  kod muškaraca u odnosu na žene (prirodno jačih) (Komi i Bosco 1978).

Bitan nalaz ove studije je da su statistički značajne povezanosti ( $p < 0.05$ ) između varijabli kojima se procenjuje maksimalna mišićna jačina ispitnika i  $DH_{opt}$  dobijene samo kada je  $DH_{opt}$  određivana metodom *predviđanja* i determinisana varijablama  $PP_{con}$  i  $H$ . Jedno od objašnjenja dobijenih rezultata je utvrđena viša pouzdanost metode *predviđanja* nego metoda *biranja* za određivanje  $DH_{opt}$  (za detalje pogledati Tabele 14a i b).

Takođe za objašnjenje dobijene povezanosti treba navesti da mišići koji svoju funkciju realizuju u zglobo kolena imaju bitniju ulogu u motoričkim zadacima koji se izvode pri većim intenzitetima opterećenja, npr. kod skoka iz saskoka (treba podsetiti da su u testovima za procenu maksimalne jačine mišića jedni od najangažovanijih mišića bili ekstenzori zgloba kolena). U prilog ovome je i mišljenje Horite i sar. (2002) koji smatraju da su svojstva mišića ekstenzora zgloba kolena najbitnija u generisanju mišićne snage pri maksimalnim

intenzitetima. Sa druge strane u studiji Hobare i sar. (2009) je utvrđeno da mišićna aktivnost plantarnih fleksora dominantnu ulogu ima samo kod skokova koji se izvode submaksimalnim intenzitetom.

Na osnovu dobijenih rezultata se može zaključiti da se  $DH_{opt}$  kod skoka iz saskoka može određivati u zavisnosti od neuromišićnih kapaciteta za generisanjem maksimalne mišićne jačine i treba je smatrati važnom varijablom kod određivanja  $DH_{opt}$ . Takođe dobijeni nalaz treba pokušati implementirati u trenažnu praksu. Sa tim u vezi da bi efikasnost treninga na kome se kao trenažno sredstvo koristi skok iz saskoka bila veća, ne treba da primenjuju iste visine saskoka osobe (sportisti) čiji se rezultati u testu maksimalne mišićne jačine (određene varijablama  $1 RM / BW^{0.67}$  ili  $MDS$ ) značajno razlikuju.

## 8.7. Uticaj maksimalne jačine na kinetičke i kinematičke varijable

Da bi se ispitaio uticaj visine saskoka i maksimalne jačine ispitanika na zavisne kinetičke i kinematičke varijable definisan je cilj 7 i hipoteza 7 koja pretpostavlja da će se dobiti značajne razlike u kinetičkim i kinematičkim varijablama između grupa sa različitim nivoom maksimalne mišićne jačine. Navedena pretpostavka je delimično potvrđena.

Bitni nalazi za dalju diskusiju su rezultati koji pokazuju da nivo maksimalne mišićne jačine ispitanika utiče značajno na određene kinetičke i kinematičke varijable kod skoka iz saskoka (pogledati Tabelu 25). Takođe je bitno navesti da u pregledanoj literaturi nije pronađeno da je ispitivan uticaj mišićne jačine ispitanika na kinetičke i kinematičke varijable kod skoka iz saskoka, osim studije Newtona i sar. (1999) u kojoj je ispitivan uticaj tipa utreniranosti na varijablu *RSI*.

Dobijena je statistički značajna razlika kod varijabli  $PP_{con}$  ( $PP_{con} = FP_{con} \times V_{peak\ con}$ ) i  $PM_{con}$  ( $PM_{con} = FM_{con} \times V_{mean\ con}$ ) između grupe *jakih* i *slabih* ispitanika. Objasnjenje se može naći u varijablama pomoću kojih je računata snaga tokom koncentrične faze odskoka. Statistički značajne razlike između dve grupe ne postoje kod varijabli  $FP_{con}$ ,  $FM_{con}$  a postoje kod  $V_{peak\ con}$ ,  $V_{mean\ con}$  pri višim visinama saskoka (0.50, 0.62, 0.72, 0.82 m). Na osnovu toga se može zaključiti da je povećanje visine saskoka kod grupe *jakih* ispitanika u manjoj meri uticalo na smanjenje brzine izvođenja odskoka nego kod grupe *slabih* (pogledati Sliku 25 panel A i B). Takođe, povećanje visine saskoka kod *jakih* ispitanika je manje uticalo na vrednosti generisane snage mišića tokom koncentrične faze odskoka. Sa slika 21 i 22 panel B, 25 panel A i B se vidi da se najveće vrednosti snage i brzine kod *jakih* ispitanika ostvaruju nakon saskoka sa većih visina u odnosu na *slabe*.

Dobijeni nalazi koji se odnose na vrednosti varijabli snage potvrđuju rezultate Komia (1992b) da je jačim ispitanicima potrebno veće spoljašnje opterećenje u odnosu na slabije da bi postigli optimalnu brzinu pri kojoj će realizovati maksimalnu mišićnu snagu. Dobijene više vrednosti  $PP_{con}$  i  $PM_{con}$  kod *jakih* ispitanika su u saglasju sa generalnim zaključcima Kawamora i Haff (2004) i Stone i sar. (2003). Navedeni autori smatraju da povećanje mišićne jačine kod ispitanika (kao jedne od komponenti mišićne snage) utiče na porast generisane snage mišića. Dobijeni rezultati su u skladu i sa nalazima studija Hakkinen i Komi (1985) i Duchateau i Hainaut (1984). Sa tim u vezi mišićna sila zavisi od broja aktivnih motornih jedinica (motorne jedinice se uključuju prema tzv. principu „veličine“) i frekvencije

eferentnih impulsa svake od njih – motornog pražnjenja (Ilić i Mrdaković 2009). Prvo se uključuju mali motoneuroni sa niskim pragom pražnjenja, dok se veliki sa visokim pragom pražnjenja (imaju veće i brže kontrakcije) uključuju kasnije (Zatsiorsky 1995), kada se poveća potreba za generisanjem mišićne sile. Povećanjem intenziteta opterećenja na treningu, dominantno se aktiviraju veliki motoneuroni sa visokim pragom pražnjenja. Gorenavedeno navodi na zaključak, koji se slaže sa mišljenjem Wilson i sar. (1993) i Harris i sar. (2000) da su treninzi usmereni na razvoj mišićne jačine neophodni za regrutaciju brzih motornih jedinica koje su odgovorne za realizovanje dinamičkih performansi (Faulkner i sar. 1986; Harris i sar. 2000).

U realizovanoj studiji *jaki* ispitanici su bili eksplozivniji u odnosu na *slabe* što je dokazano kraćim trajanjem kontakta sa podlogom tokom:  $T_{total}$  (Slika 23 panel A),  $T_{ecc}$  (Slika 23 panel B) i  $T_{con}$  faze odskoka (Slika 23 panel C). Takođe pokazatelj veće eksplozivnosti grupe *jaki* u odnosu na grupu *slabi* su i statistički značajno veće vrednosti rezultata varijable  $RSI$  ( $RSI = H / T_{total}$ ) kod ispitanika iz grupe *jaki*. Dobijeni rezultati za  $RSI$  varijablu potvrđuju rezultate studije Newtona i sar. (1999) u kojoj je utvrđen značajan uticaj tipa utreniranosti kod saskoka sa 0.30 m na vrednosti varijable  $RSI$ .

Može se zaključiti da je povećanje visine saskoka u većoj meri uticalo na modifikovanje tehnike odskoka kod *slabih* u odnosu na *jake* ispitanike. Indirektno se može zaključiti da su ispitanici iz grupe *slabi* manje sposobni da iskoriste povratni režim rada mišića (elastična svojstva tetiva i mišića) kod saskoka sa većih visina u odnosu na *jake* ispitanike. Iz gorenavedenog može se predložiti nekorišćenje visina saskoka većih od 0.50 m kod *slabih* ispitanika (klasifikacija ispitanika se može definisati pomoću maksimalne mišićne jačine, varijablama  $1 RM / BW^{0.67}$  ili  $MDS$ ) ako je cilj primena treninga sa  $DH_{opt}$  i maksimalna bezbednost ispitanika na treninzima.

## 8.8. *Razlike u optimalnoj visini saskoka u odnosu na nivo maksimalne jačine mišića*

Razlike u  $DH_{opt}$  između grupa u odnosu na nivo maksimalne mišićne jačine su ispitivane u cilju 8. Pretpostavka da postoje razlike u  $DH_{opt}$  između grupa sa različitim nivoom maksimalne mišićne jačine je delimično potvrđena.

Kawamora i Haff (2004) su naveli potencijalni uticaj maksimalne jačine ispitanika na optimalno opterećenje (pri kome se generiše maksimalna snaga u standardnim testovima za procenu snage). Navedeni potencijalni uticaj je potvrđen u studiji Cronina i Sleiverta (2005) gde je dobijeno da se maksimalna vrednost snage  $SJ$  kod jačih ispitanika generiše pri većem spoljašnjem opterećenju (oko 40% od  $1 RM$ ) nego slabijih (oko 10% od  $1 RM$ ). Isti autori smatraju da se optimalno opterećenje povećava sa mišićnom jačinom ispitanika ( $1 RM$ ). Sa tim u vezi može se postaviti pitanje da li takva povezanost postoji i kod skoka iz saskoka? U analiziranoj literaturi eksplicitno nije rečeno da maksimalna jačina ispitanika značajno utiče na  $DH_{opt}$ . Utvrđeno je, npr. da odrasli postižu maksimalnu visinu skoka nakon saskoka sa viših visina u odnosu na decu (Lazaridis i sar. 2013). Takođe je dobijena viša  $DH_{opt}$  kod muškaraca u odnosu na žene. S obzirom da autori nisu prikazali odgovarajuću statističku analizu izuzev deskriptivne statistike dobijeni rezultati se ne mogu sa sigurnošću prihvatiti. U rezultatima Pietraszewski i Rutkowska-Kucharska (2011) je utvrđeno da kada je  $DH_{opt}$  određivana za ceo uzorak ispitanika dobijena vrednost je  $0.30 m$  a kada za svakog ispitanika pojedinačno  $DH_{opt}$  je u opsegu od  $0.15$  do  $0.60 m$ .

