

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

Milan S. Petronijević

**UTICAJ PROMENE POČETNE VISINE
CENTRA MASE TELA NA BIOMEHANIČKE
KARAKTERISTIKE SKOKA UVIS IZ
POLUČUČNJA KOD RUKOMETAŠA**

doktorska disertacija

Beograd, 2020

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF SPORT AND PHYSICAL EDUCATION

Milan S. Petronijević

**EFFECT OF CENTER BODY MASS INITIAL
HEIGHT VARIATION ON SQUAT JUMP
BIOMECHANICAL CHARACTERISTICS IN
HANDBALL PLAYERS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2020

Informacije o mentoru i članovima komisije

Mentor:

Dr Olivera Knežević, viši naučni saradnik;

Univerzitet u Beogradu, Institut za medicinska istraživanja

Članovi komisije:

Dr Dragan Mirkov, redovan profesor,

Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja

Dr Zoran Valdevit, vanredni profesor;

Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja

Datum odbrane: _____

Uticaj promene početne visine centra mase tela na biomehaničke karakteristike skoka uvis iz polučučnja kod rukometaša

Rezime

Cilj ovog istraživanja je da se ispita uticaj promene početne visine centra mase tela (H_{cmd}) na kinetičke i kinematičke karakteristike skoka uvis iz polučučnja (SJ) i da se ispita pouzdanost i razlike praćenih varijabli u SJ iz standardnog ($90^\circ H_{cmd}$) i spontano izabranog (*izabrani* H_{cmd}) početnog položaja.

Predpostavljeno je da (1) postoji prihvatljiv nivo pouzdanosti kinetičkih i kinematičkih karakteristika SJ iz $90^\circ H_{cmd}$ i *izabrani* H_{cmd} , da su (2) praćene varijable veće iz SJ iz *izabrani* H_{cmd} , da (3) varijacije H_{cmd} dovode do promena praćenih varijabli, da će najveće vrednosti H_{max} biti iz *optimalna* H_{cmd} i da se razlikuju biomehaničke karakteristike SJ između dve različite grupe ispitanika.

Ispitanici podeljeni u dve grupe (11 vrhunskih rukometaša i 13 fizički aktivnih ispitanika) izvodili su SJ iz $90^\circ H_{cmd}$ i *izabrani* H_{cmd} , kao i SJ sa pomeranjem H_{cmd} naniže i naviše u odnosu na *izabrani* H_{cmd} kako bi se utvrdilo postojanje *optimalna* H_{cmd} .

Rezultati su pokazali postojanje *optimalna* H_{cmd} koja se razlikuje od *izabrani* H_{cmd} i pri kojoj se postiže najveća vrednost visine skoka (H_{max}). Zabeležena je i veća pouzdanost za kinetičke i kinematičke varijable (H_{max} , F_{max} i P_{max}) za SJ iz *izabrani* H_{cmd} . Za isti tip skoka utvrđene su niže vrednosti dubine čučnja, kao i veće vrednosti ugla kolena, F_{max} i P_{max} dok se H_{max} nije značajno razlikovala za dva tipa SJ. Nisu utvrđene razlike u veličini praćenih varijabli između 2 grupe ispitanika.

Promena H_{cmd} nema značajan uticaj na H_{max} , ali je uočena velika povezanost sa F_{max} i P_{max} . Iako se razlikuje od *izabrani* H_{cmd} , *optimalna* H_{cmd} ima mali uticaj na postizanje veće vrednosti H_{max} . SJ iz *izabrani* H_{cmd} može predstavljati jednostavnu, pouzdanu i ekološki validniju proceduru testiranja u odnosu na SJ iz $90^\circ H_{cmd}$

Ključne reči: skokovi uvis iz polučučnja, spontano-izabrana, optimalna, ugao kolena, visina centra mase tela, visina skoka.

Naučna oblast: Fizičko vaspitanje i sport

Uža naučna oblast: Nauke fizičkog vaspitanja, sporta i rekreacije

UDK broj: 796.012.414:796.322 (043.3)

Effect of center body mass initial height variation on squat jump biomechanical characteristics in handball players

Summary

The aim of this study was to examine the the effect of center body mass initial height variation (H_{cmd}) on squat jump (SJ) biomechanical characteristics and to examine the reliability and magnitude of the monitored variables in SJ from standard ($90^\circ H_{cmd}$) and self-preferred (*preferred* H_{cmd}) initial position.

It was hypothesized that (1) there is an acceptable level of reliability of the biomechanical characteristics of SJ from $90^\circ H_{cmd}$ and *preferred* H_{cmd} , that (2) the monitored variables are larger from *preferred* H_{cmd} , that (3) variation in H_{cmd} lead to changes in monitored variables, that the highest values of H_{max} will be from the optimal H_{cmd} and that the biomechanical characteristics of SJ will defer between two groups of subjects.

Two subject groups (11 top handball players and 13 physically active subjects) performed SJ from $90^\circ H_{cmd}$ and *preferred* H_{cmd} , as well SJ with moving H_{cmd} down and up in order to confirm optimal H_{cmd} .

Results showed general higher reliability for the monitored mechanical variables (H_{max} , F_{max} and P_{max}) for *preferred* SJ. Squat depth was smaller for the *preferred* SJ, while knee angle, F_{max} and P_{max} were higher for the *preferred* SJ. The magnitude H_{max} did not differ significantly between both jump types. No significant differences were observed between group of handball players and physically active subjects. Optimal H_{cmd} was confirmed and it differs significantly from self-preferred position.

Variation of H_{cmd} has no significant effect on H_{max} , but a large association with F_{max} and P_{max} was confirmed. Although it deffers from *preferred* H_{cmd} , the optimal H_{cmd} has a small effect on higher H_{max} values. The SJ from *preferred* H_{cmd} can be a simple, reliable and more ecologically valid testing procedure.

Keywords: squat jump, self-preferred, optimal, knee angle, squat depth, jump height.

Scientific field: Physical Education and Sport

Narrow scientific field: Science of Physical Education, Sports and Recreation

UDC number: 796.012.414:796.322 (043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI OKVIR RADA.....	4
2.1. Skokovi uvis kao sredstvo za procenu biomehaničkih karakteristika mišića nogu	4
2.2. Metode za merenje skoka uvis	9
2.3. Visina, sila i snaga kod skokova uvis.....	13
3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	18
3.1. Uticaj početnog položaja centra mase tela na biomehaničke karakteristike skokova.....	18
3.2. Pouzdanost skokova uvis.....	19
3.3. Validnost skokova uvis	20
3.4. Osetljivost skokova uvis.....	21
3.5. Ograničenja i nedostaci dosadašnjih istraživanja.....	23
4. PROBLEM, PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA.....	24
5. HIPOTEZE	25
6. METOD ISTRAŽIVANJA.....	26
6.1 Uzorak ispitanika.....	26
6.2 Protokol testiranja.....	27
6.3 Procedura testiranja	28
6.4 Prikupljanje i obrada podataka	29
6.5 Uzorak varijabli i način njihovog merenja	30
6.5.1 Varijable morfološkog statusa	30
6.5.2 Varijable za procenu kinematičkih i kinetičkih karakteristika skoka uvis.....	31
6.6 Statistička obrada podataka	33
7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	34

7.1	Pouzdanost kinetičkih i kinematičkih karakteristika skokova uvis iz polučučnja	36
7.2	Razlike u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama skokova uvis iz polučučnja.....	40
7.3.	Uticaj početne visine centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristike.....	42
8.	DISKUSIJA	51
8.1	Pouzdanost kinetičkih i kinematičkih karakteristika skokova uvis iz polučučnja	52
8.2	Razlike u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama skokova uvis iz polučučnja.....	54
8.3	Uticaj početne visine centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristike skokova uvis iz polučučnja	57
9.	ZAKLJUČAK	61
10.	ZNAČAJ STUDIJE I MOGUĆA PRAKTIČNA I TEORIJSKA PRIMENA REZULTATA ISTRAŽIVANJA	63
	LITERATURA.....	66
	PRILOZI.....	76
	PRILOG 1: Kopija saglasnosti Etičke komisije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu za realizaciju istraživanja.....	76
	PRILOG 2: Kopija formulara sa saglasnost ispitanika sa eksperimentalnom procedurom	77
	PRILOG 3: Kopija naslovne strane objavljenog prisupnog rada u međunarodnom časopisu „ <i>Journal of Strength and Conditioning Research</i> “	79
	Biografija autora.....	80
	Pogovor	81
	Izjava o autorstvu	82
	Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada	83
	Izjava o korišćenju	84
	Bibliografija	85

Skraćenice:

H_{\max}	- maksimalna visina skoka
SJ	- skok uvis iz polučučnja (eng. <i>squat jump</i>)
CMJ	- skok uvis sa počučnjem bez zamaha rukama (eng. <i>countermovement jump</i>)
CMJA	- skok uvis sa počučnjem sa zamahom rukama (eng. <i>countermovement jump with arm swing</i>)
DJ	- saskok-odskok sa različite visine (eng. <i>drop jump</i>)
H_{cmd}	- visina početnog položaja centra mase tela
<i>izabrani</i> H_{cmd}	- spontano izabrana visina početnog položaja za izvođenje skoka uvis
$90^\circ H_{\text{cmd}}$	- standardni visina početnog položaja za izvođenje skoka uvis
<i>naniže</i> H_{cmd}	- pomeranje centra mase tela naniže u odnosu na spontano izabrani početni položaj za izvođenje skoka uvis
<i>naviše</i> H_{cmd}	- pomeranje centra mase tela naviše u odnosu na spontano izabrani početni položaj za izvođenje skoka uvis
<i>optimalni</i> H_{cmd}	- optimalna visine početnog položaja centra mase tela
<i>optimalni</i> H_{\max}	- maksimalna visina skoka koja se postiže pri zauzimanju optimalne visine početnog položaja centra mase tela
t_{leta}	- trajanja faze leta
t_{kon}	- trajanje koncentrične faze skoka
V_{to}	- vertikalna brzine tela za vreme odskoka
GRF	- sile reakcije podloge (eng. <i>Ground reaction force</i>)
SSC	- mišićni ciklus izduženje-skraćenje (eng. <i>stretch-shortening cycle</i>)
F	- sila
F_{\max}	- maksimalna sila
P	- snaga
P_{\max}	- maksimalna snaga
v	- brzina
v_{\max}	- maksimalna brzina

SV	- Srednja vrednost
SD	- Standardna devijacija
r	- Koeficijent korelacije
p	- Nivo statističke značajnosti
RUK	- grupa rukometaša
FA	- grupa fizički aktivnih ispitanika

1. UVOD

Rukomet je kompleksna sportska igra koja po kriterijumu svoje složenosti pripada grupi polistrukturalnih sportova. Često se ističe da su u rukometu ravnomerno zastupljeni svi prirodni oblici kretanja u kojima dominira složena motorička struktura acikličnog i cikličnog tipa gde dominira intermitentni rad.

U pogledu fizičkih sposobnosti, pri izvođenju dominantnih kretanja (trčanje, skakanje, bacanje, guranje), rukomet od igrača zahteva ispoljavanje maksimalnih fizičkih naprezanja u kratkim vremenskim intervalima na koje se nadovezuju periodi sa niskim intenzitetom ili odmorom (Jacobs et al., 1982). Pri izvođenju skokova, bacanja, blokiranja, trčanja, promena pravca kretanja uz stalnu kontrolu lopte i drugih tehničko-taktičkih faktora, vrhunski rukometaši ispoljavaju visok nivo motoričkih sposobnosti pa ih po tom kriterijumu veoma često porede sa atletskim desetbojcima.

Stalne promene poseda lopte i veoma frekventno smenjivanje faze odbrana i napada, svrstava rukomet u grupu veoma dinamičnih sportova sa čestim promenama ritma i tempa kretanja. Poslednje promene međunarodnih rukometnih pravila igre dovele su do pojave još većeg broja akcija velikog intenziteta. Vrhunski rukometaši u toku takmičarske aktivnosti ponove više od 120 akcija visokog intenziteta (Karcher & Buchheit, 2014) što ne umanjuje značaj aerobnih sposobnosti za uspeh u rukometu naročito kada je u pitanju značaj brzog oporavka metaboličkih funkcija nakon rada visokog intenziteta (Spencer et al., 2005).

Na svetskom prvenstvu u Kataru za rukometaše (2015. godine) zabeleženo je da igrači na utakmici različitim intenzitetom kretanja pređu rastojanje od 2607.5 ± 1438.4 m sa maksimalnom zabeleženom brzinom trčanja od 7.7 ± 0.8 m/s (Cardinale et al., 2016). Najviše vrednosti pređenog puta su zabeležene kod igrača na poziciji krila (leva krila - 3339.2 ± 1640 m, desna krila - 3403.5 ± 1602.8 m), dok su najniže vrednosti zabeležene kod levih bekova (2410.9 ± 1337.7 m) i pivotmena (2419.0 ± 1225.2 m). Za vreme utakmice rukometaši najviše vremena provode u akcijama niskog intenziteta na koje se veoma često nadovezuju kratke akcije visokog intenziteta.

Najveći broj akcija visokog intenziteta u rukometu karakterišu ubrzanja kretanja u različitim pravcima koja su praćena naglim promenama pravca kretanja, skokovima i doskocima. Više od 70% šuteva u rukometu se izvodi iz skoka (Wagner & Müller, 2008), najčešće tehnikom skok šuta (*Slika 1*) odskokom sa jedne noge pri čemu se u veoma kratkom trajanju kontakta stopala sa tlom ($<0,300$ s) razvija sila reakcije podloge koja je tri puta veća od mase tela igrača (Pori, Bon & Sibila, 2005). U takvim uslovima mišići nogu proizvode veliki mišićnu silu u relativno kratkom vremenskom periodu kako bi se postigla maksimalna visina skoka (H_{max}).

Pored specifičnih tehničkih i taktičkih sposobnosti, kao dominantne faktore takmičarskog uspeha u rukometu, pominju se antropometrijske karakteristike igrača, visoke vrednosti sile, snage i brzine bacanja (Gorostiaga et al., 2006; Gorostiaga et al., 2005;). U pogledu kinetičkih karakteristika najčešće se pominju eksplozivna snaga gornjih i donjih ekstremiteta, kao i maksimalna sila i mišićna snaga koja se ispoljava u stalnom kontaktu i interakciji protivničkih igrača (Chelly, Hermassi & Shephard, 2010; Wallace & Cardinale, 1997). Vrhunski rukometaši imaju veće vrednosti maksimalne sile i mišićne snage u odnosu na rukometaše na nižem

takmičarskom nivou (Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007) što jasno ukazuje na značaj ovih karakteristika za uspeh u rukometu.



Slika 1 – Skok šut u rukometu (preuzeto sa www.ihf.info)

Razvoj kapaciteta za skok uvis bi dovelo igrača u veliku takmičarsku prednost u odnosu na direktnog protivnika time što bi omogućilo produženje faze leta što igraču dozvoljava šutiranje sa veće H_{max} , ali i duži vremenski interval za donošenje taktičkih odluka kada je u pitanju izvođenje ovog tehničkog elementa. Trening za razvoj snage mišića nogu kod rukometaša nije samo orjentisan na povećanje H_{max} , već ima i veoma značajnu profilaktičnu ulogu sa ciljem smanjenja rizika od povrede. Bere i saradnici (2015) u svom izveštaju sa Svetskog prvenstva za rukometaše u Kataru (2015. god.) ističu visok rizik od povređivanja rukometaša za vreme takmičarske aktivnosti. Čak 27,1% igrača koji su nastupili na ovom takmičenju su prijavili neku vrstu povrede.

Skok uvis je element koji se često primenjuje u trenažnoj praksi i takmičarskoj aktivnosti rukometaša pod različitim mehaničkim uslovima. On takođe predstavlja jedan od najčešće korišćenih testova za procenu mehaničkih kapaciteta mišića nogu kako kod rukometaša (Vila et al., 2012; Cardinale, 2014) tako i kod drugih sportista i ispitanika (Claudino et al., 2017; Ćuk et al., 2014). Upotreba ovih testova u literaturi se najčešće opravdava time što se njime mogu odrediti razlike u mišićnoj funkciji između sportista različitih takmičarskih nivoa (Fry et al., 2006; Gissis et al., 2006; McMahon & Comfort, 2017; McMahon et al., 2017). Pored toga često se ističe povezanost između maksimalne visine skoka (H_{max}) i uspešnog rešavanja pojedinačnih motoričkih zadataka u pojedinim sportovima.

Za procenu mehaničkih kapaciteta mišića nogu u praksi se najčešće primenjuju sledeći skokovi: skok uvis iz polučučnja (eng. *squat jump* – SJ), skok uvis sa počučnjem bez zamaha rukama (eng. *countermovement jump* – CMJ), skok uvis sa počučnjem sa zamahom rukama (eng. *countermovement jump with arm swing* – CMJA) i saskok-odskok sa različite visine (eng. *drop*

jump – DJ) (Komi & Bosco, 1978; McGuigan et al., 2006; Vint & Hinrichs, 1996). I pored toga što postoji značajna korelacija između različite vrste skokova (Marković et al. 2013), utvrđeno je da svaka vrsta skoka omogućava dobijanje delimično različitih informacija kada je u pitanju mehanička funkcija mišića nogu (Van Hooren & Zolotarjova, 2017).

Kao moguća alternativa za standardnu proceduru testiranja SJ (ugao u zglobu kolena 90°) može se izvoditi skok uvis tako što se ispitanicima omogući da zauzmu početni položaj koji im najviše odgovara fiksirajući uglove u svim angažovanim zglobovima, ali i dalje sa instrukcijom da izvode skok maksimalne visine (Fitzgerald et al., 2017). Tako izvođenje skoka uvis, iz spontano izabranog početnog položaja (*izabrani* H_{cmd}) moglo bi da obezbedi daleko jednostavniju, bržu i ekološki validniju proceduru testiranja nego što je to kod standardizovanog testa skoka uvis iz polučučnja (SJ).

Pored toga u istraživanjima se nedovoljno pominje postojanje optimalne početne visine centra mase tela koja bi omogućila dobijanje maksimalnih kinetičkih i kinematičkih karakteristika skoka uvis. U vezi sa tim neophodno je potvrditi postojanje optimalne visine početnog položaja centra mase tela kao i opravdanost predloga za primenu skoka uvis iz spontano izabranog početnog položaja.

2. TEORIJSKI OKVIR RADA

2.1. Skokovi uvis kao sredstvo za procenu biomehaničkih karakteristika mišića nogu

Kao i u drugim sportskim igrama skokovi zauzimaju važno mesto, u rukometu kao jedan od najčešćih oblika kretanja u toku takmičarske i trenažne aktivnosti. Osim u cilju kontrole i testiranja biomehaničkih karakteristika mišića nogu, skokovi uvis se mogu primenjivati i kao efikasno trenažno sredstvo za razvoj snage mišića nogu. U godišnjem ciklusu treninga vrhunski rukometaši izvedu oko 48.000 skokova pri čemu se doskoci smatraju kao jedan od osnovnih uzroka za povrede donjih ekstremiteta (Detanico et al., 2009). Skokovi se podjednako primenjuju u fazi napada (šutiranje, dodavanje, borba za loptu) i u fazi odbrane (blokiranje, osvajanje lopte), a jedan rukometaš u toku utakmice izvede skok 16 do 20 puta (Wallace & Cardinale, 1997). Treba napomenuti da su igrači na Svetskom prvenstvu u rukometu za muškarce u Kataru 2015. godine u proseku provodili 36:48 minuta (\pm 20:27 min) u igri, iako je vreme variralo zavisno od pozicije u timu. Uspešno izvođenje skoka uvis za vreme takmičarske aktivnosti u rukometu, ne zavisi samo od visine skoka već i od brojnih faktora koji su vezani za tehničko-taktičke aspekte rukometne igre. Tu se najpre misli na pravovremenost izvođenja skoka, kao i na taktičku opravdanost njegove primene. U savremenom rukometu najčešće se od igrača zahteva da u toku igre skoče što više i za što kraće vreme.

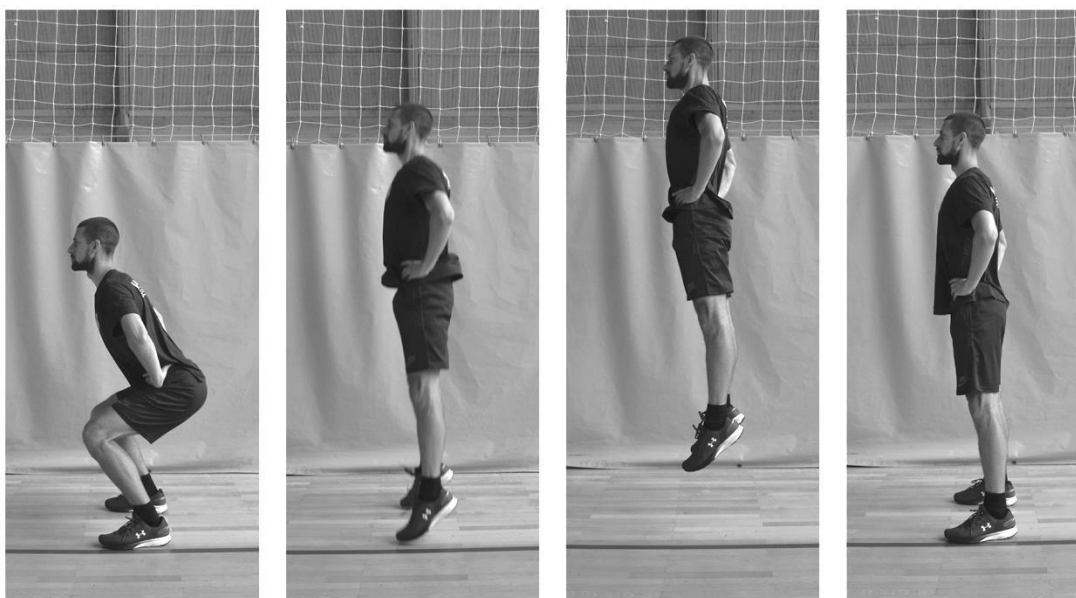
Osim u trenažnoj i takmičarskoj aktivnosti sportista, skok uvis je jedan od najčešće korišćenih testova za procenu mehaničkih kapaciteta mišića nogu (Claudino et al., 2017; Cuk et al., 2014). Upotreba ovih testova se u literaturi najčešće opravdava time što se njime mogu odrediti razlike u mišićnoj funkciji između sportista različitih takmičarskih nivoa (Fry et al., 2006; Gissis et al., 2006; McMahon & Comfort, 2017; McMahon et al., 2017). Pored toga ističe se povezanost između maksimalne visine skoka (H_{max}) i uspešnog rešavanja pojedinačnih motoričkih zadataka u pojedinim sportovima. Skokovi uvis se koriste i za testiranje široke populacije koja nije fizički aktivna, uključujući i decu (Acero et al., 2011), kao i kod starijih ljudi (Pereira et al., 2012), obzirom da primena skokova u vežbanju može pozitivno uticati na stanje mišićno-koštanog aparata. Primena testova skoka uvis se ističe i kao bitan kriterijum u procesu identifikacije mladih sportskih talenata. Elitni mladi sportisti postižu značajno veće rezultate u primeni ovog testa (Gabbett, Georgieff, & Domrow, 2007; Fry et al., 2006; Gissis et al., 2006), a te razlike se primećuju između sportista muškog i ženskog pola (McMahon et al., 2017b). Veoma interesantan pristup u interpretaciji rezultata ovog testa predstavlja podatak da u sportskim igrama postoje razlike u veličini kinetičkih i kinematičkih varijabli SJ između takmičara prve i druge postave (rezervni igrači) jednog elitnog tima. (Magrini et al., 2017).

Za procenu mehaničkih kapaciteta mišića nogu u praksi se najčešće primenjuju: skok uvis iz polučučnja (eng. *squat jump* – SJ), skok uvis sa počučnjem bez zamaha rukama (eng. *countermovement jump* – CMJ), skok uvis sa počučnjem sa zamahom rukama (eng. *countermovement jump with arm swing* – CMJA) i saskok-odskok sa različite visine (eng. *drop jump* – DJ) (Komi & Bosco, 1978; McGuigan et al., 2006; Vint & Hinrichs, 1996).

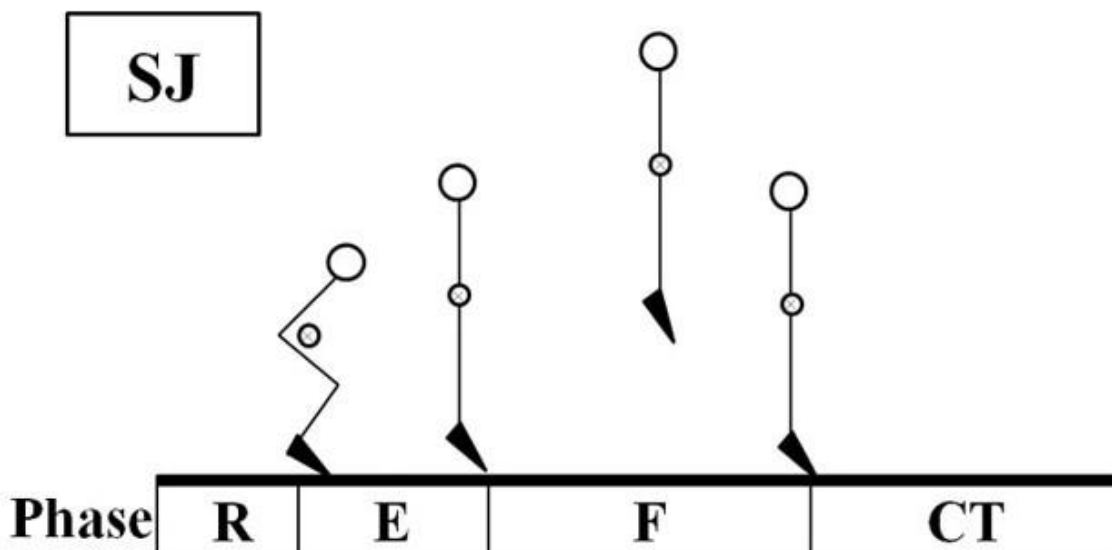
Skok uvis iz polučučnja (eng. *squat jump* – SJ) podrazumeva izvođenje maksimalnog skoka uvis iz položaja polučučnja sa šakama na bokovima pri čemu je ugao u zgobu kolena 90° , ugao u zglobu kuka proizvoljan, a leđa opružena (*Slika 2 i 3*). Standardizovani test skoka uvis iz

polučučnja (SJ) podrazumeva da ispitanik prethodno zauzme statičan položaj polučučnja u trajanju do 3 sekunde nakon čega sledi koncentrična faza skoka sa jasnom namerom ispitanika da izvrši skok maksimalne visine (Garcia-Ramos et al., 2015; Samozino, Morin et al., 2008). U slučaju da ispitanici koriste efekte mišićnog ciklusa izduženje-skraćenje (počučanj) takav pokušaj će biti ponovljen. Ovim skokom se procenjuje snaga za vreme koncentrične kontrakcije mišića nogu.

Skok uvis sa počučnjem bez zamaha rukama (eng. *countermovement jump – CMJ*) podrazumeva izvođenje maksimalnog skoka uvis iz uspravnog položaja sa šakama na bokovima. Izvođenje ovog skoka se izvodi uz prethodno spuštanje tela u počučanj (ekscentrična faza skoka), nakon čega se brzo nadovezuje opružanje nogama (koncentrična faza skoka). Ovim testom se procenjuje snaga mišića opružaća u koncentričnoj fazi skoka kojoj prethodi ekscentična kontrakcija odnosno korišćenje efekta mišićnog ciklusa izduženje-skraćenje (*Slika 3 i 4*).

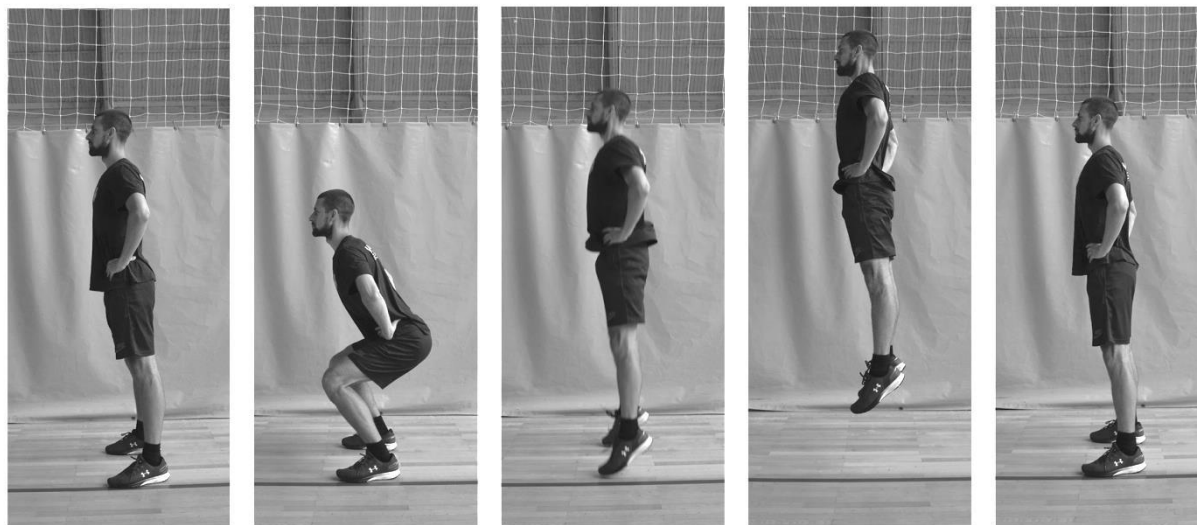


Slika 2 - Skok uvis iz polučučnja (SJ). Prikaz karakterističnih faza SJ

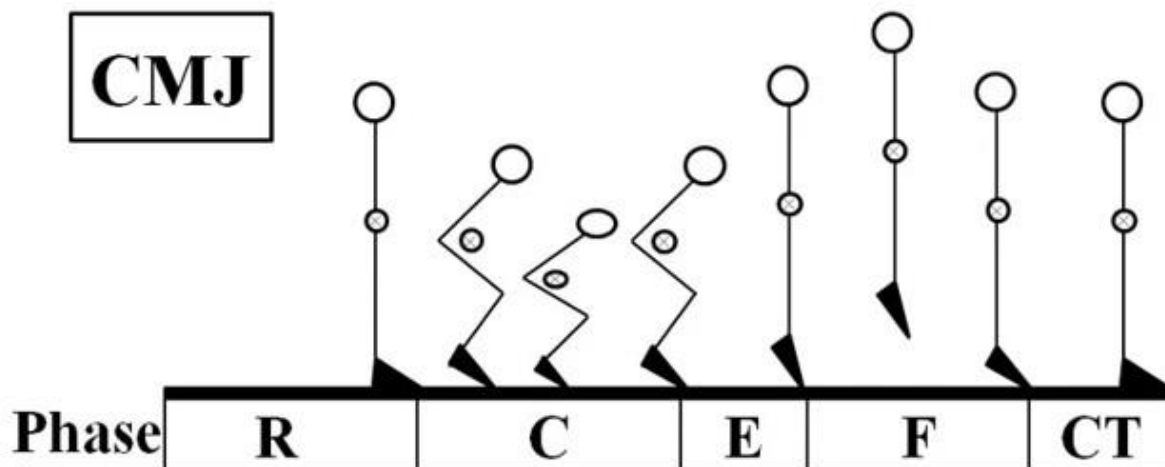


Slika 3 - Skok uvis iz polučučnja. Prikaz karakterističnih faza SJ i položaja centra mase tela (preuzeto od Padulo et al., 2001, strana 3)

R) Statičan početni položaj, ugao kolena 90° („rest phase“); E) trenutak odskokoka, stopala gube kontakt sa podlogom, sila reakcije podloge je jednaka nuli („eccentric phase“); F) faza leta, maksimalna visina skoka („flight phase“); CT) trenutak doskoka, stopla ostvaruju kontakt sa podlogom, nakon naglog rasta F reakcije podloge, ona se izjednačava sa masom tela („contact phase“)



Slika 4 - Skok uvis sa počučnjem. Prikaz karakterističnih faza CMJ

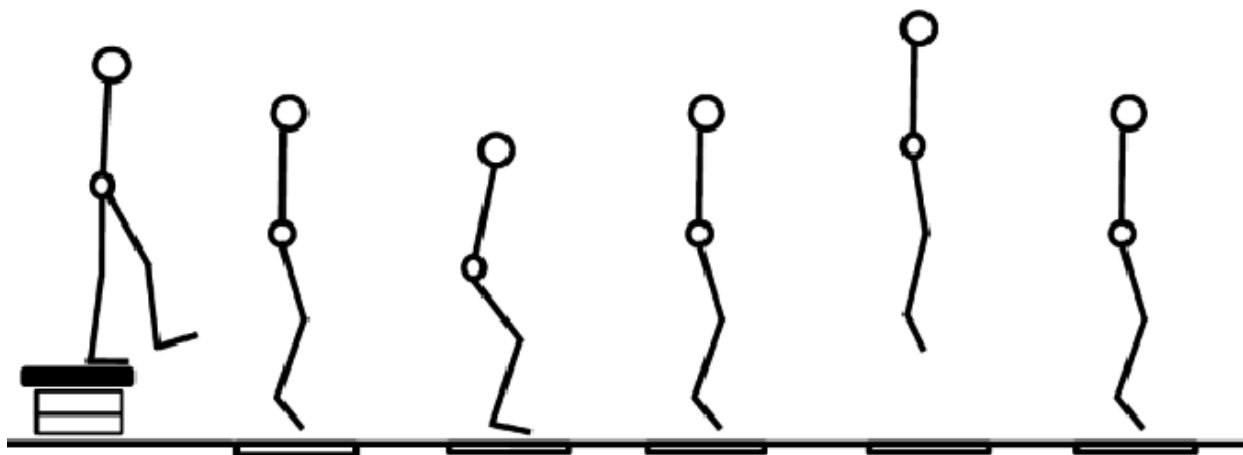


Slika 5 - Skok uvis sa počučnjem. Prikaz karakterističnih faza CMJ i položaja centra mase tela (preuzeto od Padulo et al., 2001, strana 3)

R) Statičan početni položaj, ugao kolena 90° („rest phase“); C) spuštanje tela u počučanj; E) trenutak odskokoka, stopala gube kontakt sa podlogom, sila reakcije podloge je jednaka nuli („eccentric phase“); F) faza leta, maksimalna visina skoka („flight phase“); CT) trenutak doskoka, stopla ostvaruju kontakt sa podlogom, nakon naglog rasta F reakcije podloge, ona se izjednačava sa masom tela („contact phase“)

Skok uvis sa počučnjem sa zamahom rukama (eng. *countermovement jump with arm swing* – CMJA) – kao i CMJ, ova vrsta skoka podrazumeva izvođenje maksimalnog skoka uvis iz uspravnog položaja uz prethodno spuštanje tela u počučanj, ali na početku koncentrične faze skoka ispitanici vrše snažan zamah rukama na gore. Pored procene snage mišića nogu ovim testom se može proceniti i koordinacija između različitih grupa mišića (ruke i noge). Zbog upotrebe zamaha i složene kombinacije koordinacije pokreta i snage, smatra se da ova vrsta testa nije najpogodnija za procenu eksplozivne snage mišića nogu.

