

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

Radivoj S. Mandić

**Efekat promene visine centra mase tela
u ekscentričnoj fazi na maksimalni
dinamički izlaz i visinu skoka uvis**

doktorska disertacija

Beograd, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF SPORT AND PHYSICAL EDUCATION

Radivoj S. Mandic

**Effect of countermovement depth on
maximum dynamic output and jump
height in vertical jumps**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

MENTOR:

1. Redovni profesor dr Saša Jakovljević, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu
-

ČLANOVI KOMISIJE:

1. Redovni profesor dr Slobodan Jarić, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu; Department of Kinesiology and Applied Physiology, University of Delaware, USA.
-

2. Naučni saradnik dr Olivera Knežević, Institut za medicinska istraživanja, Univerzitet u Beogradu
-

Datum odbrane

Zahvaljujem se

Mentoru, prof. dr Saši Jakovljeviću na bezgraničnom prijateljstvu i zajedničkom radu, kao i visoko vrednim smernicama u cilju postizanja boljeg i višeg. Posebno mu se zahvaljujem na ukazanom poverenju i mogućnosti da proširujem svoja znanja o košarci van terena i naučeno prenosim dalje.

Prof. dr Slobodanu Jariću na strpljenju, savetima i ideji za temu doktorske disertacije. Zahvaljujem mu se i na životnom i profesionalnom iskustvu koje sam stekao tokom studijskog usavršavanja u SAD.

Naučnom saradniku, kolegini i prijateljici, dr Oliveri Knežević na ogromnoj podršci, trudu i pomoći tokom svih faza izrade doktorske disertacije.

Prof. dr Milivoju Karalejiću na velikoj podršci, ukazanom poverenju i zajedničkom, istina kratkotrajnom, ali neprocenjivo korisnom radu.

Prof. dr Aleksandru Nedeljkoviću na savetima, ukazanom poverenju i prijateljstvu.

Prof. dr Draganu Mirkovu na spremnosti da u bilo kom trenutku pomogne kako savetima, tako i idejnim rešenjima, pre i tokom izrade doktorske disertacije.

Naučnom saradniku, dr Nemanji Pažinu na uloženom trudu i pomoći tokom realizacije eksperimenta sa košarkašima.

Svim mojim prijateljima, koji su bili uz mene, verovali u mene i pružali mi iskrenu pomoć i podršku. Posebno se zahvaljujem generaciji sa doktorskih studija, gde smo međusobno gurali i vukli jedni druge i tako stigli do cilja.

I na kraju, najviše, mojim najmilijima, supruzi Slađani, ćerkama Sofiji i Milici, ocu Svetislavu, majci Spomenki, sestri Nadi i njenoj porodici na bezrezervnoj ljubavi, na strpljenju i razumevanju, na безусловnoj podršci da izdržim, a i oni samnom, i dođem do konačnog cilja.

*AKO ŽELITE DA NE RADITE NIŠTA,
ZALJUBITE SE U ONO ŠTO RADITE.*

DŽONATAN SVIFT
engleski pisac (1667-1745)

Efekat promene visine centra mase tela u ekscentričnoj fazi na maksimalni dinamički

izlaz i visinu skoka uvis

Rezime:

Prema ranijim istraživanjima kinetičkih i kinematičkih karakteristika skokova uvis, ispitanici su u stanju da u nekoliko uzastopnih pokušaja ponove obrazac kretanja kojim se postiže maksimalna visina skoka uvis (H_{max}). Zbog toga je mogući efekat visine centra mase tela u ekscentričnoj fazi (H_{dub}) na brojne varijable koje se dobijaju testiranjem maksimalnih skokova uvis sa počućnjem uglavnom zanemaren. Ciljevi istraživanja su da se ispita pouzdanost izvođenja skokova uvis iz H_{dub} koju ispitanici sami određuju (*spontana* H_{dub}), i da se ispita uticaj promene H_{dub} na kinetiku i kinematiku skokova uvis. Pretpostavljeno je da (1) postoji visoka pouzdanost kinematičkih i kinetičkih varijabli prilikom izvođenja skokova uvis sa počućnjem bez (CMJ) i sa zamahom rukama (CMJA). Dalje pretpostavljeno je da (2) postoji *optimalna* H_{dub} za postizanje H_{max} , (3) da se ona razlikuje od *spontana* H_{dub} , (4) da se taj uticaj razlikuje između grupa ispitanika različite usmerenosti, i da (5) rast H_{dub} dovodi do smanjenja maksimalne sile i dinamičkog izlaza procenjenog na osnovu maksimalne snage. Dve grupe ispitanika, profesionalni košarkaši i fizički aktivni ispitanici izvodili su maksimalne CMJ i CMJA sa opsegom H_{dub} od ± 30 cm od *spontana* H_{dub} . Nezavisno od vrste skoka, postoji visoka pouzdanost kinematičkog obrasca, gledano kroz H_{max} i *spontana* H_{dub} (CV < 3.61, ICC > 0.86 za H_{max} ; CV < 6.41, ICC > 0.83 za *spontana* H_{dub}). Iako primenjeni regresioni modeli otkrivaju postojanje *optimalne* H_{dub} , H_{max} se zanemarljivo malo menja unutar širokog opsega testirane H_{dub} . *Optimalna* H_{dub} bila je pomerena naniže u odnosu na *spontana* H_{dub} . Mišićna sila i dinamički izlaz se smanjuju

sa rastom H_{dub} . Dobijeni nalazi ukazuju da iako *optimalna* H_{dub} postoji, njen uticaja na H_{max} je minimalan unutar „prirodnog“ opsega H_{dub} . Prirodni obrazac izvođenja skokova uvis (t.j. *spontana* H_{dub}) može biti selektovan za tzv. "dvostruki zadatak" koji za cilj ima postizanje H_{max} uz minimalni napor. Nasuprot tome, mišićnu silu i dinamički izlaz bi trebalo posmatrati sa oprezom prilikom testiranja CMJ i CMJA obzirom da mogu biti pod značajnim uticajem H_{dub} .