Pretpostavka da postoji značajan uticaj maksimalne jačine mišića ispitanika na  $DH_{opt}$  je potvrđena dobijanjem značajno više  $DH_{opt}$  kod grupe *jaki* u odnosu na *slabe* ispitanike (pogledati Tabele 26a i b). Navedena pretpostavka je potvrđena kod metoda *biranja* kada su se za determinisanje  $DH_{opt}$  koristile varijable  $PP_{con}$  i  $H$  a kod metoda *predviđanja* kada se koristila  $PP_{con}$ .

Dobijeni rezultati  $DH_{opt}$  određene varijablama  $PP_{con}$  i  $H$  (pogledati Tabele 26a i b) kod *jakih* ispitanika u ovoj studiji su suprotni rezultatima istraživanja Bobberta i sar. (1987) koji na osnovu biomehaničke analize skoka iz saskoka predlažu nekorišćenje saskoka sa  $0.60 m$ . Rezultati grupe *jakih* ispitanika realizovane studije se ne slažu ni sa mišljenjem Ishikawa i Komi (2004) koji ne preporučuju primenjivanje skoka iz saskoka sa  $0.60 m$  jer nije moguće

ostvariti benefite *SSC* zbog uključivanja inhibitornih mehanizama (značajno utiču na vrednosti generisane mišićne snage tokom koncentrične faze odskoka). Nažalost, u navedenim studijama nije izmerena maksimalna jačina mišića ispitanika koja je verovatno bitno uticalo na  $DH_{opt}$ . Rezultati grupe *slabih* ispitanika u realizovanoj studiji su u saglasju sa dobijenim rezultatima navedenih studija.

Teorijsko objašnjenje dobijenog značajnog uticaja maksimalne jačine mišića ispitanika na  $DH_{opt}$  se bazira na relaciji sila-brzina mišića (MacIntosh i Holash 2000). Jačim ispitanicima je potrebno veće spoljašnje opterećenje u odnosu na slabije da postignu optimalnu brzinu pri kojoj će realizovati maksimalnu mišićnu snagu tokom propulzivne faze odskoka. Indirektna potvrda dobijenih rezultata su i nalazi u doktorskoj disertaciji Ivana Ćuka (2014) u kojoj je dobijeno da jači ispitanici (bodibilderi) generišu veće vrednosti sile pri većim brzinama tokom koncentrične mišićne kontrakcije kod *CMJ* skoka u odnosu na fizički aktivne i neaktivne ispitanike. Iz navedenih rezultata realizovane i teorijski analiziranih studija sugerise se individualno određivanje  $DH_{opt}$  kod ispitanika različite maksimalne mišićne jačine kako bi se postigli što veći efekti treninga.

## 8.9. Regresioni modeli za predikciju optimalne visine saskoka

Mogućnost pravljenja regresionih modela za predikciju  $DH_{opt}$  je ispitivana u cilju 9. Pretpostavka (hipoteza 9) da je moguće modelovati predikciju  $DH_{opt}$  je potvrđena statistički značajnom povezanošću ( $p < 0.05$ ) i nepostojanjem sistematskih razlika ( $p > 0.05$ ) izmerenih ( $DH_{opt}$  određena varijablama  $PP_{con}$  i  $H$  metodom *predviđanja*) i dobijenih vrednosti  $DH_{opt}$  regresionim modelima. Pregledom dosadašnje literature nije pronađeno da je istraživana mogućnost predikcije  $DH_{opt}$  regresionim modelima tako da dobijene rezultate nije moguće upoređivati sa rezultatima drugih studija. Sa tim u vezi dobijeni rezultati su prodiskutovani u skladu sa razumevanjem određenih teorijskih i praktičnih aspekata.

Iz Tabela 27a i b se vidi da je dobijena povezanost  $DH_{opt}$  određena varijablama  $PP_{con}$  ili  $H$  i  $DH_{opt}$  određene regresionim modelima od umerene do visoke prema Cohenu (1988). Najviša povezanost je dobijena kada su regresioni model činile varijable  $IRM / BW^{0.67}$  i  $BF\%$  a najmanja kada je model predstavljen varijablom  $MDS$ . Dobijeni nalaz potvrđuje uticaj maksimalne jačine mišića ispitanika na  $DH_{opt}$  i veću valjanost  $IRM / BW^{0.67}$  u odnosu na  $MDS$  za određivanje relativizovane maksimalne jačine mišića ispitanika. Dobijeni rezultat je u skladu sa formulom koja se koristila za određivanje maksimalne jačine mišića kod  $IRM / BW^{0.67}$  u odnosu na  $MDS$ . Sa tim u vezi u daljem tekstu je prodiskutovan najvaljaniji regresioni model dobijen u istraživanju.

Precizno definisanje optimalnog intenziteta prema (Cormie i sar. 2011a, b) nije bitno samo zbog teorijskih nego i praktičnih aspekata, tj. da bi se postigla veća efikasnost trenažnih i rehabilitacionih procesa (Cronin i Sleivert 2005). Konkretno u ovoj studiji je dobijeno da je razlika između  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$  metodom *predviđanja* i modela ( $IRM / BW^{0.67}$  i  $BF\%$ ) u opsegu od 0 do 0.13 m (za detalje pogledati Tabelu 28). Dobijeni nalaz može imati praktičnu primenu u sportu sa ciljem preciznijeg određivanja  $DH_{opt}$  na treninzima, testiranju i rehabilitaciji. Takođe rezultati ove studije pokazuju da je potrebno menjati visinu saskoka u zavisnosti od aktuelnih vrednosti varijabli  $IRM / BW^{0.67}$  i  $BF\%$  kako bi se primenjivao optimalan intenzitet u okviru pliometrijskog treninga. Benefiti treninga sa optimalnim opterećenjem, koji teže da maksimizuju mehaničku snagu primenom različitih trenažnih sredstava (npr. *SJ* sa tegovima) su potvrđeni u studijama (Kaneko i sar. 1983; Baker i Nance 1999; Baker i sar. 2001; McBride i sar. 2002) preporučuju se i smatraju superiornim u odnosu na klasičan trening opterećenja bez precizno određenih intenziteta.

Iako se za dobijene modele može reći da su valjani (dobijene vrednosti modela i izračunate metodom *predviđanja*  $DH_{opt}$  su saglasne) svakako je neophodno proveriti ih i na drugim uzorcima populacije (kao što su vrhunski sportisti iz više sportova, različitog uzrasta, na ženskoj populaciji i dr.). Sa tim u vezi ako se i na drugim populacijama ispitanika utvrdi povezanost navedenih modela sa izmerenom  $DH_{opt}$  omogućiće se preciznije određivanje  $DH_{opt}$  van laboratorijskih uslova. Na primer na osnovu  $IRM / BW^{0.67}$  rezultata u polučučnju izmerenog na treningu moći će da se individualno relativno precizno odredi za svakog sportistu  $DH_{opt}$ .

Dalja eksperimentalna istraživanja sa ispitivanjem i potencijalnim utvrđivanjem valjanosti navedenih i kreiranje sličnih modela bi omogućila njihovu “dublju” implementaciju u trenažno-takmičarsku praksu.



## **8.10. Predikcija pouzdanosti za određivanje optimalne visine saskoka**

Da bi se utvrdilo koliki broj ponavljanja je potreban da bi se dobila visoka pouzdanost  $DH_{opt}$  u zavisnosti od varijable kojom se determiniše  $DH_{opt}$  i metoda za njeno određivanje korišćena je *Spirman-Braunova* formula.

Pregledom dostupne literature koja se bavila problematikom  $DH_{opt}$  nije pronađeno da je ispitivan potreban broj ponavljanja za dobijanje prihvatljive pouzdanosti  $DH_{opt}$ . Sa tim u vezi može se konstatovati prema dobijenim rezultatima ovog istraživanja da je najmanji broj ponavljanja za dobijanje „visoke“ pouzdanosti potreban kada se  $DH_{opt}$  determiniše varijablom  $PP_{con}$  metodom *predviđanja* (dovoljno je dva ponavljanja, pogledati Tabelu 29a) a kada se  $DH_{opt}$  determiniše varijablom *RSI* metodom *predviđanja* potrebna su tri ponavljanja (Tabela 29c). Najveći broj ponavljanja je potreban kada se  $DH_{opt}$  određuje  $PP_{con}$  metodom *biranja* (Tabela 29b).

Dobijeni rezultati sugerišu korišćenje  $DH_{opt}$  određene varijablom  $PP_{con}$  metodom *predviđanja* u budućim istraživanjima i kada je cilj preciznije određivanje  $DH_{opt}$  za trenažni proces, kako bi se sa što manjim brojem ponavljanja sa svake od korišćenih visina saskoka odredila  $DH_{opt}$ .