Saskok-odskok sa različite visine (eng. *drop jump* – DJ) podrazumeva izvođenje maksimalnog skoka uvis iz uspravnog položaja uz korišćenje efekta mišićnog ciklusa izduženje-skraćenje. Iz početnog položaja ispitanik saskače sa određene visine i nakon doskoka, uz minimalnu amortizaciju, brzim opružanjem nogama odskače uvis. Ovim skokom se procenjuje eksplozivna snaga mišića nogu (Slika 6).



Slika 6 - Skok-odskok sa različite visine (DJ). Prikaz karakterističnih faza DJ (preuzeto od Richter, 2011, strana 88)

I ako je utvrđeno da postoji značajna korelacija između različite vrste skokova (Marković et al. 2013), primena različitih vrsta skokova može omogućiti dobijanje delimično različitih informacija kada je u pitanju mehanička funkcija mišića nogu (Van Hooren & Zolotarjova, 2017).

U cilju kontrole i testiranja biomehaničkih karakteristika mišića nogu najčešće se koriste skokovi uvis iz polučučnja (SJ) i skok uvis sa počučnjem bez zamaha rukama (CMJ). Ovi testovi imaju veću pouzdanost i validnost u odnosu na testove koji podrazumevaju skok uvis sa i bez zamaha rukama kao što su Abalak i Sardžent test (Marković et al., 2004). Skok uvis iz polučučnja se koristi za procenu kapaciteta za ispoljavanje sile mišića nogu samo za vreme koncentrične faze skoka (Komi & Bosco, 1978; Samozino et al., 2008; Van Hooren & Zolotarjova, 2017). SJ se takođe koristi i za vreme različitih programa treninga sa opterećenjem s obzirom da je sposobnost velikog ubrzanja tela u koncentričnoj fazi skoka iz pozicije mirovanja veoma bitna za veliki broj sportova (Samozino et al., 2008; Van Hooren & Bosch, 2016). Standardizovani SJ podrazumeva da ispitanik prethodno zauzme statičan položaj polučučnja (ugao u zglobu kolena 90°) uz pretpostavku da male varijacije u visini početnog položaja mogu uticati na visinu i druge mehaničke pokazatelje skoka (Mandić et al., 2016). Kada je u pitanju početni položaj za primenu testova za procenu visine skoka, u literaturi se pominju i drugi uglovi u zglobu kolena (Fitzgerald et al., 2017; Mitchell et al., 2017). Pravilan početni položaj pre svakog izvođenja skoka se obično kontroliše sa instrumentima kao što su goniometar, uglomer ili neki od sistema za praćenje pokreta. Uz korišćenje tih instrumenata ispitanicima se sugeriše da vrše korekciju svog položaja sve dok ne zauzmu odgovarajući položaj (De Ruiter, 2006; Fitzgerald et al., 2017; Samozino, Morin et al., 2008). Potencijalni problem kod primene standardizovanih procedura za izvođenje SJ je da dovođenje ispitanika u pravilan početni položaj može prouzrokovati zamor, posebno ako se izvodi više skokova. Veoma često pažnja ispitanika je usmerena više na tačno zauzimanje početnog položaja (90°) nego na maksimalno izvođenje samog skoka, što nesumnjivo predstavlja veoma bitan cilj i ima svoju primenljivost u velikom broju sportskih disciplina. Pored toga javlja se još jedan problem kada su u pitanju kontrola uglova u drugim susednim zglobovima (skočni zglob, kuk, međupršljenski zglobovi kičme) što posledično dovodi angažovanja drugih mišićnih grupa osim mišića nogu (Fitzgerald et al., 2017; Garcia-Ramos et al., 2015). Produžavanje

vremena za pripremu svakog pojedinačnog skoka dok se ne zauzme pravilan početni položaj (90° u zglobu kolena), može dovesti do mišićnog zamora koji će negativno uticati na objektivnost dobijenih rezultata (De Ruyter et al., 2006;).

Kao moguća alternativa za standardnu proceduru testiranja SJ (ugao u zglobu kolena 90°) može se izvoditi skok uvis tako što se ispitanicima omogući da zauzmu početni položaj koji im najviše odgovara fiksirajući uglove u svim angažovanim zglobovima, ali i dalje sa instrukcijom da izvode skok maksimalne visine (Fitzgerald et al., 2017). Takvo izvođenje skoka uvis, iz spontano izabranog početnog položaja (*izabrani* H_{cmd}) može omogućiti daleko jednostavniju, bržu i ekološki validniju proceduru testiranja nego što je to kod standardizovanog testa skoka uvis iz polučučnja (SJ). Međutim određeni oprez bi trebalo da se uloži kada se procenjuju neki efekti treninga ili skokova pod opterećenjem. Ovo se naročito odnosi na varijabilitet u visini početnog položaja za skok uvis kao posledicu trenažnih opterećenja (Marković et al., 2013) ili za vreme izvođenja SJ pod uticajem spoljašnjeg opterećenja (Marković, Vuk & Jarić, 2011; Marković et al., 2013). To može ugroziti prikladnost SJ iz *izabrani* H_{cmd} za procenu mehaničkih svojstva mišića nogu, jer može značajno uticati na veličinu svih mehaničkih pokazatelja. I pored očiglednih prednosti SJ iz spontano izabranog početnog položaja u odnosu na standardni SJ iz polučučnja, on se u literaturi ne pominje tako često i postaje predmet naučno-istraživačkog rada tek od nedavno. U poređenju sa standardnim SJ (90° u zglobu kolena), kod SJ iz spontano izabranog početnog položaja ispitanici biraju nešto veće uglove u zglobu kolena od 90° (Gheler et al., 2015; Mitchell, 2002). Zbog zauzimanja viših položaja centra mase tela u inicijalnoj fazi skoka uvis, pre same koncentrične faze, posledično dolazi do većih rezultata u izražavanju maksimalne sile (F_{max}) i maksimalne snage (P_{max}), dok rezultati maksimalne visine skoka (H_{max}) ostaju gotovo nepromenjeni (Gheler et al., 2015; Mitchell, 2002). Treba da se ima u vidu da zauzimanje viših početnih položaja centra mase tela pri izvođenju skoka uvis iz spontano izabranog položaja je povezano i sa skraćanjem vremenskog intervala za ispoljavanje mišićne sile. S obzirom da je maksimalna visina skoka (H_{max}) određena ukupnim impulsom sile (integral sile u vremenskom intervalu), da bi se postigli slični rezultati H_{max} kao i kod SJ (90°), neophodno je da srednja vrednost sile za vreme koncentrične faze skoka uvis iz izabranog početnog položaja bude veća nego kod skokova iz nižeg početnog položaja. Veće vrednosti sile iz viših početnih položaja centra mase tela se delimično mogu opravdati odnosom sile i brzine. Sa povećanjem brzine kontrakcije dolazi do ispoljavanja manjih vrednosti mišićne sile (Janicijevic et al., 2020). Brzina pri istoj veličini ugla u zglobu kolena bi trebalo da se povećava sa snižavanjem početnog položaja centra mase tela (H_{cmd}). U vezi sa tim može se zaključiti da će sposobnost mišića za ispoljavanje sile biti manja u poređenju sa skokovima iz viših početnih položaja. Zbog toga veće ispoljavanje sile pri konstantnim uglovima u zglobu kolena, sa povećanjem visine početnog položaja će progresivno nadomestiti razliku u brzini sve do trenutka odskoka.

2.2. Metode za merenje skoka uvis

Metode za testiranje skoka uvis podrazumevaju upotrebu različitih aparata, ultrazvučnih detektora kretanja, sistemi za kinematografsku analizu, kontaktnih, foto i tenziometrijskih

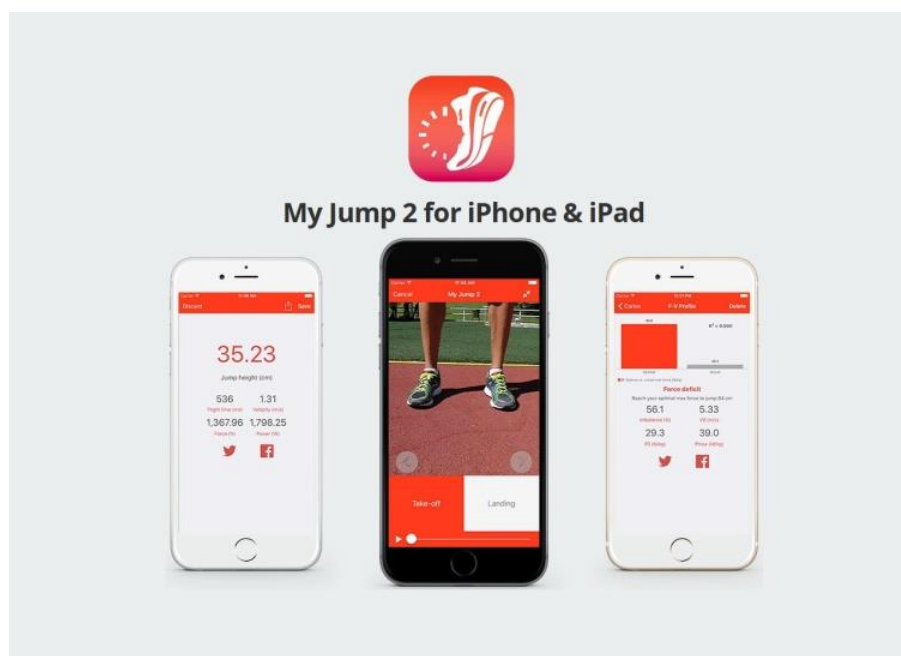
platformi. (Balsalobre-Fernandez et al., 2014; Casartelli, Muller & Maffiuletti, 2010; Garcia-Lopez et al., 2005; Glatthorn et al., 2011). Varijable koje se najčešće mere ili koje se dobijaju računanjem na osnovu izmerenih rezultata su: maksimalna visina skoka, mišićna sila, mišićna snaga, ugao u zglobu kolena, trajanje i brzina pojedinih faza skoka (Garcia-Lopez et al., 2005; Glatthorn et al., 2011; Markovic et al., 2004; Nuzzo Anning & Scharfenberg, 2011). U cilju analize skoka, danas se najčešće upotrebljava tenziometrijska platforma za merenje sile reakcije podloge (eng. *Ground reaction force – GRF*) i ona danas predstavlja standardni metod za analizu skoka (Sayers et al., 1999; Glatthorn et al., 2011). To je i najprecizniji način za merenje sile koja nastaje kao rezultat delovanja mišićnih sila. Platforme procenjuju visinu skoka pomoću izračunavanja trajanja faze leta skoka (t_{leta}) i vertikalne brzine tela za vreme odskoka (V_{to}) (Kibele, 1998; Moir, 2008). Pored tenziometrijskih platformi, najprecizniji sistem za analizu skoka uvis predstavlja korišćenje profesionalnih „*high-speed*“ kamera za 3D kinematografsku analizu (Garcia-Lopez et al., 2005; Requena et al., 2012). Tako na primer kamere koje snimaju na frekvenciji od 1000 Hz beleže razliku od samo 1.3 ms u merenju t_{leta} u poređenju sa tenziometrijskim platformama koje snimaju na istoj frekvenciji (Requena et al., 2012). Prethodna istraživanja pored i druge tehničke uređaje za merenje skoka uvis sa merenjima na tenziometrijskoj platformi. Tako infra-crvene foto platforme beleže razliku u merenju visine skoka oko 1,0 cm u odnosu na tenziometrijsku platformu koja snima na frekvenciji od 1000 Hz (Glatthorn et al., 2011), a za sistem za akcelerometriju (Myotest SA, Switzerland) utvrđeno je da beleži razlike od 3.6 cm u merenju visine skoka u odnosu na tenziometrijsku platformu (Choukou, Laffaye, & Taiar, 2014).

I pored toga što su svi gore navedeni uređaji pouzdani za analizu kinetičkih i kinematičkih karakteristika skoka uvis, oni imaju određene nedostatke kada je u pitanju njihova primena u praksi. Oni se uglavnom koriste u okviru univerzitetskih laboratorija i elitnih sportskih klubova i često predstavljaju nedostižno skupa tehnička sredstva za trenere i manja sportska udruženja. I pored toga što danas ti uređaji nisu više toliko gabaritni i mogu se lakše transportovati, oni često zahtevaju korišćenje specifičnih softverskih paketa za analizu podataka.

Nasuprot gore navedenih metoda izdvajaju se i drugi terenski testovi za procenu biomehaničkih karakteristika skoka koji se veoma često primenjuju u praksi. To su testovi za procenu skoka uvis (Sardžent test, Abalakov test sa i bez zamaha rukama), kao i testovi kod kojih se primenjuje skok u dalj (sunožni skok u dalj iz mesta i troskok iz mesta). I za ove terenske testove je potvrđena visoka pouzdanost i validnost za procenu eksplozivne snage mišića nogu (Aragon-Vargas, 2000; Markovic et al., 2004;), ali se ipak ističe da su SJ i CMJ najpouzdaniji i najvalidniji terenski testovi za procenu biomehaničkih karakteristika skokova (Aragon-Vargas, 2000; Choukou, Laffaye & Taiar, 2014; Cormack et al., 2008; Markovic et al, 2004; Young et al., 1997). U novije vreme, sa razvojem tehnologije, izdvajaju se validne metode koje podrazumevaju jeftinija i lako prenosiva tehnička sredstva za merenje skoka uvis i koja podrazumevaju korišćenje široko dostupnih i jeftinijih kamera kao i besplatnih softverskih paketa za merenje visine skoka (Balsalobre-Fernandez et al., 2014). Pored navedenih prednosti, isti autor navodi da ovaj metod zahteva kompleksni postupak za prenos podataka, što iziskuje dosta vremena za utvrđivanje izmerene vrednosti H_{max} .

Sa razvojem tehnologije „pametnih“ mobilnih telefona, u literaturi se navodi mogućnost korišćenja aplikacija za merenje visine skoka (Balsalobre-Fernández, Glaister & Lockey, 2015; Stanton, Kean & Scanlan, 2015; Driller et al., 2017). To su aplikacije koje koriste „*high-speed*“ kamere telefonskih uređaja koje snimaju na frekvenciji od 120 – 240 Hz nakon čega direktno

računaju visinu skoka. Osim ekonomičnosti, osnovna prednost ovih aplikacija koja ima praktičnu primenljivost u svakodnevnoj sportskoj praksi, je da ne zahteva od merioca prethodno iskustvo u korišćenju softverskih paketa za video analizu skoka uvis. Prva kompanija koja je registrovala ovakvu aplikaciju pod nazivom „My Jump“ je Apple Inc. iz SAD (Slika 6). Ona je omogućila i besplatno korišćenje ove aplikacije sa pojavom telefonskog uređaja *iPhone 5s*. Kao i drugi aparati za merenje, ova aplikacija meri visinu skoka pomoću izračunavanja trajanja faze leta (t_{leta}). U poređenju sa izmerenim rezultatima visine skoka kod istih ispitanika preko tenziometrijske platforme Balsalobre-Fernández i saradnici (2015) su utvrdili da ova aplikacija pokazuje veoma dobru validnost i pouzdanost za merenje visine skoka CMJ. I pored toga što preciznost ove aplikacija se može porediti sa mnogo skupljim i kompleksnijim uređajima (faza leta 8.9 ms i visina skoka 1.2 cm se razlikuju u poređenju sa tenziometrijskom platformom), daljim razvojem video tehnologije i sa pojavom novih modela telefona opemljenih sa kamerama visoke frekvencije snimanja, greške merenja su sve manje.



Slika 7 - Aplikacija „My Jump 2“ za IOS operative sisteme (preuzeto sa www.bestcssaward.com)

U svom radu Samozino i saradnici (2008) predstavili su jednostavnu metodu za merenje sile, snage i brzine koje razvijaju mišići nogu za vreme izvođenja SJ. Ovaj metod su po prvom autoru nazvali „SAM metod“ i veoma često se citira u literaturi (Cuk et al., 2014; Giroux et al., 2014; Markovic et al., 2004; McMaster et al., 2014; Romero-Franco et al., 2017). U poređenju sa merenjima pomoću tenziometrijske platforme, utvrđena je visoka konkurentna validnost ovog metoda za merenje sile i brzine u uslovima različitih opterećenja, kao i za rezultate u relaciji sila-brzina. Pored toga Giroux i saradnici (2014) ističu da SAM metod u poređenju sa tenziometrijskim platformama za merenje sile reakcije podloge, omogućava dobijanje rezultata sile i brzine sa većom pouzdanošću. Ovo je posebno primećeno kod izvođenja skokova uvis sa različitim spoljnim opterećenjima. Ovaj metod se zasniva na korišćenju 3 parametra: mase tela, visine skoka i razlike u visini centra mase tela u različitim fazama SJ (početni položaj, odskok i faza leta) što je prikazano na Slici 8.

Predloženi metod za izračunavanje F , v i P podrazumeva sledeće korake. Izvršen ukupan rad (W_t) za vreme skoka je jednak potencijalnoj energiji koja se ispoljava u promeni položaja tela za vreme koncentrične faze skoka u vis (prelazak iz početnog položaja za SJ do postizanja maksimalne visine skoka u fazi leta:

$$W_t = m g (h_{po} + h) \quad (1)$$

(m – masa tela, g – ubrzanje gravitacije, h_{po} - visina centra mase tela za vreme odskoka, h – visina skoka)

Sila koju generišu mišići nogu se dalje izražava preko ukupnog rada na sledeći način:

$$F = W_t / h_{po} \quad (2)$$

Primenom izraza (1) u jednačini (2) sledi da se F može izračunati na sledeći način:

$$F = m g (h / h_{po} + 1) \quad (3)$$

Brzina kretanja centra mase tela za vreme koncentrične faze skoka (v) se računa na sledeći način:

$$v = h_{po} / t_{po} \quad (4)$$

(t_{po} – vreme trajanja koncentrične faze skoka)

Trajanje koncentrične faze skoka (t_{po}) se preko momenta impulsa izražava kao:

$$t_{po} = m v_{to} / (F - m g) \quad (5)$$

(v_{to} - vertikalne brzine tela za vreme odskoka)

Vertikalna brzina tela za vreme odskoka v_{to} se računa na sledeći način:

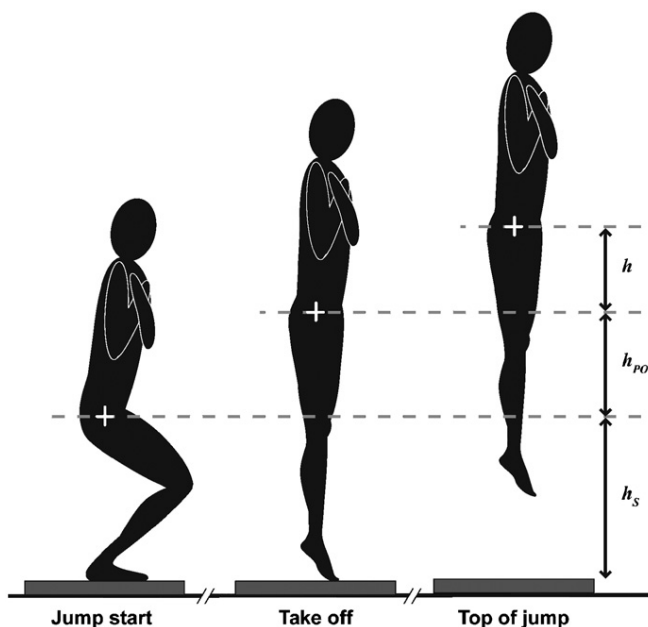
$$v_{to} = (2 g h)^{-2} \quad (6)$$

Primenom svih izraza od (3) do (6) srednja brzina se računa kao:

$$v = (g h / 2)^{-2} \quad (7)$$

Srednja vrednost snage (P) se izražava kao proizvod F i v koje su predstavljene izrazima od (3) do (7):

$$P = m g (h / h_{po} + 1) (g h / 2)^{-2}$$



Slika 8 - Tri ključne pozicije za vreme izvođenja SJ i 3 visine centra mase tela koje se koriste za računanje korišćenjem SAM metoda (preuzeto iz Samozino et al., 2008, strana 2)

h_s – visina centra mase u odnosu na tlo; h_{po} – visina centra mase tela za vreme odskoka ; h – visina skoka

2.3. Visina, sila i snaga kod skokova uvis

Visina skoka se najčešće definiše kao najveća veličina vertikalnog pomeranje centra mase tela (eng. *center of body mass displacement*). Ona se najčešće izračunava na sledeća 3 načina (Aragon-Vargas, 2000; Moir, 2008a).

- pomoću trajanja faze leta (t_{leta}),
- vertikalne brzine tela za vreme odskoka (V_{to}) i
- sabiranjem veličine vertikalnog pomeranja centra mase tela pre odskoka i visine skoka koja se dobija računanjem pomoću V_{to} (Gavin, 2008).

$$\text{a) } H_{\text{max}} = \frac{1}{2} g (t / 2)^2$$

$$\text{b) } H_{\text{max}} = V_{\text{to}}^2 / 2 \times g$$

Kod sva tri načina računanja je potvrđena validnost (Moir, 2008b), a kao glavni kriterijum za izbor odgovarajućeg metoda, autor navodi dostupnost i selekciju aparata za merenje biomehaničkih karakteristika skoka uvis. Prilikom upotrebe platformi za merenje sile reakcije podloge, kao najprikladnija metoda za računanje H_{max} smatra se korišćenjem V_{to} . Platforma registruje silu kojom ispitanik deluje na nju (sila reakcije podloge – GRF) na osnovu kog se dobije signal urzanja koji je direktno proporcionalan sili reakcije podloge.

$$F = m \times a$$

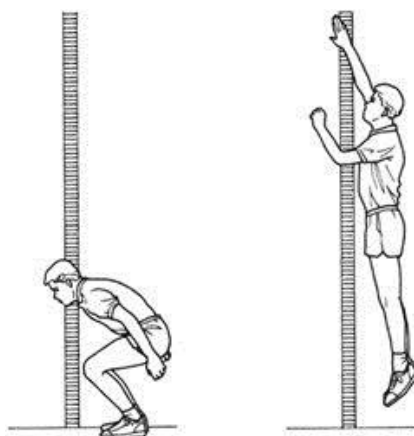
(F - sila reakcije podloge, m - masu ispitanika, a - signal ubrzanja)

Integracijom signala ubrzanja izvodi se signal brzine centra mase tela (V_{to}), a daljom integracijom (jednačina b) i maksimalna visina skoka (H_{max})

Merenje visina skoka pomoću trajanja faze leta (t_{leta}) se vrši korišćenjem kontaktnih podloga ili foto ćelija (Ergojump, Optojump, Just Jump). Uređaji mere vreme od momenta kada stopala prilikom odskoka izgube kontakt sa podlogom do momenta kada stopala pri doskoku ponovo uspostave kontakt sa podlogom.

Uređaji za 3D kinematografsku (video) analizu koriste anatomske tačke za praćenje kretanja centra mase tela. Visina skoka se računa kao veličina vertikalnog pomeranja centra mase tela, a mogu se računati i brzina, ubrzanje, sila i snaga ukoliko je poznata masa tela ispitanika.

Visina skoka je jedna od najčešće merenih varijabli skoka uvis koja je i osnovni pokazatelj njegove efikasnosti. Još početkom 20. veka, američki naučnik Dadli Sardžent (eng. Dudley Sargent, 1849-1924) je kreirao test za procenu maksimalne visine skoka (Slika 9). Test podrazumeva računanje razlike između dohvatne visine stojeći u mestu i visine dohvata nakon izvedenog skoka. Sardžent test se smatra pouzdanim i validnim testom za procenu eksplozivne snage mišića nogu i predstavlja jedan od najčešće primenjivanih terenskih testova. Visina skoka je pouzdan i validan pokazatelj eksplozivne snage mišića nogu (Aragon-Vargas, 2000; Cormack et al., 2008; Marković et al., 2004). Maksimalna visina skoka zavisi od vrste skoka koji se primenjuje. Marković i saradnici (2004) zaključuju da se najveće vrednosti skoka dobijaju primenom Sardžent testa, odnosno kod testova koji podrazumevaju korišćenje zamaha rukama i efekat mišićnog ciklusa izduženje-skraćenje (eng. *stretch-shortening cycle* - SSC). Pored toga, Sardžent test podrazumeva dohvat jednom rukom što dodatno utiče na vertikalno pomeranje centra mase tela.



Slika 9 - Sardžent test (preuzeto sa www.physioandrehab.net)

Najčešće kinetičke varijable koje se koriste za analizu skoka uvis su mišićna sila i snaga. Osim za analizu biomehaničkih karakteristika skoka uvis one se koriste i za procenu efekata različitih trenažnih protokola.

Ljudsko kretanje ne može da se ostvari bez procesa upravljanja spoljašnjih i unutrašnjih sila. Čovek upravlja silama da bi uspostavio kretanje, da ga zaustavi ili da izvrši promenu pravca kretanja. On upravlja silama i da bi održao ravnotežan položaj u mestu. Osnovne spoljne sile kojima se telo suprotstavlja su sila gravitacije, trenja i reakcije podloge, dok kao unutrašnja sila bez koje se ne može uspostaviti kretanje je mišićna sila (Markovic, Vuk & Jaric, 2011). Biomehaničke karakteristike skoka se mogu objasniti uz pomoć Njutnovih zakona. Da bi se izveo skok uvis neophodno je da prevaziđemo inerciju tela tako što ćemo delovati spoljašnjom silom na njega. Delujući velikom silom ka tlu, izazivamo silu reakcije podloge koja deluje u istom pravcu ali u suprotnom smeru. Da bi postigli adekvatno ubrzanje tela pri skoku i suprotstavili se sili gravitacije, neophodno je da se obezbedi velika vertikalna komponenta sile reakcije podloge.

Sila (eng. *Force* – F) je fizička vektorska veličina kojom se opisuje mera uzajamnog delovanja tela i njegove okoline koja može biti uzrok nekog kretanja (Knight, 1995). U fizici nju bliže definišu Njutnovi zakoni kretanja. Drugi Njutnov zakon (Zakon Sile), govori da je ubrzanje tela srazmerno sili koja na njega deluje i obrnuto srazmerno masi tela. To se isto može predstaviti i time da je ukupan vektorski zbir sila koje deluju na jedno telo jednak proizvodu mase tela i njegovog ubrzanja ($F = m \times a$). Iako je ona u suštini mehanička veličina, sila se može posmatrati i sa aspekta humane lokomocije, gde ona predstavlja jednu od osnovnih antropomotoričkih sposobnosti. Iz tog razloga neophodno je spomenuti i mišićnu jačinu koja se uglavnom definiše kao sposobnost mišića da deluje velikim silama u statičkim (izometrijskim) uslovima, ili protiv velikog otpora, pri malim brzinama mišićnog skraćanja (Kukulj, 2006). Ona se procenjuje na osnovu sile reakcije podloge (eng. *Ground Reaction Force* – GRF) koja je proporcionalna sili kojom ispitanik deluje na podlogu. GRF se procenjuje uz pomoć tenziometrijske platforme koju čine četvorougaoone metalne ploče koje uz pomoć električnih pretvarača prave električni signal proporcionalan sili kojom se deluje na platformu. Primenom Njutnovih zakona i drugih jednačina mogu se izračunati varijable koje su neophodne za analizu kinetičkih i kinematičkih karakteristika skoka uvis. Prilikom izvođenja različitih vrsta skokova pokazana je visoka pouzdanost maksimalne sile reakcije podloge (Newton, Kraemer, & Hakkinen, 1999).

Snaga (eng. *Power* – P) se u fizici definiše kao izvršen rad (W) u jedinici vremena (t):

$$P = W / t$$

Ona se može definisati i kao proizvod sile kojom se deluje na neko telo i brzine kojom se to telo kreće u pravcu delovanja sile. Ova definicija podrazumeva translatorno kretanje tela u prostoru pa se može izraziti kao proizvod sile (F) i brzine (v):

$$P = F \times v$$

Za potrebe analize kinetičkih i kinematičkih varijabli skoka uvis neophodno je utvrđivanje maksimalnih vrednosti mišićne snage pa se ona može izračunati na sledeći način:

$$P_{max} = F_{max} \times v_{max}$$

(P_{max} – maksimalna snaga, F_{max} - maksimalna sila, v_{max} - maksimalna brzina u koncentričnoj fazi skoka)

Maksimalna snaga (P_{\max}) predstavlja najveće vrednosti mišićne snage za vreme mišićne kontrakcije. U praktičnom smislu ona se može objasniti kao najveća vrednost mišićne snage koja se ispoljava za vreme pojedinačnog pokreta sa ciljem postizanja maksimalne brzine kretanja, što ima svoju praktičnu primenu kod izvođenja skokova, sprinta, bacanja, šutiranja i sl. (Cormie, McGuigan & Newton, 2011).

Posebno interesovanje autora predstavlja određivanje optimalnih opterećenja za razvoj P_{\max} . Primena adekvatnih opterećenja za njen razvoj je od velikog značaja za unapređenje trenažnih protokola, a samim tim i za unapređenje sportskih veština. To je nesumnjivo od velikog značaja i za proces rehabilitacije. Hill (1938) smatra da mišić ispoljava najveću snagu pri brzini koja iznosi 30-40% od maksimalne brzine mišićne kontrakcije ili sili od 30% od njenih maksimalnih vrednosti. Sa druge strane Cormie i saradnici (2011) naglašavaju da je za vreme izvođenja pokreta merenje odnosa sila – brzina veoma složeno zbog neujednačenih faktora kao što su kompozicija angažovanih mišića, njihova arhitektura, građa zglobova i drugi neurološki faktori.

Sposobnost mišića da generiše P_{\max} zavisi od tipa mišićne aktivnosti. Ako koncentričnoj kontrakciji mišića prethodi kratka ekscentrična kontrakcija, generiše se veća maksimalna snaga i sila mišića nego prilikom pokreta koji se izvodi samo koncentričnom kontrakcijom. Taj efekat mišićnog ciklusa izduženje-skraćenje se zasniva na činjenici da u toku ekscentrične kontrakcije mišić agonista generiše znatan nivo mišićne sile pre izvođenja koncentrične kontrakcije (Asmussen & Bonde-Petersen, 1974, Komi & Bosco, 1978).

Generisanje P_{\max} zavisi od mišićnih kontraktilnih kapaciteta odnosno od morfoloških faktora kao što su tip mišićnog vlakna, arhitektura mišića i mišićnih tetiva. Kod mišićnih vlakana tipa II zabeležen je veći kapacitet za generisanje snage nego kod vlakana tipa I, iako istraživanja koja su vršena pri većoj temperaturi mišića (bliskim uslovima *in vivo*) sugerišu da su razlike manje (Cormie, McGuigan & Newton, 2011). Istraživanja sugerišu da kod vrhunskih sportista koji se bave sportovima tipa snage u građi mišića dominiraju mišićna vlakna tipa II, dok vrhunskih maratonaca dominiraju vlakna tipa I (Chimera et al., 2004; Matavulj et al., 2001).

Maksimalna sila (F_{\max}) koja se generiše iz mišića je proporcionalna veličini poprečnog preseka mišića (Hakkinen, Komi, & Alen, 1985; Sale, 1987). S obzirom da snaga direktno zavisi od F_{\max} , mišići sa većim poprečnim presekom generišu veće vrednosti P_{\max} (Berger, 1963). Poznato je da se primenom treninga opterećenja može uticati na povećanje površine poprečnog preseka mišića, F_{\max} , P_{\max} za tip mišićnih vlakana I i II (Cormie, McGuigan & Newton, 2011).

Kod skokova uvis P_{\max} je jedan od glavnih faktora za postizanje maksimalne visine skoka (H_{\max}). Međutim trening za razvoj snage mišića nogu, kako kod rukometaša tako i kod drugih vrhunskih sportista nije samo orjentisan na povećanje H_{\max} , već ima i veoma značajnu profilaktičku ulogu sa ciljem smanjenja rizika od povrede. Visok rizik od povređivanja za vreme takmičenja istakli su Bere i saradnici (2015) u svom izveštaju sa Svetskog prvenstva za rukometaše u Kataru (2015. god.) gde je 27,1% igrača prijavilo neku vrstu povrede.

I pored toga što su Marković i saradnici (2004) utvrdili da je visina skoka uvis pouzdan pokazatelj eksplozivne snage mišića nogu kod testova SJ i CMJ, kao moguća alternativa za standardnu proceduru testiranja SJ (ugao u zglobu kolena 90°) može se izvoditi skok uvis tako što se ispitanicima omogućiti da zauzmu početni položaj koji im najviše odgovara fiksirajući uglove u svim angažovanim zglobovima (Fitzgerald et al., 2017). U poredjenju sa standardnim SJ (90° u

zglobu kolena), kod SJ iz spontano izabranog početnog položaja ispitanici biraju nešto veće uglove u zglobu kolena od 90° (Gheler et al., 2015; Mitchell, 2002). Zbog zauzimanja viših položaja centra mase tela u inicijalnoj fazi skoka uvis, pre same koncentrične faze, posledično dolazi do većih rezultata u izražavanju maksimalne sile (F_{\max}) i maksimalne snage (P_{\max}), dok rezultati maksimalne visine skoka (H_{\max}) ostaju gotovo nepromenjeni (Gheler et al., 2015; Mitchell, 2002).