Ključne reči: visina centra mase tela, skokovi uvis sa počučnjem, sila, snaga, visina skoka, efekat, spontana, optimalna, regresija

Naučna oblast: Fizičko vaspitanje i sport

Uža naučna oblast: Nauke fizičkog vaspitanja, sporta i rekreacije

UDK broj: 796.012.414:612.766(043.3)

Effect of countermovement depth on maximum dynamic output and jump height in vertical jumps

Summary:

A number of studies have presumed that subjects were able to select the movement pattern that maximizes the height of the maximum vertical jump, and to reproduce it over a series of consecutive trials. As a consequence, a possible effect of the countermovement depth (H_{dub}) on the various variables that have been obtained from the maximum countermovement vertical jumps remains largely neglected. Therefore, the aim of this study was to explore reliability of vertical jumps performed from preferred H_{dub} , and to explore effect of H_{dub} on kinetic and kinematic patterns of vertical jumps. It was hypothesized that (1) the mechanical variables obtained from the countermovement jump performed without (CMJ) and with arm swing (CMJA) are highly reliable; (2) the optimum H_{dub} for maximizing jump height does exist; (3) but also different from preferred H_{dub} ; (4) there are differences in the same variables in individuals of different physical fitness, and (5) that an increase in H_{dub} would be associated with a decrease in both muscle force and power output. High-level male basketball players and physically active male students performed maximum CMJ and CMJA while varying $H_{dub} \pm 30$ cm from its preferred value. A high reliability of H_{max} and H_{dub} was obtained from both jumps ($CV < 3.61$, $ICC > 0.86$ for H_{max} ; $CV < 6.41$, $ICC > 0.83$ for H_{dub}). Although a regression models revealed a presence of optimum H_{dub} for maximizing jump height, maximum jump height revealed only small changes within a wide range of H_{dub} . The preferred H_{dub} was markedly below its optimum value. However, both muscle force and power output sharply decreased with H_{dub} . Therefore,

it was concluded that although the optimum H_{dub} should exist, the magnitude of its effect on maximum jump height should be only minimal within a typical H_{dub} range. Moreover, the preferred H_{dub} could be selected as a 'dual task' aimed both to maximize the jump height and minimize the subjects' effort. Conversely, muscle force and power output of leg muscles assessed through maximum countermovement vertical jumps should be taken with caution since both of them could be markedly confounded by H_{dub} .

Key words: countermovement depth, countermovement vertical jumps, effects, muscle force, power output, jump height, regression, optimum, preferred

Scientific field: Sport and physical education

Narrow scientific field: Physical Education, Sport and Recreational

UDC number: 796.012.414:612.766(043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI OKVIR RADA	6
2.1. Skokovi uvis	6
2.2. Visina skoka	14
2.3. Mišićna sila i snaga kod skoka uvis	17
2.4. Visina centra mase tela u ekscentričnoj fazi.....	20
3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	24
3.1. Pouzdanost skokova uvis.....	25
3.2. Efekat spoljašnjeg opterećenja, intenziteta i treninga na visinu centra mase tela u ekscentričnoj fazi.....	27
3.3. Efekat visine centra mase tela u ekscentričnoj fazi na visinu skoka	29
3.4. Efekat visine centra mase tela u ekscentričnoj fazi na mišićnu.....	34
silu i snagu	34
3.5. Ograničenja dosadašnjih istraživanja	36
4. PROBLEM, PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA	38
5. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	40
6. METOD ISTRAŽIVANJA.....	41
6.1. Uzorak ispitanika	41
6.2. Uzorak varijabli i način njihovog merenja.....	42
6.3. Protokol testiranja	47
6.4. Procedura testiranja.....	48
6.5. Prikupljanje i obrada podataka.....	48
6.6. Statistička analiza.....	49
7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	51
8. DISKUSIJA.....	68
9. ZAKLJUČAK	77
LITERATURA.....	79
PRILOZI.....	89
BIOGRAFIJA AUTORA.....	95

Skraćenice

CMJ	Skok uvis sa počučnjem
CMJA	Skok uvis sa počučnjem sa zamahom rukama
1MPČ	Opterećenje koje je moguće podići jedanput iz čučnja
Mt	Masa tela
Vt	Visina tela
H _{max}	Visina skoka
H _{dub}	Dubina spuštanja
<i>spontana</i> H _{dub}	Spontano odabrana dubina spuštanja od strane ispitanika
<i>manja</i> H _{dub}	Manja dubina spuštanja od <i>spontana</i> H _{dub}
<i>veća</i> H _{dub}	Veća dubina spuštanja od <i>spontana</i> H _{dub}
<i>optimalna</i> H _{dub}	Optimalna dubina spuštanja koja omogućava postizanje maksimalne visine skoka
GRF	Sila reakcije podloge
F _{max}	Maksimalna sila
V _{max}	Maksimalna brzina
P _{max}	Maksimalna snaga
SV	Srednja vrednost
SD	Standardna devijacija
r	Koeficijent korelacije
p	Nivo statističke značajnosti
G-KOŠ	Grupa košarkaši
G-FAK	Grupa fizički aktivni
T _{con}	Trajanje koncentrične faze skoka
T _{ecc}	Trajanje ekscentrične faze skoka
ES	Veličina efekta
V _{to}	Brzina u trenutku odskoka