## 9. ZAKLJUČCI

Višegodišnjom sportskom, pedagoškom i naučnom praksom, kao i analizom dostupne literature došlo se do problema projektovanog istraživanja koji se odnosi na optimizaciju intenziteta za obezbeđivanje maksimalnih performansi kod skoka iz saskoka. Predmet projektovanog istraživanja odnosi se na metodološke aspekte optimizacije intenziteta opterećenja kod skoka iz saskoka. Iz navedenih problema i predmeta istraživanja su definisani ciljevi i hipoteze na koje je pokušano da se odgovori precizno i svrsishodno, kako bi se dobijeni zaključci mogli implementirati u sportsku nauku i praksu. U daljem tekstu ovog poglavlja su navedeni najvažniji zaključci realizovanog istraživanja.

- ✓ Dobijen je viši nivo pouzdanosti tokom koncentrične u odnosu na ekscentričnu fazu odskoka što je posledica generisanja većih udarnih sila u trenutku kontakta sa podlogom kod saskoka i korišćenja ekscentrične faze tokom odskoka prvenstveno za stvaranje uslova koji će omogućiti generisanje optimalne sile, snage itd. tokom koncentrične faze odskoka i realizovanje maksimalnih performansi. Za naredna istraživanja se sugerše i obimnija familijarizacija sa skokom iz saskoka kada su u pitanju ispitanici koji nisu primenjivali skok iz saskoka na treninzima i kada se koristi opseg visina saskoka od 0.12 do 0.82 m.
- ✓ Značajan uticaj visine saskoka je utvrđen kod sledećih varijabli:  $FP_{ecc}$ ,  $FP_{con}$ ,  $FM_{ecc}$ ,  $FM_{con}$ ,  $PP_{ecc}$ ,  $PP_{con}$ ,  $PM_{ecc}$ ,  $PM_{con}$ ,  $T_{total}$ ,  $T_{ecc}$ ,  $T_{con}$ ,  $RSI$ ,  $V_{mean\ con}$ . Dobijeni rezultati potvrđuju da se visina saskoka može koristiti za doziranje intenziteta kod skoka iz saskoka kada se intenzitet definiše preko određenih varijabli. Imajući u vidu da je korišćen veći broj visina saskoka nego u ostalim studijama može se smatrati da rezultati realizovanog istraživanja potvrđuju nepostojanje efekta visine saskoka na varijablu  $H$  i da u narednim studijama treba ispitati objektivnost doziranja intenziteta na osnovu rezultata varijable  $H$ .
- ✓ U velikom broju dosadašnjih istraživanja  $DH_{opt}$  je određivana varijablom  $H$  metodom *biranja* i može se sugerisati primena u budućim istraživanjima metode *predviđanja* određene varijablom  $PP_{con}$  koja se pokazala najpouzdanijom.

- ✓ Jedan od značajnih uzroka dobijene razlike  $DH_{opt}$  određene metodom *biranja* i *predviđanja* varijablom  $PP_{con}$  je dobijena najniža pouzdanost kod metode *biranja* a najviša kod metode *predviđanja*.
- ✓ Utvrđena je pozitivna značajna korelacija  $DH_{opt}$  određene metodom *predviđanja* i varijablom  $PP_{con}$  sa varijablom  $BM\%$  a negativna sa  $BF\%$ . Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se sa promenom telesne kompozicije, povećanjem  $BM\%$  i smanjenjem  $BF\%$ , povećava  $DH_{opt}$ .
- ✓ Bitan nalaz ove studije je da su statistički značajne povezanosti između varijabli kojima se procenjuje maksimalna mišićna jačina ispitanika i  $DH_{opt}$  dobijene kada je  $DH_{opt}$  određivana metodom *predviđanja* i determinisana varijablama  $PP_{con}$  i  $H$ . Na osnovu dobijenih rezultata se može zaključiti da se  $DH_{opt}$  kod skoka iz saskoka može određivati u zavisnosti od neuromišićnih kapaciteta za generisanjem maksimalne mišićne jačine.
- ✓ Statistički značajna razlika varijabli  $PP_{con}$  i  $PM_{con}$  između grupe jakih i slabih se može objasniti varijablama pomoću kojih je računata snaga tokom koncentrične faze odskoka. Razlike između dve grupe ne postoje kod varijabli  $FP_{con}$ ,  $FM_{con}$  a postoje kod  $V_{peak\ con}$ ,  $V_{mean\ con}$  pri višim visinama saskoka (0.50, 0.62, 0.72, 0.82 m). Može se zaključiti da je povećanje visine saskoka kod grupe *jaki* u manjoj meri uticalo na smanjenje brzine izvođenja odskoka nego kod grupe *slabi* ispitanici. Dobijeni rezultati ukazuju na različite mehanizme generisanja snage mišića tokom koncentrične faze odskoka. Maksimalne vrednosti generisane snage mišića i brzine težišta tela grupa *jaki* ostvaruje kod saskoka sa većih visina u odnosu na *slabe* ispitanike. *Jaki* ispitanici su takođe bili eksplozivniji što je utvrđeno kraćim trajanjem kontakta sa podlogom tokom faze odskoka i većim vrednostima varijable  $RSI$ .
- ✓ Pretpostavka da će postojati značajna razlika u  $DH_{opt}$  kod ispitanika različite maksimalne jačine mišića je potvrđena kada je za određivanje  $DH_{opt}$  korišćena metoda *biranja*, varijable  $PP_{con}$  i  $H$  a kod metoda *predviđanja* kada je korišćena  $PP_{con}$ .
- ✓ Dobijena povezanost  $DH_{opt}$  određene varijablama  $PP_{con}$  ili  $H$  i regresionim modelima je od umerene do visoke. Najviša povezanost i najpreciznija predikcija  $DH_{opt}$  je dobijena kada su regresioni model činile varijable  $IRM / BW^{0.67}$  i  $BF\%$  a najmanja kada je model predstavljen varijablom  $MDS$ . Dobijeni nalaz može imati praktičnu primenu u sportu sa ciljem preciznijeg određivanja  $DH_{opt}$  na treninzima i testiranjima.

- ✓ Prema dobijenim rezultatima istraživanja, najmanji broj ponavljanja za dobijanje visoke pouzdanosti je potreban kada se  $DH_{opt}$  određuje varijablom  $PP_{con}$  metodom *predviđanja* (dovoljna su dva ponavljanja). Najveći broj ponavljanja je potreban kada se  $DH_{opt}$  određuje  $PP_{con}$  metodom *biranja*.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da je u realizovanoj studiji dobijen značajan uticaj dve nezavisne varijable (visina saskoka i maksimalna jačina mišića) i da njihov uticaj treba uzeti u obzir prilikom sprovođenja naučnih eksperimenata i sportskih ili rehabilitacionih treninga u kojima se kao trenažno sredstvo primenjuje skok iz saskoka.

## 10. ZNAČAJ ISTRAŽIVANJA

Obzirom da je realizovano istraživanje dominantno metodološkog tipa i da je u analiziranoj literaturi prisutna nekonzistentnost  $DH_{opt}$  (opseg je od 0.12 do 0.80 m) jedna od primarnih namera ove disertacije je postavljanje validnog i pouzdanog koncepta za buduća istraživanja. Generalni značaj istraživanja je u objašnjavanju uticaja visine saskoka i maksimalne mišićne jačine na: 1)  $DH_{opt}$  određenu metodom *biranja* ili *predviđanja*, determinisanu određenim zavisnim varijablama i 2) kinetičke i kinematičke varijable korišćene u ovom istraživanju. Za ispitivane zavisne varijable se smatra da su povezane sa skakačkim performansama i da mogu u određenoj meri objasniti adaptacione mehanizme tehnike odskoka. Na osnovu dobijenih rezultata, diskusija i iznetih zaključaka u prethodnim poglavljima značaj istraživanja se može sublimirati u dva podpoglavlja: *teorijski* i *praktični* značaj istraživanja.

### **10.1. Teorijski značaj istraživanja**

Teorijski značaj istraživanja se odnosi na utvrđeni uticaj maksimalne jačine mišića ispitanika na  $DH_{opt}$  što se može objašnjavati mehaničkim relacijama sila-brzina i snaga-brzina mišića. U istraživanju je utvrđeno da grupa *jakih* ispitanika generiše veću snagu tokom koncentrične faze odskoka kod saskoka sa viših visina i pri većoj brzini izvođenja koncentrične faze odskoka u odnosu na grupu *slabih*. Takođe je utvrđeno da kod grupe *jaki* postoji kraće trajanje kontakta sa podlogom i veća vrednost *RSI*. U saglasju sa tim *jakim* ispitanicima je potrebno veće spoljašnje opterećenje (veća visina saskoka) u odnosu na *slabe*, da postignu optimalnu brzinu težišta tela, pri kojoj će realizovati maksimalnu mišićnu snagu tokom propulzivne faze odskoka. Može se smatrati da su navedene razlike grupe *jaki* i *slabi* u skladu sa razlikama u relacijama sila-brzina i snaga-brzina. Navedene mehaničke karakteristike mišića nisu direktno merene, ali se na osnovu dobijenih rezultata može zaključiti da se maksimalna snaga i sila kod grupe *jaki* generiše pri većim brzinama tokom koncentrične faze odskoka.