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju biće izvršen pregled dosadašnjih istraživanja koji će biti podeljen u četiri dela. U prvom delu predstavljena su istraživanja koja su ispitivala uticaj početnog položaja centra mase tela na biomehaničke karakteristike skoka uvis. U drugom delu nalazi se pregled istraživanja pouzdanosti kod skokova u vis, dok su u trećem i četvrtom delu predstavljena istraživanja koja su utvrđivala validnost i osetljivost skokova uvis.

3.1. Uticaj početnog položaja centra mase tela na biomehaničke karakteristike skokova uvis

Standardna procedura za test skoka uvis iz polučučnja podrazumeva početni položaj u kojem ispitanik treba da formira ugao u zglobu kolena 90° (Bosco et al., 1983; Van Hooren & Zolotarjova, 2017; Samozino et al., 2008). Pojedini autori su utvrdili da male varijacije u visini početnog položaja mogu uticati na visinu i druge mehaničke pokazatelje skoka (Mandic et al., 2016).

Mandić i saradnici (2016) su istraživali uticaj početne visine centra mase tela na visinu skoka u vis iz počučnja sa i bez korišćenja zamaha rukama (CMJ i CMJA). Istraživanje je obuhvatilo dve grupe ispitanika, vrhunske košarkaše i fizički aktivne studente. Ispitanici su izvodili maksimalne skokove iz spontano izabrane početne visine centra mase tela (*izabrani* H_{cmd}), kao i iz nižih početnih položaja koji nisu prevazilazili rastojanje od 30 cm u odnosu na *izabrani* H_{cmd} . Utvrđeno je da su ispitanici zauzimali za 5,1-11,2 cm više *izabrani* H_{cmd} u odnosu na *optimalni* H_{cmd} za postizanje maksimalne visine skoka, dok je ta razlika kod fizički aktivnih ispitanika bila još veća. I pored toga što se H_{max} nije značajno razlikovala u skokovima iz *izabrani* H_{cmd} i *optimalni* H_{cmd} , zabeleženo je da su vrednosti F_{max} i P_{max} opadale sa snižavanjem H_{cmd} , odnosno da su se postizale veće vrednosti F_{max} i P_{max} iz viših početnih položaja.

U svom istraživanju Fitzgerald sa svojim saradnicima (2017) je ispitivao pouzdanost varijabli vezane za odnos sile i vremena kod skokova u vis iz polučučnja (SJ) iz početnog položaja koji je podrazumevao ugao u zglobu kolena 80° . I pored toga što su autori utvrdili prihvatljiv nivo pouzdanosti za obe vrste skokova, istraživanjem nije utvrđena pouzdanost za maksimalnu visinu skoka (H_{max}) i pored toga što se u literaturi ona pominje kao najčešće testirana varijabla kod ove vrste skokova.

U poređenju sa standardnim SJ (90° u zglobu kolena), kod SJ iz spontano izabranog početnog položaja ispitanici biraju nešto veće uglove u zglobu kolena od 90° (Gheler et al., 2015; Mitchell, 2002). Zbog zauzimanja viših položaja centra mase tela u inicijalnoj fazi skoka uvis, pre same koncentrične faze, posledično dolazi do većih rezultata u izražavanju maksimalne sile (F_{max}) i maksimalne snage (P_{max}), dok rezultati maksimalne visine skoka (H_{max}) ostaju gotovo nepromenjeni (Gheler et al., 2015; Janicijevic et al., 2019b; Mitchell, 2002). Treba da se ima u vidu da zauzimanje viših početnih položaja centra mase tela pri izvođenju skoka uvis iz spontano

izabranog položaja je povezano i sa skraćanjem vremenskog intervala za ispoljavanje mišićne sile. S obzirom da je maksimalna visina skoka (H_{\max}) određena ukupnim impulsom sile (sila u jedinici vremena), da bi se postigli slični rezultati H_{\max} kao i kod SJ (90°), neohodno je da srednja vrednost sile za vreme koncentrične faze skoka uvis iz izabranog početnog položaja bude veća nego kod skokova iz višeg početnog položaja. Veće vrednosti sile iz viših početnih položaja centra mase tela se delimično mogu opravdati odnosom sile i brzine. Sa povećanjem brzine kontrakcije dolazi do ispoljavanja manjih vrednosti mišićne sile. Brzina pri istoj veličini ugla u zglobu kolena bi trebalo da se povećava sa snižavanjem početnog položaja centra mase tela (H_{cmd}). U vezi sa tim može se zaključiti da će sposobnost mišića za ispoljavanje sile biti manja u poređenju sa skokovima iz viših početnih položaja. Zbog toga veće ispoljavanje sile pri konstantnim uglovima u zglobu kolena, sa povećanjem visine početnog položaja će progresivno nadomestiti razliku u brzini sve do trenutka odskoka.

3.2. Pouzdanost skokova uvis

Pouzdanost je veoma bitna osobina svakog testa, bilo da se on primenjuje u laboratorijskim ili terenskim uslovima. Svaki pouzdani test treba da obezbedi konzistentnost dobijenih rezultata u svakom ponovljenom merenju. U suprotnom, test neće omogućiti praćenje razlika između ponovljenih merenja, a neće ni omogućiti preciznu procenu varijabli u samom merenju. Kada je u pitanju procena skokova uvis, sva dosadašnja istraživanja ističu visok stepen pouzdanosti najčešće merenih varijabli H_{\max} , F_{\max} i P_{\max} .

Pored velike primenljivosti i jednostavnosti testa serije skokova (60 s), Bosco i saradnici su (1983) su utvrdili visoku pouzdanost ovog testa za procenu snage mišića nogu. I pored toga što su u ovom testu zabeležene mnogo veće vrednosti snage u poređenju sa Margaria i Wingate testom, autori ističu njegovu visoku pouzdanost ($r = 0.95$), kao i široku mogućnost primene ovog testa sa ispitanicima različite uzrasne dobi (deca i odrasli).

Marković sa saradnicima (2004) je zaključio da su SJ i CMJ najpouzdaniji i najvalidniji testovi za procenu eksplozivne snage mišića nogu kod aktivnih ispitanika muškog pola - SJ (CV = 3.3%, ICC = 0.97), CMJ (CV = 2.8%, ICC = 0.98). U njihovom istraživanju učestvovala su 93 fizički aktivnih ispitanika (studenti FSFV) koji su izvodili 7 različitih testova za procenu eksplozivne snage mišića nogu: Sardžent test, Abalakov test sa i bez zamaha rukama, SJ, CMJ, skok udalj iz mesta i troskok iz mesta.

Hebert-Losier i Martin Beaven (2014) u svom istraživanju su proveravali pouzdanost osam kinetičkih i kinematičkih varijabli kod tri najčešće korišćena testa za procenu skoka uvis (SJ, CMJ i sunožni skok u dalj) upotrebom softvera MARS (Kistler Measurements, Analysis and Reporting Software). Istraživanjem su bila obuhvaćene sledeće varijable H_{\max} (izračunata iz V_{ot} i trajanja faze leta), F_{\max} , P_{\max} , V_{ot} , trajanje faze leta, T za F_{\max} i impuls sile. U dva odvojena merenja testirali su 32 ispitanika muškog pola koji su izvodili po 3 skoka od svake vrste skokova na Kistler tenziometrijskoj platformi. Najveća pouzdanost za merene varijable je utvrđena kod SJ (ICC = $0,88 \pm 0,06$ i CV = $7,1 \pm 3,8\%$), dok su za CMJ (ICC = $0,84 \pm 0,17$ i CV = $5,9 \pm 4,1\%$) i sunožni skok u dalj (ICC = $0,80 \pm 0,13$ i CV = $8,1 \pm 4,1\%$) utvrdili nešto nižu pouzdanost. Najveća

pouzdanost za H_{\max} izračunata iz trajanja faze leta utvrđena je za CMJ (ICC = 0,95 i CV = 4,6%), za F_{\max} najveća pouzdanost utvrđena je za SJ (ICC = 0,91 i CV = 5,5%), dok je podjednako visoka pouzdanost za P_{\max} utvrđena za SJ (ICC = 0,95 i CV = 4,5%) i CMJ (ICC = 0,96 i CV = 3,3%).

Argus i saradnici (2014) su proverili pouzdanost varijabli (impuls sile, trajanje faze leta, V_{ot} , F_{\max} i P_{\max}) za SJ iz različitih početnih položaja odnosno uglova u zglobu kolena (90° , 100° , 110° , 120° , 130°). U ovom istraživanju učestvovalo 10 fizički aktivnih ispitanika koji u dva odvojena dana izvodili skokove uvis iz unapred određenih uglova u zglobu kolena i iz *izabrani* H_{cmd} . Za svaki pojedinačno određeni ugao u zglobu kolena utvrđena je visoka pouzdanost za sve izmerene varijable. Post hoc analizom je utvrđeno da pri početnom položaju od 130° je značajno manja pouzdanost za impuls sile i trajanje faze leta u poređenju sa skokovima iz drugih početnih položaja. Isto je utvrđeno i za trajanje faze leta za skok iz 120° .

U novije vreme pojavljuju se radovi sa ciljem da provere i uporede pouzdanost biomehaničkih karakteristika u skokovima uvis iz polučučnja iz standardnog (ugao kolena 90°) i spontano izabranog početnog položaja. Tako Janićijević i saradnici (2019) ističu uporedivu i visoku validnost parametara relacije $F - v$ (F_{\max} , v_{\max} i P_{\max}) u SJ iz *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa SJ iz 90° . Autori na kraju zaključuju da procena parametara relacije $F - v$ u SJ može biti jednostavnija primenom SJ iz *izabrani* H_{cmd} , a pored toga ovaj test može obezbediti i veću ekološku validnost.

I pored toga što je pouzdanost biomehaničkih karakteristika u skokovima bila predmet brojnih radova, ona je proveravana i u populaciji dece uzrasta 6 do 12 godina (Espana-Romero et al., 2010; Acero et al., 2011; Fernandez-Santos et al., 2015). Ovi radovi potvrđuju pouzdanost snage u testovima skok u dalj, SJ i CMJ, ali je ipak utvrđena najveća povezanost testa sunožnog skoka u dalj sa procenom snage na osnovu testa opružanja nogu 1RM (eng. *1 RM leg extension test*). Sa druge strane očigledno da sa odrastanjem razlike između ova tri testa za procenu snage mišića nogu postaju sve manje, obzirom da u adolescentskom uzrastu oni beleže istu povezanost sa 1RM testa opružanja nogu.

3.3. Validnost skokova uvis

Svaki standardizovani test treba da ispuni kriterijum validnosti. Procena moguće upotrebe nekog testa zavisi od njegove validnosti, odnosno procene da li testom merimo željene osobine i svojstva.

Uvidom u dosadašnja istraživanja utvrđeno je da postoji veliki broj istraživanja sa ciljem utvrđivanja validnosti različitih metoda za merenje kinetičkih i kinematičkih karakteristika skoka uvis (Casartelli, Muller, & Maffiuletti, 2010; Balsalobre-Fernández, 2015).

U svom istraživanju, Bosco i saradnici (1983) su proverili pouzdanost i validnost „novog“ testa za procenu snage mišića nogu koji je podrazumevao izvođenje serije skokova uvis iz polučučnja u periodu od 60 s. Rezultati dobijeni primenom ovog testa su upoređeni sa Wingate i Margaria testom. I pored toga što su zabeležene mnogo veće vrednosti snage u testu serije

skokova, autori su zaključili da je novi test serije skokova u trajanju od 60 s validan i pouzdan za procenu snage mišića nogu obzirom da je utvrđen visok nivo korelacije ($r = 0.95$). Razlike u veličini zabeležene snage između pomenutih testova se mogu objasniti različitim mehaničkim i motoričkim obrascima koje vrše mišići donjih ekstremiteta. Tu se najviše misli na efekat izduženja i skraćanja mišića u testu skokova. Preporuke za dalju primenu ovog testa se najviše ogledaju u njegovoj jednostavnosti što omogućava njegovu laku primenu ne samo u laboratorijskim, već i u terenskim uslovima.

Marković i saradnici (2004) su u istraživanju u kom je učestvovalo 93 fizički aktivna ispitanika proverili pouzdanost i faktorsku validnost za sedam standardnih testova za procenu eksplozivne snage mišića nogu. Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja autori su zaključili da su CMJ i SJ validni testovi za procenu eksplozivne snage mišića nogu kod fizički aktivnih muškaraca. Pored toga utvrđeno je da ovi testovi imaju veću validnost u odnosu na terenske testove koji imaju čestu primenu u praksi, kao što su Abalakov test sa i bez zamaha rukama, Sardžent test, skok u dalj iz mesta i troskok iz mesta.

Validnost skokova uvis za procenu snage mišića nogu ne samo da je bila predmet radova koji su obuhvatali odrasle ispitanike, već je proveravana i kod dece različitog uzrasta (Espana-Romero et al., 2010; Acero et al., 2011; Fernandez-Santos et al., 2015). U ranom školskom uzrastu ne samo po kriterijumu validnosti već i svoje jednostavne primenljivosti izdvaja se test sunožnog skoka u dalj iz mesta. I pored verovatno veće primenljivosti ovog testa u školskim uslovima, kao što je to već navedeno i za pouzdanost, ipak u adolescentskom uzrastu SJ i CMJ imaju veću povezanost sa procenom snage na osnovu testa opružanja nogu 1RM.

Da bi uporedili sve metode za procenu biomehaničkih varijabli u CMJ i SJ, Petrigna i saradnici (2019) su u svom istraživanju proverili da li postoje jasno definisane standardne procedure za izvođenje testova za procenu biomehaničkih karakteristika u CMJ i SJ sa posebnim akcentom na adolescentsku grupu ispitanika. Njihova studija je obuhvatila 119 naučnih radova koji su podrazumevali učešće ispitanika oba pola, uzrasta od 14 do 18 godina. Od ukupnog broja radova 69 se odnosilo na primenu CMJ za procenu mišićne snage adolescenata, 5 se odnosilo na primenu SJ, dok je 45 radova obuhvatilo SJ i CMJ. Autori su zaključili da nema konzistencije u opisu metoda za primenu CMJ u dostupnoj literaturi, a slični nalazi su bili i za SJ. Naročito se može primetiti da su pojedini protokoli zahtevali da ispitanici zadrže statičan početni položaj u trajanju od 2 do 4 sekunde. Uglavnom u svim protokolima zahtevalo od ispitanika da doskok bude sa opruženim nogama (Maulder & Coronin, 2005), dok je položaj ruku varirao. Na kraju autori zaključuju da je teško porediti različite radove jer uglavnom podrazumevaju različite metode testiranja, kao i upotrebu različitih instrumenata za merenje.

3.4. Osetljivost skokova uvis

Skokovi uvis imaju široku primenu u sportu kako u takmičarskoj aktivnosti tako i u velikom broju različitih trenažnih protokola. Dostupni radovi najčešće izučavaju uticaj veličine i tipa spoljašnjeg opterećenja na biomehaničke karakteristike skoka uvis (Cornie et al., 2011). Pojedini autori ističu da su za povećanje maksimalne visine skoka, najefikasnija trenažna

opterećenja koja mišiću dozvoljavaju da ispolji maksimalnu snagu (Baker, Nance & Moore, 2001). Isti autori naglašavaju da su optimalna trenažna opterećenja za maksimalno povećanje mišićne snage koja iznose 70% od telesne mase ispitanika.

Marković S. i saradnici (2013) su ispitali uticaj tog trenažnog efekta u skokovima uvis SJ i CMJ. Oni su sa ispitanicima (N=66) koji su bili podeljeni u eksperimentalne grupe vežbali maksimalan skok uvis u trajanju od 8 nedelja bez spoljašnjeg opterećenja i sa dodatnim opterećenjem od 30%/TM. Kod obe grupe ispitanika je zabeleženo povećanje H_{max} nakon primenjenog trenažnog protokola kod obe vrste skokova uvis (CMJ: 7,4-11,8% i SJ: 6,4-14,1%), kao i povećanje relativnih vrednosti snage u SJ (7.4–11.5 %) i nešto manje u CMJ (0.5–9.5 %). Nakon trenažnog protokola utvrđeno je da su kod izvođenja CMJ ispitanici zauzimali niže početne položaje pre koncentrične faze skoka i to za 42% niže, grupa koja je primenjivala negativno opterećenje i za 21% niže zabeleženo je kod grupe ispitanika koja primenjivala skokove bez opterećenja. U SJ trenažni efekti primenjenog protokola se svode samo na povećanje F i P mišića ekstenzora nogu. Kod grupe ispitanika koja nije primenjivala skokove sa spoljašnjim opterećenjem zabeleženo je duže trajanje CMJ, niže vrednosti sile i i niže srednje i maksimalne vrednosti snage. Očigledno je da su primenjena različita trenažna opterećenja u dizajniranom protokolu imala sličan uticaj na kinetičke i kinematičke karakteristike skoka uvis ali se smatra da specifičnosti procesa adaptacije na primenjena opterećenja u CMJ treba razdvojiti od trenažnih efekata koja su uticala na povećanje H_{max} na račun razvoja mišićne snage.

Za procenu osetljivosti testa skoka uvis McMahon i saradnici (2017b) izvršili su istraživanje sa ciljem da utvrde razlike u kinetičkim i kinematičkim varijablama u CMJ između sportista muškog i ženskog pola. Ovo istraživanje je uključilo 14 ženskih igračica netball-a i 14 ragbista. Kod muškaraca su utvrđene veće vrednosti sledećih varijabli: H_{max} , H_{min} , P_{max} , V_{ot} . Zabeležena je sličnost između polova u krivi sile u jedinici vremena, dok su utvrđene razlike u krivi snaga - vreme, V_{ot} - vreme i H_{cmd} - vreme. Pored ovog, i druga istraživanja navode da muškarci prilikom izvođenja CMJ postižu veće vrednosti relativne F_{max} (u odnosu na masu tela) (Beckham et al., 2018; Sole, Suchomel, & Stone, 2018)

Već je poznato je da skokovi uvis imaju široku primenu u sportskoj praksi ne samo u okviru trenažne i takmičarske aktivnosti, već oni predstavljaju jedan od najčešće korišćenih testova za procenu mehaničkih kapaciteta mišića nogu. Međutim, još veći značaj ovih testova je što se njima određuju fine razlike u mišićnoj funkciji između sportista, pa se oni veoma često koriste u procesu sportske selekcije i identifikacije sportskih talenata. U svom istraživanju Fry i saradnici (2006) su zaključili da je CMJA jedna od 5 identifikovanih varijabli koja najviše doprinosi u identifikaciji talentovanih muških dizača tegova u juniorskoj kategoriji. Da bi potvrdili svoju pretpostavku, oni su u svom istraživanju poredili grupu od 115 mladih rvača sa 20 elitnih takmičara, osvajača medalja na nacionalnim i međunarodnim takmičenjima. Slična zapažanja su imali Gissis i saradnici (2006) kada su ispitivali razlike u skokovima u vis kod 3 različite grupe ispitanika. Prvu (elitnu) grupu su činili mladi fudbalski reprezentativci, dok su naredne dve grupe sačinjavali mladi fudbaleri drugog nivoa takmičenja (subelitna grupa) i mladi fudbaleri – rekreativci. Kao i u drugim istraživanjima, autori su zabeležili značajne razlike u kinematičkim i kinetičkim varijablama SJ i DJ (3 vrste – 20, 30, 40 cm) između elitne, i sub-elitne i rekreativne grupe ispitanika.

Veoma interesantan pristup u primeni SJ za potrebe testiranja sportista predstavlja rad Magrini i saradnika (2017) koji su SJ primenili sa ciljem da naprave finu razliku između grupe takmičarki koje nastupaju u prvoj postavi elitnog ženskog fudbalskog tima i druge grupe

ispitanika koje predstavljaju rezervni tim. U istraživanju, gde su primenili modifikovani SJ (ugao kolena 110°), autori su zapazili da su ispitanice iz prve postave tima imale značajno veće rezultate H_{\max} , V_{sred} i V_{\max} . Pored toga uočena je visoka korelacija H_{\max} sa V_{sred} i V_{\max} . Iz tog razloga autori ističu da ove varijable pored indikatora za eksplozivnu snagu mišića nogu, mogu značajno ukazati na fine motoričke razlike koje mogu pomoći u procesu selekcije tima. Slične rezultate su dobili Hoppe i saradnici (2020) u istraživanju koje je uključilo 92 mlada fudbalera uzrasta od 17 do 19 godina. Oni su zalkjučili da postoje razlike u SJ, CMJ i 1 PM potiska sa grudi, između grupe igrača iz prve i druge postave.

3.5. Ograničenja i nedostaci dosadašnjih istraživanja

I pored očiglednih prednosti SJ iz spontano izabranog početnog položaja u odnosu na standardni SJ iz polučučnja, on se u literaturi ne pominje tako često i postaje predmet naučno-istraživačkog rada tek od nedavno. Možemo istaći da u literaturi nedostaju podaci o pouzdanosti kinetičkih i kinematičkih varijabli iz *izabrani* H_{cmd} . Naročito se primećuje nedostatak rezultata za vrhunske sportiste i druge grupe ispitanika.

Iz tog razloga neophodna su dalja istraživanja sa različitim grupama ispitanika, naročito sa vrhunskim sportistima, ženama i adolescentima, kako bi se potvrdila slična pouzdanost i validnost kinematičkih i kinetičkih karakteristika SJ iz spontano izabranog početnog položaja.

Pored toga, u literaturi nema dovoljno podataka o postojanju optimalne početne visine centra mase tela (*optimalni* H_{cmd}) za postizanje maksimalne visine skoka iz SJ, kao ni podataka o tome da li se on razlikuje u odnosu na SJ iz *izabrani* H_{cmd} .

Iako se u literaturi ispitivao efekat različitih dubina čučnja (visina početnog položaja) na varijable koje se najčešće koriste za analizu skokova uvis, javlja se potreba da se dodatno istraži uticaj različitih početnih položaja za SJ na biomehaničke karakteristike skoka uvis iz polučučnja, a naročito kako promene H_{cmd} utiču na kinetičke i kinematičke varijable. Sa tim u vezi u literaturi se često pominje još jedan problem kada je u pitanju standardizacija i kontrola početnog položaja centra mase tela za izvođenje SJ. Ovo se naročito odnosi na kontrolu uglova ne samo u zglobo kolena već i u drugim susednim zglobovima (skočni zglob, kuk, međupršljenski zglobovi kičme) pri izvođenju skokova. U suprotnom to će neminovno uticati na angažovanje drugih mišićnih grupa osim mišića nogu. Iz tog razloga, buduća istraživanja koja budu analizirala uticaj visine početnog položaja i spoljašnjeg opterećenja na biomehaničke karakteristike SJ, pored fiksacije zgloba kolena, moraju naročito vršiti kontrolu uglova u zglobo kuka i skočnom zglobo.

Zato su neophodna dalja istraživanja koja će predstaviti nova saznanja i obuhvatiti sve gore navedene nedostatke dosadašnjih istraživanja.

4. PROBLEM, PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA

Problem istraživanja je formulisan na osnovu nedostatka metodoloških saznanja iz dosadašnjih istraživanja koja govore o uticaju početnog položaja centra mase tela (H_{cmd}) na kinetičke i kinematičke karakteristike skoka uvis iz polučučnja (SJ eng. *squat jump*). Problem se odnosi i na dalje ispitivanje drugih varijabli koje su merene kroz opseg promene H_{cmd} primenom skoka uvis iz polučučnja na različitim grupama ispitanika.

Predmet istraživanja je merenje uticaja početne visine centra mase tela (H_{cmd}) na izvodjenje maksimalnog SJ kod rukometaša i fizički aktivnih ispitanika.

U saglasnosti sa predmetom istraživanja određeni su sledeći **ciljevi istraživanja**:

Opšti cilj: Ispitati uticaj početne visine centra mase tela na kinetičke i kinematičke varijable skoka uvis iz polučučnja.

Specifični ciljevi:

CILJ 1 - Uporediti pouzdanost kinetičkih i kinematičkih karakteristika kod izvođenja SJ iz standardnog i spontano izabranog početnog položaja;

CILJ 2 - Ispitati razlike u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama kod SJ iz standardnog i spontano izabranog početnog položaja;

CILJ 3 - Ispitati uticaj početne visine centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristike SJ;

CILJ 3a - Ispitati uticaj promene visine početnog položaja centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristika SJ;

CILJ 3b - Utvrditi da li postoji optimalna visina početnog položaja centra mase tela pri kojoj se postiže najveća vrednost maksimalne visine skoka;

CILJ 3c - Utvrditi da li postoje razlike između grupe rukometaša i fizički aktivnih ispitanika u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama SJ;

Na osnovu gore navedenih ciljeva biće sprovedeni sledeći **zadaci istraživanja**:

1. formiranje dve grupe ispitanika, rukometaša i fizički aktivnih ispitanika;
2. procena morfološkog statusa svih ispitanika;
3. procena kinetičkih i kinematičkih karakteristika SJ iz različitih početnih položaja centra mase tela ($90^\circ H_{cmd}$, *izabrani* H_{cmd} , viši - niži);
4. Statistička obrada dobijenih podataka;
5. Prikaz i diskusija dobijenih rezultata.

5. HIPOTEZE

Na osnovu analize dosadašnjih istraživanja i rezultata dobijenih iz preliminarnog istraživanja, kao i na osnovu ciljeva, problema i predmeta rada, postavljene su sledeće hipoteze:

H1 – kinetičke i kinematičke karakteristike SJ iz standardnog i spontano izabranog početnog položaja imaju odgovarajuću pouzdanost.

H2 – kinetičke i kinematičke karakteristike SJ će biti veće iz skoka uvis iz spontano izabranog, nego iz standardnog početnog položaja.

H3a – promena visine početnog položaja centra mase tela dovede do promena u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama SJ.

H3b – najviše vrednosti visine skoka biće iz optimalne visine početnog položaja centra mase tela.

H3c – vrednosti kinetičkih i kinematičkih karakteristika SJ biće veće za grupu rukometaša nego za grupu fizički aktivnih ispitanika.

6. METOD ISTRAŽIVANJA

U skladu sa postavljenim ciljevima istraživanje se sastojalo iz dve celine. Prva celina se odnosila na utvrđivanje pouzdanosti i validnosti skoka uvis iz spontano izabranog početnog položaja, a druga celina na utvrđivanje optimalne početne visine centra mase tela pri kojoj se postiže najveća vrednost maksimalne visine skoka. U istraživanju su učestvovala dve grupe ispitanika. U prvoj grupi su bili vrhunski rukometaši (Super liga Srbije) i koji često primenjuju skokove u trenažnim i takmičarskim aktivnostima, dok su drugu grupu činili fizički aktivni studenti bez prethodnog iskustva sa testiranjem skoka uvis. Prema planiranom protokolu ispitanici su učestvovali u dve eksperimentalne sesije između kojih je bilo najmanje dva dana odmora. Pre svakog merenja ispitanici su izvodili standardizovan protokol zagrevanja. U toku prvog dana organizovana su dva eksperimentalna bloka da bi se uporedila pouzdanost između SJ iz različitih početnih položaja ($90^\circ H_{cmd}$ i *izabrani* H_{cmd}). U drugom danu ponovljeni su skokovi iz prve sesije kako bi se utvrdila „test-retest“ pouzdanost, dok se drugi eksperimentalni blok odnosio na utvrđivanje optimalne visine početnog položaja za izvođenje maksimalne visine skoka uvis.

6.1 Uzorak ispitanika

U istraživanju su učestvovala dve grupe ispitanika. U prvoj grupi je bilo 11 vrhunskih rukometaša (Super liga Srbije, uzrast: $19,5 \pm 1,1$ godina; visina: $1,88 \pm 0,06$ cm; masa: $82,1 \pm 8,7$ kg) koji u svojoj redovnoj trenažnoj i takmičarskoj aktivnosti primenjuju skokove pod različitim mehaničkim uslovima. Svi rukometaši su bili uzrasta od 18 do 21 godine i imali su najmanje 6 godina igračkog iskustva. U drugoj grupi je bilo 13 studenata Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja (uzrast: $20,5 \pm 0,9$ godina; visina: $1,81 \pm 0,06$ cm; masa: $76,6 \pm 6,6$ kg) koji su umereno fizički aktivni u toku njihovog redovnog studiranja i koji nemaju prethodnog iskustva sa procedurama merenja maksimalnog SJ.

Svi ispitanici su se dobrovoljno prijavili za učešće u istraživanju (*Prilog 2*) uz izjavu da su zdravi i da nisu imali povrede lokomotornog aparata koje mogu uticati na rezultate merenja. Svim ispitanicima je saopšteno da se dva dana pre merenja ne izlažu visokim fizičkim naprezanjima. U eksperimentalnoj proceduri nisu učestvovali ispitanici viši od 2m zbog mogućih uticaja na kinetičke i kinematičke varijable merene za vreme eksperimenta (Jarić, 2003). Masa tela svih ispitanika je merena digitalnom vagom, visina tela sa antropometrom, dok je procenat masnog tkiva kod ispitanika utvrđen pomoću bioelektrične impedance (In Body 720 Bioelectrical Impedance Analyzer). Sva merenja u okviru eksperimentalnog istraživanja organizovana su u Metodичko-istraživačkoj laboratoriji (MIL) Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu. Protokol istraživanja je sproveden u skladu sa Helsinškom deklaracijom. Svi ispitanici su prethodno potpisali pisanu saglasnost za učešće u istraživanju. Istraživanje je odobreno od etičkog odbora Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu (*Prilog 1*).

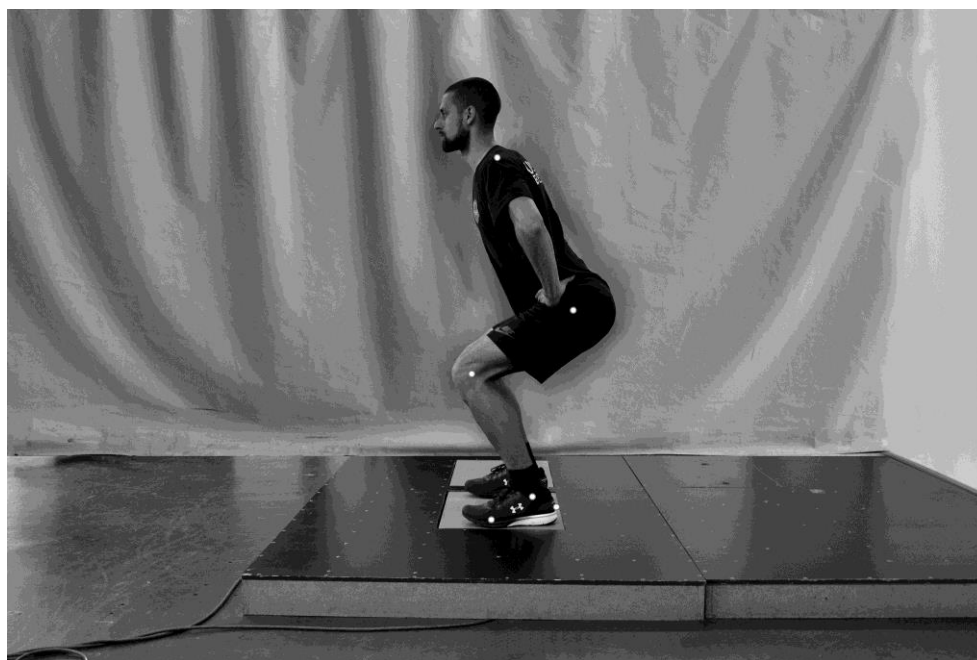
6.2 Protokol testiranja

Istraživanje u kojem su učestvovala obe grupe ispitanika je organizovano u dve eksperimentalne sesije sa najmanje dva dana odmora između njih. U toku prve sesije izvršena je i procena morfološkog statusa ispitanika.

Pre svakog merenja ispitanici su izvodili standardizovano zagrevanje koje se sastojalo iz: 5 min vožnje na bicikl-ergometru, 5 min vežbi oblikovanja, 5 min dinamičkog istezanja i 3 submaksimalna skoka uvis. Od ispitanika je zahtevano da 48 časova pre testiranja izbegavaju naporno vežbanje.

U toku prve sesije izvršena su dva identična eksperimentalna bloka gde su ispitanici izvodili SJ iz standardnog ($90^\circ H_{cmd}$) i spontano izabranog početnog položaja (*izabrani* H_{cmd}) kako bi se utvrdila pouzdanost.

U drugoj sesiji izvršena su dva različita eksperimentalna bloka. U prvom bloku ponovljeni su skokovi iz prethodne sesije kako bi se utvrdila „test-retest“ pouzdanost. U drugom bloku ispitanici su izvodili skokove sa *izabrani* H_{cmd} i sa pomeranjem H_{cmd} naniže (*naniže* H_{cmd}) i naviše (*naviše* H_{cmd}) u odnosu na *izabrani* H_{cmd} . Vrsta skoka, kao i redosled pomeranja H_{cmd} je bio nasumično izabran parcijalnom randomizacijom za svakog ispitanika.



Slika 10 – Ispitanik stoji na tenziometrijskoj platformi u početnom položaju za izvođenje SJ

6.3 Procedura testiranja

Kod izvođenja SJ, od ispitanika se zahtevalo da izvede maksimalan skok uvis sa šakama na bokovima, prethodno zauzimajući odgovarajući položaj pri čemu je ugao u kolenu 90° , ugao u zglobu kuka proizvoljan, a leđa opružena. Ispitanicima je posebno naglašeno da prilikom inicijalne faze skoka uvis nije dozvoljeno izvođenje dodatnog počučnja što je prilikom merenja kontrolisano pomoću signala vertikalne komponente sile reakcije podloge (GRF). Ukoliko su ispitanici pri izvođenju SJ vršili počučanj, merenje se ponovljalo. Svaki ispitanik je izvodio tri skoka i nakon toga je najbolji pokušaj korišćen za dalju analizu.

U svakom bloku prve sesije ispitanici su izvodili po 3 SJ iz standardnog ($90^\circ H_{cmd}$) i spontano izabranog početnog položaja (*izabrani* H_{cmd}). Prilikom merenja standardnog SJ iz $90^\circ H_{cmd}$ pored instrukcije da svaki skok izvedu maksimalno, od ispitanika je dodatno zahtevano da pre koncentrične faze skoka prethodno zauzmu statičku poziciju tela u položaju polučučnja (ugao kolena 90°) u trajanju od 2s. Kontrola i dovođenje ispitanika u odgovarajući početni položaj vršio je merilac upotrebom ručnog uglomera (*Slika 11*).