1. UVOD

Težnja čoveka za boljim životom ga nagoni da neprestano usavršava svoje sposobnosti. Tu težnju, kao jednu od osnovnih osobina ljudskog roda, od nastanka sveta do danas, ostvaruje pomoću novih saznanja, informacija o oblasti koja je predmet njegovog interesovanja. Jedna od tih oblasti jeste biomehanika koja, između ostalog, proučava mehaničke osnove pokreta čoveka. Sa aspekta biomehanike, svakodnevne aktivnosti čoveka obavljaju se kao posledica interakcije spoljnih (npr. sila gravitacije, sila trenja, otpor vazduha) i unutrašnjih sila (interakcija koštanih poluga, zglobovno trenje, mišićna aktivnost). Na neke sile čovek ne može da utiče, dok delovanje drugih može da promeni na indirektan način. Jedina sila kojom čovek direktno upravlja (koja se nalazi pod direktnom kontrolom njegovog nervnog sistema) je mišićna sila (Jaric, 1997). U okviru biomehanike postoji oblast koja se bavi dinamičkim izlazom koji upravo predstavlja proizvod rada ljudskih mišića kako bi se izvršio određeni pokret, odnosno da bi se čovek kretao u prostoru. Pošto je nemoguće izmeriti (a moguće samo veoma grubo proceniti) silu, snagu, rad i ostale relevantne veličine za individualne mišiće, dinamički izlaz predstavlja njihove spolja merljive veličine koje su rezultat simultanog doprinosa ne samo velikog broja mišića, nego i, neizbežno, ostalih nemišićnih faktora.

Da bi se došlo do određenog kretanja (npr. hodanje, trčanje, skakanje, bacanje) čovek mora da proizvede određeni nivo dinamičkog izlaza. Da bi se savladalo spoljašnje opterećenje, bilo težina sopstvenog tela, bilo relativno mali ili veliki teret, potrebno je proizvesti dinamički izlaz. Efikasnost tog kretanja zavisi od nivoa dinamičkog izlaza. Prilikom izvođenja brojnih sportskih veština, generisanje maksimalnog dinamičkog izlaza je primaran, dominantan faktor od koga zavisi

uspešnost, odnosno koji omogućava sportisti da dostigne najviši nivo izvođenja veštine. Stoga čovek, odnosno sportista, teži da razvije sposobnost da mišićima generiše dovoljno veliki dinamički izlaz koji će mu omogućiti efikasno izvođenje veštine. Sa druge strane, istraživači iz oblasti sportskih nauka, kao i sportski treneri, stalno teže ka pronalazenju novih i usavršavanju postojećih metoda treninga koje će omogućiti sportistima da najefikasnije ostvare svoje potencijale. U tu svrhu se koristi identifikacija, analiza i modelovanje kretanja u standardnim uslovima, i u uslovima koji su specifični za sportsku granu.

Osnovni cilj analize kretanja je identifikacija optimalnih uslova za izvođenje određenih pokreta, u funkciji povećanja njihove efikasnosti. Efikasnost određenih kretnih aktivnosti definiše se kroz ekonomičnost u utrošku energije i generisanju maksimalnog dinamičkog izlaza. Osnovni pokazatelj maksimalnog dinamičkog izlaza jeste maksimalna snaga. U strukturi motoričkih sposobnosti, snaga se izdvaja kao prva među jednakima. Snaga predstavlja sposobnost neuromišićnog sistema da savlada opterećenje velikim brzinama kontrakcije (Dick, 1980), odnosno, sposobnost neuromišićnog sistema da razvije najveću moguću silu za potrebno vreme (Van Praagh & Dore, 2002). U nešto drugačijoj definiciji snage istaknuta je povezanost jačine mišića i brzine skraćenja – snaga se posmatra kao sposobnost mišića da deluje relativno velikim silama protiv manjeg spoljašnjeg opterećenja, ali pri velikim brzinama skraćenja (Jaric & Kukolj, 1996). Snaga se smatra najvažnijim pokazateljem ukupne fizičke sposobnosti i jednim od ključnih činilaca uspešnosti u sportu (Abernethy, Wilson, & Logan, 1995; Hopkins, Schabort, & Hawley, 2001; Van Praagh & Dore, 2002), naročito u onim sportskim disciplinama koje se odlikuju brzim i eksplozivnim kretanjima (skokovima, sprintevima, bacanjima, šutevima) (Shalfawi, Sabbah, Kailani,

Tonnessen, & Enoksen, 2011). Izvođenje brzih, eksplozivnih kretnih obrazaca zahteva maksimalnu brzinu bilo delova tela ili celog tela, što je povezano sa sposobnošću skeletnih mišića da proizvode veliku snagu. Dodatno, snaga je jedna od najčešćih varijabli koja se koristi za procenu maksimalnog izvođenja nekog pokreta.