Teorijski značaj realizovanog istraživanja se odnosi i na kritike određenog broja publikovanih istraživanja i predloge za buduće studije koja bi se bavila ovom problematikom. Sa tim u vezi smatra se da ovo istraživanje može imati udela u naučnom i stručnom saznanju koje se odnosi na metodološke aspekte optimizacije intenziteta kod skoka iz saskoka.

## 10.2. Praktični značaj istraživanja

Praktični značaj istraživanja treba sagledati sa aspekata primene dobijenih rezultata u sportskom treningu, rehabilitaciji i testiranju. Realizovano istraživanje sugerise važnost preciznog određivanja i primenjivanja  $DH_{opt}$  kod jednog od najčešće korišćenih trenažnih sredstava u okviru pliometrijskog treninga (skok iz saskoka).

Ovim istraživanjem je utvrđeno da je neophodno individualno određivanje  $DH_{opt}$  u zavisnosti od maksimalne jačine mišića ispitanika (relativizovan rezultat u polučučnju u odnosu na telesnu masu) i statistički značajno višu  $DH_{opt}$  kod grupe *jaki* u odnosu na *slabe* ispitanike. Takođe utvrđena statistički značajna povezanost varijable maksimalna jačina mišića sa  $DH_{opt}$  omogućuje predikciju  $DH_{opt}$  pomoću regresionih modela.

Preciznije određivanje  $DH_{opt}$  pomoću maksimalne jačine mišića, nego što je obično praksa na treninzima (svi sportisti jednog kluba često rade skok iz saskoka sa istih visina iako se značajno razlikuju u maksimalnoj mišićnoj jačini) može uticati na poboljšanje efekata treninga i smanjenje mogućnosti od povreda (posledica primene visokih intenziteta treninga). Generalni stav naučnika u dosadašnjoj analiziranoj literaturi je da se sprovede treninzi koji omogućavaju ostvarivanje maksimalnih akutnih efekata u cilju povećanja efikasnosti trenažnih ili rehabilitacionih procedura i maksimizacije adaptacionih kapaciteta, tj. samo optimalno doziranje intenziteta na treninzima može pomoći u prevazilaženju određenih “platoa” i ostvarivanje vrhunskih sportskih rezultata.

## 11. OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA

Na osnovu analize velikog broja radova koji su se bavili problemom optimizacije visine saskoka, dobijenih rezultata i diskusije u okviru ove doktorske disertacije, mogu se konstatovati određena ograničenja i nedostaci realizovanog istraživanja:

- ✓ Na osnovu dobijenih rezultata ove studije ne mogu se sa određenom sigurnošću dati generalni zaključci, pre svega zbog veličine i vrste uzorka ispitanika. Da bi se zaključci mogli generalizovati neophodno je sprovesti ovakva istraživanja na većem uzorku ispitanika, različitog pola, uzrasta, utreniranosti i dr.
- ✓ Iako su razlike u maksimalnoj jačini mišića ispitivane dve grupe velike, jedan od ograničavajućih faktora ove studije je uzorak ispitanika (studenti Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja).



## 12. BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

Na osnovu realizovanog istraživanja za buduće studije se može predložiti sledeće:

- ✓ Sprovesti još istraživanja koja će ispitati povezanost  $DH_{opt}$  određene metodom *biranja* i *predviđanja* determinisanom varijablama  $PP_{con}$ ,  $H$  ili  $RSI$  ispitanika pri čemu se sugeriše ispitivanje i na drugim uzorcima ispitanika (npr. ženama, populacije različitog uzrasta itd.).
- ✓ Ispitati povezanost morfoloških varijabli sa  $DH_{opt}$  na različitoj populaciji ispitanika.
- ✓ Ispitati uticaj određenih trenažnih mikro, mezo i makro ciklusa na rezultat  $DH_{opt}$ , tj. utvrditi da li dolazi do značajne promene  $DH_{opt}$  nakon primene određenih trenažnih metoda u relativno kraćem ili dužem vremenskom periodu.
- ✓ Utvrditi uticaj maksimalne jačine mišića ispitanika kod grupa sa značajnijim (nego u realizovanoj studiji) razlikama u testovima maksimalne mišićne jačine na  $DH_{opt}$  i ovakve studije sprovesti u longitudinalnim istraživanjima.

S obzirom da ova tema nije obrađivana može se smatrati da ovo istraživanje na određeni način predstavlja inicijaciju za naredna ispitivanja problema kao što je povezanost  $DH_{opt}$  i maksimalne jačine mišića ispitanika. Treba ispitati da li dobijena povezanost maksimalne jačine i maksimalne snage mišića postoji i kod drugih pliometrijskih trenažnih sredstava pri različitim spoljašnjim opterećenjima i brzinama izvođenja pokreta kod različite populacije ispitanika. Sa tim u vezi, bilo bi poželjno da se ispita da li se povezanost maksimalne sile i snage mišića smanjuje kod trenažnih sredstava kod kojih se maksimalne performanse postižu pri većoj brzini izvođenja, nego što je kod skoka iz saskoka.

Takođe, može se ispitati povezanost maksimalne mišićne sile i performansi kod atletskih disciplina skoka udalj, troskoka ili uvis iz zaleta. Postoji mogućnost da se istraživanje sprovede u longitudinalnim studijama npr. na populaciji studenata/kinja Fakulteta Sporta i fizičkog vaspitanja. Cilj bi bio da se ispita uticaj treninga sa  $DH_{opt}$  na performanse skakačkih, trkačkih ili bacačkih disciplina koje se polažu u okviru praktičnog ispita iz Teorije i metodike atletike. Kod navedenih atletskih disciplina vrednost generisane mišićne snage bitno utiče na uspešnost (rezultat). Sa tim u vezi, ako se utvrde benefiti primene treninga u kojima je

precizno određena  $DH_{opt}$  kod studenata našeg Fakulteta, značajan doprinos će biti ne samo za nauku, sport, rehabilitaciju već i nastavno-pedagoški proces rada Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu.

### 13. LITERATURA

Adams, K., O'Shea, J.P., Katie, L., & Climstein, M. (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 6(1), 36-41.

Andersen, L.L., & Aagaard, P. (2006). Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 46-52.

Asmussen, E., & Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 91, 385-392.

Assaiante, C., & Amblard, B. (1996). Visual factors in the child's gait: effects on locomotor skills. *Percept Mot Skills*, 83, 1019-1041.

Aragon-Vargas, L., & Gross, M. (1997). Differences within individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 45-65.

Aura, O., & Viitasalo, J.T. (1989). Biomechanical characteristics of jumping. *International Journal of Sport Biomechanics*, 5, 89-98.

Avis, F.J., Toussaint, H.M., Juijing, P.A., & Van Ingen Schenau, G.J. (1986). Positive work as a function of eccentric load in maximal leg extension movements. *European Journal of Applied Physiology*, 55, 562-568.

Baca, A. (1999). A comparison of methods for analyzing drop jump performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 437-442.

Baker, D., & Nance, S. (1999). The relationship between strength and power in professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 224-229.

Baker, D., Nance, S., & Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 92-97.

Bar-Or O. (1987). The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, 4(6), 381-394.

Bassa, E.I., Patikas, D.A., Panagiotidou, A.I., Papadopoulou, S.D., Pylaniadis, T.C., & Kotzamanidis, C.M. (2012). The effect of dropping height on jumping performance in trained and untrained prepubertal boys and girls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26: 2258-2264.

- Baumgartner, T.A., Jackson, A.S., Mahar, M.T., & Rowe, D.A. (2007). *Measurement for evaluation in physical education and exercise science*. 8th ed. New York: McGraw-Hill.
- Beachle, T., & Earle, R. (2000). *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Human Kinetics, China.
- Bellumori, M., Jaric, S., & Knight, C.A. (2011). The rate of force development scaling factor (RFD-SF): protocol, reliability, and muscle comparisons. *Experimental Brain Research*, 212, 359-369.
- Bennet, M.B., Ker, F.R., Dimeny, N.J., & Alexander, R.M. (1986). Mechanical properties of various mammalian tendons. *Journal of Zoology (London)*, 209, 537-548.
- Bobbert, M.F., Mackay, M., Schinkelshoek, D., Huijting P.A., & Van Ingen Schenau, G.J. (1986). Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 566-573.
- Bobbert, M.F., Huijting, P.A., & Van Ingen Schenau, G.J. (1987). Drop jumping. II. The influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, 339-346.
- Bobbert, M.F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Medicine*, 9, 7-22.
- Bobbert, M.F., Gerritsen, K.G., Litjens, M.C., & Van Soest, A.J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(11), 1402-1412.
- Bobbert, M. J. & Van Soest, A. J. (1994). Effects of muscle strengthening on vertical jump height: A simulation study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 1012-1020.
- Bompa, O.T. (1999). *Periodization – Training for Sports*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bompa, O.T. (2005). *Periodization Training for Sports*. 2<sup>nd</sup> ed. USA: Human Kinetics.
- Borges, O., & Essen-Gustavsson, B. (1989). Enzyme activities in type I and II muscle fibers of human skeletal muscle in relation to age and torque development. *Acta Physiologica Scandinavica*, 136, 29.
- Bosco, C., Ito, A., Komi, P.V., Luhtanen, P., Rahkila, P., Rusco, H., & Viitasalo, J.T. (1982). Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. *Acta Physiologica Scandinavica*, 114 (4), 543-550.
- Bosco, C., Viitasalo, J.T., Komi, P.V., & Luhtanen, P. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 114, 557-565.