Slika 11 - Merilac kontroliše i dovodi ispitanika u odgovarajući početni položaj za izvođenje SJ iz $90^\circ H_{cmd}$

U drugom bloku druge sesije ispitanici su izvodili 5 skokova iz spontano izabranog početnog položaja (*izabrani* H_{cmd}), kao i 5 ili više skokova iz *naniže* H_{cmd} i *naviše* H_{cmd} . Prilikom merenja SJ iz *izabrani* H_{cmd} pored instrukcije da svaki skok izvedu maksimalno, od ispitanika je dodatno zahtevano da prethodno zauzmu statičku poziciju tela u individualnom i spontano

izabranom početnom položaju u trajanju od 2s. Posebna instrukcija je bila da treba da imaju na umu da taj prirodni početni položaj treba da im omogući postizanje što veće visine skoka.

Pauza između skokova je bila 1 minut, a između blokova 3 minuta.

6.4 Prikupljanje i obrada podataka

Za sva merenja SJ korišćena je tenziometrijska platforma (AMTI, BP600400; USA) sa frekvencijom snimanja 1000 Hz. Platforma je postavljena i kalibrisana prema uputstvima proizvođača, i njom se vršilo snimanje vertikalne komponente sile reakcije podloge. Obrada dobijenih zapisa sile u jedinici vremena je urađeno pomoću aplikacije kreirane u softverskom paketu Matlab (MATLAB AND Statistics Toolbox Release 2013a, The Math Works, Inc., Natick, Massachusetts, USA) radi dobijanja vrednosti H_{\max} , F_{\max} i P_{\max} primenom metode impulsa (Linthorne, 2001). Integracijom signala sile i vremena ($F \times t$) tokom koncentrične faze skoka, dobijena je brzina centra mase tela u trenutku odskoka - V_{to} (Linthorne, 2001). Početak koncentrične faze skoka određen je kao trenutak u kome se vrednost vertikalne komponente sile reakcije podloge promeni za 10N u odnosu na početne vrednosti. Početak odskoka je definisan kao trenutak kada sila reakcije podloge bude manja od 5N (Perez-Castilla et al., 2017). Maksimalna visina skoka (H_{\max}) se računala pomoću brzine centra mase tela u trenutku odskoka (V_{to}) na sledeći način:

$$H_{\max} = V_{to}^2 / 2 \times g$$

Maksimalna sila (F_{\max}) i maksimalna snaga (P_{\max}) su definisane kao najveće postignute vrednosti za vreme koncentrične faze skoka.

Pokušaji sa najvećom H_{\max} iz prvog eksperimentalnog bloka u prvoj sesiji su korišćeni za poređenje zavisnih varijabli (ugao kolena, H_{cmd} , H_{\max} , F_{\max} i P_{\max}) između dve vrste skokova ($90^\circ H_{cmd}$ i *izabrani* H_{cmd}) kao i različitih grupa ispitanika (rukometaši i fizički aktivni studenti). Pokušaji sa najvećom H_{\max} iz prvog i drugog eksperimentalnog bloka u prvoj sesiji su korišćeni za utvrđivanje pouzdanosti (*within-session reliability*), dok su se najveće vrednosti iz prvog bloka u prvoj i drugoj eksperimentalnoj sesiji koristile za utvrđivanje „test-retest“ pouzdanosti.

Za analizu skoka koristio se i sistem za 3D kinematografsku analizu (Qualisys ProReflex MCU Motion Capture System, Sweden) sa frekvencijom snimanja 200 Hz. Pre snimanja, ispitanicima su postavljeni reflektivni markeri na sledećih šest tačaka sa leve strane tela: akromion skapule, veliki trohanter femura, spoljašnji epikondil femura, spoljašnji maleolus tibije, petna kost, glavica pete metatarzalne kosti. Kamere su postavljene i kalibrisane prema uputstvima proizvođača. Na osnovu zapisa iz sistema za 3D kinematografsku analizu (Qualisys ProReflex MCU Motion Capture System, Sweden) računala se visina skoka (H_{\max}), ugao u zglobu kolena i početna visina centra mase tela (H_{cmd}). Na snovu dobijenih koordinata refleksnih markera izračunavao se ugao u zglobu kolena i visina centra mase tela za vreme početnog položaja (H_{cmd}). Ugao zgloba kolena je određivao međusoban odnos segmenata nogu (natkolenica i potkolenica)

dok se H_{cmd} računao iz razlike u visini centra mase tela uz pomoć *Depster's Body Segment Parameter Data* (Winter, 2009).

Za procenu optimalne visine početnog položaja centra mase tela (*optimalni* H_{cmd}) za svaki uslov pomeranja početnog položaja (*naniže* H_{cmd} i *naviše* H_{cmd}), odabrano je po 5 skokova uvis, posebno za svakog ispitanika. Svi prikupljeni podaci na nivou ispitanika su normalizovani tako što je svaki pojedinačni rezultat bio umanjen za srednju vrednost uslova *izabrani* H_{cmd} tog istog ispitanika.

$$X_{norm} = SV - izabrani H_{cmd}$$

Za varijable H_{max} i H_{cmd} , normalizovana vrednost je pomnožena sa 100 kako bi se dobila relativna vrednost izražena u procentima (%). Nakon toga je izračunat koeficijent jednačine polinomijalne regresije:

$$Y = aX^2 + bX + c$$

Vrednost Y odgovara *optimalni* H_{max} , a X odgovara *optimalni* H_{cmd} . Vrednost X je računata kao nula prvog izvoda:

$$X = b / 2a$$

Zatim je dobijena vrednost X bila zamenjena u polinomijalnoj jednačini kako bi se dobila vrednost Y za *optimalni* H_{max} . Ova procedura je urađena za svakog ispitanika pojedinačno.

Da bi dobili *optimalni* H_{cmd} i *optimalni* H_{max} za svaku grupu ispitanika, prvo je izračunata srednja vrednost grupe za sve varijable koje su dobijene iz spontano izabranog početnog položaja za skok uvis iz polučučnja. Nakon toga, sve pojedinačne normalizovane vrednosti su uvećane za srednju vrednost grupe i napravljen je tačkasti grafikon sa linijom trenda i regresionom jednačinom koja je prethodno korišćena za izračunavanje vrednosti X , a zatim i Y (kao što je gore objašnjeno za pojedinačne regresije) (Mandic et al., 2015; Mandic et al., 2016).

6.5 Uzorak varijabli i način njihovog merenja

Sve varijable su podeljene u dve grupe. U prvoj grupi su varijable morfološkog statusa ispitanika (visina tela, masa tela i procenat masnog tkiva), dok su u drugoj grupi varijable za procenu kinematičkih i kinetičkih karakteristika skoka uvis.

6.5.1 Varijable morfološkog statusa

Merenje visine tela (VT) se vršilo uz pomoć antropometra po Martinu sa tačnošću merenja 0.1cm. Prethodno je od ispitanika zahtevano da zauzmu pravilan stojeći stav na čvrstoj i vodoravnoj podlozi. Pravilan stojeći stav je podrazumevao da stopala budu sastavljena, da pete,

sedalna regija i torakalni deo leđa budu uz antropometar, a da glava bude u položaju Frankfurtske ravni pri čemu ne dodiruje skalu antropometra.

Masa tela (MT) i indirektna procena zastupljenosti masnog tkiva su merene korišćenjem uređaja za analizu telesnog sastava koji radi na principu bioelektrične impedance (In Body 720 Bioelectrical Impedance Analyzer). Ispitanici su zauzimali položaj na mernom instrumentu tako što su postavljali stopala na označena mesta i mirno zadržavali uspravan položaj tela sve dok uređaj ne izmeri masu tela. Posle toga ispitanici su zadržavali uspravan položaj držeći u rukama dve elektrode sve dok instrument ne završi merenja vezana za analizu telesnog sastava (*Slika 12*).



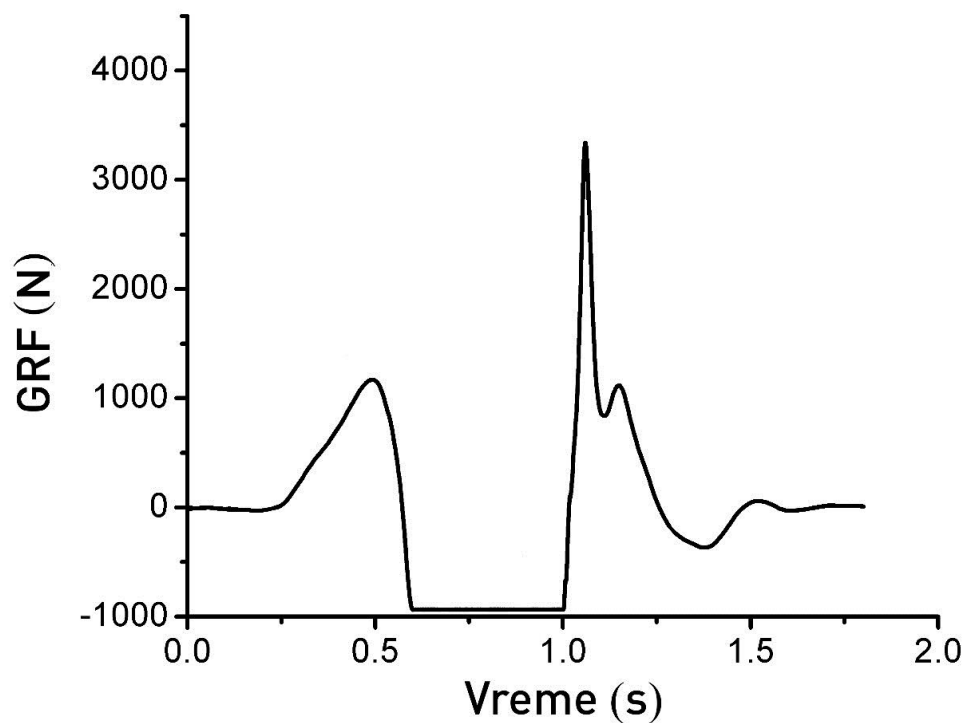
Slika 12 – uređaj za analizu telesnog sastava na principu bioelektrične impedance (preuzeto sa www.exercisebiology.com)

6.5.2 Varijable za procenu kinematičkih i kinetičkih karakteristika skoka uvis

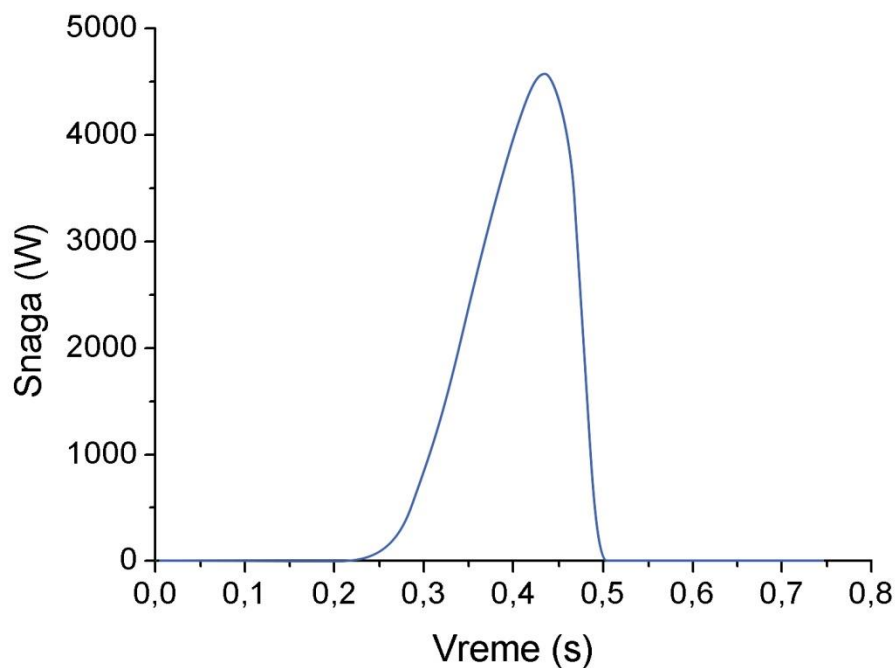
Za procenu uticaja promene početne visine centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristike vršilo se primenom skoka uvis iz polučučnja (SJ).

Korišćenjem zapisa vertikalne komponente sile reakcije podloge (GRF) koja su dobijena merenjem (*Slika 13*), izračunavale su se sledeće varijable:

- Maksimalna sila reakcije podloge tokom koncentrične faze (F_{\max});
- Maksimalna snaga u koncentričnoj fazi skoka (P_{\max}), kao proizvod F_{\max} i V_{\max} ;
- Trajanje koncentrične faze skoka (t_{kon});
- Brzina centra mase tela tokom koncentrične faze skoka (V_{\max});
- Brzina centra mase tela u trenutku odskoka (V_{to}).



Slika 13 - Promena vertikalne komponente sile reakcije podloge (GRF) u vremenu za skok uvis na primeru jednog izabranog ispitanika



Slika 14 - Promena snage u vremenu za skok uvis na primeru jednog izabranog ispitanika

Korišćenjem zapisa sistema za 3D kinematografsku analizu (Qualisys ProReflex MCU Motion Capture System, Sweden) računale su se sledeće varijable:

- Visina skoka (H_{\max});
- Ugao u zglobu kolena;
- Početna visina centra mase tela (H_{cmd}).

6.6 Statistička obrada podataka

Deskriptivna statistika (srednja vrednost i standardna devijacija) su urađene za sve varijable. Normalnost distribucije varijabli je utvrđena korišćenjem Shapiro-Wilk testa. Pouzdanost skokova je procenjena utvrđivanjem intraklas koeficijenta korelacije (ICC), standardne greške merenja (SEM) i koeficijenta varijacije (CV) sa odgovarajućim intervalom pouzdanosti od 90%. Kao prihvatljivi pokazatelji pouzdanosti korišćeni su sledeći pokazatelji: $ICC > 0,70$ i $CV < 10\%$ (Perez-Castilla et al., 2017). Za potvrđivanje pouzdanosti između dve vrste skokova kao najmanja vrednost odnosa CV smatrala se 1,15 (Fulton et al., 2009). Za utvrđivanje moguće sistematske greške primenjen je t-test između dva ponovljena merenja kao i Koenova veličina efekta (Cohen's d effect size - ES). Kriterijum za utvrđivanje ES je bio: beznačajan ($< 0,2$), mali (0,2-0,6), srednji (0,6-1,2), veliki (1,2-2,0) i veoma veliki - preko 2,0 (Hopkins et al., 2009). Homogenost varijansi je utvrđena pomoću Mauchly-jevog testa sferičnosti. Faktorska ANOVA je primenjena za utvrđivanje razlika između dve grupe ispitanika (rukometaši i fizički aktivni studenti) i vrste skokova ($90^\circ H_{\text{cmd}}$ i *izabrani* H_{cmd}). Kad su postignute značajne vrednosti F , za utvrđivanja razlika između vrsta skokova ($90^\circ H_{\text{cmd}}$ vs. *izabrani* H_{cmd}) korišćen je t-test za zavisne uzorke, dok je za utvrđivanje razlika između grupa ispitanika (rukometaši vs. fizički aktivni) korišćen t-test za nezavisne uzorke.

Nakon prikupljenih i obrađenih podataka za *optimalni* H_{cmd} i *optimalni* H_{\max} , primenjeni su odgovarajući statistički testovi za ispitivanje razlika između varijabli dobijenih iz spontano izabranog početnog položaja i varijabli dobijenih iz regresionog modela.

Za procenu razlika između *optimalni* H_{cmd} i *izabrani* H_{cmd} korišćen je t-test za zavisne uzorke. Prag značajnosti statističkih nalaza definisan je na nivou poverenja od $p < 0.05$.

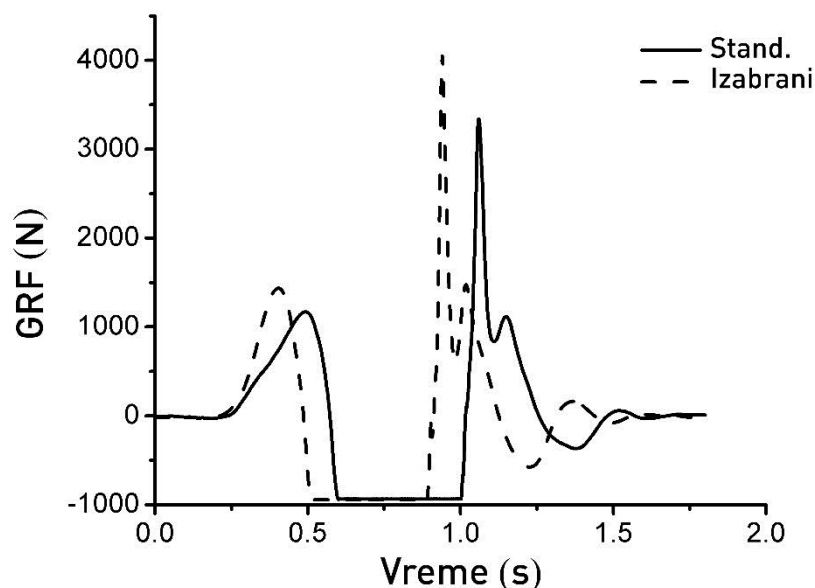
Statistička obrada podataka je urađena pomoću statističkog softverskog paketa SPSS 20.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) i Office Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Ovo istraživanje je trebalo da proveri uticaj početne visine centra mase tela (H_{cmd}) na izvođenje maksimalnog SJ kod rukometaša i fizički aktivnih ispitanika. Sa tim u vezi ovim radom želimo da utvrdimo da li postoji optimalna početna visina centra mase tela (*optimalna* H_{cmd}) koja bi omogućila dobijanje maksimalnih kinetičkih i kinematičkih karakteristika skoka uvis. Ispitivanjem razlika i pouzdanosti kinetičkih i kinematičkih karakteristika kod izvođenja SJ iz standardnog ($90^\circ H_{cmd}$) i spontano izabranog (*izabrani* H_{cmd}) početnog položaja, ovaj rad je predstavljao pokušaj da se ispita da li skok uvis iz *izabrani* H_{cmd} može biti pouzdana i održiva alternativa za testiranje biomehaničkih varijabli koje se najčešće koriste u analizi SJ.

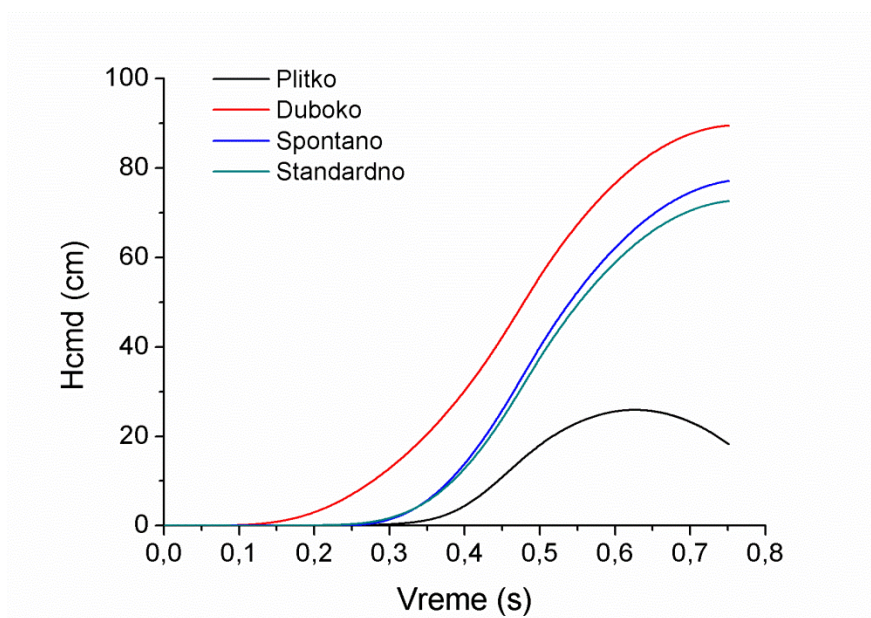
Sa tim u vezi predstavljeni su sledeći rezultati ovog istraživanja.

Na *Slici 15* prikazana je promena vertikalne sile reakcije pologe (GRF) u vremenu na primeru jednog ispitanika za vreme izvođenja SJ iz standardnog ($90^\circ H_{cmd}$) i spontano izabranog početnog položaja (*izabrani* H_{cmd}). U SJ iz *izabrani* H_{cmd} (isprekidana linija) zabeležene su veće vrednosti F_{max} kao i kraće trajanje koncentrične faze skoka (t_{kon}).



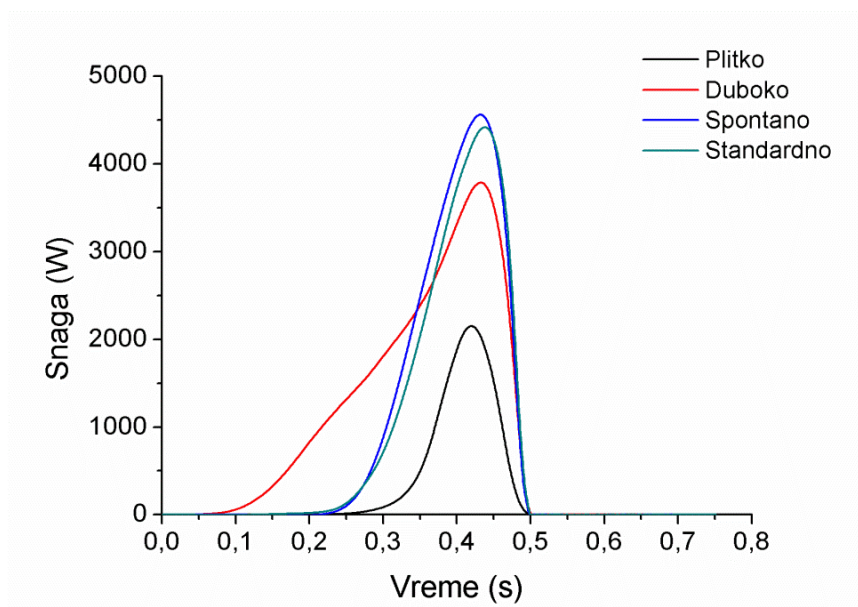
*Slika 15 - Promena vertikalne komponente sile reakcije podloge (GRF) u vremenu za SJ iz $90^\circ H_{cmd}$ (puna linija) i *izabrani* H_{cmd} (isprekidana linija)*

Na *Slici 16* na primeru jednog ispitanika prikazane su razlike u početnoj visini centra mase tela (H_{cmd}) kod izvođenja SJ iz *naniže* H_{cmd} , *naviše* H_{cmd} , $90^\circ H_{cmd}$ (Standardno) i *izabrani* H_{cmd} (Spontano). U SJ iz *izabrani* H_{cmd} ispitanici su zauzimali više početne položaje u poređenju sa SJ iz $90^\circ H_{cmd}$.



Slika 16 - Početna visina centra mase tela (H_{cmd}) za SJ iz naniže H_{cmd} , naviše H_{cmd} , $90^\circ H_{cmd}$ (Standardno) i izabrani H_{cmd} (Spontano).

Na Slici 17 prikazana je promena snage (P) u vremenu na primeru jednog ispitanika za vreme izvođenja SJ iz naniže H_{cmd} , naviše H_{cmd} , $90^\circ H_{cmd}$ (Standardno) i izabrani H_{cmd} (Spontano). U SJ iz izabrani H_{cmd} zabeležene su veće vrednosti P_{max} u odnosu na SJ iz $90^\circ H_{cmd}$, naniže H_{cmd} i naviše H_{cmd} .



Slika 17 - Promena snage u vremenu za SJ iz naniže H_{cmd} , naviše H_{cmd} , $90^\circ H_{cmd}$ (Standardno) i izabrani H_{cmd} (Spontano).

7.1 Pouzdanost kinetičkih i kinematičkih karakteristika skokova uvis iz polučučnja

Prvi cilj ovog istraživanja je bio da se uporedi pouzdanost kinetičkih i kinematičkih karakteristika kod izvođenja SJ iz 90° H_{cmd} i *izabrani* H_{cmd} .

U tabeli 1 predstavljeni su rezultati deskriptivne statistike kao i rezultati statističke procedure za utvrđivanje pouzdanosti unutar sesije (eng. „*within-session*“). Za svakog ispitanika posebno je izdvojen najbolji pokušaj iz prvog i drugog eksperimentalnog bloka koji su naknadno usrednjeni, odvojeno za grupu rukometaša i fizički aktivnih ispitanika. U kolonama tabele 1 su na ovaj način, za sve praćene varijable (ugao kolena, H_{cmd} , H_{max} , F_{max} i P_{max}), prikazane srednje vrednosti (SV) i odgovarajuće standardne devijacije (SD), odvojeno za SJ iz 90° H_{cmd} i *izabrani* H_{cmd} . Pored toga, u kolonama je prikazan nivo pouzdanosti koji je procenjivan na osnovu standardne greške merenja (SEM), koeficijenta varijacije (CV) i intraklas korelacionog koeficijenta (ICC) uz pripadajuće 90% intervale pouzdanosti (90% CI).

Važno je da se istakne da su maksimalna sila (F_{max}) i maksimalna snaga (P_{max}) predstavljene samo kao dinamička komponenta vertikalne sile reakcije podloge. Masa tela ispitanika nije uračunata.

Za sve varijable utvrđena je visoka pouzdanost kod obe vrste skokova ($ICC > 0,90$ i $CV < 9\%$). Samo u 2 slučaja od 20 utvrđena je značajna razlika kod skokova između dva eksperimentalna bloka

Za vreme drugog bloka, kod fizički aktivnih ispitanika su zabeležene niže vrednosti H_{max} u skokovima iz 90° H_{cmd} ($p < 0,05$) pri čemu je zabeležena mala sistematska greška ($ES = 0,26$). Za vreme drugog bloka, kod iste grupe ispitanika zabeležene su i niže vrednosti P_{max} u skokovima iz *izabrani* H_{cmd} ($p < 0,05$), pri čemu je zabeležena sistematska greška bila ispod nivoa značajnosti ($ES = 0,15$).

Analizom relativnog CV je utvrđena veća pouzdanost za ugao kolena i H_{cmd} (dubina čučnja) u skokovima iz 90° H_{cmd} ($CV = 1,33 - 2,23$). Takav nalaz je bio i očekivan obzirom da je početni položaj za izvođenje ovog skoka standardizovan i kontrolisan. Iako je kod grupe rukometaša zabeležena visoka pouzdanost za H_{max} ($CV = 1,43$) i F_{max} ($CV = 1,43$) u skokovima iz 90° H_{cmd} , kod iste grupe ispitanika uočena je značajno veća pouzdanost za P_{max} ($CV = 1,37$) u skokovima iz *izabrani* H_{cmd} . Pored toga, za istu vrstu skokova (*izabrani* H_{cmd}), kod grupe fizički aktivnih ispitanika zabeležena je značajno viša pouzdanost za H_{max} ($CV = 1,22$) i P_{max} ($CV = 1,62$).

Tabela 1 – Deskriptivni pokazatelji i rezultati pouzdanosti unutar sesije za SJ iz $90^\circ H_{cmd}$ i izabrani H_{cmd} kod obe grupe ispitanika

Gr.	varijable	Vrsta skoka	Blok 1 SV (SD)	Blok 2 SV (SD)	SEM	CV	ICC (90%CI)
Rukometaši	Ug. kol. (^o)	$90^\circ H_{cmd}$	91,4 (2,5)	90,6 (3,5)	1,82	2,06	0,97 (0,93, 0,99)
		izabr. H_{cmd}	97,2 (8,3) †	94,6 (9,4)	3,66	3,97**	0,97 (0,89, 0,99)
	Hcmd (m)	$90^\circ H_{cmd}$	0,249 (0,047)	0,222 (0,064)	0,015	6,49**	0,96 (0,88, 0,99)
		izabr. H_{cmd}	0,210 (0,056) †	0,257 (0,031)	0,01	3,52	0,95 (0,85, 0,98)
	Hmax (m)	$90^\circ H_{cmd}$	0,260 (0,034)	0,257 (0,031)	0,01	3,52	0,95 (0,85, 0,98)
		izabr. H_{cmd}	0,258 (0,035)	0,256 (0,042)	0,012	5,02**	0,95 (0,85, 0,98)
	Fmax (N)	$90^\circ H_{cmd}$	1092 (140)	1085 (155)	49	4,61	0,95 (0,84, 0,98)
		izabr. H_{cmd}	1222 (220) †	1201 (243)	58	6,20**	0,97 (0,91, 0,99)
	Pmax (W)	$90^\circ H_{cmd}$	2058 (309)	2052 (332)	79	4,00	0,97 (0,91, 0,99)
		izabr. H_{cmd}	2199 (368)	2163 (383)	61	2,93*	0,96 (0,96, 1,00)
Fizički aktivni	Ug. kol. (^o)	$90^\circ H_{cmd}$	91,5 (2,9)	92,3 (2,6)	1,79	1,98	0,97 (0,91, 0,99)
		izabr. H_{cmd}	99,4 (7,7) †	96,4 (8,7)	4,58	4,41**	0,95 (0,77, 0,98)
	Hcmd (m)	$90^\circ H_{cmd}$	0,264 (0,037)	0,263 (0,039)	0,017	6,60	0,95 (0,77, 0,98)
		izabr. H_{cmd}	0,222 (0,053) †	0,236 (0,049)†	0,016	8,78**	0,93 (0,79, 0,98)
	Hmax (m)	$90^\circ H_{cmd}$	0,284 (0,039)	0,274 (0,038)#	0,007	2,57	0,97 (0,83, 0,99)
		izabr. H_{cmd}	0,281 (0,043)	0,280 (0,046)	0,006	2,10*	0,99 (0,98, 1,00)
	Fmax (N)	$90^\circ H_{cmd}$	927 (158)	952 (161)	59	6,28	0,93 (0,81, 0,97)
		izabr. H_{cmd}	1068 (229) †	1043 (209)†	63	5,71	0,96 (0,89, 0,98)
	Pmax (W)	$90^\circ H_{cmd}$	1944 (349)	1930 (335)	84	4,28	0,97 (0,92, 0,99)
		izabr. H_{cmd}	2091 (374) †	2036 (363)#	54	2,64*	0,93 (0,94, 0,99)

Ug. kol. – ugao u zglobu kolena u početnom položaju za skok uvis; H_{cmd} – visina početnog položaja za SJ (dubina čučnja); H_{max} – visina skoka; F_{max} – maksimalna sila; P_{max} – maksimalna snaga; $90^\circ H_{cmd}$ – skok uvis iz polučučnja; izabr. H_{cmd} – skok uvis iz spontano izabranog početnog položaja; SEM – standardna greška merenja; CV – koeficijent varijacije; ICC – intraklas korelacioni koeficijent; (90%CI) – 90% interval pouzdanosti

(#) - značajna razlika u poređenju sa Blok 1 ($p < 0,05$); (†) - značajna razlika u poređenju sa SJ iz $90^\circ H_{cmd}$ ($p < 0,025$); (*) - značajno više i (**) manje pouzdano u poređenju sa SJ iz $90^\circ H_{cmd}$ (relativni CV > 1.15).

U tabeli 2 predstavljeni su rezultati deskriptivne statistike kao i rezultati statističke procedure za utvrđivanja pouzdanosti između sesija („test-retest“ pouzdanost, eng. „*between-session*“). Za svakog ispitanika posebno je izdvojen najbolji pokušaj iz prve i druge sesije koji su nakon toga usrednjeni odvojeno za grupu rukometaša i fizički aktivnih ispitanika. U kolonama tabele 2 su na ovaj način, za sve praćene varijable (ugao kolena, H_{cmd} , H_{max} , F_{max} i P_{max}), prikazane srednje vrednosti (SV) i odgovarajuće standardne devijacije (SD), odvojeno za SJ iz $90^\circ H_{cmd}$ i *izabrani* H_{cmd} . U kolonama tabele je pored toga prikazan nivo pouzdanosti koji je procenjivan na osnovu standardne greške merenja (SEM), koeficijenta varijacije (CV) i intraklas korelacionog koeficijenta (ICC) uz pripadajuće 90% intervale pouzdanosti (90% CI).

Kao i u *Tabeli 1*, maksimalna sila (F_{max}) i maksimalna snaga (P_{max}) predstavljene su samo kao dinamička komponenta vertikalne sile reakcije podloge i masa tela ispitanika nije uračunata.

Procena pouzdanosti rezultata dobijenih u dve sesije je pokazala da sve varijable poseduju prihvatljivu pouzdanost ($ICC > 0,70$, $CV < 10\%$). Nisu zabeležene značajne razlike u vrednostima varijabli između dva merenja (prva i druga sesija).

Analizom relativnog CV je utvrđena veća pouzdanost za sve mehaničke varijable u SJ iz *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa SJ iz $90^\circ H_{cmd}$. Ovo se odnosi na sve varijable bez obzira na grupu ispitanika u kojoj rezultati zabeleženi. Tako na primer za H_{max} utvrđena je veća pouzdanost u SJ iz *izabrani* H_{cmd} ($CV = 1,26 - 1,78$), a isti rezultati su zabeleženi za F_{max} ($CV = 1,37 - 1,80$) i za P_{max} ($CV = 1,27 - 1,57$) u istom tipu skokova. Bilo je očekivano da će se utvrditi veća pouzdanost za ugao kolena u SJ iz $90^\circ H_{cmd}$ ($CV = 1,38 - 1,70$) jer je početni položaj za izvođenje ovog testa standardizovan i unapred određen.