Za razvoj snage često se koriste prirodni oblici kretanja kao što su hodanja, trčanja, skakanja, penjanja, bacanja, nošenja, vučenja, guranja itd. Skokovi se ubrajaju u prirodne oblike kretanja i podrazumevaju odvajanje stopala od tla. Mogu da se izvode sa ciljem postizanja maksimalne daljine, dohvatanja maksimalne visine rukama, postizanja što duže faze leta, odnosno maksimalne visine centra mase tela. Svi ti načini izvođenja mogu se poistovetiti sa izvođenjem sportskih veština kao što su skok šut ili skok za loptom u košarci, fudbalu, blok ili smeč u odbojci, skok uvis i skok udalj u atletici, gimnastički skokovi, skokovi u vodu. Sa aspekta biomehanike, mogu se podeliti na one u kojima je cilj postizanje maksimalne visine nakon odskoka (skok uvis), postizanje maksimalne daljine (skok udalj), i skokove sa kretanjima različite složenosti u toku faze leta (obrtanja, okreti i salta) (Enoka, 2002).

Skokovi uvis, kao jedan od prirodnih oblika kretanja, koriste se za istraživanje osnovnih principa uređenja, funkcije i kontrole lokomotornog aparata čoveka. Različiti oblici, vrste skokova uvis su dominantna vrsta kretanja u mnogim sportovima (npr. košarka, odbojka), kao deo takmičenja ili treninga (Matavulj, Kukolj, Ugarkovic, Tihanyi, & Jaric, 2001; Ziv & Lidor, 2010a). Generalno, mogu se podeliti na:

- sunožne – izvode se istovremenim odskokom sa obe noge i,
- jednonožne – izvode se odskokom sa jedne noge.

Tema ovog rada su sunožni skokovi, tako da se u daljem tekstu misli na njih kada se navode skokovi uvis. Opšte je prihvaćeno da skokovi uvis obezbeđuju pouzdane

podatke prilikom istraživanja kinematičkih i kinetičkih varijabli (G. Markovic, Dizdar, Jukic, & Cardinale, 2004; Moir, Button, Glaister, & Stone, 2004; Moir, Sanders, Button, & Glaister, 2005; Sheppard et al., 2008). Zbog toga oni predstavljaju odgovarajući model za testiranje maksimalne snage mišića nogu, kako kod sportista (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011b; Nedeljkovic, Mirkov, Markovic, & Jaric, 2009; Sheppard, Cronin, et al., 2008; Vuk, Markovic, & Jaric, 2012), tako i kod ostalih populacija (Rittweger, Schiessl, Felsenberg, & Runge, 2004; Runge, Rittweger, Russo, Schiessl, & Felsenberg, 2004). Gotovo svaka sportska disciplina i sportska grana zahteva određeni nivo eksplozivne snage tipa skočnosti kako bi sportista uspešno izvodio veštine. Upravo je izvođenje veština povezanih sa aktivnošću nogu odlučujući faktor uspešnosti u mnogim sportovima. Iz tog razloga, neophodno je definisati uslove koji utiču na postizanje maksimalnih performansi (maksimalne snage i visine skoka) prilikom izvođenja skokova uvis.

Kada se daje instrukcija da se izvede maksimalni skok uvis, akcenat je na dostizanju najveće visine skoka, čemu prethodi individualno određen početni položaj za izvođenje skoka uvis. U mnogim sportskim situacijama, vremensko ograničenje zahteva od sportiste da izvodi skok uvis iz različitih početnih položaja. Promena početnog položaja utiče na mišićnu aktivnost, i posledično na obrasce mehaničkih varijabli koje proističu iz skokova uvis (Bobbert, 2012; Bobbert, Casius, Sijpkens, & Jaspers, 2008; Samozino, Rejc, Di Prampero, Belli, & Morin, 2012; Vanrenterghem, Lees, Lenoir, Aerts, & De Clercq, 2004). Međutim, iako je dobro poznato da promena početnog položaja utiče na izvođenje skoka uvis, u dosadašnjoj literaturi, efekat početnog položaja na kinetičke i kinematičke varijable skokova uvis uglavnom je zanemaren. Takođe, koliko je poznato, ne postoje podaci koji govore o postojanju optimalnog

početnog položaja koji omogućava postizanje maksimalnih performansi prilikom izvođenja skoka uvis. Sa ciljem da se definišu uslovi koji omogućavaju najefikasnije izvođenje skoka uvis (u smislu postizanja maksimalne snage i maksimalne visine skoka) postoji potreba za istraživanjem problema postojanja optimalnog početnog položaja iz kojeg se izvodi skok uvis.

2. TEORIJSKI OKVIR RADA

2.1. Skokovi uvis

Mišići nogu imaju važnu ulogu u održavanju uspravnog položaja kao i prilikom samog kretanja čoveka, tako da je veoma važno istražiti njihovu funkciju. Skokovi uvis, kao jedan od prirodnih oblika kretanja koji se prvenstveno izvode pomoću mišića nogu, koriste se za istraživanje osnovnih principa uređenja, funkcije i kontrole lokomotornog aparata čoveka. Njihovom primenom može se uticati na povećanje snage mišića nogu, razvoju koordinacionih sposobnosti, i na rast i razvoj mladog organizma. Izvođenje maksimalnih skokova uvis spada u grupu balističkih pokreta čiji cilj jeste da što više ubrzaju masu tela tokom koncentrične faze pokreta i omoguće postizanje najveće moguće brzine za date uslove kretanja (Samozino, et al., 2012). Obzirom da izvođenje maksimalnih skokova uvis zahteva dobru koordinaciju možemo ih predstaviti i kao složeni motorni zadatak koji se može izvesti na nekoliko načina:

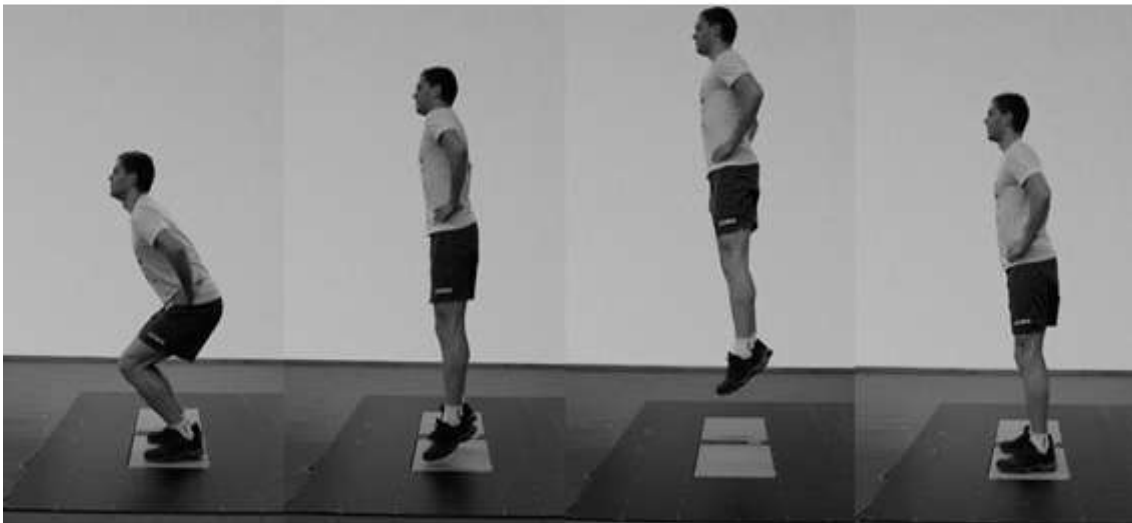
- skok uvis iz počučnja (eng. *squat jump* – SJ). On podrazumeva izvođenje maksimalnog vertikalnog naprezanja iz položaja počučnja (ugao u zglobu kolena je najčešće 90°), sa rukama postavljenim na predeo kukova.
- skok uvis sa počučnjem bez zamaha rukama (eng. *countermovement jump* – CMJ). On podrazumeva izvođenje maksimalnog vertikalnog naprezanja koje se izvodi sa prethodnim povratnim režimom koji podrazumeva spuštanje u počučanj i brzo opružanje nogu, sa rukama postavljenim na predeo kukova.

- skok uvis sa počučnjem sa zamahom rukama (eng. *countermovement jump with arm swing* – CMJA). On podrazumeva izvođenje maksimalnog vertikalnog naprezanja koje se izvodi sa prethodnim povratnim režimom.

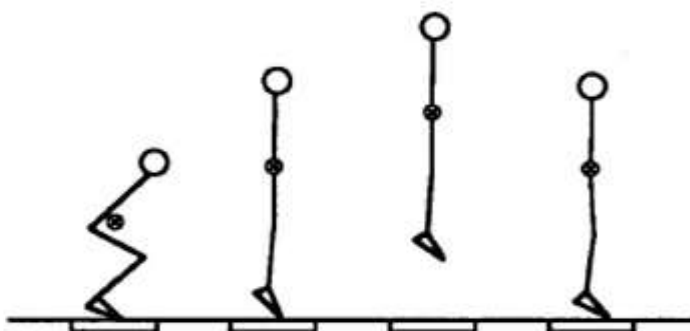
- saskok-odskok sa različite visine (eng. *drop jump* – DJ). Izvodi se tako što ispitanik iz uspravnog položaja saskače sa određene visine i nakon doskoka, uz minimalnu amortizaciju saskoka, što brže odskače obema nogama.

Za potrebe istraživanja dinamičkog izlaza, najčešće se primenjuju skokovi uvis iz počučnja (SJ; *Slika 1*) i skok uvis sa počučnjem bez zamaha rukama (CMJ; *Slika 2*) (Bobbert, Gerritsen, Litjens, & Van Soest, 1996; Kirby, McBride, Haines, & Dayne, 2011; Klavora, 2000; G. Markovic, et al., 2004; S. Markovic, Mirkov, Nedeljkovic, & Jaric, 2014; Nuzzo et al., 2010; Young et al., 2005).

a)