Byrne, P.J., Moran, K., Rankin, P., & Kinsella, S. (2010). A comparison of methods used to identify 'optimal' drop height for early phase adaptations in depth jump training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2050-2055.

Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31, 3-7.

Cattell, M. (1932). *J. Physiology*, 75.

Cavagna, G.A., Saibene, F.P., & Margaria, R. (1965). Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *Journal of Applied Physiology*, 20, 157-158

Cavagna, G.A. (1977). Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 5, 89-129.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Cone, J., & Foster, S. (1993). *Dissertations and theses from start to finish*. Washington: American Psychological Association.

Cormie, P., McCaulley, G.O., & McBride, J.M. (2007). Power versus strength-power jump squat training: influence on the load-power relationship. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 996-1003.

Cormie, P., McGuigan, M.R., & Newton, R.U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1 - biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41, 17-38.

Cormie, P., McGuigan, M.R., & Newton, R.U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125-46.

Cronin, J., & Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35, 213-234.

Cronin, J., McNair, P. J., & Marshall, R.N. (2001). Velocity specificity, combination training and sport specific tasks. *The Journal of Science and Medicine in Sport*, 4, 168-178.

Cronin, J., McNair, P.J., & Marshall, R.N. (2002). Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42, 267-273.

Дашева, Д. (1998). *Стресс и адаптация в спорте*. София: НСА.

David, A.W. (1997). Some comments on performance enhancement and efficiency in the stretch-shortening cycle. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 474-476.

De Groot, A., Hollander, A., Huijting, P., & Van Ingen Schenan, G. (Eds.) *Biomechanics XIA* (pp. 185-189). Amsterdam: Free University Press.

Duchateau, J., & Hainaut, K. (1984). Isometric or dynamic training: differential effects on mechanical properties of a human muscle. *Journal of Applied Physiology*, 56(2), 296-301.

Edgerton, V.R., Roy, R.R., & Gregor, R.J. (1986). Morphological basis of skeletal muscle power output. In: Jones NL, McCartney N i A.J. M, editors. *Human muscle power* (pp. 43-64). Champaign, IL: Human Kinetics.

Engelhard, B. (1969). *Problem of modern natural science*. Moscow.

Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., Leontsini, D., Kyriakos, T., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., & Buckenmeyer, P. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jump performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14, 470-476.

Faulkner, J.A., Clafin, D.R., & McCully, K.K. (1986). Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. In: Jones NL, McCartney N i A.J. M, editors. *Human muscle power* (pp. 81-94). Champaign, IL: Human Kinetics.

Fenn, W. (1924). *J. Physiology*, 58.

Fratrić, F. (2012). *Osnove teorije i metodike sportskog treninga*. Novi Sad: Pokrajinski zavod za sport.

Geljand, I., Gurfunkel, V., & Cetlin, M. (1962). *O taktukah upravljenja složnih sistemami v svijazi s fiziologiej*. Biologičeskie aspekti bioenergetiki.

Gleeson, P. B., Protas, E. J., LeBlanc, A. D., Schneider, V. S., & Evans, H.J. (1990). Effects of weightlifting on bone mineral density in premenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 5(2), 153-158.

Gollhofer, A. (1987). Innervation characteristics of m. gastrocnemius during landing on different surfaces. *Biomechanics X-B*, Int. Series of Biomechanics (pp. 701-706). Champaign IL: Human Kinetics.

Gollhofer, A., & Kyroelainen, H. (1991). Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 34-40.

Gruber, M., & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensiomotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 98-105.

Hakkinen, K., & Komi, P.V. (1985a). Changes in electrical and mechanical behavior of leg extensor muscles during heavy resistance strength training. *Scandinavian journal of Sport Sciences*, 7, 55-64.

- Hakkinen, K., & Komi, P.V. (1985b). The effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scandinavian journal of Sport Sciences*, 7, 65-76.
- Harrell, F.E. (2001). Regression modeling strategies: with applications to linear models, logistic regression, and survival analysis. New York: Springer-Verlag.
- Harris, G.R., Stone, M.H., O'Bryant, H.S., Proulx, C.M., & Johnson, R.L. (2000). Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training method. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14, 14-20.
- Hill, A. (1927). *Muscular Movement in Man*. New York City: McGraw Hill.
- Hill, A. (1938). The Heat of Shortening and the Dynamic Constants of Muscle. *Proceedings of the Royal Society of Medicine (London)*, 126, 136-195.
- Hobara, H., Muraoka, T., Omuro, K., Gomi, K., Sakamoto, M., Inoue, K., & Kanosue, K. (2009). Knee stiffness is a major determinant of leg stiffness during maximal hopping. *J Biomech*, 42:1768–1771.
- Hofrén, M., Ishikawa, M., & Komi, P.V. (2007). Age related neuromuscular function during drop jumps. *Journal of Applied Physiology*, 103, 1276-1283.
- Hopkins, W.G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med* 30(1), 1-15.
- Horita, T., Komi, P.V., Nicol, C., & Kyröläinen, H. (2002). Interaction between pre-landing activities and stiffness regulation of the knee joint musculoskeletal system in the drop jump: implications to performance. *European Journal of Applied Physiology*, 88:76-84.
- HoVrén, M., Ishikawa, M., & Komi, P.V. (2007). Age related neuromuscular function during drop jumps. *Journal of Applied Physiology*, 103, 1276-1283.
- Holcomb, W.R., Lander, J.E., Rutland, R.M., Rodney, M., & Wilson, G.D. (1996). The effectiveness of a modified plyometric program on power and the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(2), 89-92.
- Ilić D., i Mrdaković V. (2009): *Neuromehaničke osnove pokreta*. Beograd: Samostalno izdanje autora.
- Ishikawa, M. & Komi, P.V. (2004). Effects of different dropping intensities on fascicle and tendinous tissue behavior during stretch-shortening cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 96:848–852.
- Issurin, V.B. (2009). Generalized training effects induced by athletic preparation. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(4), 333-345.

- Izquierdo, M., Hakkinen, J.J., Gonzales-Badillo, Ibanez, J., & Gorostiaga, E.M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, 87, 264-271.
- Janković, N. (2009). *Uticaj dužine zaleta na kinematiku odskoka i dužinu kod skoka u dalj* (doktorska disertacija). Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- Jarić, S. (1997). *Biomehanika humane lokomocije sa biomehanikom sporta*. Beograd: Dosije.
- Jaric, S. (2002). Muscle strength testing: use of normalisation for body size. *Sports Medicine*, 32(10), 615-631.
- Jaric, S., & Markovic, G. (2009). Leg muscles design: the maximum dynamic output hypothesis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(4), 780-787.
- Jensen, R.J., & Ebben, W.P. (2007). Quantifying plyometric intensity via rate of force development, knee joint, and ground reaction forces. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 763-767.
- Kawamori, N., & Haff, G.G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 675-684.
- Kibele, A. (1999). Technical note. Possible errors in the comparative evaluation of drop jumps from different heights. *Ergonomics*, 42, 1011-1014.
- Komi, P.V., Rusko, H., Vos, J., & Vihko, V. (1977). Anaerobic performance capacity in athletes. *Acta Physiologica Scandinavica*, 100, 107-114.
- Komi, P.V., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports*, 10, 261-265.
- Komi, P.V. (1992b). *Strength and power in sport*. London: Blackwell.
- Komi, P. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197-1206.
- Komi P.V., & Gollhofer, A. (1997). Stretch reflex can have an important role in force enhancement during SSC-exercise. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 451-460.
- Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaiakovou, G., & Patikas, D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 369-375.
- Kotzamanidis, C. (2006). Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 441-445.



- Kraemer, W.J., & Newton, R.U. (1994). Training for improved vertical jump. *Sports Science Exchange*, 7(6), 1-12.
- Kyrolainen, H., Avela, J., McBride, J.M., Koskinen, S., Andersen, J.L., Sipila, S., Takala, T. E., & Komi, P.V. (2005). Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science In Sports*, 15(1), 58-64.
- Laffaye, G., Bardy, B., & Durey, A. (2005). Leg stiffness and expertise during men jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 536-543.
- Laffaye, G., & Choukou, M.A. (2010). Gender bias in the effect of dropping height on jumping performance in volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2143-2148.
- Latash, M., (2008). *Neurophysiological basis of movement*. Human Kinetics.
- Lazaridis, S., Bassa, E., Patikas, D., Giakas, G, Gollhofer, A. & Kotzamanidis, C. (2010). Neuromuscular differences between prepubescent boys and adult men during drop jump. *European Journal of Applied Physiology*, 110, 67-74.
- Lazaridis, S.N., Bassa, E.I., Patikas, D., Hatzikotoulas, K., Lazaridis, F.K., & Kotzamanidis, C.M. (2013). Biomechanical comparison in different jumping tasks between untrained boys and men. *Pediatr Exerc Sci*, 25, 101-113.
- Lees, A., & Fahmi, E. (1994). Optimal drop heights for plyometric training. *Ergonomics*, 37, 141-148.
- Leukel, C., Gollhofer, A., Keller, M., & Taube, W. (2008a). Phase- and task-specific modulation of soleus H-reflexes during drop-jumps and landings. *Experimental Brain Research*, 190, 71-79.
- Leukel, C., Taube, W., Gruber, M., Hodapp, M., & Gollhofer, A. (2008b). Influence of falling height on the excitability of the soleus H-reflex during drop-jumps. *Acta Physiologica*, 192, 569-576.
- Lidor, R., & Lustig, G. (1996). *How to identify young talents in sport?* Theoretical and practical aspects. Netanya: Wingate Institute for Physical Education and Sport.
- Lin, J., Chao, Ch., & Liu, Y. (2000). The comparison of work intensity and exercise performance between short-stretch and long-stretch drop jump. In: Y. Hong, D.P. Johns, R. Sanders (eds.) *Proceedings of the 18th International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 58-61). Hong Kong, China: International Society of Biomechanics in Sports Newsletter.
- Liu, Y., Peng, C.H., Wei, S.H., Chi, J.C., Tsai, F.R., & Chen, J.Y. (2006). Active leg stiffness and energy stored in the muscles during maximal countermovement jump in the aged. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16, 342-351.