Tabela 2 – Deskriptivni pokazatelji i rezultati „test-retest“ pouzdanosti između sesija za SJ iz 90° H_{cmd} i izabrani H_{cmd} kod obe grupe ispitanika

Gr.	varijable	Vrsta skoka	Blok 1 SV (SD)	Blok 2 SV (SD)	SEM	CV	ICC (90%CI)	
Rukometaši	Ug. kol. (°)	90° H_{cmd}	91,9 (3,1)	91,6 (1,2)	2,66	2,93	0,94 (0,82, 0,98)	
		izabr. H_{cmd}	96,9 (7,8)	92,9 (6,4)	4,4	4,98**	0,94 (0,83, 0,98)	
	Hcmd (m)	90° H_{cmd}	0,252 (0,049)	0,253 (0,051)	0,03	14,0	0,96 (0,90, 0,99)	
		izabr. H_{cmd}	0,219 (0,061)	0,235 (0,062)	0,018	8,31*	0,95 (0,84, 0,98)	
	Hmax (m)	90° H_{cmd}	0,262 (0,034)	0,261 (0,037)	0,011	4,03	0,95 (0,85, 0,98)	
		izabr. H_{cmd}	0,263 (0,039)	0,258 (0,031)	0,009	3,20*	0,96 (0,89, 0,99)	
	Fmax (N)	90° H_{cmd}	1092 (139)	1098 (162)	99	9,66	0,74 (0,19, 0,91)	
		izabr. H_{cmd}	1217 (212)	1147 (220)	58	5,37*	0,94 (0,73, 0,98)	
	Pmax (W)	90° H_{cmd}	2056 (317)	2107 (323)	111	5,71	0,94 (0,82, 0,98)	
		izabr. H_{cmd}	2198 (372)	2132 (373)	91	4,48*	0,96 (0,89, 0,99)	
	Fizički aktivni	Ug. kol. (°)	90° H_{cmd}	91,6 (2,7)	91,7 (3,8)	3,08	3,41	0,94 (0,83, 0,98)
			izabr. H_{cmd}	98,5 (6,5)	94,4 (7,5)	4,24	4,71**	0,90 (0,73, 0,97)
Hcmd (m)		90° H_{cmd}	0,264 (0,041)	0,266 (0,040)	0,026	10,18	0,95 (0,86, 0,98)	
		izabr. H_{cmd}	0,227 (0,049)	0,242 (0,062)	0,028	12,4	0,88 (0,70, 0,96)	
Hmax (m)		90° H_{cmd}	0,285 (0,040)	0,288 (0,039)	0,011	4,32	0,96 (0,90, 0,99)	
		izabr. H_{cmd}	0,284 (0,045)	0,283 (0,047)	0,006	2,43*	0,99 (0,98, 1,00)	
Fmax (N)		90° H_{cmd}	928 (160)	979 (135)	69	7,56	0,86 (0,61, 0,95)	
		izabr. H_{cmd}	1054 (215)	1073 (227)	59	5,53*	0,96 (0,91, 0,99)	
Pmax (W)		90° H_{cmd}	1948 (352)	2021 (293)	99	4,96	0,94 (0,84, 0,98)	
		izabr. H_{cmd}	2068 (359)	2084 (368)	61	3,16**	0,99 (0,96, 0,99)	

Ugao kolena – ugao u zglobu kolena u početnom položaju za skok uvis; H_{cmd} – visina početnog položaja za SJ (dubina čučnja); H_{max} – visina skoka; F_{max} – maksimalna sila; P_{max} – maksimalna snaga; 90° H_{cmd} – skok uvis iz polučučnja; izabrani H_{cmd} – skok uvis iz spontano izabranog početnog položaja; SEM – standardna greška merenja; CV – koeficijent varijacije; ICC – intraklas korelacioni koeficijent; (90%CI) – 90% interval pouzdanosti

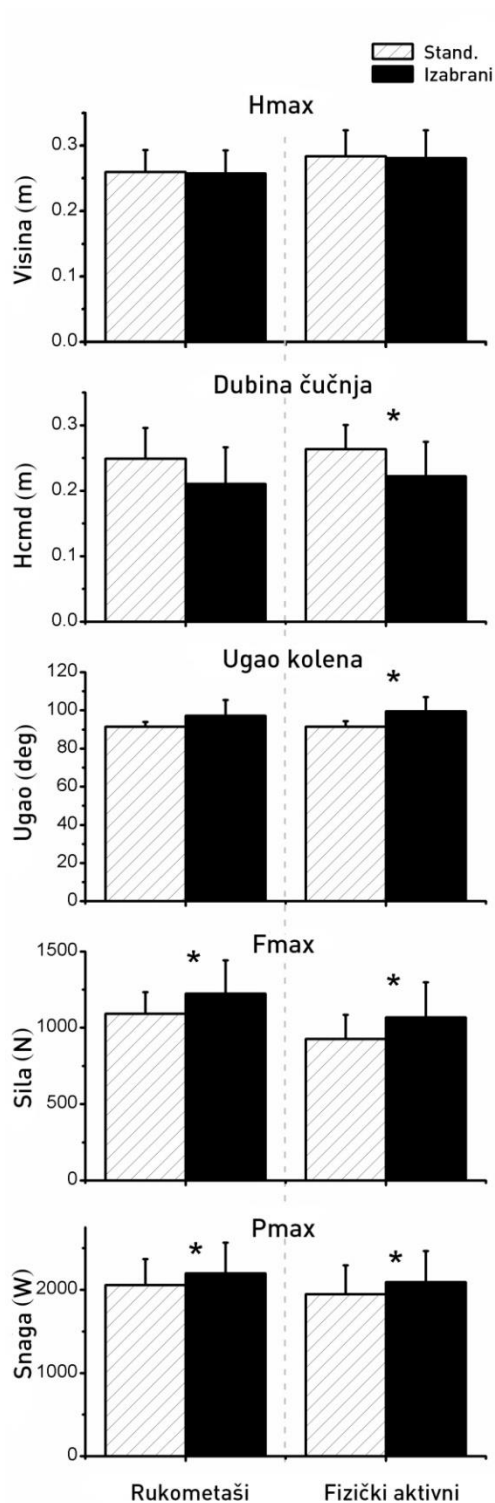
(*) - značajno više i (**) manje pouzdano u poređenju sa SJ iz 90° H_{cmd} (CV > 1.15).

7.2 Razlike u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama skokova uvis iz polučučnja

Drugi cilj ovog istraživanja je bio da se uporede razlike u kinetičkim i kinematičkim varijablama kod SJ iz 90° H_{cmd} i *izabrani* H_{cmd} .

Na *Slici 18* grafički su predstavljene srednje vrednosti i njihove razlike sa pripadajućim standardnim devijacijama za sve praćene varijable (H_{max} , H_{cmd} , ugao kolena, F_{max} i P_{max}). Na apcisi grafika predstavljeni su rezultati za SJ iz 90° H_{cmd} i *izabrani* H_{cmd} , odvojeno za grupu rukometaša i fizički aktivnih ispitanika. Pored toga na slici su naznačene značajne razlike kod svih praćenih varijabli između SJ iz 90° H_{cmd} i *izabrani* H_{cmd} (t-testa, $p < 0.025$)

Primenom faktorske ANOVA utvrđen je značajan uticaj vrste skoka uvis (90° H_{cmd} vs. *izabrani* H_{cmd}) na varijable: ugao kolena, visina početnog položaja (H_{cmd}), F_{max} i P_{max} ($F_{1-22} = 16,9 - 23,1$; $p > 0.05$), ali ne i za H_{max} ($F_{1-22} = 0,5$; $p > 0.05$). Daljim poređenjem skokova i primenom t-testa za ponovljena merenja, kod obe grupe ispitanika (rukometaši i fizički aktivni) utvrđeno je da su zauzimali značajno više početne položaje (H_{cmd}), a samim tim i veće uglove u zglobu kolena u skokovima iz *izabrani* H_{cmd} ($p < 0.05$ i $p < 0.01$). Pored toga obe grupe su postizale značajno veće vrednosti F_{max} i P_{max} u skokovima iz *izabrani* H_{cmd} ($p < 0.025$), ali pri tome nisu zabeležene značajne razlike u H_{max} između dva tipa skoka (*Slika 15*). Glavni efekat grupe ispitanika je pokazao značajne razlike samo kod F_{max} ($F_{1-22} = 4,8$; $p < 0.05$). Grupa rukometaša (RUK) je imala značajno veće vrednosti F_{max} od fizički aktivne grupe ispitanika (FA). Rezultati pokazuju da razlika interakcija faktora nije bila značajna (vrsta skoka i grupa ispitanika) ($F_{1-22} < 1,0$; $p > 0.05$).



Slika 18 - Poređenje visine skoka (H_{max}), dubine čučnja (visina početnog položaja), ugla kolena, maksimalne sile (F_{max}) i maksimalne snage (P_{max}) između SJ iz 90° H_{cmd} (svetli stubići) i izabrani H_{cmd} (tamni stubići) za grupu rukometaša (levi paneli) i grupu fizički aktivnih ispitanika (desni paneli). Podaci su grafički predstavljani sa veličinom standardne greške za sve varijable.
*, značajne razlike između SJ iz 90° H_{cmd} i izabrani H_{cmd} ($p < 0.025$)

7.3. Uticaj početne visine centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristike skokova uvis iz polučučnja

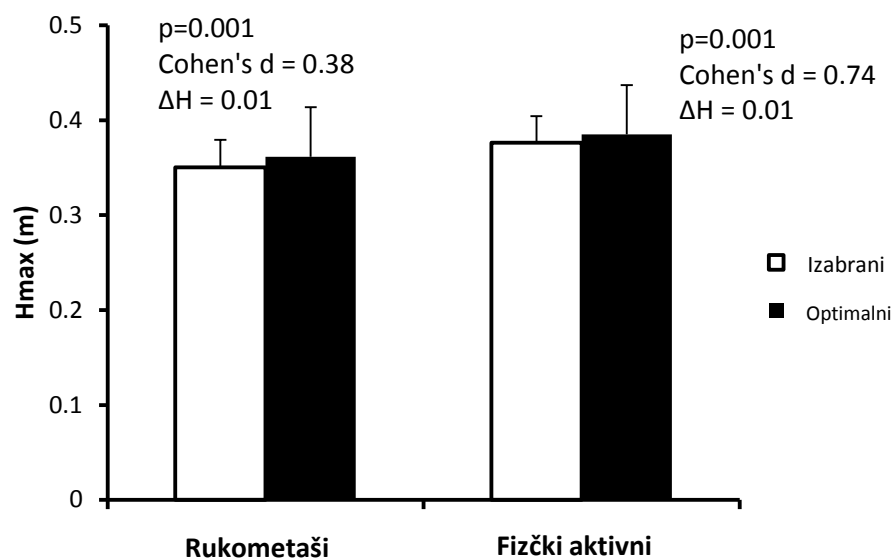
Glavni cilj ovog istraživanja je bio da se ispita uticaj promene visine početnog položaja centra mase tela (H_{cmd}) na kinetičke i kinematičke karakteristika SJ (H_{max} , F_{max} i P_{max}). Pored toga ovim istraživanjem je predviđeno da se utvrdi da li postoji optimalna visina početnog položaja centra mase tela (*optimalni* H_{cmd}) pri kojoj se postiže najveća vrednost maksimalne visine skoka. U daljem tekstu su prikazani rezultati koji govore o gore pomenutim ciljevima istraživanja.

Za procenu optimalne visine početnog položaja centra mase tela (*optimalni* H_{cmd}) za svaki uslov pomeranja početnog položaja (*naniže* H_{cmd} i *naviše* H_{cmd}), odabrano je po 5 skokova uvis, posebno za svakog ispitanika. Svi prikupljeni podaci na nivou ispitanika su normalizovani tako što je svaki pojedinačni rezultat bio umanjen za srednju vrednost uslova *izabrani* H_{cmd} tog istog ispitanika. Za varijable H_{max} i H_{cmd} , normalizovana vrednost je pomnožena sa 100 kako bi se dobila relativna vrednost izražena u procentima (%). Nakon toga je izračunat koeficijent jednačine polinomijalne regresije ($y = ax^2 + bx + c$) i daljim izračunavanjem utvrđene su vrednosti x i y za *optimalni* H_{cmd} za svakog ispitanika pojedinačno.

Da bi se dobili *optimalni* H_{cmd} i *optimalni* H_{max} za svaku grupu ispitanika, prvo je izračunata srednja vrednost grupe za sve varijable koje su dobijene iz spontano izabranog početnog položaja za skok uvis iz polučučnja. Nakon toga, napravljen je tačkasti grafikon i primenom regresione analize kroz prikazane eksperimentalne tačke povučena je polinomijalna regresiona kriva.

Na *Slici 19* grafički su predstavljeni srednje vrednosti H_{max} i njihove razlike sa pripadajućim standardnim devijacijama na primeru jednog reprezentativnog ispitanika iz grupe RUK i jednog ispitanika iz grupe FA. Na apcisi grafika predstavljeni su rezultati za SJ iz *izabrani* H_{cmd} i *optimalni* H_{cmd} , odvojeno za grupu rukometaša i fizički aktivnih ispitanika. Pored toga na slici je prikazana veličina efekta (Cohen's d) za utvđivanje moguće sistematske greške za H_{max} iz *izabrani* H_{cmd} i *optimalni* H_{cmd} kod grupe RUK i FA.

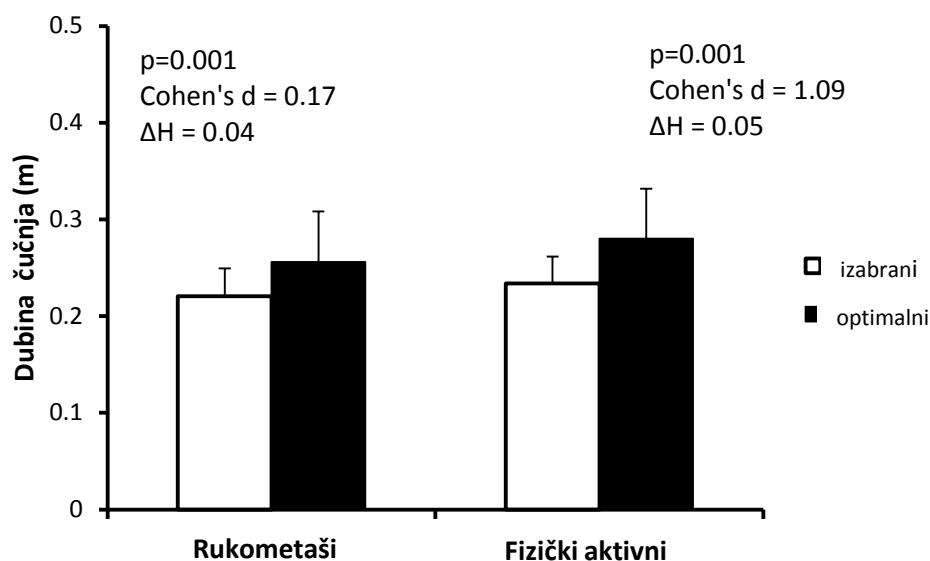
Individualnim poređenjem skokova i primenom t-testa (*Tabela 3*) kod oba ispitanika iz grupe RUK i FA, utvrđeno je da bi postigli značajno veću H_{max} ($p < 0.01$) ukoliko bi izvodili SJ iz *optimalna* H_{cmd} . Za razliku od RUK gde je zabeležena mala veličina efekta ($d = 0.38$), kod FA je zabeležena srednja veličina efekta ($d = 0.74$) (*Slika 19*). Na osnovu ovih individualnih rezultata može se zaključiti da bi oba ispitanika iz grupe RUK i FA postigli veći rezultat H_{max} za samo 1.0 cm u odnosu na SJ iz *izabrani* H_{cmd} ukoliko bi izvodili SJ iz *optimalna* H_{cmd} .



Slika 19 - Poređenje visine skoka (H_{max}), između SJ iz izabrani H_{cmd} (svetli stubići) i optimalni H_{cmd} (tamni stubići) za grupu rukometaša (levi paneli) i grupu fizički aktivnih ispitanika (desni paneli). Podaci su grafički predstavljani sa veličinom standardne devijacije za sve varijable. Predstavljani su nivo značajnosti (p), veličina efekta (Cohen's d) i veličina razlike (ΔH)

Na Slici 20 grafički su predstavljani dubine čučnja (visine početnog položaja) i njihove razlike sa pripadajućim standardnim devijacijama na primeru jednog reprezentativnog ispitanika iz grupe RUK i jednog ispitanika iz grupe FA. Na apcisi grafika predstavljani su rezultati za SJ iz *izabrani* H_{cmd} i *optimalni* H_{cmd} , odvojeno za grupu rukometaša i fizički aktivnih ispitanika. Pored toga na slici je prikazan veličina efekta (Cohen's d) za utvrđivanje moguće sistematske greške za H_{max} iz *izabrani* H_{cmd} i *optimalni* H_{cmd} kod grupe RUK i FA.

Individualnim poređenjem skokova i primenom t-testa (Tabela 3) kod oba ispitanika iz grupe RUK i FA, utvrđeno je da bi zauzimali značajno niže početne položaje (veća dubina čučnja) ($p < 0.01$) ukoliko bi izvodili SJ iz *optimalna* H_{cmd} . Za razliku od RUK gde je zabeležena beznačajna veličina efekta ($d = 0.17$), kod FA je zabeležena srednja veličina efekta ($d = 1.09$) (Slika 17). Na osnovu ovih individualnih rezultata može se zaključiti da bi kod grupe RUK optimalna visina početnog položaja (*optimalna* H_{cmd}) bila za 3.5 cm niža, dok bi kod grupe FA ona bila niža za 5.0 cm.



Slika 20 - Poređenje dubine čučnja (visina početnog položaja), između SJ iz izabrani H_{cmd} (svetli stubići) i optimalni H_{cmd} (tamni stubići) za grupu rukometaša (levi paneli) i grupu fizički aktivnih ispitanika (desni paneli). Podaci su grafički predstavljeni sa velčinom standardne devijacije za sve varijable. Predstavljeni su nivo značajnosti (p), veličina efekta (Cohen's d) i veličina razlike (ΔH)

Tabela 3 – razlike u H_{max} visini početnog položaja centra mase tela i uglu kolena između izabrani H_{cmd} i optimalni H_{cmd} kod dve grupe ispitanika

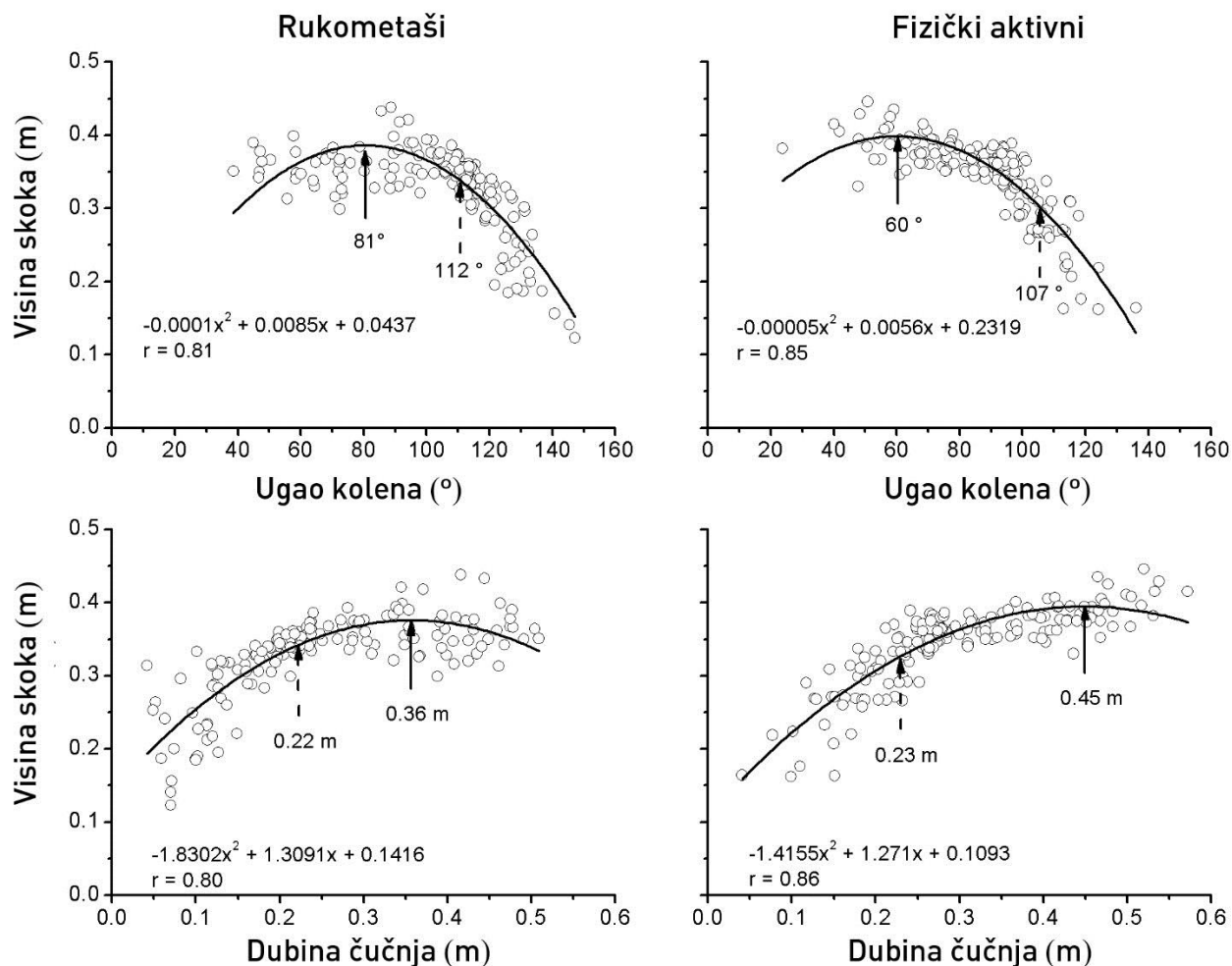
		Razlika SV (SD)	SEM	95%CI	Ttest	p
Rukometaši	H_{max} (m)	-0.011 (0.008)	0.002	- 0.16-0.06	4.75	0.01
	H_{cmd} (m)	-0.035 (0.025)	0.007	-0.05-0.02	4.87	0.01
	$Ugao$ ($^{\circ}$)	32.25 (12.74)	3.68	24.15-40.34	8.77	0.01
Fizički aktivni	H_{max} (m)	-0.008 (0.007)	0.002	-0.12-0.01	4.63	0.01
	H_{cmd} (m)	-0.05 (0.01)	0.004	-0.05-0.03	12.19	0.01
	$Ugao$ (o)	46.48 (14.09)	3.91	37.96-54.99	11.89	0.01

H_{max} – visina skoka; H_{cmd} – visina početnog položaja za SJ (dubina čučnja); $Ugao$ – ugao u zglobu kolena; Razlika SV (SD) = izabrani H_{cmd} - optimalni H_{cmd} ; SEM – standardna greška merenja; (95%CI) – 95% interval pouzdanosti; Ttest za ponovljena merenja; p – nivo značajnosti ($p < 0.01$)

Na *Slici 21* grafički su predstavljene polinomijalne relacije visina skoka – ugao kolena i visina skoka – visina početnog položaja (dubina čučnja) za sve skokove za svaki uslov pomeranja H_{cmd} i sve ispitanike iz grupe RUK (110 skokova) i FA (130 skokova). Na y -osi (apcisa) svih predstavljenih grafika je prikazana visina skoka izražena u metrima (m), dok su na x -osi (ordinata) prikazani ugao kolena u stepenima (grafici gore) i dubina čučnja, odnosno početna visina centra mase tela (H_{cmd}) u metrima (grafici dole).

Kod grupe RUK polinomijalna regresija pokazuje visoku korelaciju početnog ugla u zglobu kolena sa H_{max} ($r = 0.81$), kao i visoku korelaciju visine početnog položaja (H_{cmd}) sa H_{max} ($r = 0.80$). Slični rezultati su dobijeni i za grupu FA. Utvrđena je visoka korelacija za ugao kolena sa H_{max} ($r = 0.85$), kao i za H_{cmd} sa H_{max} ($r = 0.86$).

Rezultati pokazuju da je dubina čučnja za *izabrani* H_{cmd} manja (viši početni položaj) od *optimalni* H_{cmd} za 0.14 m kod grupe RUK (0.22m naspram 0.36m), dok je grupa FA zauzimala viši *izabrani* H_{cmd} za čak 0.22 m (0.23m naspram 0.45m). Početni ugao kolena kod grupe RUK bio veći za 31° za SJ iz *izabrani* H_{cmd} (112° naspram 81°), dok je kod grupe FA ugao kolena bio veći za 47° (107° naspram 60°) u odnosu na *optimalni* H_{cmd} . Na kraju može se zaključiti da je u proseku grupa RUK u *izabrani* H_{cmd} zauzimala viši početni položaj za 3.5 cm i ukoliko bi izvodili SJ iz *optimalna* H_{cmd} postigli bi veći rezultat H_{max} za samo 1.1 cm u odnosu na SJ iz *izabrani* H_{cmd} . Grupa FA je u *izabrani* H_{cmd} u prosku zauzimala viši početni položaj za 4.6 cm u odnosu na *optimalna* H_{cmd} . Teorijski ova grupa ispitanika bi iz *optimalna* H_{cmd} postigla veći rezultat H_{max} za samo 0.8 cm u odnosu na SJ iz *izabrani* H_{cmd} (*Tabela 3*).

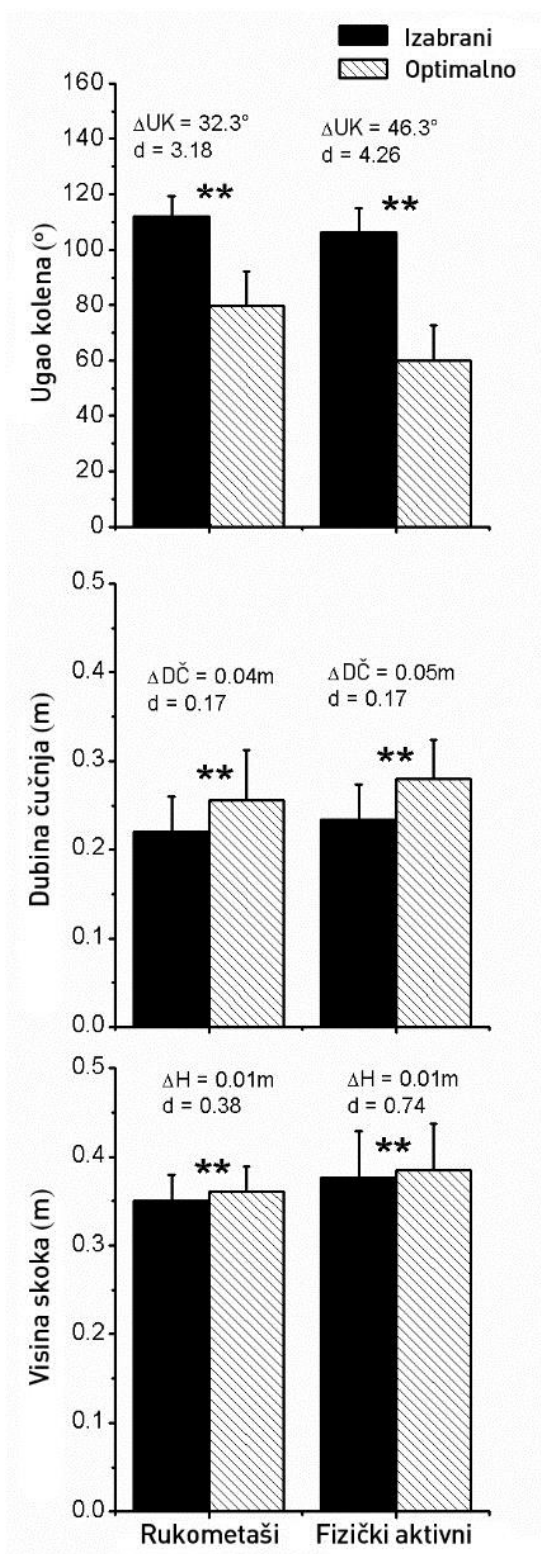


Slika 21 – Visina skoka (H_{max}) kod obe grupe ispitanika (rukometaši i fizički aktivni) u izvođenju SJ pri različom uglu kolena i dubini čučnja (H_{cmd}). Isprekidana strelica predstavlja izabrani H_{cmd} , a puna strelica optimalni H_{cmd} .

Na Slici 22 grafički su predstavljeni srednje vrednosti i njihove razlike sa pripadajućim standardnim devijacijama za praćene varijable (ugao kolena, H_{cmd} i H_{max}). Na apcisi grafika predstavljeni su rezultati za SJ iz *izabrani* H_{cmd} i *optimalni* H_{cmd} , odvojeno za grupu rukometaša i fizički aktivnih ispitanika. Pored toga na slici su naznačene značajne razlike kod svih praćenih varijabli između SJ iz *izabrani* H_{cmd} i *optimalni* H_{cmd} (t-testa za zavisne uzorke, $p < 0.01$)

Primenom t-testa za ponovljena merenja, kod obe grupe ispitanika (rukometaši i fizički aktivni) utvrđeno je da su zauzimali značajno više početne položaje (H_{cmd}), a samim tim i veće uglove u zglobovima kolena u skokovima iz *izabrani* H_{cmd} ($p < 0.01$). Pored toga obe grupe su postizale značajno veće vrednosti H_{max} u skokovima iz *izabrani* H_{cmd} ($p < 0.01$).

Na osnovu svih gore predstavljenih rezultata možemo zaključiti da se *izabrani* H_{cmd} razlikuje od *optimalni* H_{cmd} što je od posebne važnosti za značaj ovog istraživanja.

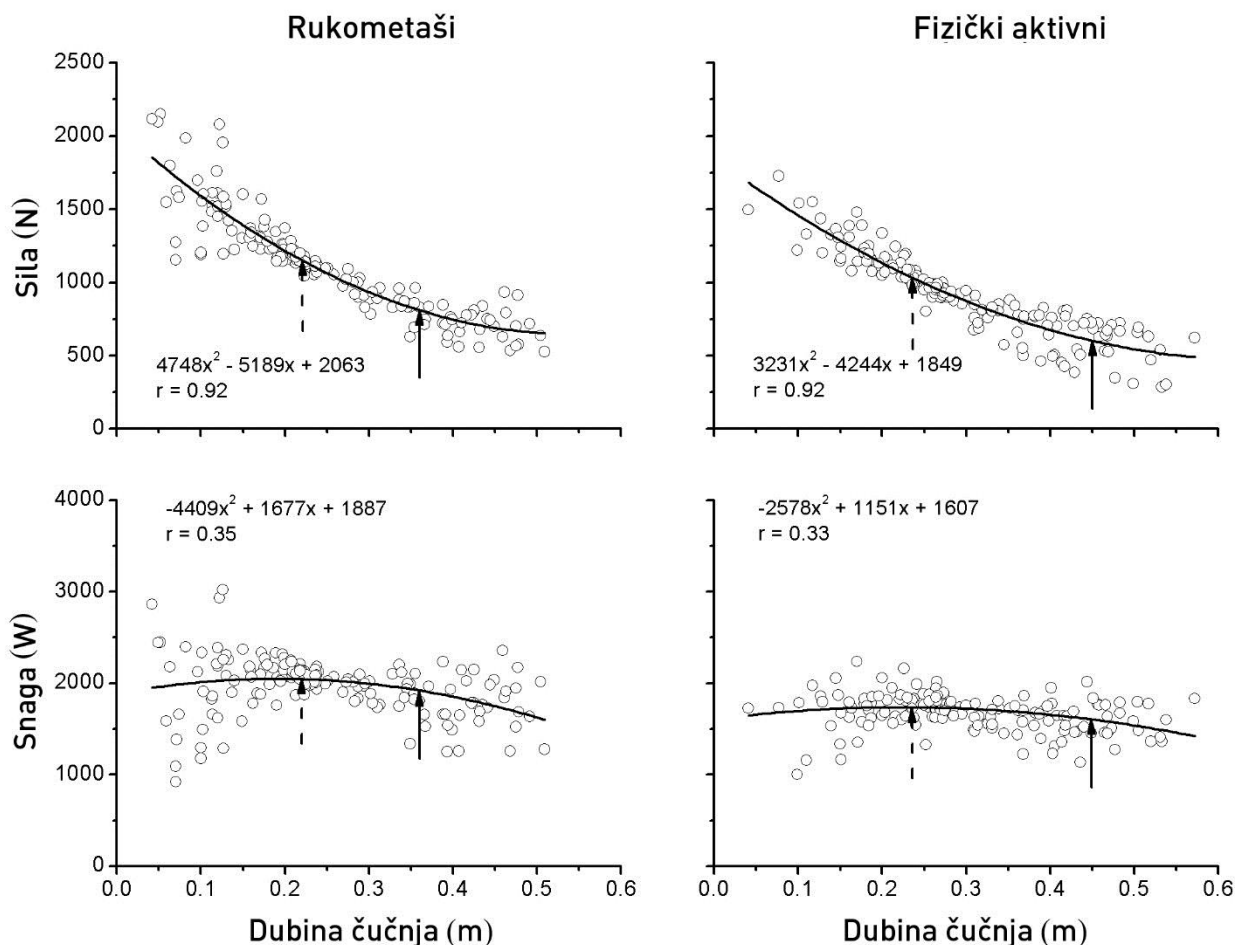


Slika 22 - Poređenje ugla kolena, dubine čučnja (visina početnog položaja) i visine skoka (H_{max}), između SJ iz izabrani H_{cmd} (svetli stubići) i optimalni H_{cmd} (tamni stubići) za grupu rukometaša (levi paneli) i grupu fizički aktivnih ispitanika (desni paneli). Podaci su grafički predstavljeni sa veličinom standardne devijacije za sve varijable. **, značajne razlike između SJ iz izabrani H_{cmd} i optimalni H_{cmd} ($p < 0.025$)

Na *Slici 23* grafički su predstavljene polinomijalne relacije sila – visina početnog položaja (dubina čučnja) i snaga – visina početnog položaja (dubina čučnja) za sve skokove za svaki uslov pomeranja H_{cmd} i sve ispitanike iz grupe RUK (110 skokova) i FA (130 skokova). Na y -osi (apcisa) prikazana je sila izražena u njutnima (N) (grafici gore) i snaga izražena u vatima (W). Na x -osi (ordinata) prikazana je dubina čučnja, odnosno visina početnog položaja centra mase tela (H_{cmd}) u metrima (m).