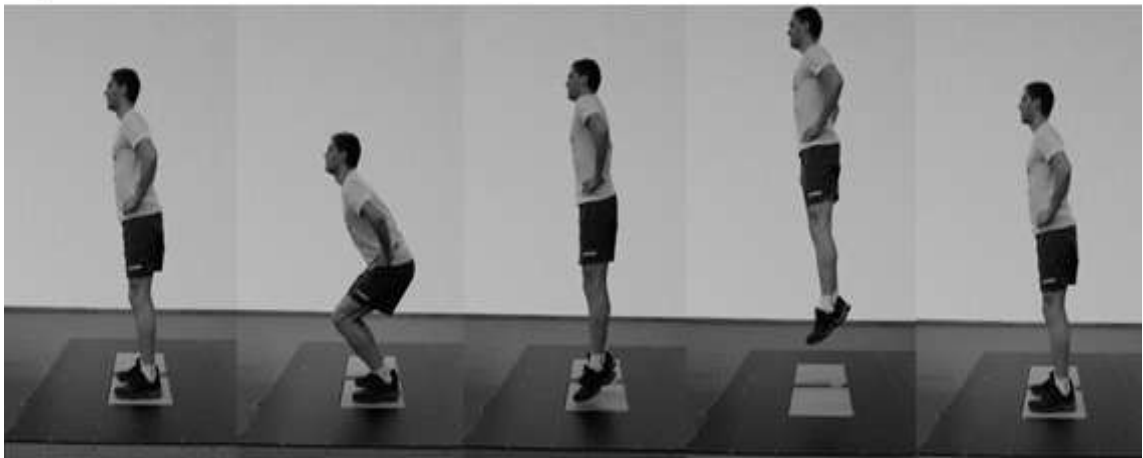


b)

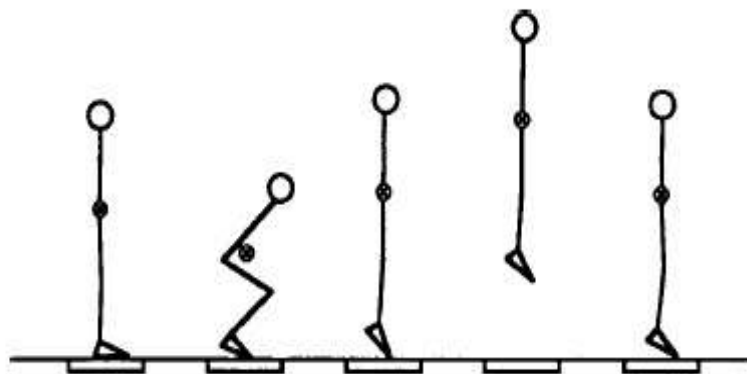


Slika 1 – Prikaz skoka uvis iz počučnja (a) i skica položaja ispitanika prilikom izvođenja (preuzeto od Marković Srđan, doktorska disertacija, str.32) (b). Prikazan je i centar mase koji se kreće skoro isključivo u vertikalnom pravcu. Skica ilustruje položaj ispitanika u karakterističnim fazama skoka (preuzeto od Linthorne 2001, str. 2).

a)



b)



Slika 2 – Prikaz skoka uvis sa počunjem bez zamaha rukama (a) (preuzeto od Marković Srđan, doktorska disertacija, str.33) i skica položaja ispitanika prilikom izvođenja (b). Prikazan je i centar mase koji se kreće skoro isključivo u vertikalnom pravcu. Skica ilustruje položaj ispitanika u karakterističnim fazama skoka (preuzeto od Linthorne 2001, str. 2).

Pomenuti skokovi imaju veću pouzdanost i validnost u poređenju sa skokovima uvis bez i sa zamahom rukama koji su karakteristični za testove kao što su Sardžent i Abalak (G. Markovic, et al., 2004), ili pak u poređenju sa testovima zasnovanim na skoku udalj i troskoku (G. Markovic, et al., 2004), kod fizički aktivnih ispitanika. Zajednička karakteristika svih skokova uvis je izvođenje koncentrične faze skoka koja se sastoji od istovremenog odskoka sa obe noge, pri čemu se centar mase tela pomera skoro isključivo vertikalno. Ono što ih razlikuje jesu mehanički uslovi koji prethode ovoj fazi i koji određuju kontrolne parametre koje sistem koristi prilikom njihovog izvođenja. Merenje skoka uvis iz počučnja (SJ) omogućava procenu sposobnosti izolovane koncentrične kontrakcije mišića opružaća nogu. Međutim, SJ retko se koristi u praksi (npr. ski skokovi, blok u odbojci kada se odbojkaš zadrži u počučnju) i ne predstavlja odgovarajući primer prirodnog oblika kretanja. Sistem motorne kontrole čoveka organizovan je tako da kontroliše složenija kretanja, a ne da kontroliše pojedinačni mišić, odnosno pokret. Svakodnevene, prirodne aktivnosti čoveka, kao što su hodanje, trčanje, skokovi, bacanja, retko se zasnivaju na izolovanim mišićnim kontrakcijama. U neposrednoj pripremi za izvođenje pokreta u željenom smeru (koncentrična kontrakcija) može se primetiti da se uvek izvrši pokret u suprotnom smeru (ekscentrična kontrakcija). Upravo ta kombinacija ekscentrične i koncentrične kontrakcije predstavlja najčešći tip mišićne aktivnosti i naziva se ciklus izduženje-skraćenje mišića. Pošto se aktivni mišić izdužuje pre skraćenja, omogućava se veće ispoljavanje sile u funkciji vremena, a samim tim i snage aktivnog mišića, nego kada mišić deluje samo u koncentričnom režimu. U toku ekscentrične kontrakcije dolazi do akumuliranja energije elastične deformacije koja se oslobađa u toku koncentrične kontrakcije. Sposobnost mišića da sačuva i iskoristi energiju elastične deformacije