- Logan, P., Fornasiero, D., Abernethy, P., & Lynch, K. (2000). Protocols for the Assessment of Isoinertial Strength. In: Gore CJ, editor. *Physiological Tests for Elite Athletes* (200-222). IL: Human Kinetics.
- Luebbers, P.E., Potteiger, J.A., Hulver, M.W., Thyfault, J.P., Carper, M.J. & Lockwood, R.H. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 704-709.
- Luhtanen, P., & Komi, P.V. (1978). Segmental contribution to forces in vertical jump. *European Journal of Applied Physiology*, 38: 181-188.
- MacIntosh, B.R., & Holash, R.J. (2000). Power output and force-velocity properties of muscle, in: *Biomechanics and biology of movement*. B.M. Nigg, BR MacIntosh, J Mester, eds. Champaign (IL): Human Kinetics, Inc. pp 193-210.
- Makaruk, H., & Sacewicz, T. (2011). The effect of drop height and body mass on drop jump intensity. *Biology and Sport*, 28, 63-67.
- Malacko, J., & Doder, D. (2008). *Tehnologija sportskog treninga i oporavka*. Novi Sad: Pokrajinski zavod za sport.
- Malatesta, D., Cattaneo, F., Dugnani, S., & Maffiuletti, N.A. (2003). Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 573-579.
- Malfait, B., Sankey, S., Firhad Raja Azidin, R.M., Deschamps, K., Vanrenterghem, J., Robinson M.A., Staes, F., & Verschueren, S. (2014). How Reliable Are Lower-Limb Kinematics and Kinetics during a Drop Vertical Jump? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46, 678-685.
- Marey, M., & Demeny, M. G. (1885). Locomotion Humaine, mecanisme du saut. *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, 101, 489-494.
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 349-355.
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-Musculoskeletal and Performance Adaptations to Lower Extremity Plyometrics. *Sports Medicine*, 40(10), 859-896.
- Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., & Jaric, S. (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 159-164.
- Matić, M. (2009). *Uticaj brzine zaleta na kinematiku zagrebajućeg pokreta kod skoka udalj* (master rad). Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Beograd.
- Matić, M., Pažin, N., Janković, N., Mrdaković, V., Ilić, D., & Stefanović, Đ. (2014). Optimalna visina za ispoljavanje maksimalne snage mišića kod skoka iz saskoka: uticaj maksimalne jačine. U: D. Mitić (ur.), *Zbornik sažetaka sa međunarodne naučne konferencije*

*Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih* (str. 70). Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R.U. (1999). A comparison of strength and power characteristics between power lifter, olympic lifters, and sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 58-66.

McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16, 75-82.

McClay, I., Robinson, J., Andriacchi, T., Frederick, E., Gross, T., Matin, P., Valiant, G., Williams, K.R., & Cavanagh, P.R. (1994). A profile of ground reaction forces in professional basketball. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 222-236.

Milanović, D., i Jukić, J. (2003). *Kondiciona priprema sportaša*. Kineziološki fakultet sveučilišta u Zagrebu. Zagreb: Zagrebački sportski savez.

Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K., & Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(3), 193-199.

Mrdaković, V. (2013). *Neuromehanička kontrola izvođenja submaksimalnih skokova* (doktorska disertacija). Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Beograd.

Munro, B. H., Visintainer, M.A., & Page, E.B. (1986). *Statistical methods for health care research*. Philadelphia: JB Lippincott.

Newton, R.U., & Kraemer, W.J. (1994). Developing explosive muscular power: implications for a mixed methods training strategy. *Strength & Conditioning Journal*, 16: 20-31.

Newton, R.U., Kraemer, W.J., & Hakkinen, K. (1999). Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31: 323-330.

Nikolić, Z. (2003). *Fiziologija fizičke aktivnosti*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univeziteta u Beogradu.

Norman, R.W., & Komi, P.V. (1979). Electromechanical delay in skeletal muscle under normal movement conditions. *Acta Physiologica Scandinavica*, 106, 241-248.

Norton, K., Marfell-Jones, M., Whittingham, N., Kerr, D., Carter, L., Saddington, K., & Gore, C. (2000). Anthropometric Assessment Protocols. In: Gore CJ, editor. *Physiological Tests for Elite Athletes* (pp. 66-85). Champaign, IL: Human Kinetics.

Ostojić, S. (2006). *Leksikon sportske medicine*. Beograd: Agencija Matić.

Ostojić, S., Stojanović, M., & Milošević, Z. (2013): Fizička (ne)aktivnost – definicija, učestalost i ekonomski aspekti, *TEME*, TM G. XXXVII Br. 2, 857-866.

Pallant, J. (2009). *Priručnik za preživljavanje*. Beograd: Mikro knjiga.

Pažin, N. (2013). *Ispoljavanje i procena maksimalne snage mišića u odnosu na karakteristike spoljašnjeg opterećenje i utreniranost* (doktorska disertacija). Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu, Beograd.

Pietraszewski, B., & Rutkowska-Kucharska, A. (2011). Relative power of the lower limbs in drop jump. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 13, 13-18.

Perić, D. (1996). *Statističke aplikacije u istraživanjima fizičke kulture*. Beograd: Fakultet fizičke kulture.

Potach, D.H., & Chu, D.A. (2000). Plyometric training. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning* (2nd ed.). Baechle T.R. and Earle, R.W. eds (pp. 427-470). Human Kinetics.

Potach, D.H., Katsavelis, D., Karst, G.M., Latin, R.W., & Stergiou, N. (2009). The effects of a plyometric training program on the latency time of the quadriceps femoris and gastrocnemius short-latency responses. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 35-43.

Potteiger, J.A., Lockwood, R.H., Haub, M.D., Dolezal, B.A., Almuzaini, K.S., Schroeder, J.M., & Zebas, C.J. (1999). Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 275-279.

Rahmani, A., Viale, F., Dalleau, G., & Lacour, J.R. (2001). Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 227-232.

Read, M. M., & Cisar, C. (2001). The influence of varied rest interval lengths on depth jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 279-283.

Sáez-Sáez de Villarreal a, S.S., Requena a, B., & Newton b, R.U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13: 513-522.

Sale, D.G. (1992). Neural adaptation to strength training. In: Komi PV (ed) *Strength and power in sport* (pp. 249-265). Victoria: Blackwell Scientific Publications.

Schmidtbleicher, D., Gollhofer, A., & Frick, U. (1988). Effects of a stretch-shortening typed training on the performance capability and innervation characteristics of leg extensor muscles. In: de Groot et al., (eds.), *Biomechanics XI-A* (pp. 185-189), Vol 7-A G. Free University Press: Amsterdam The Netherlands.

Schmidtbleicher, D. (1990). *Training for power*. Presented at the National Strength and Conditioning Association convention. San Diego.

Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power event. In: Komi P.V. (ed.). *Strength and power in sport* (pp. 381-395). London: Blackwell Scientific.

Sinkjaer, T., Toft, E., Andreassen, S., & Hornemann, B.C. (1988). Muscle stiffness in human ankle dorsiflexors: intrinsic and reflex components. *Journal of Neurophysiology*, 60(3), 1110-1121.

Sole, G., Hamren J., Milosavljević S., Nicholson H., & Sullivan J. (2007). Test-Retest

reliability of isokinetic knee extension and flexion. *Arch Phys Med Rehabil.* 88, 625-631.

Stanković, A. (2014). *Pouzdanost testova za procenu maksimalne izometrijske mišićne sile i brzine prirasta sile m. quadriceps femorisa u otvorenom i zatvorenom kinetičkom lancu u zavisnosti od promene ugla u zglobu kolena* (master rad). Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Beograd.

Stefanović, Đ., i Jakovljević, S. (2004). *Tehnologija sportskog treninga*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

Stefanović, Đ. (2011). *Filosofija, nauka, teorija i praksa sporta*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

Stefanović, Đ. (1986). Izračunavanje obima i intenziteta opterećenja na treningu atletičara. *VII letnja škola pedagoga fizičke kulture Jugoslavije Brezovica '86* (str. 124-136). Priština.

Stefanović, Đ., Jakovljević, S., i Janković, N. (2010). *Tehnologija pripreme sportista*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

Stone, M.H., O'Bryant, H.S., McCoy, L., Coglianesi, R., Lehmkuhl, M., & Schilling, B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 140-147.

Taube, W., Leukel, C., Lauber, B., & Gollhofer, A. (2012). The drop height determines neuromuscular adaptations and changes in jump performance in stretch-shortening cycle training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22, 671-683.

Thomas, M., Fiatarone, M.A., & Fielding, R.A. (1996). Leg power in young women: Relationship to body composition, strength, and function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1321-1326.

Thomas, G.A., Kraemer, W.J., Spiering, B.A., Volek, J.S., Anderson, J.M., & Maresh, C.M. (2007). Maximal power at different percentages of one repetition maximum: influence of resistance and gender. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 336-42.