Na grafiku koji prikazuje povezanost promene H_{cmd} sa F_{max} , može se primetiti kod obe grupe ispitanika da se veličina F_{max} smanjuje sa zauzimanjem nižih početnih položaja za SJ (veća dubina čučnja) i to sve do određene granice tj. veličine H_{cmd} . Obzirom da su u SJ iz *izabrani* H_{cmd} zabeleženi viši početni položaji i uglovi u zglobu kolena, i vrednosti F_{max} su takođe veće za navedeni uslov. Polinomijalna regresija ukazuje na visoku povezanost F_{max} sa vrednostima H_{cmd} . Kod obe grupe ispitanika zabeležena je visoka korelacija ($r = 0.92$).

Na istoj slici (23) prikazana je i povezanost promene H_{cmd} sa P_{max} kod obe grupe ispitanika. Polinomijalna regresija ukazuje na malu povezanost P_{max} sa vrednostima H_{cmd} . Kod obe grupe ispitanika zabeležena je niska korelacija ($r = 0.35$, grupa RUK i $r = 0.33$, grupa FA). Možemo zaključiti da sa promenom H_{cmd} , vrednosti snage ostaju gotovo nepromenjene. To se može objasniti time što se snaga računa kao proizvod sile i brzine. Već smo opisali povezanost promene H_{cmd} sa F_{max} , odnosno da se sa povećanjem dubine čučnja (smanjenje H_{cmd}) smanjuje vrednost F . Sa druge strane sa istom promenom H_{cmd} (povećanje dubine čučnja), brzina se povećava. Sve to zajedno utiče da vrednosti snage sa promenom H_{cmd} ostaju gotovo nepromenjene.



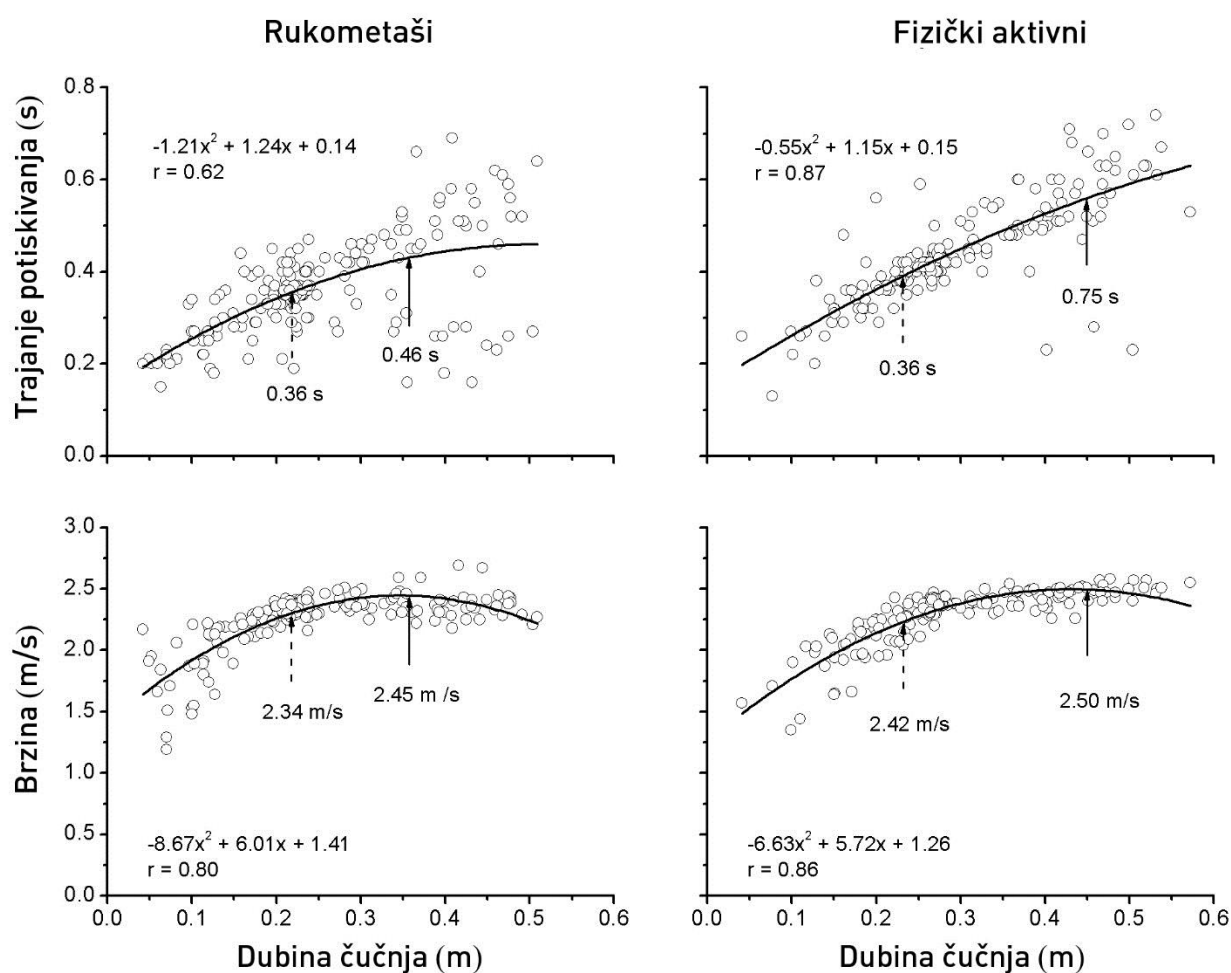
Slika 23 – Maksimalna sila (F_{max}) i snaga (P_{max}) kod obe grupe ispitanika (rukometaši i fizički aktivni) u izvođenju SJ pri različoj dubini čučnja (H_{cmd}). Prikazani rezultati su normalizovani u odnosu na srednju vrednost grupe iz bloka izabrani H_{cmd} . Prikazana je polinomijalna regresija sa koeficijentom korelacije. Isprekidana strelica predstavlja izabrani H_{cmd} , a puna strelica optimalni H_{cmd} .

Na Slici 24 grafički su predstavljene polinomijalne relacije trajanja koncentrične faze skoka – visina početnog položaja (dubina čučnja) i trajanje koncentrične faze skoka – visina početnog položaja (dubina čučnja) za sve skokove za svaki uslov pomeranja H_{cmd} i sve ispitanike iz grupe RUK (110 skokova) i FA (130 skokova). Na y-osi (apcisa) prikazano je trajanje koncentrične faze skoka (t_{kon}) u sekundama (s) (grafici gore) i brzina u metrima u sekundi (m/s). Na x-osi (ordinata) prikazana je dubina čučnja, odnosno visina početnog položaja centra mase tela (H_{cmd}) u metrima (m).

Na grafiku koji prikazuje povezanost trajanja koncentrične faze skoka (t_{kon}) sa promenom promene H_{cmd} , polinomijalna regresija kod grupe RUK pokazuje umerenu povezanost promene H_{cmd} sa t_{kon} ($r = 0.62$), dok je kod grupe FA ta povezanost visoka ($r = 0.87$). Kod obe grupe ispitanika zabeležena je ista prosečna vrednost t_{kon} u SJ iz *izabrani* H_{cmd} ($t_{kon} = 0.36$ s) dok se za uslov *optimalni* H_{cmd} ona razlikuje (RUK – 0,46 s; FA – 0.75 s). Na proseku grupe, trajanje koncentrične faze SJ iz *optimalni* H_{cmd} za 0.10 s je duže od SJ iz *izabrani* H_{cmd} za grupu RUK. U

grupi FA ta razlika je nešto veća, tako da je trajanje koncentrične faze za SJ iz *optimalni* H_{cmd} za 0.39 s duže. Kod obe grupe ispitanika može se uočiti trend da se sa zauzimanjem sve nižih početnih položaja za SJ (veća dubina čučnja) povećava trajanje koncentrične faze skoka.

Na istoj slici (24) prikazana je i povezanost promene H_{cmd} sa vertikalnom brzinom tela pri odskoku (v_{max}) kod obe grupe ispitanika. Polinomijalna regresija ukazuje na visoku povezanost v_{max} sa vrednostima H_{cmd} . Zabeležena je visoka korelacija, kako za grupu RUK ($r = 0.80$), tako i za grupu FA ispitanika ($r = 0.86$). Na proseku grupe nisu zabeležene veće razlike za srednju vrednost brzine između dve grupe ispitanika. Uočena je nešto veća srednja vrednost v_{max} za grupu RUK (2.34 m/s) nego kod grupe FA (2.42) za SJ iz *izabrani* H_{cmd} . Isti slučaj je zabeležen i za SJ iz *optimalni* H_{cmd} . Za grupu RUK srednja vrednost brzine je 2.45 m/s, dok za grupu FA ona iznosi 2.50 m/s. Kod obe grupe ispitanika može se uočiti trend da se sa zauzimanjem sve nižih početnih položaja za SJ (veća dubina čučnja) povećava vertikalna brzina tela za vreme odskoka.



Slika 24 – Trajanje koncentrične faze skoka (t_{kon}) i brzina tela pri odskoku kod obe grupe ispitanika (rukometaši i fizički aktivni) u izvođenju SJ pri različitoj dubini čučnja (H_{cmd}). Prikazani rezultati su normalizovani u odnosu na srednju vrednost grupe iz bloka izabrani H_{cmd} . Prikazana je polinomijalna regresija sa koeficijentom korelacije. Isprekidana strelica predstavlja izabrani H_{cmd} , a puna strelica optimalni H_{cmd} .

8. DISKUSIJA

Predmet ovog istraživanja je bio da se ispita uticaj početne visine centra mase tela na izvođenje maksimalnog skoka uvis iz polučučnja kod rukometaša i fizički aktivnih ispitanika. Ovaj rad je imao za cilj i da utvrdi da li skok uvis iz spontano izabranog početnog položaja (SJ iz *izabrani* H_{cmd}) može biti pouzdana i održiva alternativa za testiranje biomehaničkih varijabli koje se najčešće analiziraju korišćenjem standardizovanog testa skoka uvis iz polučučnja (ugao kolena 90°). Možemo konstatovati da prethodna istraživanja nisu u dovoljnoj meri ispitali mogućnost primene SJ iz *izabrani* H_{cmd} u testiranju kinetičkih i kinematičkih karakteristika skokova uvis i da je ovo među prvim istraživanjima koje je ispitivalo pouzdanost biomehaničkih karakteristika ovog tipa skoka uvis (SJ iz *izabrani* H_{cmd}) na uzorku vrhunskih sportista (rukometaši Super lige Srbije) i fizički aktivnih ispitanika (studenti Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja).

Pored toga u dosadašnjim istraživanjima se nedovoljno pominje postojanje optimalne početne visine centra mase tela koja bi omogućila dobijanje maksimalnih kinetičkih i kinematičkih karakteristika skoka uvis. U vezi sa tim bilo je neophodno da se ovim radom ispita postojanje optimalne visine početnog položaja centra mase tela (*optimalna* H_{cmd}), kao i opravdanost predloga za primenu SJ iz *izabrani* H_{cmd} .

Jedan od najvažnijih zaključaka je da je pouzdanost kinetičkih i kinematičkih varijabli (H_{max} , F_{max} i P_{max}) bila uglavnom uporediva, ako ne i nešto viša za SJ iz *izabrani* H_{cmd} . Pored toga, možemo primetiti da je dubina čučnja bila značajno smanjena pri izvođenju SJ iz *izabrani* H_{cmd} u odnosu na standardizovan SJ iz $90^\circ H_{cmd}$, odnosno da su ispitanici zauzimali značajno više početne položaje (veći ugao kolena od 90°) u SJ iz *izabrani* H_{cmd} . Kao posledica toga utvrđeno je da su F_{max} i P_{max} bile veće prilikom izvođenja SJ iz *izabrani* H_{cmd} u odnosu na standardni SJ. Interesantno je da se H_{max} nije značajnije razlikovala između dve vrste skokova (SJ iz *izabrani* H_{cmd} vs. $90^\circ H_{cmd}$).

Rezultatima istraživanja je potvrđeno i postojanje *optimalna* H_{cmd} za postizanja najveće vrednosti H_{max} koje se značajno razlikovalo *izabrani* H_{cmd} i pored toga što teorijski zauzimanjem ovog početnog položaja se ne bi dobio veliki prirast u H_{max} (RUK = 1.1 cm i FA = 0.8 cm).

Između dve vrste ispitanika (*rukometaši vs. fizički aktivni*) nisu primećene značajne razlike kako u pouzdanosti tako i u veličini izmerenih varijabli između dve tipa skokova. I ako se moglo očekivati da će se ove dve grupe ispitanika razlikovati u sposobnosti izvođenja skokova (Cormie, McBride & McCaulley, 2009; Fry et al., 2006; Gissis et al., 2006; Vizcaya et al., 2009).

Tako dobijeni rezultati ukazuju da SJ iz *izabrani* H_{cmd} može da predstavlja adekvatnu i pouzdanu alternativu za standardizovan test SJ iz $90^\circ H_{cmd}$ kada se procenjuju i analiziraju biomehaničke karakteristike skoka uvis. Primena SJ iz *izabrani* H_{cmd} bi trebalo da obezbedi ne samo bržu, jednostavniju i ekološki validniju proceduru testiranja, već se njome mogu dobiti i pouzdaniji rezultati merenih varijabli.

U skladu sa postavljenim ciljevima ovog istraživanja nastavku ovog poglavlja će se dalje diskutovati o dobijenim rezultatima, njihovoj primeni i mogućim problemima.

8.1 Pouzdanost kinetičkih i kinematičkih karakteristika skokova uvis iz polučučnja

Prva hipoteza (H1) ovog istraživanja je bila da će postojati prihvatljiv nivo pouzdanosti kinetičkih i kinematičkih karakteristika skoka uvis iz polučučnja iz standardnog i spontano izabranog početnog položaja.

Rezultati ovog istraživanja su utvrdili visoku pouzdanost svih praćenih kinetičkih i kinematičkih varijabli u SJ iz 90° H_{cmd} i SJ iz *izabrani* H_{cmd} . Pored toga, može se reći da je pouzdanost praćenih varijabli H_{max} , F_{max} i P_{max} bila uporediva i nešto viša za SJ iz *izabrani* H_{cmd} čime u celini može da se potvrditi hipotezu H1.

Kod obe grupe ispitanika utvrđena je veća pouzdanost za H_{max} u SJ iz *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa SJ iz 90° H_{cmd} . Takav rezultat za pouzdanost za H_{max} može u velikoj meri dalje da preporuča SJ iz *izabrani* H_{cmd} kao standardni test za procenu biomehaničkih karakteristika skokova. Bilo je očekivano da će se utvrditi veća pouzdanost za ugao kolena u SJ iz 90° H_{cmd} jer je početni položaj za izvođenje ovog testa standardizovan i u napred određen. Međutim treba da se istakne da je utvrđena veća pouzdanost za visinu početnog položaja (H_{cmd}) u SJ iz *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa SJ iz 90° H_{cmd} . Pored toga, zabeležena je generalno veća pouzdanost F_{max} i P_{max} u SJ iz *izabrani* H_{cmd} . Takvi rezultati se mogu objasniti visokom pouzdanošću visine početnog položaja (H_{cmd} – dubina čučnja) između dve sesije u SJ iz *izabrani* H_{cmd} i SJ iz 90° . Slične rezultate istraživanja koji se odnose na test-retest pouzdanost kinetičkih i kinematičkih karakteristika SJ, zabeležio je Fitzgerald sa saradnicima (2017). Pomenuto istraživanje je podrazumevalo nekoliko ključnih razlika koje se najviše tiču samog dizajna studije. Naime standardizovani SJ je izvođen iz različitih i generalno nestandardnih početnih položaja kao što je ugao u zglobu kolena 80° . Takođe dizajn ovog istraživanja je podrazumevao familijarizaciju na primenjenu proceduru testiranja. Osim toga, analiza je sadržala određeni broj kinetičkih i kinematičkih varijabli u kojoj nisu bile uključene H_{max} i P_{max} , kao dve varijable koje se najčešće koriste za analizu skokova. Najvažnije od svega je da u pomenutom istraživanju nedostaju podaci vezani za procenu razlika kada je u pitanju zauzimanje različitih visina početnih položaja u SJ.

Postoji relativno mali broj istraživanja koji se odnosi na pouzdanost kinetičkih i kinematičkih karakteristika SJ koji se izvodio sa različitih početnih visina centra mase tela (Argus, Mitchel et Chapman, 2014; Janicijevic et al., 2019a; Janicijevic et al., 2019b). Argus i saradnici (2014) su utvrdili da se pouzdanost za H_{max} , F_{max} i P_{max} nije razlikovala u SJ iz *izabrani* H_{cmd} , SJ iz 90° i SJ iz 100° (ICC za F_{max} : 0.91 – 0.92; P_{max} : 0.85 – 0.95; H_{max} : 0.78 – 0.89) dok su za H_{max} utvrdili nižu pouzdanost u SJ iz 120° i SJ iz 130° . Niža pouzdanost za H_{max} pri većim uglovima u zglobu kolena (130°), se može objasniti time što su ispitanici imali dosta poteškoća da ispravno izvedu SJ bez upotrebe počučnja pre koncentrične faze skoka (Bobbert et al., 2008). Isti autori napominju da bi za ove tipove skokova (SJ 120° i 130°) buduća istraživanja trebalo da podrazumevaju proces familijarizacije.

Da SJ iz *izabrani* H_{cmd} može biti pouzdana metoda za procenu kinetičkih i kinematičkih karakteristika skoka uvis iz polučučnja uz primenu spoljašnjih opterećenja govori i istraživanje Janićijević i saradnika (2019b). U svom istraživanju gde su ispitanici izvodili skokove iz različitih početnih položaja (ugao kolena: 80° , 90° , 100° i *izabrani*) i sa različitim spoljašnjim opterećenjem (malo, srednje i veliko), autori su utvrdili visoku pouzdanost svih praćenih varijabli (H_{cmd} , H_{max} ,

F_{\max} i P_{\max}), kako u SJ iz *izabrani* H_{cmd} tako i pri drugim početnim položajima (ugao kolena: 80° , 90° , 100°).

U prilog rezultatima ovog rada, govori i istraživanje Janićijević i saradnika (2019a) u kom su proveravali pouzdanost parametara relacije $F - v$ (F_{\max} , v_{\max} , P_{\max} i kriva $F-v$) u SJ iz 90° i SJ iz *izabrani* H_{cmd} . Pomenuto istraživanje je sadržalo jednu razliku jer je podrazumevalo primenu dva različita metoda za analizu praćenih varijabli (SAM metod i platforme sile reakcije podloge). Interesantno zapažanje autora da je potvrđena visoka pouzdanost praćenih varijabli u SJ iz *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa SJ iz 90° primenom SAM metoda, ali ne i primenom platformi sile. Autori svoja zapažanja objašnjavaju time što SJ iz *izabrani* H_{cmd} podrazumeva veći varijabilitet u visini početnog položaja kao i uglove u zglobu kolena veće od 90° , što posledično ima uticaja na srednje vrednosti sile i brzine.

Na pouzdanost testa u velikoj meri utiču i metodološka uputstva koja se daju ispitanicima za vreme merenja. Jedan od metodoloških faktora koji treba uzeti u obzir kada se izvode skokovi uvis je da li povratne informacije o postignutom rezultatu u toku merenja utiču na pouzdanost praćenih kinetičkih i kinematičkih varijabli. Poznato je da povratne informacije utiču pozitivno na motivisanost ispitanika da iskažu svoje maksimalne potencijale (Weakley et al., 2019; Salmon, Schmidt & Walter, 1984), ali ne predstavljaju značajan faktor koji utiče na pouzdanost kinetičkih varijabli (F_{\max} i P_{\max}) praćenih u skokovima uvis (SJ i CMJ) iz standardnog i spontano-izabranog početnog položaja (Garcia-Ramos et al., 2020; Randell et al., 2011).

Sa aspekta motorne kontrole, standardizovani SJ iz 90° H_{cmd} može predstavljati motorički obrazac sa dvostrukim zadatkom. Naime kod ove vrste skoka se od ispitanika zahteva da zauzmu odgovarajući početni položaj (ugao u kolenu 90°) i da izvrše skok maksimalne visine što može negativno uticati na rezultate merenja (O'Shea, Morris, & Iansek, 2002; Brady et al., 2017). Iz tog razloga sa velikom verovatnoćom može se pretpostaviti da visoka pouzdanost kinetičkih i kinematičkih varijabli SJ iz *izabrani* H_{cmd} je delimično uslovljena većom ekološkom validnošću ove varijante skoka uvis (Mitchel et al., 2017). Pored toga veća validnost rezultata SJ iz *izabrani* H_{cmd} može se objasniti i time što se pri zauzimanju pravilnog početnog položaja za SJ iz 90° H_{cmd} , ispitanik provodi duže vreme u statičkom položaju polučučnja što neminovno dovodi do mišićnog zamora.

U ovo istraživanje su bile uključene dve različite grupe ispitanika (rukometasi i fizički aktivni) kako bi se utvrdila mogući uticaj iskustva u primeni skokova na razliku u veličini i pouzdanosti kinetičkih i kinematičkih varijabli između dva tipa skoka. Predpostavka je da grupa rukometasa ima više iskustva sa skokovima uvis obzirom da se SJ iz 90° H_{cmd} koristi kao standardizovan test u njihovoj trenajnoj praksi. Takođe možemo pretpostaviti da i fizički aktivni ispitanici imaju umereno iskustva sa ovim testom naročito tokom svojih redovnih studija na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja. Bez obzira na prethodnu tvrdnju, kod obe grupe ispitanika su zabeleženi slični rezultati u pouzdanosti izmerenih kinetičkih i kinematičkih varijabli. Istovremeno je uočeno da su razlike u motoričkim obrascima po kojim su se izvodile ova dva tipa skokova zanemarljivo male. I pored toga što testiranje ove dve grupe ispitanika čini naša zapažanja i istraživanje argumentovano važnim, smatramo da bi buduća istraživanja koja se budu bavila istim problemom trebalo da uključe ispitanike kod kojih se mogu utvrditi veće razlike u biomehaničkim karakteristikama skokova uvis.

S obzirom da prethodna istraživanja nisu u dovoljnoj meri ispitali mogućnost primene SJ iz *izabrani* H_{cmd} u testiranju kinetičkih i kinematičkih karakteristika skokova uvis, i da je ovo je

medju prvim istraživanjima koje je ispitivalo pouzdanost biomehaničkih karakteristika ovog tipa SJ, buduća istraživanja bi trebala dalje da provere sve rezultate i pretpostavke na različitim grupama ispitanika, a naročito na grupi sportista kako muškog, tako i ženskog pola.

8.2 Razlike u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama skokova uvis iz polučučnja

Druga hipoteza (H2) ovog istraživanja je bila da su kinetičke i kinematičke karakteristike skoka uvis iz polučučnja veće iz skoka uvis iz spontano izabranog, nego iz standardnog početnog položaja.

U skladu sa postavljenom hipotezom, utvrđen je značajan uticaj tipa SJ (90° H_{cmd} vs. *izabrani* H_{cmd}) na varijable: ugao kolena, visina početnog položaja (H_{cmd}), F_{max} i P_{max} , ali ne i za H_{max} . Kod obe grupe ispitanika dubina čučnja je bila značajno manja prilikom izvođenja SJ iz *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa standardnim SJ iz 90° H_{cmd} . U SJ iz *izabrani* H_{cmd} ispitanici su zauzimali značajno više početne položaja (manja dubina čučnja) u odnosu na one koje su koristili u SJ iz 90° H_{cmd} . Pored toga obe grupe su postizale značajno veće vrednosti F_{max} i P_{max} u skokovima iz *izabrani* H_{cmd} , ali pri tome nisu zabeležene značajne razlike u H_{max} između dva tipa skoka.

Imajući u vidu ove rezultate istraživanja može se reći da je hipoteza H2 skoro u potpunosti prihvaćena jer u skladu sa dobijenim nalazima H_{max} se nije značajno razlikovala za dva tipa skoka uvis.

Dobijeni rezultati vezani za zauzimanje višeg početnog položaja u skokovima iz *izabrani* H_{cmd} je u skladu sa prethodnim istraživanjima koja ukazuju da je ugao kolena prilikom izvođenja ovih skokova uobičajeno veći od 90° (Gheller et al., 2015; Janicijevic et al., 2019b; Kirby et al., 2011; Mitchell et al., 2017). Mitchel i saradnici (2017) pretpostavljaju da ispitanici spontano biraju visinu početnog položaja za skok uvis na osnovu njihovih individualnih razlika u motoričkim i morfološkim karakteristikama kao što su: dužina nogu, građa mišića, parametri relacije sila – brzina. Individualni izbor početne visine centra mase tela kod ispitanika u SJ iz *izabrani* H_{cmd} se može objasniti i razlikama u iskustvu u izvođenju skokova (Davids et al., 2003). Ipak, budući da ispitanici obuhvaćeni ovim istraživanjem ranije nisu bili uvežbavani za izvođenje sunožnog skoka ($H_{max} \approx 27$ cm), postoji mogućnost da bi ispitanici koji imaju više iskustva sa skokovima zauzimali niže početne položaja za SJ (veća dubina čučnja). Da li je nedostatak iskustva bio razlog za dobijanje takvih rezultata baš kao i u prethodnim istraživanjima (Davids et al., 2003), ili je to bio neki od drugih razloga koji su naveli Mitchel i saradnici (2017), odgovor na to pitanje treba da daju dalja istraživanja.

Buduća istraživanja bi trebala da daju odgovor i na pitanje da li bi snažniji ispitanici mogli imati koristi od dubljih čučnjeva, odnosno zauzimanja nižih početnih položaja pre izvođenja SJ. Standardizovan ugao kolena (90°) u skokovima iz polučučnja se uglavnom preporučuje pod pretpostavkom da male varijacije u visini početnog položaja mogu da utiču na veličinu zabeleženih kinetičkih i kinematičkih varijabli, iako su neki autori u svojim istraživanjima

koristili različite uglove u zglobu kolena kada je u pitanju zauzimanje početnog položaja za SJ (Fitzgerald et al., 2017; Mitchell et al., 2017).

Veće vrednosti F_{\max} i P_{\max} su često zabeležene u istraživanjima kada su skokovi izvođeni sa manjom dubinom čučnja (npr. SJ iz *izabrani* H_{cmd}) (Gheller et al., 2015; Janicijevic et al., 2019; Mitchell et al., 2017). Slični rezultati su zabeleženi i prilikom izvođenja skoka u vis iz počučnja (CMJ) (Gajewski et al., 2018; Mandic, Jakovljevic & Jaric, 2015; Mandic et al., 2016). Stoga, nalaz da su vrednosti F_{\max} i P_{\max} bile veće prilikom SJ iz *izabrani* H_{cmd} može se smatrati očekivanim budući da je skok izvođen iz viših početnih položaja (sa manjom dubinom čučnja) i očekivano, pri većim uglovima u zglobu kolena. Suprotno od toga, kao što je već i prethodno istaknuto, u CMJ, značajna odstupanja u dubini čučnja rezultirale su gotovo zanemarljivim uticajem na H_{\max} . (Mandic, Jakovljevic & Jaric, 2015; Mandic et al., 2016). Isti efekat promene dubine čučnja na H_{\max} u SJ uočili su i drugi autori (Janicijevic et al., 2019b; Janicijevic et al., 2020; Mitchell et al., 2017)

Dobijanje većih vrednosti F_{\max} i P_{\max} pri zauzimanju viših početnih položaja, dok rezultati H_{\max} ostaju gotovo nepromenjeni se može objasniti sledećim tumačenjem. Zauzimanje viših početnih položaja centra mase tela povezano i sa skraćanjem vremenskog intervala za ispoljavanje mišićne sile (Bobbert et al., 2008; Kirby et al., 2011). S obzirom da je maksimalna visina skoka (H_{\max}) određena ukupnim impulsom sile (integral sile u vremenskom intervalu), da bi se postigli slični rezultati H_{\max} kao i u SJ (90°), neohodno je da srednja vrednost F za vreme koncentrične faze SJ iz *izabrani* H_{cmd} bude veća. Veće vrednosti sile iz viših početnih položaja centra mase tela se delimično mogu opravdati relacijom sile i brzine (Gheller et al., 2015; Mitchell et al., 2017). Sa povećanjem brzine kontrakcije dolazi do ispoljavanja manjih vrednosti mišićne sile. Brzina pri istoj veličini ugla u zglobu kolena bi trebalo da se povećava sa snižavanjem početnog položaja centra mase tela (H_{cmd}). U vezi sa tim može se zaključiti da će sposobnost mišića za ispoljavanje sile biti manja u poređenju sa skokovima iz viših početnih položaja. Zbog toga veće ispoljavanje sile pri konstantnim uglovima u zglobu kolena, sa povećanjem visine početnog položaja će progresivno nadomestiti razliku u brzini sve do trenutka odskoka.

S obzirom da vrednosti F_{\max} i P_{\max} variraju sa promenom visine početnog položaja, za ispitivanje biomehaničkih karakteristika SJ preporučuje se da ispitanici uvek zauzimaju isti početni položaj (H_{cmd}). Ispitanicima se može dozvoliti i da spontano biraju visinu početnog položaja (*izabrani* H_{cmd}) u skladu sa njihovim individualnim morfološkim i motoričkim razlikama ili u zavisnosti od specifičnih karakteristika sporta kojim se bave, ali tokom testiranja treba da se obezbedi da ispitanici uvek koriste istu visinu početnog položaja. Sportski treneri i istraživači treba da imaju u vidu da će svako povećanje visine početnog položaja (ugla kolena) uticati na povećanje vrednosti F_{\max} i P_{\max} (Janicijevic et al., 2020).

Ispitivanje razlika u vrednosti H_{\max} između SJ iz *izabrani* H_{cmd} i SJ iz različitih početnih položaja (uglova u zglobu kolena) je bio predmet i prethodnih istraživanja (Argus, Mitchel & Chapman, 2014, Domire & Challis, 2007; Mitchell et al., 2017). I pored toga što drugi autori (Janicijevic et al., 2019b; Gheller et al., 2015) ističu da bi spontano-izabrani početni položaj za izvođenje SJ mogao da obezbedi postizanje većih vrednosti H_{\max} nego SJ iz $90^\circ H_{\text{cmd}}$, naši rezultati ne govore u prilog tome. U saglasnosti sa našim rezultatima govori istraživanje Mitchell i saradnika (2017) koji nisu utvrdili razlike u H_{\max} između skokova SJ iz *izabrani* H_{cmd} , SJ iz 90° i $100^\circ H_{\text{cmd}}$, ali je zato H_{\max} iz ovih skokova bila značajno veća u poređenju sa skokovima SJ iz 120° i $130^\circ H_{\text{cmd}}$. Sa druge strane izvođenjem SJ iz različitih početnih položaja (ugao kolena: 80° , 90° , 100° i *izabrani*)

i sa različitim spoljašnjim opterećenjem (malo, srednje i veliko), Janićijević i saradnici (2019b) su utvrdili da nema razlika u H_{\max} za 3 tipa SJ (ugao kolena: 80°, 90° i 100°), dok su u SJ iz *izabrani* H_{cmd} vrednosti H_{\max} bile veće u 4 od 9 poređenja.

Treba da se istakne da je maksimalna visina skoka najčešće praćeni rezultat prilikom rutinskog testiranja vertikalnih skokova uopšte (Claudino et al., 2017). Štaviše, H_{\max} se često tumači i kao sposobnost mišića nogu da izraze veliku mišićnu silu i snagu (Gajewski et al., 2017; Komi & Bosco, 1978; Marković et al., 2011). Međutim, iako SJ iz *izabrani* H_{cmd} se može preporučiti kao pouzdan test za analizu H_{\max} , istraživači i praktičari bi trebalo da imaju u vidu da bi svaka promena dubine čučnja (H_{cmd}) mogla da učini nejasnim odnos između vrednosti H_{\max} , F_{\max} i P_{\max} .

Primenom treninga opterećenja može doći do promene u visini spontano izabranog početnog položaja (*izabrani* H_{cmd}). Nakon treninga može se očekivati zauzimanje nižih početnih položaja odnosno pojave veće dubine čučnja (Markovic et al., 2013). Zato promene u visini početnog položaja kao posledica treninga mogu ugroziti podobnost SJ iz *izabrani* H_{cmd} za procenu promena F_{\max} i P_{\max} . Naime primena treninga i povećanje dubine čučnja mogu dovesti i do eventualnog preokrivanja povećanja H_{\max} kada se kao indikatori promene koriste F_{\max} i P_{\max} . Iz tog razloga, zbog tih zbunjujućih efekata koji se tiču promene dubine čučnja kao posledice treninga, veoma je bitno da se napomene da F_{\max} i P_{\max} ne bi trebalo da budu jedine varijable kojima se vrši procena skokova uvis (Winter et al., 2016). Iz tog razloga buduća istraživanja bi trebalo da ispituju odnos H_{\max} , kao osnovne varijable koja se koristi za analizu skokova, sa F_{\max} i P_{\max} nakon određenog perioda treninga opterećenja koji je uticao na promenu visine spontano izabranog početnog položaja (*izabrani* H_{cmd}).

Potencijalni nedostatak u primeni SJ iz *izabrani* H_{cmd} se može javiti kada se primenjuju različite veličine opterećenja za vreme procedure testiranja. Tako na primer nekoliko vrsta spoljašnjeg opterećenja treba da se primeni kako bi se odredila relacija sile-brzina za vreme skokova uvis (Cuk et al., 2014; Garcia-Ramos et al., 2017; Janicijevic et al., 2019a; Jimenez-Rezes et al., 2017). Treba napomenuti da procene koje se vrše samo pod jednom vrstom opterećenja (na primer SJ bez opterećenja) ne dozvoljava istraživačima da naprave razliku između karakterističnih kapaciteta mišića da razviju silu, brzinu i snagu (Garcia-Ramos et al., 2017; Jaric, 2015). Sa tim u vezi neophodno je da se izvrši procena skokova sa najmanje dva opterećenja. Na primer, bez opterećenja nakon čega sledi skok sa opterećenjem (na primer 40 kg). Tako bi se omogućila procena maksimalnog kapaciteta mišića da izraze silu, brzinu i snagu kroz relaciju sila-brzina (Jaric, 2016). Obzirom da je već poznato da je povećanje opterećenja povezano sa povećanjem visine spontano izabranog početnog položaja za skok uvis (*izabrani* H_{cmd}) (Feney et al., 2016; Janicijevic et al., 2019b; Markovic, Vuk & Jaric, 2013; Markovic et al. 2013), to može da ugrozi preciznost relacije sila brzina usled precenjenosti veličine F koja se ispoljava u uslovima velikog spoljašnjeg opterećenja. Podobnost SJ iz *izabrani* H_{cmd} za procenu promena u F_{\max} i P_{\max} može biti ugrožena obzirom da se visina spontano izabranog početnog položaja može promeniti nakon perioda primene treninga opterećenja (Markovic et al., 2013). Međutim, vredi napomenuti da male promene u visini početnog položaja za SJ (dubina čučnja), praktično ne utiču na H_{\max} (Janicijevic et al., 2019b; Domire & Challis, 2007; McBride et al., 2010; Mitchell et al., 2017).