zavisi od brojnih faktora, a među njima su dužina mišića, brzina istežanja, nivo snage i izvršenog rada u ekscentričnoj kontrakciji, kao i vreme koje protekne između ekscentrične i koncentrične kontrakcije (Bobbert, et al., 1996; Cavagna, 1977; Cormie, McGuigan, & Newton, 2011a; Komi & Bosco, 1978). Upravo maksimalan skok uvis sa počučnjem bez zamaha rukama (skok koji se izvodi sa tzv. prethodnim povratnim režimom, eng. *countermovement jump* – CMJ) omogućava indirektnu procenu ciklusa izduženje-skraćenje mišića opružaća nogu tj. sposobnost brzog smenjivanja ekscentrične i koncentrične kontrakcije i iskorišćenje energije elastične deformacije, koja je veoma važan faktor sportskog postignuća (Bobbert, et al., 1996). Poseban oblik izvođenja ovog skoka je ranije pomenuti CMJ sa zamahom rukama (eng. *countermovement jump arm swing* – CMJA), čijom primenom se pored procene ciklusa izduženje-skraćenje mišića, procenjuje i doprinos zamaha ruku prilikom skokova uvis, odnosno koordinacija između određenih mišićnih grupa.

Prilikom izvođenja skokova uvis postoji više stepeni slobode (tj. više segmenata tela učestvuje u kretanju), što potencijalno može uticati na pouzdanost i validnost procenjene snage u poređenju sa npr. testiranjima na izokinetičkim dinamometrima ili bicikl-ergometrima (Sargeant, Dolan, & Young*, 1984; Seck, Vandewalle, Decrops, & Monod, 1995; Vandewalle, Pérès, Heller, & Monod, 1985; Vandewalle, Peres, Heller, Panel, & Monod, 1987). Međutim, jednostavnost njihovog izvođenja omogućava da budu široko primenjivani u testiranju (Lara, Abian, Alegre, Jimenez, & Aguado, 2006; Samozino, Morin, Hintzy, & Belli, 2008; Vandewalle, et al., 1987). Naime, kriterijum za izvođenje maksimalnog skoka uvis krajnje je jednostavan: dovesti centar mase tela na što veću visinu. Dodatni razlog zbog čega se skokovi uvis široko primenjuju u testiranju je taj što veoma kratko traju, maksimalnog su intenziteta, a što ih svrstava u

“najeksplozivnije” testove. Pojedini autori ističu prednost upotrebe skoka uvis u odnosu na izometrijsku procenu dinamičkih kapaciteta mišića zbog neuroloških i mehaničkih sličnosti sa kretanjima u sportu kao što je sprintersko trčanje (Shalfawi, et al., 2011; Wilson, Lyttle, Ostrowski, & Murphy, 1995). Opšte je prihvaćeno da skokovi uvis obezbeđuju pouzdane podatke prilikom istraživanja kinematičkih i kinetičkih varijabli (G. Markovic, et al., 2004; Moir, et al., 2004; Moir, et al., 2005; Sheppard, Cronin, et al., 2008). Marković i sar., (G. Markovic, et al., 2004) dodatno sugerišu da CMJ predstavlja najpouzdaniji i najvalidniji test za procenu eksplozivne snage mišića nogu fizički aktivnih ispitanika, obzirom da maksimalni skokovi uvis visoko koreliraju sa drugim brzim i eksplozivnim kretanjima – sprintom, udarcem po lopti u fudbalu, bacanjem rekvizita rukama itd. (Kukolj, Ropret, Ugarkovic, & Jaric, 1999; Shalfawi, et al., 2011).

U strukturi sportskih igara, naročito u košarci i odbojci, skokovi uvis zauzimaju značajno mesto kao jedan od dominantnih načina kretanja, kao deo takmičenja i kao deo trenažne aktivnosti (Ziv & Lidor, 2010a, 2010b). U košarci, skokovi uvis predstavljaju sastavni deo odbrambenih (npr. skok u odbrani, blokiranje protivnika, oduzimanje lopte) i napadačkih veština (npr. skok u napadu, dodavanje, šutiranje). Tokom igre, košarkaš izvede u proseku 1050 ± 51 različitih kretanja, kao što su stajanje, hodanje, trčanje, skakanje, od kojih su 46 ± 12 skokovi uvis (McInnes, Carlson, Jones, & McKenna, 1995). Slični rezultati su dobijeni i u drugom istraživanju, u kom je navedeno 997 ± 183 različitih kretnji, odnosno 44 ± 7 skokova uvis (Ben Abdelkrim, El Fazaa, & El Ati, 2007). Tokom igre, skokovi uvis često se izvode u uslovima u kojima je potrebno pobediti protivnika. Skok uvis koji se izvede tako da se postigne maksimalna visina neće uvek biti uspešan, ukoliko nije izveden u pravo vreme. Stoga je verovatno

da mnoge skokove košarkaši ne izvedu sa povratnim režimom koji bi omogućio najviši skok, jer ono zahteva više vremena. Sa druge strane, kraće trajanje skoka ne mora značiti da će skok biti uspešan upravo zbog manje visine skoka. Očigledno je da postoje dva kriterijuma kada je u pitanju skok uvis tokom izvođenja košarkaških veština: skočiti što više i to za što kraće vreme.