Tsarouchas, L., Giavroglou, A. Kalamaras, K., & Prassas, S. (1995). The variability of vertical ground reaction forces during unloaded and loaded drop jumping. In: *Biomechanics in Sports: Proceedings of the 12th Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports* (pp. 311-314). Budapest: International Society of Biomechanics in Sports.

- Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Rodacki, A., Batista, M., Ricard, M. (2007). Influence of training background on jumping height. *Journal of strength and conditioning research*, 21(3), 848–852.
- Walsh, M., Arampatzis, A., Schade, F., & Bruggemann, G.P. (2004). The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 561-566.
- Weir, J.P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 231-240.
- Wilkie, D. (1954). In: *Progress in Biophysics and Biophysical Chemistry*, 4. Pergamon Press, London.
- Wilson, G.J., Murphy, A.J., & Giorgi, A. (1996). Weight and plyometric training: effects on eccentric and concentric force production. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 21, 301-315.
- Wilson, G.J., Newton, R.U., Murphy, A.J., & Humphries, B.J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 1279-1286.
- Van Ingen Schenau, G.J., Bobbert, M.F., & de Haan, A. (1997): Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch shortening cycle? *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 389-415.
- Vanrenterghem, J., De Clercq, D., & Van Cleven, P. (2001). Necessary precautions in measuring correct vertical jumping height by means of force plate measurements. *Ergonomics*, 44(8), 814-818.
- Verchoshansky, Y. (1969). Are depth jumps useful? *Yessis Rev Sov Physiol Educ Sports*, 4, 75-78.
- Verchoshansky, Y. (1977). *Special Strength Training in Sport*. Moscow: Fizkultura i Sport.
- Villagra, F., Cooke, C.B., & McDonagh, M.J. (1993). Metabolic cost and efficiency in two forms of squatting exercise in children and adults. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 67(6), 549-553.
- Vincent, W. (2005). *Statistics in Kinesiology*. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Viitasalo, J.T., & Bosco, C. (1982). Electromechanical behaviour of human muscles in vertical jumps. *European Journal of Applied Physiology*, 48, 253-261.
- Viitasalo, J.T., Salo, A., & Lahtinen, J. (1998). Neuromuscular functioning of athletes and non athletes in the drop jump. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 78: 432-440.

Voigt, M., Simonsen, E.B., Dyhre-Poulsen, P., & Klausen, K. (1994). Mechanical and muscular factors influencing the performance in maximal vertical jumping after different prestretch loads. *Journal of Biomechanics*, 28, 293-307.

Young, W., Pryor, J., & Wilson, J. (1995). Effect of instructions on characteristics of countermovement and drop Jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9, 232-236.

Vujaklija, M. (1972). *Leksikon stranih reči i izraza*. Beograd: Prosveta.

Vuk, S., Markovic, G., & Jaric, S. (2012). External loading and maximum dynamic output in vertical jumping: the role of training history. *Human Movement Science*, 31(1), 139-151.

Zatsiorsky, V.M. (1995). *Science and practice of strength training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Zatsiorsky, V.M. (2002). *Kinetics of Human Motion*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Zatsiorsky, V.M., & Kraemer, W.J. (2009). *Nauka i praksa u treningu snage*. Beograd: DataStatus.

Željaskov, C. (2004). *Kondicioni trening vrhunskih sportista*. Beograd: Sportska akademija.

[www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/BM03/BMmaterial/Muscle.htm](http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/BM03/BMmaterial/Muscle.htm)

## PRILOZI

### Prilog 1: Kopija izjave o autorstvu.

Прилог 1.

### Изјава о ауторству

Потписани-а \_\_\_\_\_ Милан С. Матић \_\_\_\_\_

број индекса \_\_\_\_\_ 3-DS/2009 \_\_\_\_\_

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Методолошки аспекти оптимизације интензитета код скока из саскока\*

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 10. 5. 2015.





**Prilog 2: Kopija izjave o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada.**

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске  
верзије докторског рада**

Име и презиме аутора Милан С. Матић

Број индекса 3-DS/2009

Студијски програм Експерименталне методе истраживања хумане локомоције

Наслов рада Методолошки аспекти оптимизације интензитета код скока из саскока\*

Ментор Редовни професор др Душко Илић

Потписани/а Милан С. Матић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 10.5.2015.



### Prilog 3: Kopija izjave o korišćenju.

Прилог 3.

#### Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Методолошки аспекти оптимизације интензитета код скока из саскока\*

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

У Београду, 10.5.2015.

Потпис докторанда



## BIOGRAFIJA AUTORA

Milan Matić rođen je 17.2.1983. godine u Kikindi. U Beogradu je završio osnovnu školu „Filip Kljajić“ i srednje muzičke škole „Vatroslav Lisinski“ (obrazovni profil: muzički saradnik teoretičar i muzički izvođač), „Stanković“ (obrazovni profil: muzički izvođač – džez muzike) i „Hemijsko prehrambeno tehnološku školu“ (obrazovni profil: hemijsko-tehnološki tehničar). Na Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja se upisao školske 2003/04. godine. Diplomirao je na osnovnim akademskim studijama 2008. godine na odseku Sport, smer Kondicija, na temu: „Predlog trenажnih sredstava za poboljšanje odskoka kod skoka udalj na osnovu izmerenih kinematičkih varijabli“ sa ocenom 10 na diplomskom radu i prosečnom ocenom 8.9 za vreme studiranja. Školske 2008/09. godine se upisao na diplomatske akademske studije (master), smer Atletika. Master rad na temu: „Uticaj brzine zaleta na kinematiku zagrebajućeg pokreta kod skoka udalj“ je odbranio 2009. godine sa ocenom 10 i prosečnom ocenom 9.9 tokom studiranja. Doktorske studije na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja je upisao školske 2009/10. godine na programu: „Eksperimentalne metode istraživanja humane lokomocije“.

Tokom školske 2007/08. i 2008/09. godine je angažovan kao demonstrator na predmetima Teorija i metodika atletike, Dečiji sport – atletika i Teorija i praksa sportske grane – kondicija. Od 2.4.2009. godine je zaposlen na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu kao saradnik u nastavi na predmetu Teorija i metodika atletike. U zvanje asistenta na predmetu Teorija i metodika atletike je izabran 8.4.2010. godine. Trenutno je angažovan u realizovanju nastave na studijskim programima: Osnovnih akademskih studija fizičko vaspitanje i sport, na predmetima Teorija i metodika atletike, Teorija i tehnologija atletike i Osnovnih strukovnih studija, na predmetima Teorija i praksa atletike, Dečiji sport – atletika, Atletika – izborni predmet.

Kao član organizacionog odbora učestvovao je u organizaciji Međunarodne naučne konferencije: „Teorijski, metodološki i metodički aspekti takmičenja i pripreme sportista“ 2009. godine.

Učestvovao je na internacionalnoj letnjoj školi motorne kontrole (International Society of Motor Control, Motor Control Summer School, [www.i-s-m-c.org](http://www.i-s-m-c.org)) 2012. godine u Tihaniju, Mađarska.

Angažovan je na projektima: „Bacanje koplja slabovidih osoba“ projekat katedre Atletika, Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, i „Skok motkom“ projekat katedre Atletika, Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja.

Ispoljava/vao (je) aktivnost u atletici i drugim sportskim granama kao: atletski sudija na republičkim i međunarodnim takmičenjima, član je upravnog odbora Zajednice atletskih sudija Srbije; radio je kao kondicioni trener prvog tima, juniorki i kadetkinja odbojkaškog kluba „Radnički“ iz Beograda; radio je kao atletski trener na projektu katedre za Atletiku „Bacanje koplja slabovidih osoba; radi kao kondicioni trener u džudo klubu „Sveta Srbija“ koji su osvajači velikog broja medalja na domaćim, međunarodnim turnirima i republičkim prvenstvima Srbije u mlađim kategorijama (stariji pioniri i kadeti); tehnički je direktor Pravoslavno sportskog društva „Sveta Srbija“.

Aktivno se bavio sportom od šeste godine. Trenirao je: karate u klubu „Partizan“, sportsku gimnastiku u klubu "Palilula – Soko Štark", odbojku u klubu „Miloš Crnjanski“, džudo u klubu „Palilulac“ i atletiku u klubu „Crvena zvezda“. U atletici je postigao sledeće rezultate kao takmičar: prvo mesto na ekipnom prvenstvu države 1998. godine, prvo mesto na prvenstvu Srbije u štafetnom trčanju u juniorskoj konkurenciji 4 × 300 m 2000. godine, treće mesto na prvenstvu države u štafetnom trčanju u juniorskoj konkurenciji 4 × 100 m 2000. godine, juniorski vicešampion države u desetoboju 2001. godine, prvo mesto na ekipnom prvenstvu države 2002. godine i dr.

Do sada je kao autor ili koautor publikovao 14 naučnoistraživačkih radova i 11 sažetaka koji su objavljeni u: domaćim i stranim časopisima, zbornicima radova i sažetaka međunarodnih naučnih konferencija. Takođe jedan rad je prihvaćen za objavljivanje u istaknutom časopisu međunarodnog značaja i jedan za međunarodnu naučnu konferenciju. Publikovani i prihvaćeni radovi za objavljivanje se odnose na biomehaničku analizu skokova, bacanja koplja i ispitivanje uticaja različitih atletskih treninga na motoričke, psihološke i telesne karakteristike populacije (atletičara/čarki, studenata/kinja, dece i osoba sa posebnim potrebama).