Metodološka uputstva koja se daju ispitanicima za vreme testiranja skokova uvis mogu imati uticaj na veličinu praćenih varijabli. Tako na primer, povratna informacija o visini skoka, data ispitanicima nakon jednog merenja, može uticati na povećanje vrednosti praćenih varijabli

(H_{\max} , F_{\max} , P_{\max} i v_{\max}) u narednim pokušajima skokova uvis (Garcia-Ramos et al., 2020; Keller et al., 2015; Nagata et al., 2018; Vanderka et al., 2018; Walchli et al., 2016). Isti autori napominju da davanjem povratne informacije o vrednosti drugih varijabli (F_{\max} , P_{\max} i v_{\max}) se postiže isti efekat. To se najčešće objašnjava povećanjem motivacije ispitanika da iskažu svoje maksimalne potencijale u narednim pokušajima (Salmon, Schmidt & Walter, 1984; Weakley et al., 2019). U svom istraživanju Garcia-Ramos i saradnici (2020) ispitali su uticaj povratne informacije o visini skoka na vrednosti praćenih kinetičkih i kinematičkih varijabli u skokovima uvis (SJ i CMJ) iz standardnog i spontano-izabranog početnog položaja. Autori su utvrdili značajna povećanja za F_{\max} ($p = 0.046$, 1.83%), v_{\max} ($p < 0.001$, 3.71%) i P_{\max} ($p < 0.001$, 4.22%) u skokovima uvis nakon davanja povratne informacije o visini skoka. Bez obzira na mehanizme (psihološki ili neki drugi) koji utiču na povećanje vrednosti praćenih varijabli u skokovima u vis, ovaj metodološki aspekt treba da imaju u vidu svi istraživači i treneri koji u svojoj praksi primenjuju skokove uvis. S obzirom da ispitanici obuhvaćeni istraživanjem Garcia-Ramos i saradnika (2020) nisu imali iskustva u izvođenju sunožnih skokova uvis, buduća istraživanja bi trebala da utvrde da li davanje povratne informacije može imati isti efekat na promenu vrednosti kinetičkih i kinematičkih varijabli u skokovima uvis kod vrhunskih sportista različitog pola.

8.3 Uticaj početne visine centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristike skokova uvis iz polučučnja

U skladu sa trećim ciljem ovog istraživanja da se ispita uticaj promene visine početnog položaja centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristike skoka uvis iz polučučnja, postavljena je treća hipoteza (H3) sa tri pomoćne hipoteze koje predpostavljaju da će promena visine početnog položaja centra mase tela dovesti do promena u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama skoka (H3a), da će najviše vrednosti visine skoka biti iz optimalne visine početnog položaja centra mase tela (H3b) i da će se razlikovati kinetičke i kinematičke karakteristike skokova uvis iz polučučnja između grupe rukometaša i fizički aktivnih ispitanika (H3c).

U vezi sa postavljenom hipotezom može se zaključiti da postoji *optimalna* H_{cmd} koja se razlikuje od *izabrani* H_{cmd} , obzirom da su utvrđene značajne razlike za sve praćene varijable kada su u pitanju ove dve visine početnog položaja. Pored toga, zakrivljenost regresione krive ukazuje da se vrednost H_{\max} zanemarljivo menja promenama H_{cmd} u relativno širokom intervalu. U prilog tome govore istraživanja koja ističu da se vrednost H_{\max} zanemarljivo menja promenom ugla u zglobu kolena u rasponu od 80° do 100° (Janicijevic et al., 2019b; Domire & Challis, 2007; McBride et al., 2010; Mitchell et al., 2017). Treba da se istakne da su obe grupe ispitanika zauzimali značajno više početne položaje (manja dubina čučnja) u *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa *optimalna* H_{cmd} . Istu predpostavku za postojanje *optimalna* H_{cmd} u CMJ su potvrdili i drugi autori (Mandic, Jakovljevic & Jaric, 2015; Markovic et al., 2011). Dobijene rezultate potvrđuje i istraživanje Kirby i saradnika (2011) koji su utvrdili da su vrednosti ugla kolena u SJ iz *izabrani* H_{cmd} bile od 95° do 105° , dok su se najveće vrednosti H_{\max} ipak postizale iz nižih početnih položaja centra mase tela (ugao kolena = $53^\circ - 76^\circ$).

Pored toga, u ovom istraživanju je utvrđeno da su razlike u visini ova dva početna položaja (*izabrani* H_{cmd} vs. *optimalna* H_{cmd}) značajno veće kod grupe FA u odnosu na grupu RUK, odnosno da su fizički aktivni ispitanici zauzimali značajno više H_{cmd} u odnosu na grupu rukometaša. Ove rezultate u svom istraživanju potvrđuju Mandić i saradnici (2016) koji su ispitali efekat promene H_{cmd} na H_{max} kod skoka uvis sa počučnjem (CMJ). Oni su pored postojanja *optimalna* H_{cmd} , takođe utvrdili veće razlike u *optimalna* H_{cmd} u odnosu na *izabrani* H_{cmd} kod grupe fizički aktivnih ispitanika u poređenju sa grupom košarkaša. Košarkaši su zauzimali za 5,1-11,2 cm više *izabrani* H_{cmd} u odnosu na *optimalni* H_{cmd} , dok je ta razlika kod fizički aktivnih ispitanika bila još veća. I pored toga što navedena razlika u H_{cmd} nije mnogo uticala na promenu H_{max} , kao razlog tome navodi se da skokovi uvis kod elitnih takmičara iz grupe sportskih igara, mogu predstavljati dvostruki motorički zadatak. U košarci, a tako i u drugim sportskim igrama (npr. rukomet) takmičarski uspeh ne zavisi samo od H_{max} već i od brzine skoka i njegove taktičke pravovremenosti. Izgleda da elitni sportisti tokom svoje karijere razvijaju tehniku skoka uvis koja podrazumeva više H_{cmd} uprkos tome što se njome postižu nešto manje H_{max} , ali u takmičarskom smislu izvode brže skokove. U prilog tome govori i rezultat da je trajanje koncentrične faze skoka (t_{kon}) u SJ iz *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa *optimalna* H_{cmd} kod grupe RUK bilo kraće za 0.20 s u odnosu na grupu FA, gde je ta razlika bila 0.39 s.

Nasuprot tome, isti autori navode da glavni faktor koji utiče na razlike između ove dve grupe ispitanika je problem koordinacije pri izvođenju skokova sa nižih početnih položaja tj. veće dubine čučnja. Na osnovu toga, i mi možemo pretpostaviti da rukometaši, baš kao i košarkaši, imaju iskustva u izvođenju skokova u većem rasponu dubine čučnja. Naime poznato je da dovođenje tela u početni položaj za SJ na značajno nižim početnim položajima H_{cmd} , može negativno uticati na koordinaciju skoka, a samim tim i na mogućnost postizanja veće visine skoka (Gheller et al., 2015). U prilog tome govore i istraživanja koja ističu da na visinu skoka najviše utiču sila koju razvijaju mišići opružaci u zglobu kolena, kao i intramuskularna koordinacija i koaktivacija između mišića agonista i antagonista donjih ekstremiteta (Bencke et al., 2002). Pored toga Gheller i saradnici (2015) navode da u sportovima gde se skokovi uvis primenjuju često u trenažnoj praksi i takmičarskoj aktivnosti (rukomet, košarka, odbojka) dolazi do procesa mišićne morfološke adaptacije što omogućava sportistima da izvode maksimalne skokove u vis iz nižih početnih položaja. Procesi adaptacije se najviše odnosi na izmenjenu arhitekturu mišića kao i postizanje većih mišićnih sila pri većoj dužini mišića. Ovi procesi adaptacije se naročito javljaju kod sportista koji u trenažnom procesu primenju trening opterećenja pri većim dubinama čučnja. Da bi potvrdili ovu pretpostavku neophodno je da buduća istraživanja ispituju razlike između različitih grupa vrhunskih sportista po kriterijumu različitog iskustva u primeni skokova uvis.

I pored toga što je potvrđeno postojanje *optimalna* H_{cmd} za postizanje najveće vrednosti visine skoka koja se razlikuje od *izabrani* H_{cmd} , na osnovu svih dobijenih rezultata može se zaključiti da izvođenjem SJ iz *optimalna* H_{cmd} grupa RUK bi u proseku postigla veći rezultat H_{max} za samo 1.1 cm, dok bi grupa FA uvećala rezultat za samo 0.8 cm u odnosu na SJ iz *izabrani* H_{cmd} . Ovako moguće povećanje H_{max} (za oko 1 cm) na račun izvođenja SJ iz *optimalna* H_{cmd} potvrđuju Mandić i saradnici (2016) uprkos tome što su u svom istraživanju primenjivali drugu vrstu skoka uvis (CMJ). Uticaj *optimalna* H_{cmd} na H_{max} u izvođenju skokova uvis iz polučučnja je relativno mala, tako da ona može biti zanemarena u primeni skokova uvis iz polučučnja prilikom testiranja i različitih trenažnih procedura.

Iako se H_{\max} nije mnogo razlikovala u skokovima iz *izabrani* H_{cmd} i *optimalna* H_{cmd} , zabeleženo je da su vrednosti F_{\max} opadale sa snižavanjem H_{cmd} , odnosno da su se postizale veće vrednosti F_{\max} iz viših početnih položaja. Kako su u SJ iz *izabrani* H_{cmd} zabeleženi viši početni položaji i uglovi u zglobu kolena, i vrednosti F_{\max} su takođe veće za navedeni uslov. O tome je diskutovano u poglavlju 8.2.

Sa druge strane u ispitivanju uticaja promene visine početnog položaja na P_{\max} utvrđena je mala povezanost P_{\max} sa vrednostima H_{cmd} iako druga istraživanja pominju suprotno (Gheller et al., 2015; Mandić et al., 2016; Mitchell et al., 2017). Kao i za F_{\max} potvrđeno je da su vrednosti P_{\max} opadale sa snižavanjem H_{cmd} , odnosno da se postižu veće vrednosti F_{\max} i P_{\max} iz viših početnih položaja. U našem slučaju, mala povezanost P_{\max} sa vrednostima H_{cmd} se može objasniti time što se snaga računa kao proizvod sile i brzine. Uzimajući u obzir povezanost promene H_{cmd} sa F_{\max} , odnosno da se sa povećanjem dubine čučnja (smanjenje H_{cmd}) smanjuje vrednost F , sa istom promenom H_{cmd} (povećanje dubine čučnja), povećava se brzina. Sve to zajedno utiče da vrednosti snage sa promenom H_{cmd} ostaju gotovo nepromenjene.

Iako se u literaturi ističe da su P_{\max} i F_{\max} generalno u pozitivnoj korelaciji sa H_{\max} kod skokova uvis, ipak se naglašava da se P_{\max} ističe kao glavni prediktor H_{\max} (Dowling & Vamos, 1993; Peterson, Alvar & Rhea, 2006; Rousanoglou, Georgiadis & Boudolos, 2008). I pored toga što P_{\max} predstavlja pouzdanu varijablu za procenu biomehaničkih karakteristika skoka uvis, deluje da sa promenom H_{cmd} (dubine čučnja), P_{\max} kao indikator H_{\max} pokazuje svoje slabosti i da vertikalni impuls sile u tom slučaju može biti pouzdanija varijabla. Naime P_{\max} pokazuje visoku korelaciju kod skokova gde je visina početnog položaja u napred definisana i kontrolisana (McBride et al., 2010). Vrlo je moguće da ukoliko H_{cmd} nije kontrolisana i ona varira u širokom rasponu, P_{\max} se smanjuje na zanemarljivu veličinu. U tim slučajevima, bez obzira na promene H_{cmd} kod skokova uvis, vertikalni impuls sile pokazuje veću korelaciju sa H_{\max} (McBride et al., 2010). To nam može sugerisati da u daljim istraživanjima vertikalni impuls sile može biti varijabla koja bolje opisuje biomehaničke karakteristike SJ, naročito kada se oni izvode sa varijacijom visine početnog položaja (dubine čučnja).

Sva gore navedena saznanja u razlikama između SJ iz *optimalna* H_{cmd} i *izabrani* H_{cmd} mogu sugerisati da postoji urođena sposobnost svakog ispitanika da individualno odredi visinu početnog položaja za izvođenje SJ koja zavisi od njegovih morfoloških i motoričkih karakteristika kao što su dužina nogu, građa mišića, parametri relacije sila – brzina, kao i od prethodnog iskustva sa skokovima uvis. Sve to može preporučiti primenu SJ iz *izabrani* H_{cmd} u budućim istraživanjima, ali i u trenažnoj praksi kako bi se obezbedila što preciznija procena parametara relacije sila – brzina kod sportista.

I pored pretpostavke da će postojati razlike između grupe rukometaša i fizički aktivnih ispitanika u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama skoka uvis iz polučučnja (hipoteza – H3c), kod obe grupe ispitanika zabeleženi su slični rezultati u veličini izmerenih varijabli. Kod grupe rukometaša su zabeležene samo značajno veće vrednosti F_{\max} . Prethodna istraživanja uglavnom ističu da se kod ispitanika koji imaju više iskustva u izvođenju skokova uvis (sportisti), zapažaju značajno veće vrednosti F_{\max} i P_{\max} (Cormie, McBride & McCaulley, 2009; Laffaye, Wagner & Tombleson, 2014). Razlike u kinetičkim i kinematičkim varijablama pri izvođenju skokova uvis se naročito zapažaju u poredjenjima između sportista i fizički aktivnih ispitanika, elitnih i sportista nižeg ranga, a veoma često se ovi rezultati koriste u procesu sportske selekcije talenata (Fry et al., 2006; Gissis et al., 2006; Vizcaya et al., 2009). Sa druge strane poznato je da

sportski trening uzrokuje brojne procese mišićne adaptacije, kao što su nervno-mišićne i druge strukturalne promene. Brojni su trenažni protokoli koji utiču na razvoj F i P naročito kada se kao trenažno sredstvo primenjuju skokovi (Baker, Nance & Moore, 2001; Bourque, 2003; Hakkinen, Komi & Alen, 1985; Harris et al., 2000; Holcomb et al., 1996). Istraživanje govore da se razvoj snage u CMJ naročito postiže primenom pliometrijskog metoda koji podrazumeva velike brzine pokreta (McBride et al., 2002; Wilson et al., 1993), a visoke vrednosti F_{max} u skovima uvis se naročito zapažaju kod treniranih sportista na bazi snage (McBride et al., 1999). Ako se uzme u obzir i prethodna tvrdnja da se H_{max} često tumači kao sposobnost mišića nogu da izraze veliku mišićnu silu i snagu (Gajewski et al., 2017; Komi & Bosco, 1978; Marković et al., 2011), bilo je za očekivati da će se i u ovom istraživanju uočiti veće razlike u kinetičkim i kinematičkim varijablama između grupe rukometaša i fizički aktivnih ispitanika, a ne samo u F_{max} . U prilog ovoj tvrdnji govore i istraživanja koja su zabeležila da vrhunski rukometaši u poređenju sa rukometašima na nižem takmičarskom nivou imaju veće vrednosti kinetičkih karakteristika kao što su eksplozivna snaga mišića gornjih i donjih ekstremiteta, F_{max} i P_{max} koje se ispoljavaju u stalnom kontaktu i interakciji igrača tokom takmičarske aktivnosti (Chelly, Hermassi & Shephard, 2010; Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007; Wallace & Cardinale, 1997).

Zato buduća istraživanja koja će se baviti ispitivanjem razlika u veličini kinetičkih i kinematičkih različitih tipova SJ treba da uključe ispitanike kod kojih je moguće utvrditi veće razlike u veličini praćenih varjabli skoka uvis.

Imajući u vidu sve gore navedene rezultate istraživanja možemo reći da je hipoteza H3 delimično prihvaćena jer nije utvrđena povezanost promene H_{cmd} sa H_{max} i P_{max} . U skladu da dobijenim rezultatima utvrđeno je postojanje *optimalna* H_{cmd} za postizanje H_{max} tako da je potvrđena hipoteza H3b. Hipoteza H3c nije prihvaćena obzirom da nisu zabeležene razlike između grupe rukometaša i fizički aktivnih ispitanika u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama skoka uvis iz polučučnja.

Uprkos novim rezultatima koji su predstavljeni, ovo istraživanje ima nekoliko ograničenja koja bi mogla da budu predmet budućeg istraživačkog rada. Naime, promena u visini početnog položaja se mogu zabeležiti kao posledica treninga ili spoljašnjeg opterećenja, što može dovesti do pokrivanja povećanja H_{max} kada se kao indikatori koriste F_{max} i P_{max} . Iz tog razloga neophodno je da buduća istraživanja ispitaju odnos H_{max} sa F_{max} i P_{max} nakon određenog perioda treninga opterećenja koji je uticao na promenu visine izabranog početnog položaja.

Buduća istraživanja bi trebalo da ispitaju sve rezultate vezane za merenje uticaja početne visine centra mase tela na izvođenje skoka uvis iz polučučnja na većem broju i različitim grupama ispitanika (npr. različite sportske discipline i sportisti različitog ranga). Ona bi mogla da istraže i uzroke dobijenih razlika između *optimalna* H_{cmd} i *izabrani* H_{cmd} , kao i uzroke relativno male osetljivosti H_{max} na promene početne visine centra mase tela za skok uvis.

9. ZAKLJUČAK

Glavni cilj ovog istraživanja bio je da se ispita uticaj promene početne visine centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristike skoka uvis iz polučučnja na različitim grupama ispitanika. Pored toga ovim istraživanjem smo je predstavili rezultate ispitivanja drugih varijabli koje su merene kroz opseg promene početne visine centra mase tela primenom skoka uvis iz polučučnja na grupi rukometaša i fizički aktivnih ispitanika.

Pored toga, ostali ciljevi ovog istraživanja su bili da se:

- Uporedi pouzdanost kinetičkih i kinematičkih karakteristika kod izvođenja skoka uvis iz polučučnja iz standardnog i spontano izabranog početnog položaja;
- Ispitaju razlike u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama kod skoka uvis iz standardnog i spontano izabranog početnog položaja;
- Ispita uticaj početne visine centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristike SJ;
- Ispita uticaj promene visine početnog položaja centra mase tela na kinetičke i kinematičke karakteristika SJ;
- Utvrdi da li postoji optimalna visina početnog položaja centra mase tela pri kojoj se postiže najveća vrednost maksimalne visine skoka;
- Utvrdi da li postoje razlike između grupe rukometaša i fizički aktivnih ispitanika u kinetičkim i kinematičkim karakteristikama SJ.

U skladu sa rezultatima ovog istraživanja možemo zaključiti sledeće:

- SJ iz *izabrani* H_{cmd} može biti pouzdana i održiva alternativa testu SJ iz 90° za procenu kinetičkih i kinematičkih varijabli;
- Varijable: ugao kolena, H_{cmd} , H_{max} , F_{max} i P_{max} imaju veliku pouzdanost u SJ iz 90° H_{cmd} i SJ iz *izabrani* H_{cmd} ;
- Varijable: H_{cmd} , H_{max} , F_{max} i P_{max} imaju veću pouzdanost u SJ iz *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa SJ iz 90° H_{cmd} ;
- Varijabla ugao kolena ima veću pouzdanost u SJ iz 90° H_{cmd} u poređenju sa SJ iz *izabrani* H_{cmd} ;
- Rukometaši i fizički aktivni ispitanici imaju slične rezultate pouzdanosti za varijable: ugao kolena, H_{cmd} , H_{max} , F_{max} i P_{max} ;
- Buduća istraživanja treba da uključe grupe ispitanika kod kojih mogu da se utvrde veće razlike u veličini kinetičkih i kinematičkih karakteristika SJ iz 90° H_{cmd} i SJ iz *izabrani* H_{cmd} ;
- Postoji značajan uticaj tipa SJ na varijable: ugao kolena, H_{cmd} , F_{max} i P_{max} ;
- Visina početnog položaja centra mase tela je viša u SJ iz *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa SJ iz 90° H_{cmd} ;
- U početnom položaju za izvođenje SJ iz *izabrani* H_{cmd} ugao kolena je veći od 90° ;
- Vrednosti F_{max} i P_{max} su veće u SJ iz *izabrani* H_{cmd} ;
- Nema razlike u H_{max} u SJ iz 90° H_{cmd} i SJ iz *izabrani* H_{cmd} ;
- Veličina H_{max} se zanemarljivo menja sa promenama H_{cmd} u relativno širokom intervalu;
- Postoji *optimalna* H_{cmd} za postizanje najviše vrednosti H_{max} ;

- Postoji razlika između *optimalna* H_{cmd} i *izabrani* H_{cmd} ;
- Ispitanici zauzimaju značajno više početne položaje (manja dubina čučnja) u *izabrani* H_{cmd} u poređenju sa *optimalna* H_{cmd} ;
- Značajno su veće razlike u visini početnog položaja između *izabrani* H_{cmd} i *optimalna* H_{cmd} kod grupe fizički aktivnih ispitanika u odnosu na grupu rukometaša;
- Uticaj *optimalna* H_{cmd} na H_{max} u izvođenju skokova uvis iz polučučnja je relativno mali. Izvođenjem SJ iz *optimalna* H_{cmd} grupa rukometaša bi u proseku postigla veći rezultat H_{max} za 1.1 cm; dok bi grupa fizički aktivnih ispitanika bi u proseku postigla veći rezultat za 0.8 cm;
- Postoji velika povezanost F_{max} sa promenom H_{cmd} ;
- Vrednosti se F_{max} smanjuju sa snižavanjem H_{cmd} ;
- Postoji mala povezanost P_{max} sa promenom H_{cmd} ;
- Vrednosti se P_{max} su sa promenom H_{cmd} gotovo nepromenjene;

10. ZNAČAJ STUDIJE I MOGUĆA PRAKTIČNA I TEORIJSKA PRIMENA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Imajući u vidu da se do sada relativno mali broj istraživanja bavio izučavanjem prednosti SJ iz spontano izabranog početnog položaja u odnosu na standardizovani, a naročito ispitivanjem mogućnosti određivanja optimalne početne pozicije za izvođenje SJ, očekuje se da će rezultati ovog istraživanja imati kako teorijski tako i praktični značaj. Teorijska vrednost predsatvljenih nalaza ovog istraživanja se tiče boljeg razumevanja uticaja početnog položaja na ispoljavanje kinetičkih i kinematičkih karakteristika tokom skoka uvis, sa posebnim osvrtom na mogućnost procene i praktični značaj optimalne početne pozicije za izvođenje SJ. Uzimajući u obzir da se prethodna istraživanja nisu time bavila, od posebnog je značaja što su u ovom istraživanju detaljno proverene metrijske karakteristike *izabrani* H_{cmd} za izvođenje SJ s obzirom da ima realnu ekološku validnost.

Sa praktičnog aspekta, rezultati ovog istraživanja ukazuju na neophodnost promene standardne procedure za izvođenje SJ po kojoj ispitanik biva navođen do zauzimanja određenog početnog položaja, što iziskuje dosta vremena. Osim toga, takva procedura iziskuje korišćenje instrumenata (goniometar, uglomer) i angažovanje većeg broja merilaca za vreme istraživanja. Veoma često pažnja ispitanika je usmerena više na tačno zauzimanje početnog položaja (90°) nego na maksimalno izvođenje samog skoka, čime se ne dobija validan rezultat koji bi trebalo da oslika one karakteristike koje su predmet procene. Pored toga javlja se još jedan problem kada su u pitanju kontrola uglova u drugim susednim zglobovima (skočni zglob, kuk, međupršljenski zglobovi kičme) što posledično dovodi do angažovanja i drugih mišićnih grupa osim mišića nogu. Produžavanje vremena za pripremu svakog pojedinačnog skoka dok se ne zauzme pravilan početni položaj (90° u zglobu kolena), može dovesti do mišićnog zamora koji će negativno uticati na objektivnost dobijenih rezultata. Zbog toga, izvođenje skoka iz spontano izabranog početnog položaja (*izabrani* H_{cmd}) bi moglo da obezbedi daleko jednostavniju, bržu i ekološki validniju proceduru testiranja nego što je to slučaj kada se koristi standardizovani SJ.

Značajan nalaz ovog istraživanja je da spontano izabrani početni položaj za skok uvis iz polučučnja podrazumeva viši položaj centra mase tela, odnosno veći ugao u zglobu kolena u poređenju sa standardnim testom SJ iz 90° . Promena u visini početnog položaja nije uticala na visinu skoka, ali su zato zabeležene veće vrednosti F_{max} i P_{max} . Međutim promena u visini početnog položaja kao posledica treninga ili spoljašnjeg opterećenja mogu dovesti do preopkrivanja povećanja H_{max} kada se kao indikator koriste F_{max} i P_{max} . Iz tog razloga F_{max} i P_{max} ne bi trebalo da budu jedine varijable kojima se vrši procena skokova uvis.

Sa druge, ispitanici kada imaju slobodu, spontano biraju početne položaje za skok uvis na osnovu njihovih individualnih morfoloških i motoričkih razlika. Još značajnije je da takvi položaji omogućavaju postizanje većih vrednosti kinetičkih i kinematičkih varijabli kao što su F_{max} i P_{max} . S obzirom da vrednosti F_{max} i P_{max} variraju sa promenom visine početnog položaja neophodno je da treneri i istraživači u skladu sa tim saznanjem pokažu određeni oprez kada je u pitanju tumačenje rezultata dobijenih na osnovu bazičnih testova skokova uvis. Ovo je od posebne važnosti kada se F_{max} i P_{max} koriste kao osnovne varijable za procenu karakteristika mišića nogu ili procenu trenažnih i rehabilitacionih protokola za razvoj sile i snage. Iz tog razloga kao veoma čest savet tokom ispitivanja biomehaničkih karakteristika skokova uvis ili trenažnih aktivnosti može se

čuti da ispitanici i sportisti treba uvek da zauzimaju istu visinu početnog položaja kako bi kinetičke varijable skokova uvis bile pod kontrolom. Sa tim u vezi ohrabruje činjenica da sportisti, a tako i fizički aktivni ispitanici pokazuju veliku konzistentnost u slobodnom izboru visine početnog položaja. Sa druge strane takav pristup u trenažnoj praksi omogućava ispunjenje principa individualizacije koji može imati veliki uticaj na planiranje procesa treninga i takmičenja, ali i na druge povezane oblasti koje su od velike važnosti za proces upravljanja trenažnog procesa (npr.rehabilitacija).

Pored promene početne visine centra mase, uticaj na kinetičkih i kinematičkih varijabli mogu imati i metodološka uputstva koja se daju za vreme izvođenja skokova. Tako povratne informacije o visini skoka mogu motivisati ispitanike i sportiste da budu motivisaniji za svaki naredni pokušaj što rezultira povećanjem vrednosti praćenih varijabli. Bez obzira da li su u pitanju psihološki ili neki drugi mehanizmi oni svakako mogu imati praktičan značaj za naučno-istraživački rad ali i za sportsku trenažnu praksu. Ostaje samo da se proveru u budućim istraživanjima da li ovakva metodološka uputstva mogu imati isti efekat kod sportista različitog ranga, iskustva i pola.

I pored toga što je utvrđeno postojanje optimalne početne visine centra mase koja se razlikuje u odnosu na spontano-izabrani početni položaj, njen uticaj na postizanje veće vrednosti visine skoka je relativno mali kada su u pitanju skokovi uvis iz polučučnja koji su izvodili ispitanici različitog nivoa treniranosti. Sa druge strane značaj ovog nalaza može imati svoju praktičnu primenu u trenažnoj praksi naročito u sportovima gde se skokovi uvis imaju čestu primenu u procesu treninga i takmičenja (rukomet, košarka, odbojka). Individualan pristup u treningu sportista u određivanju spontanog, odnosno njihovog optimalnog položaja za izvođenje skokova uvis u trenažnoj praksi može dovesti do morfoloških adaptacija mišića i razvoja motoričkih karakteristika čime se može pozitivno uticati na efikasnost trenažnog procesa kada je u pitanju razvoj sposobnosti neophodnih za povećanje visine skoka.

Bez obzira na karakter predstavljenih nalaza, oni će pomoći da se definišu novi problemi, koji će pomoći da se napravi napredak u ovoj relativno novoj problematici. S obzirom da promena u visini početnog položaja kao posledica treninga ili spoljašnjeg opterećenja, mogu dovesti do zbunjujućih efekata na promene F_{max} i P_{max} , neophodno je da buduća istraživanja ispitaju odnos H_{max} sa F_{max} i P_{max} nakon određenog perioda treninga opterećenja koji je uticao na promenu visine izabranog početnog položaja. Sa druge strane da bi se omogućila procena maksimalnog kapaciteta mišića da izraze silu, brzinu i snagu kroz relaciju sila-brzina neophodno je da se izvrši procena skokova sa najmanje dva opterećenja, na primer bez opterećenja, nakon čega sledi skok sa opterećenjem. S obzirom da se ove promene javljaju i kod sportista koji često primenjuju skokove uvis i trening opterećenja pri većim dubinama čučnja, neophodno je da buduća istraživanja uključe različite grupe vrhunskih sportista po kriterijumu različitog iskustva u primeni skokova uvis.

S obzirom da je u ispitivanju uticaja promene početne visine centra mase tela na P_{max} utvrđena mala povezanost, deluje da P_{max} kao indikator H_{max} pokazuje svoje slabosti i da u tom slučaju vertikalni impuls sile može imati bolju primenu. Zato je neophodno da u budućim istraživanjima, vertikalni impuls sile bude jedna od praćenih varijabli skokova uvis, naročito kada se oni izvode sa varijacijom početne visine centra mase tela.

Buduća istraživanja bi mogla da ispitaju sve dobijene rezultate na većem broju i različitim grupama ispitanika. Ona bi mogla da istraže i uzroke dobijenih razlika između *optimalna* H_{cmd} i *izabrani* H_{cmd} , kao i uzroke relativno male osetljivosti H_{max} na promene početne visine centra mase tela za skok uvis.

LITERATURA

- Acero, R. M., Fernández-del Olmo, M., Sánchez, J. A., Otero, X. L., Aguado, X., & Rodríguez, F. A. (2011). Reliability of Squat and Countermovement Jump Tests in Children 6 to 8 Years of Age. *Pediatric exercise science*, 23(1), 151-160.
- Asmussen, E., Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in 12 skeletal muscles in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 91(3), 13 385-92.
- Aragon-Vargas, L.F (2000). Evaluation of Four Vertical Jump Tests: Methodology, Reliability, Validity, and Accuracy. *Meas Phys Educ Exerc Sci*.;4(4):215–228.
- Argus, C., Mitchel, D.J., Chapman, D. W. (2014). The effect of initial knee angle on the reliability of variables derived from a squat jump. *Medicina Sportiva*, 18(4), 125–130.
- Baker, D., Nance, S, Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *J Strength Cond Res* 15(1):92–97
- Balsalobre-Fernandez, C., Tejero-Gonzalez, C. M., Del Campo-Vecino, J., & Bavaresco, N. (2014). The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 528-533.
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., Lockey, R.A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci*.;33(15):1574–1579.
- Beckham, G.K., Suchomel, T.J., Sole, C.J., Bailey, C.A., Grazer, J.L., Kim, S.B., Talbot, K.B., Stone, M.H. (2018). Influence of sex and maximum strength on reactive strength index-modified. In Proceedings of the National Strength and Conditioning Association's 41st Annual Meeting, Indianapolis, IN, USA.
- Bencke, J., Damsgaard, R., Sackmose, A., Jorgensen, P., Jorgensen, K., Klausen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 year old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, and swimming. *Scandi-navian Journal of Medicine and Science in Sports* 12: 171–178.
- Bere, T., Alonso, J.M., Wangensteen, A., et al. (2015). Injury and illness surveillance during the 24th Men's Handball World Championship 2015 in Qatar. *Br J Sports Med*.;49(17):1151-1156.
- Berger, R.A. (1963). Effects of dynamic and static training on vertical jumping ability. *Res Q*; 34 (4): 419-24
- Bobbert, M. F., Casius, L. J., Sijpkens, I. W., Jaspers, R. T. (2008). Humans adjust control to initial squat depth in vertical squat jumping. *J Appl Physiol* 105(5), 1428-1440.
- Bosco, C., Luhtanen, P., Komi, P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 50:273–282.

- Bourque, P.J. (2003). Determinants of load at peak power during maximal effort squat jumps in endurance and power trained athletes. Dissertation, University of New Brunswick, Fredericton.
- Brady, C., Comyns, T., Harrison, A., & Warrington, G. (2017). Focus of attention for diagnostic testing of the force-velocity curve. *Strength and Conditioning Journal*, 39, 57–70.
- Cardinale, M. (2014). Strength training in handball. *Aspetar Sports Medicine Journal*, 3(3), 130–134.
- Cardinale, M., Whiteley, R., Hosny, A. A., Popovic, N. (2017). Activity Profiles and Positional Differences of Handball Players During the World Championships in Qatar 2015. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7), 908–915.
- Casartelli, N., Muller, R., Maffiuletti, N. A. (2010). Validity and reliability of the myotest accelerometric system for the assessment of vertical jump height. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(11), 3186–3193.
- Chelly, M.S., Hermassi, S., Shephard, R.J. (2010). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 24: 1480–1487
- Chimera, N.J., Swanik, K.A., Swanik, C.B., et al. (2004). Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *J Athl Train*; 39 (1):24–31
- Choukou, M. A., Laffaye, G., Taiar, R. (2014). Reliability and validity of an accelerometric system for assessing vertical jumping performance. *Biology of Sport*, 31(1), 55–62.
- Claudino, J.G., Cronin, J., Mezencio, B., McMaster, D.T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A.C., Serrao, J.C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *J Sci Med Sport* 20: 397–402.
- Cormie, P., McBride, J.M., McCaulley, G.O. (2009). Power-time, force-time and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: impact of training. *J Strength Cond Res.*;23:177–186.
- Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R., Doyle, T. L. A. (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3, 131–144.
- Cormie, P., McGuigan, MR., Newton, RU. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 1-biological basis of maximal power production. *Sports Med.*;41(1):17–38.
- Cuk, I., Markovic, M., Nedeljkovic, A., Ugarkovic, D., Kukolj, M., Jaric, S. (2014). Force-velocity relationship of leg extensors obtained from loaded and unloaded vertical jumps. *Eur J Appl Physiol*; 114: 1703–1714
- Davids, K., Glazier, P., Araujo, D., Bartlett, R. (2003). Movement systems as dynamical systems: The functional role of variability and its implications for sports medicine. *Sports Medicine*, 33, 245–260.