## Spisak publikovanih i prihvaćenih radova autora:

### Istaknuti međunarodni časopis

**Matic, M.**, Pazin, N., Mrdakovic, V., Jankovic, N., Ilic, D., Stefanovic, Dj. (2015). Optimum drop height for maximizing power output in drop jump: the effect of maximal muscle strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (Prihvaćen, 5/5/2015; R-369914).

### Međunarodni časopis

Mrdakovic, V., Ilic, D., Vulovic, R., **Matic, M.**, Jankovic, N., Filipovic, N. (2014). Leg stiffness adjustment during hopping at different intensities and frequencies. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 16 (3), 69 – 76.

### Časopis međunarodnog značaja verifikovan posebnom odlukom

**Matić, M.**, Mrdaković, V., Janković, N., Ilić, D., Stefanović, Đ., Kostić, S., (2012) Active landing and take-off kinematics of the long jump. *Facta Universitatis, Series Physical Education and Sport*, 10 (3), 243 – 256.

### Časopisi nacionalnog značaja

Bolas, N., Juhas, I., Janković, N., **Matić, M.** (2014). Uticaj dva modela treninga na prosečne promene brzine u trčanju na 2400 m. *Fizička kultura*, 68 (1), 83 – 92.

Mrdaković, V., Kostić, S., Janković, N., **Matić, M.**, Kukić, F., Ubović, M., Ilić, D. (2014). Kinematička analiza bočnog volej udarca u fudbalu. *Fizička kultura*, 68 (2), 124 – 137.

### Naučni časopisi

Juhas, I., Vesković, A., Janković, N., **Matić, M.** (2011). Stav studenata Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja prema krosu. *Fizička kultura*, 65 (1), 46 – 51.

Juhas, I., Janković, N., **Matić, M.** (2011). Comparative analysis of competition in athletics for children aged 8 to 12 years. *Leka atletika i nauka*, 11 (1), 21 – 25.

**Matić, M.**, Jovović, S. (2013). Metodologija tehničke pripreme slabovidih bacača koplja – case study. *Sport Mont*, 37, 38, 39, 48 – 52.

**Matić, M.**, Jovović, S. (2013). Razvoj i uticaj brzinske snage na progresiju rezultata slabovidih bacača koplja – case study. *Sport Mont*, 37, 38, 39, 126 – 131.

## Zbornici radova međunarodnih naučnih konferencija

Srefanović, Đ., Juhas, I., Janković, N., **Matić, M.** (2009). Cross in function of education of students for healthy life style. In S. Stojiljković, M. Dopsaj (Eds.). Proceeding book: *FISU conference 25th Universiade The role of university sports in education and society a platform for change* (pp. 46 – 51). Belgrade: University of Belgrade Faculty of Sport and Physical Education.

**Matić, M.**, Janković, N., Juhas, I. (2009). Uticaj brzine zaleta na kinematiku zagrebajućeg pokreta kod skoka udalj. U V. Koprivica, I. Juhas (ur.). Zbornik radova: *Međunarodna naučna konferencija Teorijski, metodološki i metodički aspekti takmičenja i pripreme sportista*, (str. 69 – 75). Beograd: Univerzitet u Beogradu Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

Milićević, J., Stefanović, Đ., Janković, N., **Matić, M.**, Ranisavljev, I. (2010). Značaj i primena relaksacije kao sredstva oporavka u sportskom treningu. U S. Stojiljković (ur.). Zbornik radova: *Međunarodna naučna konferencija Fizička aktivnost za svakoga*, (str. 143 – 148). Beograd: Univerzitet u Beogradu Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

**Matić, M.** (2012). Uticaj različitih spoljašnjih povratnih informacija na motorno učenje. U M. Dopsaj, I. Juhas (ur.). Zbornik radova: *Međunarodna naučna konferencija Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih*, (str. 272 – 279). Beograd: Univerzitet u Beogradu Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

Zdravković, M., **Matić, M.** (2012). Uporedna analiza tehnike vrhunskih bacača koplja. U M. Dopsaj, I. Juhas (ur.). Zbornik radova: *Međunarodna naučna konferencija Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih*, (str. 714 – 719). Beograd: Univerzitet u Beogradu Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

Juhas, I., **Matić, M.**, Ilić, V., Janković, N., Macura, M. (2012). Efekti osmonedeljnog programa kros trčanja na aerobne sposobnosti i telesni sastav studentkinja. U M. Dopsaj, I. Juhas (ur.). Zbornik radova: *Međunarodna naučna konferencija Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih*, (str. 584 – 587). Beograd: Univerzitet u Beogradu Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

Juhas, I., **Matić, M.**, Babić, V., Škof, B. (2013). Comparative analysis of competition in athletics for children aged 7 to 14 years in Serbia, Croatia and Slovenia. In M. Doupona-Topič, T. Kajtna (Eds.). Proceeding book: *Conference for Youth Sport*, (pp. 135 – 142). Ljubljana: University of Ljubljana Faculty of Sport.

**Matić, M.** (2015). Uticaj visine saskoka na kinetičke i kinematičke varijable kod skoka iz saskoka. Zbornik radova međunarodne naučne konferencije *Menadžment u sportu*. Beograd: Fakultet za menadžment u sportu, (prihvaćen).

## Zbornici sažetaka međunarodnih naučnih konferencija

Srefanović, Đ., Juhas, I., Janković, N., **Matić, M.** (2009). Cross in function of education of students for healthy life style. In S. Stojiljković, M. Dopsaj (Eds.). Abstract book: *FISU conference 25th Universiade The role of university sports in education and society a platform for change* (pp. 119). Belgrade: University of Belgrade Faculty of Sport and Physical Education.

**Матић, М.**, Јанковић, Н., Јухас, И. (2009). Утицај брзине залета на кинематику загребājuћег покрета код скока удаљ. У В. Копривица, И. Јухас (ур.). Зборник апстракта: *Међународна научна конференција Теоријски, методолошки и методички аспекти такмичења и припреме спортиста*, (стр. 31). Београд: Универзитет у Београду Факултет спорта и физичког васпитања.

Милићевић, Ј., Стефановић, Ђ., Јанковић, Н., **Матић, М.**, Ранисављевић, И. (2010). Значај и примена релаксације као средства опоравка у спортском тренингу. У С. Стојиљковић (ур.). Зборник апстракта: *Међународна научна конференција Физичка активност за свакога*, (стр. 48). Београд: Универзитет у Београду Факултет спорта и физичког васпитања.

Јухас, И., Весковић, А., Јанковић, Н., **Матић, М.** (2010). Циљеви постигнућа у реализацији наставе кроса и трчања на средњим дистанцама. У С. Стојиљковић (ур.). Зборник апстракта: *Међународна научна конференција Физичка активност за свакога*, (стр. 98). Београд: Универзитет у Београду Факултет спорта и физичког васпитања.

**Матић, М.**, Илић, И., Ранисављевић, И. (2010). Физиолошке и кинематичке детерминанте различитих техника хода. У С. Стојиљковић (ур.). Зборник апстракта: *Међународна научна конференција Физичка активност за свакога*, (стр. 76). Београд: Универзитет у Београду Факултет спорта и физичког васпитања.

**Матић, М.** (2012). Утицај различитих спољашњих повратних информација на моторно учење. У М. Допсај, И. Јухас (ур.). Зборник апстракта: *Међународна научна конференција Ефекти примене физичке активности на антрополошки статус деце, омладине и одраслих*, (стр. 87). Београд: Универзитет у Београду Факултет спорта и физичког васпитања.

Juhas, I., **Matić, M.**, Babić, V., Škof, B. (2012). Comparative analysis of competition in athletics for children aged 7 to 14 years in Serbia, Croatia and Slovenia. In M. Doupona-Topič, T. Kajtna (Eds.). Abstract book: *Conference for Youth Sport*, (pp. 58). Ljubljana: University of Ljubljana Faculty of Sport.

Здравковић, М., **Матић, М.** (2012). Упоредна анализа технике врхунских бацача копља. У М. Допсај, И. Јухас (ур.). Зборник апстракта: *Међународна научна конференција Ефекти примене физичке активности на антрополошки статус деце, омладине и одраслих*, (стр. 186). Београд: Универзитет у Београду Факултет спорта и физичког васпитања.

Јухас, И., **Матић, М.**, Илић, В., Јанковић, Н., Мацура, М. (2012). Ефекти осмонедељног програма крос трчања на аеробне способности и телесни састав студенткиња. У М. Допсај, И. Јухас (ур.). Зборник апстракта: *Међународна научна конференција Ефекти*

*примене физичке активности на антрополошки статус деце, омладине и одраслих*, (стр. 159). Београд: Универзитет у Београду Факултет спорта и физичког васпитања.

**Matić, M.**, Pažin, N., Janković, N., Mrdaković, V., Ilić, D., Stefanović, Đ. (2014). Optimalna visina za ispoljavanje maksimalne snage mišića kod skoka iz saskoka: uticaj maksimalne jačine. U: D. Mitić (ur.), *Zbornik sažetaka sa međunarodne naučne konferencije Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih* (str. 70). Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

Vladimir, J., Bošnjak, G., **Matić, M.** i Tešanović, G. (2014). Odnosi između morfoloških karakteristika i nivoa kardiovaskularnih sposobnosti. U: D. Mitić (ur.), *Zbornik sažetaka sa međunarodne naučne konferencije Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih* (str. 110). Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.