- De Ruiter, C.J., Van Leeuwen, D., Heijblom, A., Bobbert, M.F., De Haan, A. (2006). Fast unilateral isometric knee extension torque development and bilateral jump height. *Med Sci Sports Exerc* 38: 1843–1852
- Detanico D, Piucco T, Reis D, Mello G, Santos Sg. (2009) Association between injuries occurrence and numbers of jumps in amateur court game athletes during matches. *The FIEP Bulletin*, v. 79,p. 36-40
- Domire, Z. J., & Challis, J. H. (2007). The influence of squat depth on maximal vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 25, 193–200.
- Dowling, J.J., Vamos, L. (1993). Identification of kinetic and temporal factor related to vertical jump performance. *J Appl Biomech.*;9:95–110
- Driller, M., Tavares, F., McMaster, D., O'Donnell, S. (2017). Assessing a smartphone application to measure countermovement jumps in recreational athletes. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 12(5).
- Espana-Romero, V., Artero, E.G., Jimenez-Pavon, D., Cuenca-Garcia, M., Ortega, F.B., (2010). Castro-Pinero, J., Sjostrom, M., Castillo-Garzon, M.J., Ruiz, J.R. Assessing health-related fitness tests in the school setting: Reliability, feasibility and safety; the ALPHA study. *Int J Sports Med* 31: 490–497
- Feeney, D., Stanhope, S. J., Kaminski, T. W., Machi, A., Jaric, S. (2016). Loaded vertical jumping: Force-velocity relationship, work, and power. *Journal of Applied Biomechanics*, 32, 120–127.
- Fernandez-Santos, J. R., Ruiz, J. R., Cohen, D. D., Gonzalez-Montesinos, J. L., & Castro-Pinero, J. (2015). Reliability and Validity of Tests to Assess Lower-Body Muscular Power in Children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2277-2285.
- Fitzgerald, J.S., Johnson, L.A., Tomkinson, G., Stein, J., Roemmich, J.N. (2017). Test-retest reliability of jump execution variables using mechanography: a comparison of jump protocols. *J Sports Sci.* Epub ahead of print.
- Fry, A.C., Ciroslan, D., Fry, M.D., LeRoux, C.D., Schilling, B.K., Chiu, L.Z.F. (2006). Anthropometric and performance variables discriminating elite American junior men weightlifters. *J Strength Cond Res* 20: 861–866
- Fulton, S.K., Pyne, D., Hopkins, W., Burkett, B. (2009). Variability and progression in competitive performance of Paralympic swimmers. *J Sports Sci* 27: 535–539
- Gajewski, J., Michalski, R., Busko, K., Mazur-Rozycka, J., Staniak, Z. (2018). Countermovement depth - a variable which clarifies the relationship between the maximum power output and height of a vertical jump. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 20, 127–134.
- Gorostiaga, E.M., Granados, C., Ibanez, J., Gonzalez-Badillo, J.J., Izquierdo, M. (2006). Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Med Sci Sports Exerc* 38:357–366

- Gabbett, T., Georgieff, B., & Domrow, N. (2007). The use of physiological, anthropometric, and skill data to predict selection in a talent-identified junior volleyball squad. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1337-1344.
- García-Ramos, A., Janicijevic, D., Cobo-Font, J., Marcos-Frutos, D., Fernandes, J.F.T., Taube, W., Pérez-Castilla, A. (2020). Knowledge of results during vertical jump testing: an effective method to increase the performance but not the consistency of vertical jumps, *Sports Biomechanics*.
- García-Lopez, J., Peleteiro, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., Morante, J. C., Herrero, J. A., & Villa, J. G. (2005). The Validation of a New Method that Measures Contact and Flight Times During Vertical Jump. *International Journal of Sports Medicine*, 26(4), 294-302.
- García-Ramos, A., Feriche, B., Pérez-Castilla, A., Padial, P., Jaric, S. (2017). Assessment of leg muscles mechanical capacities: Which jump, loading, and variable type provide the most reliable outcomes? *Eur J Sport Sci* 17: 690–698
- García-Ramos, A., Padial, P., Fuente, B., Argüelles-Cienfuegos, J., Bonitch-Gongora, J., Feriche, B. (2016). Relationship between vertical jump height and swimming start performance before and after an altitude training camp. *J Strength Cond Res* 30: 1638–1645
- García-Ramos, A., Štirn, I., Padial, P., Argüelles-Cienfuegos, J., De la Fuente, B., Strojnik, V., et al. (2015). Predicting vertical jump height from bar velocity. *J Sport Sci Med* 14: 256–262
- Gheller, R.G., Dal Pupo, J., Ache-Dias, J., Detanico, D., Padulo, J., Dos Santos, S.G. (2015). Effect of different knee starting angles on intersegmental coordination and performance in vertical jumps. *Hum Mov Sci* 42: 71–80.
- Giroux, C., Rabita, G., Chollet, D., Guilhem, G. (2014). What is the best method for assessing lower limb force-velocity relationship? *International Journal of Sports Medicine*, 36(2), 143–149.
- Gissis, I., Papadopoulos, C., Kalapotharakos, V.I., Sotiropoulos, A., Komsis, G., Manolopoulos, E. (2006). Strength and speed characteristics of elite, subelite, and recreational young soccer players. *Res Sports Med*: 14: 205–214.
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 556-560.
- Gorostiaga, E.M., Granados, C., Ibanez, J., Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med* 26: 225–232
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibanez, J., Bonnabau, H., Gorostiaga, E.M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *Int J Sports Med* 28: 860–867

- Hakkinen, K., Komi, P.V., Alen, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiol Scand*; 125 (4):587-600
- 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 methods. *J Strength Cond Res* 14: 14–20.
- Hébert-Losier, K., & Beaven, C. M. (2014). The MARS for squat, counter-movement, and standing long jump performance analyses: Are measures reproducible? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(7), 1849–1857.
- Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proc R Soc Med* 126, 136-195.
- Holcomb, W.R., Lander, J.E., Rutland, R.M., Wilson, D. (1996). The effectiveness of a modified plyometric program on power and the vertical jump. *J Strength Cond Res* 10: 89–92.
- Hoppe, M.W., Barnics, V., Freiwald, J., Baumgart, C. (2020). Contrary to endurance, power associated capacities differ between different aged and starting-nonstarting elite junior soccer players. *PLoS One*. Apr 28;15(4)
- Hopkins, W.G., Marshall, S.W., Batterham, A.M., Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc* 41: 3–13
- Jacobs, I., Westlin, N., Rasmusson, M., Houghton, B. (1982). Muscle AU11 glycogen and diet in elite players. *Eur J Appl Physiol* 297–302
- Janicijevic, D., Knezevic, O. M., Mirkov, D. M., Pérez-Castilla, A., Petrovic, M., Samozino, P., Garcia-Ramos, A. (2019a). Assessment of the force-velocity relationship during vertical jumps: influence of the starting position, analysis procedures and number of loads. *European Journal of Sport Science*, In press.
- Janicijevic, D., Knezevic, O., Mirkov, D., Pérez-Castilla, A., Petrovic, M., García-Ramos, A. (2019b): Magnitude and reliability of mechanical outputs obtained during loaded squat jumps performed from different knee angles, *Sports Biomechanics*
- Janicijevic, D., Knezevic, O., Mirkov, D., Pérez-Castilla, A., Petrovic, M., Samozino, P., García-Ramos, A. (2020): The force–velocity relationship obtained during the squat jump exercise is meaningfully influenced by the initial knee angle, *Sports Biomechanics*
- Jaric, S. (2003). Role of body size in the relation between muscle strength and movement performance. *Exerc Sport Sci Rev* 31: 8–12
- Jaric, S. (2015). Force-velocity relationship of muscles performing multi-joint maximum performance tasks. *Int J Sports Med* 36: 699–704
- Jaric, S. (2016). Two-load method for distinguishing between muscle force, velocity, and power-producing capacities. *Sports Med* 46: 1585–1589

- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., Morin, J.B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Front Physiol* 7: 677
- Karcher C., Buchheit M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Med*; In press.
- Keller, M., Lauber, B., Gottschalk, M., Taube, W. (2015). Enhanced jump performance when providing augmented feedback compared to an external or internal focus of attention. *Journal of Sports Sciences*, 33, 1067–1075.
- Kibele, A. (1998). Possibilities and Limitations in the Biomechanical Analysis of Countermovement Jumps. *Journal of applied biomechanics*, 14(1), 105.
- Kirby, T. J., McBride, J. M., Haines, T. L., & Dayne, A. M. (2011). Relative net vertical impulse determines jumping performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 27, 207–214.
- Knight, R. (1995). The vector knowledge of beginning physics students, *Phys. Teach.* 33, 74.
- Komi, P.V., Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports* 10: 261–265
- Kukolj, M. (2006). *Antropomotorika: Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.*
- Laffaye, G., Wagner, P.P., Tombleson, T.I. (2014). Counter-movement jump height: gender and sport-specific differences in the force-time variables. *J Strength Cond Res*; 28:1096–1105.
- Linthorne, N.P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *Am J Phys* 69: 1198–1204
- Loturco, I., Winckler, C., Kobal, R., Cal Abad, C.C., Kitamura, K., Veríssimo, A.W., Pereira, L.A., Nakamura, F.Y. (2015). Performance changes and relationship between vertical jump measures and actual sprint performance in elite sprinters with visual impairment throughout a Parapan American games training season. *Front Physiol* 6: 323
- Magrini, M. A., Colquhoun, R. J., Sellers, J. H., Conchola, E. C., Hester, G. M., Thiele, R.M., Smith, D. B. (2017). Distinguishing playing status through a functionally relevant performance measure in female division I collegiate soccer athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Mandic, R., Jakovljevic, S., Jaric, S. (2015). Effects of countermovement depth on kinematic and kinetic patterns of maximum vertical jumps. *J Electromyogr Kinesiol* 25: 265–272
- Mandic, R., Knezevic, O.M., Mirkov, D.M., Jaric, S. (2016). Control strategy of maximum vertical jumps: The preferred countermovement depth may not be fully optimized for jump height. *J Hum Kinet* 52: 85–94
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res* 18: 551–555

- Markovic, G., Vuk, S., Jaric, S. (2011). Effects of jump training with negative versus positive loading on jumping mechanics. *Int J Sports Med* 32: 365–372
- Markovic, S., Mirkov, D.M., Knezevic, O.M., Jaric, S. (2013). Jump training with different loads: Effects on jumping performance and power output. *Eur J Appl Physiol* 113: 2511–2521
- Mata Vulj, D., Kukulj, M., Ugarkovic, D., et al. (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*; 41 (2):159-64.
- McBride, J.M., Kirby, T.J., Haines, T.L., Skinner, J. (2010). Relationship between relative net vertical impulse and jump height in jump squats performed to various squat depths and with various loads. *Int J Sports Physiol Perform.*;5(4):484–96.
- McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A., Newton, R.U. (1999). A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters and sprinters. *J Strength Cond Res* 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. *J Strength Cond Res* 16: 75–82.
- McGuigan, M.R., Doyle, T.L.A., Newton, M., Edwards, D.J., Nimphius, S., Newton, R.U. (2006). Eccentric utilization ratio: effect of sport and phase of training. *J Strength Cond Res* 20:992–995
- McMahon, J.J., Murphy, S., Rej, S.J.E., Comfort, P. (2017 a). Countermovement-jump-phase characteristics of senior and academy rugby league players. *Int J Sport Physiol Perform* 12: 803–811
- McMahon, J., Rej, S., Comfort, P. (2017 b). Sex differences in countermovement jump phase characteristics. *Sports* 5: 8
- McMaster, D.T., Gill, N., Cronin, J., McGuigan, M. (2014). A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. *Sports Med* 44: 603–623.
- Mitchell, L.J., Argus, C.K., Taylor, K.L., Sheppard, J.M., Chapman, D.W. (2017). The effect of initial knee angle on concentric-only squat jump performance. *Res Q Exerc Sport* 88: 184–192
- Moir, G.L. (2008a). Three Different Methods of Calculating Vertical Jump Height from Force Platform Data in Men and Women, *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 12:4, 207-218.
- Moir, G.L. (2008b). Intra-session reliability of vertical jump height recorded from a force plate in men and women. *Research Quarterly for Exercise Sport*,
- Nagata, A., Doma, K., Yamashita, D., Hasegawa, H., & Mori, S. (2018). The effect of augmented feedback type and frequency on velocity-based training-induced adaptation and retention. *Journal of Strength and Conditioning Research*.

- Nuzzo, J.L., Anning, J.H., Scharfenberg, J.M. (2011). The reliability of three devices used for measuring vertical jump height. *J Strength Cond Res* 25: 2580–2590.
- Newton, R. U., Kraemer, W. J., & Hakkinen, K. (1999). Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Med Sci Sports Exerc*, 31(2), 323-330.
- O’Shea, S., Morris, M.E., Ianse, R. (2002). Dual task interference during gait in people with Parkinson disease: effects of motor versus cognitive secondary tasks. *Phys Ther* 82: 888–897
- Padulo, J., Tiloca, A., Powell, D., Granatelli, G., Bianco, A., Paoli, A. (2013) EMG amplitude of the biceps femoris during jumping compared to landing movements. *Springerplus* 2: 520.
- Perez-Castilla, A., McMahon, J.J., Comfort, P., Garcia-Ramos, A. (2017). Assessment of loaded squat jump height with a free-weight barbell and Smith machine: comparison of the takeoff velocity and flight time procedures. *J Strength Cond Res.*, Epub ahead of print.
- Peterson, M.D., Alvar, B.A., Rhea, M.R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *J Strength Cond Res.*;20:867–873.
- Pori, P., Bon, M., Sibila, M. (2005). Jump shot performance in team handball: a kinematic model evaluated on the basis of expert modelling. *Kinesiology*; 37:40-49.
- Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., Gill, N. D., & Pedersen, M. C. (2011b). Reliability of performance velocity for jump squats under feedback and nonfeedback conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 3514–3518.
- Requena, B., Requena, F., García, I., de Villarreal, E. S.-S., Pääsuke, M. (2012). Reliability and validity of a wireless microelectromechanicals based system (Keimove™) for measuring vertical jumping performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(1), 115-122.
- Richter, A. (2011). Aspekte der Sprungkraft und Sprungkraftdiagnostik unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung im Kindes- und Jugendalter, (Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, Deutschland). Zugriff unter <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000023198> Sattler, Tine, Hadzic, Vedran,
- Romero-Franco, N., Jiménez-Reyes, P., Castaño-Zambudio, A., et al. (2017) .Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference methods. *Eur J Sport Sci.*;17(4):386-392.
- Rousanoglou, E.N., Georgiadis, G.V., Boudolos, K.D. (2008). Muscular strength and jumping performance relationships in young women athletes. *J Strength Cond Res.*;22:1375–1378.
- Sale, D.G. (1987). Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exerc Sport Sci Rev*; 15: 95-151
- Salmon, A. W., Schmidt, R. A., Walter, C. B. (1984). Knowledge of results and motor learning: review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95, 355–386.

- Samozino, P., Morin, J.B., Hintzy, F., Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *J Biomech* 41: 2940–2945
- Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., & Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(4), 572-577.
- Sheppard, J.M. Doyle, T.L. (2008). Increasing compliance to instructions in the squat jump. *J Strength Cond Res* 22: 648–651
- Sole, C. J., Suchomel, T. J., Stone, M. H. (2018). Preliminary Scale of Reference Values for Evaluating Reactive Strength Index-Modified in Male and Female NCAA Division-I athletes. *Sports* 6, 133.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*; 35:1025-1044.
- Stanton, R., Kean, C.O., Scanlan, A.T.. (2015). My Jump for vertical jump assessment. *Br J Sports Med.*; doi:10.1136/bjsports-2015-094831.PubMed
- Vanderka, M., Bezák, A., Longová, K., Krčmár, M., & Walker, S. (2018). Use of visual feedback during jump-squat training aids improvement in sport-specific tests in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. In press.
- Van Hooren, B., Bosch, F. (2016). Influence of muscle slack on high-intensity sport performance: a review. *Strength Cond J* 38: 75–87
- Van Hooren, B., Zolotarjova, J. (2017). The difference between countermovement and squat jump performances: a review of underlying mechanisms with practical applications. *J Strength Cond Res* 31: 2011–2020
- Vila, H., Machado, C., Rodriguez, N., Abraldes, J.A., Alcaraz, P.E., Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *J Strength Cond Res* 26 (8): 2146–2155
- Vint, P.F., Hinrichs, R.N. (1996). Differences between one-foot and two-foot vertical jump performances. *J Appl Biomech* 12: 338–358.
- Vizcaya, F.J., Viana, O., del Olmo, M.F., Acero, R.M. (2009). Could the deep squat jump predict weightlifting performance? *J Strength Cond Res* 23: 729–734.
- Wagner H., Müller E. (2008). The effects of differential and variable training on the quality parameters of a handball throw. *Sports Biomech*; 7:54-71.
- Walchli, M., Ruffieux, J., Bourquin, Y., Keller, M., & Taube, W. (2016). Maximizing performance: Augmented feedback, focus of attention, and/or reward? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48, 714–719.
- Wallace, M.B., Cardinale, M. (1997). Conditioning for team handball. *Strength Cond J* 19: 7–12.

- Weakley, J., Till, K., Sampson, J., Banyard, H., Leduc, C., Wilson, K., Roe, G., Jones, B. (2019). The effects of augmented feedback on sprint, jump, and strength adaptations in rugby union players following a four week training programme. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14, 1205–1211.
- Wilson, G.J., Newton R.U., Murphy, A.J., Humphries, B.J. (1993). The optimal load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sport Exerc* 25: 1279–1286.
- Winter, D.A. (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. Fourth Edition. New York: Wiley
- Winter, E.M, Abt, G., Brookes, F.B.C., Challis, J.H., Fowler, N.E., Knudson, D.V., Knuttgen, H.G., Kraemer, W.J., Lane, AM., van Mechelen, W., Morton, R.H., Newton, R.U., Williams, C., Yeadon, M.R. (2016). Misuse of “Power” and other mechanical terms in Sport and Exercise Science Research. *J Strength Cond Res* 30: 292–300
- Young, W., Macdonald, C., Heggen, T., Fritzpatrik, J. (1997). An evaluation of the specificity, validity and reliability of jumping tests. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 37:240–245.

PRILOZI

PRILOG 1: Kopija saglasnosti Etičke komisije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu za realizaciju istraživanja

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA
ETIČKA KOMISIJA

Република Србија
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА
02
Бр. 1745-2
26. 9. 2016. год
БЕОГРАД, Београдска Палата 156

Predmet - Na zahtev zaveden pod brojem 02-1745-1 od 30. 8. 2016. godine, koji je podneo ass. Milan Petronijević, Etička komisija Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu daje

S A G L A S N O S T

Za realizaciju istraživanja u okviru projekta pod nazivom „Mišićni i neuralni faktori humane lokomocije i njihove adaptivne promene“ (broj IO175037, rukovodilac van. prof. dr Aleksandar Nedeljković) odobrenog i finansiranog od Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

O b r a z l o ž e n j e

Na osnovu uvida u nacrt istraživanja koji je priložen uz zahtev Etičkoj komisiji za dobijanje saglasnosti za realizaciju istraživanja u okviru navedenog projekta (broj IO175037), Etička komisija Fakulteta iznosi mišljenje da se, kako u konceptu tako i u planiranju realizacije istraživanja i primene dobijenih rezultata, polazilo od principa koji su u skladu sa etičkim standardima, čime se obezbeđuje zaštita ispitanika od mogućih povreda njihove psiho-socijalne i fizičke dobrobiti.

U skladu sa iznetim mišljenjem Etička komisija Fakulteta daje saglasnost za realizaciju istraživanja planiranog u gore navedenom projektu.

U Beogradu 31. 8. 2016.

Za Etičku komisiju

Članovi

1. red. prof. dr Dušanka Lazarević



2. red. prof. dr Dušan Ugarković

3. red. prof. dr Vladimir Koprivica

PRILOG 2: Kopija formulara sa saglasnost ispitanika sa eksperimentalnom procedurom**FORMULAR ZA SAGLASNOST SA EKSPERIMENTALNOM PROCEDUROM**
Istraživačkog projekta za izradu doktorske disertacije

Istraživački tim: Ass. Milan Petronijević
 Ass Msc Nikola Majstorović
 Prof. dr Dragan Mirkov
 Prof. dr Slobodan Jarić
 N. sar. dr Olivera Knežević

IME ISPITANIKA: _____

1. NAMENA I OPIS ISTRAŽIVANJA

Pozvani ste da učestvujete u istraživačkom projektu Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu. Cilj projekta je ispitivanje uticaja dubine počučnja (visine centra mase tela) na maksimalnu visinu skoka iz počučnja, pouzdanosti odabranih kinematičkih i kinetičkih varijabli, razlika u maksimalnoj visini skoka iz počučnja i povezanosti jačine nogu sa visinom skoka iz spontano izabranog položaja.

Vi ćete biti jedan od najmanje 30 zdravih ispitanika muškog pola, starosti od 18 do 30 godina. Ispitanici će biti podjeljeni u 2 grupe. Prvu će činiti sportisti – rukometaši, dok će drugu, kontrolnu grupu, činiti neaktivni ispitanici. Pored analize skokova, biće izvršena antropometrijska merenja (visina i masa tela, procena sastava tela) kao i procena jačine mišića nogu, opružača u zglobu kolena i procena pokretljivosti u zglobu kuka i skočnom zglobu.

Vaše učešće u ovom istraživačkom projektu podrazumeva dva dolaska, između kojih mora biti najmanje 48h pauze. U ovom istraživanju ćemo procenjivati efekte visine centra mase tela (Hcmd) na maksimalnu visinu skoka iz počučnja, izvođenjem skokova iz različitih početnih položaja. Pored toga, biće izvršena procena jačine mišića nogu testom potisak nogama, procena jačine mišića opružača kolena i merenje obima pokreta u skočnom zglobu i zglobu kuka.

2. USLOVI UČESĆA U ISTRAŽIVANJU

Svi rezultati i informacije koji budu prikupljeni ovim istraživanjem biće tretirani kao poverljivi. Vi lično nećete moći da budete identifikovani kao učesnik, izuzev po vašem broju/šifri koja će biti poznata samo istraživačima. U slučaju povrede primićete prvu pomoć. Ako vam bude potrebna dodatna medicinska pomoć, vi ćete biti za nju odgovorni. Imaćete pravo da prekinete vaše učešće u eksperimentu u bilo kom trenutku.

Strana 1 od 2

Inicijali ispitanika _____



Scanned with
CamScanner

FORMULAR ZA SAGLASNOST SA EKSPERIMENTALNOM PROCEDUROM
Istraživačkog projekta za izradu doktorske disertacije

3. KRITERIJUMI ZA UČEŠĆE U STUDIJI

U studiji nećete moći da učestvujete kao ispitanik ukoliko imate bilo kakva kardiovaskulama ili neurološka oboljenja, ili bilo kakve povrede koje utiču na rezultat eksperimenta ili mogu da budu pogoršane angažovanjem u ovom istraživanju.

4. RIZIK I BENEFICIJE

MOGUĆI RIZIK: Kao kod bilo kakvog vežbanja, postoji rizik pojave mišićnog zamora i upale. Međutim, oba faktora su prolazna i bez posledica.

MOGUĆE BENEFICIJE:

5. KONTAKTI

U slučaju da imate bilo kakvo pitanje u vezi sa studijom, pozovite as. Milana Petronijevića, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu (011-3531016). Pitanja u vezi vaših prava kao učesnika eksperimenta možete postaviti šefu Etičke komisije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitana, Univerziteta u Beogradu (011-3555 000).

6. POTVRDA ISPITANIKA

Pročitao sam ovaj dokument i priroda mog učešća, zahtevi, rizici i beneficije su mi objašnjeni. Svestan sam rizika i razumem da u svakom trenutku i bez ikakvih posledica mogu da povučem svoj pristanak za učešće u eksperimentu. Kopija ovog dokumenta mi je data.

7. POTPISI

Potpis ispitanika: _____ Datum: _____

Ime ispitanika (štampanim slovima) _____ Datum: _____

PRILOG 3: Kopija naslovne strane objavljenog prisupnog rada u međunarodnom časopisu „Journal of Strength and Conditioning Research“

[Log in or Register](#)
[Subscribe to journal](#)
[Get new issue alerts](#)



 THE OFFICIAL RESEARCH JOURNAL OF THE NATIONAL STRENGTH AND CONDITIONING ASSOCIATION



[Articles & Issues](#)
[Collections](#)
[For Authors](#)
[Journal Info](#)

Log in to view full text. If you're not a subscriber, you can:

[Buy Article](#)

[Subscribe](#)

[Society Membership](#)

[Content & Permissions](#)

Ovid®
Institutional
members access full
text with Ovid®


ORIGINAL RESEARCH

”
Cite

<
Share

★
Favorites

Self-Preferred Initial Position Could Be a Viable Alternative to the Standard Squat Jump Testing Procedure

Petronijevic, Milan S.¹; Garcia Ramos, Amador^{2,3}; Mirkov, Dragan M.¹; Jaric, Slobodan^{1,4,5}; Valdevit, Zoran¹; Knezevic, Olivera M.⁶ [Author Information](#) 

The Journal of Strength & Conditioning Research: November 2018 - Volume 32 - Issue 11 - p 3267-3275
doi: 10.1519/JSC.0000000000002385

Biografija autora

Milan Petronijević je rođen u Beogradu 1977. godine. Osnovnu i srednju školu je završio u Beogradu. Dve godine je boravio u Danskoj gde je pohađao Francuski Licej u Kopenhagenu. Diplomirao je na FFK u Beogradu 2005. godine sa prosečnom ocenom 8,79. Školske 2012/13 upisao je Doktorske akademske studije na FSFV Univerziteta u Beogradu gde je položio sve ispite sa prosečnom ocenom 9,70. Od 2015. godine radi na FSFV Univerziteta u Beogradu kao asistent na predmetu Teorija i metodika rukometa.

Kao trener radio je u svim selekcijama RK "Crvena zvezda". Takmičarske sezone 2007/08 kao pomoćni trener seniorske ekipe RK „Crvena zvezda“ osvojio je nacionalno prvenstvo Srbije. Od 2006. do 2015. godine radio je kao nastavnik fizičkog vaspitanja. Od 2011. godine ima status predavača Svetske i Evropske rukometne federacije. Održao je veliki broj predavanja na međunarodnim seminarima, kao i na seminarima za sticanje najvišeg međunarodnog trenerskog zvanja - *EHF Master Coach*. Od 2020. godine član je stručne grupe EHF koja se bavi unapređenjem edukacije rukometnih trenera u Evropi.

Od 2015. godine kao član ekspertske grupe pri Takmičarskoj komisiji Svetske rukometne federacije (IHF), učestvuje u organizaciji svih svetskih prvenstava. Učestvovao je u organizaciji rukometnog turnira na Olimpijskim igrama 2016. godine u Riju, Brazil.

U Rukometnom savezu Srbije (RSS) bio je rukovodilac nacionalnih i međunarodnih programa za edukaciju rukometnih trenera. Predsednik je Komisije za RINCK, član Komisije za izdavanje trenerskih dozvola za rad, i rukovodilac projekta „Rukomet u škole“.

Objavio je više radova u domaćim i međunarodnim časopisima kao i na nacionalnim i međunarodnim konferencijama.

Tečno govori francuski i engleski jezik.

Pogovor

Doktorska disertacija i istraživanje su urađeni u okviru projekta pod nazivom “*Mišićni i neuralni faktori humane lokomocije i njihove adaptivne promene*“ (broj IO175037, rukovodilac projekta prof. dr Sergej Ostojić), finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, republike Srbije.

Izjava o autorstvu

Образац 5.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора _____ Милан С. Петронијевић _____

Број индекса _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

„Утицај промене почетне висине центра масе тела на биомеханичке карактеристике скока увис из получучња код рукометаша“

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

Потпис аутора

У Београду, 02.07.2020

_____ 

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Образац 6.

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

Име и презиме аутора Милан С. Петронијевић

Број индекса _____

Студијски програм _____

Наслов рада „Утицај промене почетне висине центра масе тела на биомеханичке
карактеристике скока увис из получучња код рукометаша“

Ментор др Оливера Кнежевић, виши научни сарадник

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива 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 аутора

У Београду, 02.07.2020.



Изјава о коришћењу

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

„Утицај промене почетне висине центра масе тела на биомеханичке карактеристике скока у вис из получучња код рукометаша“

која је моје ауторско дело.

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

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

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, 02.07.2020.



Bibliografija

Izvorni naučni članak

1. **Petronijević, M.S.**, Garcia-Ramos, A., Mirkov, D.M., Jarić, S., Valdevit, Z., Knežević, O.M. (2018). Self-preferred initial position could be a viable alternative to the standard squat jump testing procedure. *Journal of strength and conditioning research*, vol. 32, no. 11, str. 3267-3275,
2. Dopsaj, M., Valdevit, Z., Ilić, D., Pavlović, LJ., **Petronijević, M.** (2017). Body structure profiles of R. of Serbia's senior handballers from different competitive levels as measured by the multichannel bioelectric impedance method. *Facta Universitatis. Series, Physical Education and Sport*, vol. 15, no. 1, str. 49-61,

Stručni članak

3. Šimić Banović, R., Jurčić, A., **Petronijević, M.** (2017). Hosting mega sport events in a small country: The (real) impact on the development - cases of Croatia and Serbia. *Megatrend revija: međunarodni časopis za primenjenu ekonomiju*, vol. 14, no. 2, str. 273-290.
4. **Petronijević, M.** (2012). "Korzenie" i "skrzydła" dla nowych mistrzów piłki ręcznej. *Inspiracje : pismo Wojewódzkiego Ośrodka Metodycznego w Kielcach*, nr. 1-2, str. 12-14
5. **Petronijević, M.** (2010). Minipiłka ręczna - piłka ręczna w szkole : projekt serbski. *Inspiracje : pismo Wojewódzkiego Ośrodka Metodycznego w Kielcach*, nr. 3-4, str. 28-29

Objavljeno naučno izlaganje na konferenciji

6. Valdevit, Z., Simić, M., **Petronijević, M.**, Dopsaj, M., Suzović, D., Pavlović, LJ., Bon, M. (2018). Strukturna analiza efikasnosti šuta vrhunskih rukometašica. U: Stanković, Veroljub (ur.), Stojanović, Toplica (ur.). Zbornik radova. Lepsavić: Fakultet za sport i fizičko vaspitanje., str. 278-286,
7. **Petronijević, M.** (2011). Mini handball - handball as school project in Serbia: *Science and analytical expertise in handball: (scientific and practical approaches): 18-19 November 2011, Vienna, Austria*. European Handball Federation, str. 94-97.

Objavljeni sažetak naučnog izlaganja na konferenciji

8. Valdevit, Z., Simić, M., **Petronijević, M.**, Dopsaj, M., Suzović, D., Pavlović, LJ., Bon, M. (2018). Strukturalna analiza efikasnosti šuta vrhunskih rukometašica. U: Stanković, Veroljub (ur.), Stojanović, Toplica (ur.). Zbornik sažetaka. Lepsavić: Fakultet za sport i fizičko vaspitanje., 58 str.

9. Valdevit, Z., Simić, M., Dopsaj, M., Marković, S., **Petronijević, M.** (2018). The differences in the efficiency of the shot from the pivot and wing position in the function of the final placement of the teams at the World handball championships for women in 2015 and 2017. U: Suzović, Dejan (ur.), et al. *Zbornik sažetaka*. Beograd: Univerzitet, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, str. 173-174.
10. Valdevit, Z., Simić, M., **Petronijević, M.**, Dopsaj, M. (2018). Prilog definisanju elemenata efikasnosti igre u odnosu na različitu takmičarsku uspešnost kod vrhunskih rukometašica. U: *Izvodi saopštenja*. Niš: Antropološko društvo Srbije., str. 152.
11. Marković, S, Dopsaj, M., Valdevit, Z., **Petronijević, M.**, Bon, M. (2018). Differences in simple visual reaction characteristics in national level cadet and junior female handball players. U: Doupona Topič, Mojca (ur.). *Youth sport: abstract book*. Ljubljana: Faculty of Sport., str. 32.
12. Valdevit, Z., Simić, M., **Petronijević, M.**, Bon, M.. (2018). The qualitative analyze of Serbian and Slovenian youth handball national team at U- 20 European Championship 2017. U: Doupona Topič, Mojca (ur.). *Youth sport: abstract book*. Ljubljana: Faculty of Sport., str. 45.
13. Kragulj, J., Valdevit, Z., **Petronijević, M.**, Dopsaj, M. (2016). Trend promene opšteg pokazatelja efikasnosti šuta najboljih svetskih ženskih rukometnih ekipa. U: Savović, Branka (ur.), Mandić, Radivoj (ur.), Radenović, Sandra (ur.). *Zbornik sažetaka*. Beograd: Univerzitet, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja., str. 148-149.
14. Suzović, D., Valdevit, Z., **Petronijević, M.**, Ćuruvija, N., Simić, M. (2016). Uticaj instrukcija na uspešnost dodavanja u kontranapadu u rukometu. U: Savović, Branka (ur.), Mandić, Radivoj (ur.), Radenović, Sandra (ur.). *Zbornik sažetaka*. Beograd: Univerzitet, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja., str. 150-151.