Pored toga što su deo strukture raznih sportskih igara, skokovi uvis se često koriste kao sredstvo u treningu sportista različitog profila, i u raznim rehabilitacionim programima, pogotovo u delu koji se odnosi na procenu sposobnosti sportiste za povratak normalnom trenažnom procesu (Noyes, Barber, & Mangine, 1991; Palmitier, An, Scott, & Chao, 1991). U poslednje vreme, sve više je prisutna tzv. funkcionalna procena snage primenom različitih testova zasnovanih na kretanjima koja su srodna sa kretanjima specifičnim za dati sport. Smatra se da ovakvi testovi (procena veštine neophodne za izvođenje složenih sportskih aktivnosti) obezbeđuju bolju procenu povratka sportiste normalnom trenažnom procesu, u odnosu na testove izolovanih pokreta. Obzirom da mnogi sportovi sadrže skokove ili slične aktivnosti koje zavise od eksplozivne snage mišića nogu, skokovi uvis predstavljaju adekvatno sredstvo za funkcionalnu procenu snage mišića nogu (Cordova & Armstrong, 1996).

Savremene metode testiranja skokova uvis obuhvataju upotrebu raznovrsnih dohvatnih aparata, ultrazvučnih detektora vertikalnog kretanja, kontaktnih i tenziometrijskih platformi. Napredniji način analize izvođenja skokova uvis izvodi se uz pomoć tenziometrijske platforme, složenog biomehaničkog sistema za merenje sile reakcije podloge koja nastaje kao rezultat delovanja mišićnih sila. Testovi pojedinačnih skokova uvis predstavljaju posebnu grupu testova čije je merenje na tenziometrijskoj platformi i interpretacija dobijenih rezultata veoma prisutna u praksi i savremenoj

sportskoj nauci (Lara, et al., 2006). Najčešće varijable koje se dobijaju merenjem i kalkulacijom su: visina skoka, mišićna sila i mišićna snaga.

2.2. Visina skoka

Smatra se da je maksimalna visina skoka uvis (H_{max}) osnovni kriterijum efikasnosti izvođenja skoka uvis, odnosno funkcionalni pokazatelj kvaliteta njegovog izvođenja. Jedna od najstarijih metoda za procenu fizičkih sposobnosti jeste upravo merenje visine skokova uvis. Još u XIX veku primenjen je test za procenu eksplozivnosti mišića opružaća nogu, nazvan po njegovom autoru *Sardžentov test* (dr Dudely Sargent, Univerzitet Harvard). Test se zasniva na merenju visine vertikalnog skoka koji se dobija kao razlika između visine dohvata dostignute prilikom maksimalnog skoka uvis iz mesta praćenog snažnim zamahom ruku i visine dohvata u stojećem stavu (mirovanju).

Od tada pa do danas razvijena je raznovrsna metodologija merenja visine različitih vrsta i oblika skoka uvis, praćena adekvatnim tumačenjem dobijenih rezultata. U zavisnosti od primene pojedinih sistema razlikovaće se način prikupljanja podataka. Sistemi koji se baziraju na principu *skoči i dohvati rukom najvišu tačku*, visinu skoka direktno procenjuju na osnovu razlike između visine dohvata prilikom skoka i visine dohvata u stojećem položaju (mirovanju). Tu spadaju pomenuti *Sardžentov test* i njegove modifikacije, kao i sistem *Vertek* (Vertec, Sports Imports, Hilliard, OH). Pored procene visine skoka, rezultati dobijeni prilikom ovih testova, uz poznavanje mase tela ispitanika, mogu se koristiti za procenu snage primenom *Luisovog nomograma* (Fox & Mathews, 1981). Postoje i testovi koji mere visinu skoka pomoću *merne trake*. Jedan od

njih je Abalakov test koji meri visinu skoka preko merne trake zakačene za pojas koji se nalazi oko struka ispitanika. Merna traka je provučena kroz metalnu ploču koja se nalazi između stopala ispitanika. Na početku se pročita vrednost na mernoj traci. Kada se izvodi skok uvis merna traka se pomera i zaustavlja kada ispitanik dostigne najvišu tačku. Tada se pročita nova vrednost na traci i razlika između te i početne vrednosti predstavlja visinu skoka. Pored njega, u ovu grupu spada i modifikovani *Abalakov test* razvijen na Univerzitetu u Torontu (The University of Toronto Belt Jump, Sport Books Publisher, Toronto, OH). Preko *uređaja za video analizu* (npr. Qualysis, ProReflex MCU 240) koji koriste anatomske tačke za praćenje kretanja centra mase tela, visina skoka se računa kao podizanje centra mase tela. Brzina i ubrzanje se računaju putem jednostruke i dvostruke diferencijacije od snimljenih podataka pozicije centra mase tela u jedinici vremena. Dodatno, mogu se odrediti sila (masa tela \times ubrzanje) i snaga (sila \times brzina), ukoliko je poznata masa tela ispitanika. *Kontaktne podloge i foto ćelije* procenjuju visinu skoka na osnovu trajanja faze leta. Trajanje faze leta predstavlja vreme koje protekne od momenta kada stopala izgube kontakt sa podlogom do momenta ponovnog uspostavljanja kontakta stopala sa podlogom. Primeri takvih testova su *Samo skok sistem* (Just Jump System, Probotics, Huntsville, AL), *Ergodžamp* (Ergojump, Junghans GMBH-Schramberg, Schramberg, Germany) i *Optodžamp* (Optojump, Microgate, Bolzano, Italy).

U odnosu na navedene testove, primena *tenziometrijske platforme* predstavlja napredniji način u analizi skokova uvis. Tenziometrijska platforma sile je četvorougona metalna ploča, najčešćih dimenzija 0.4m \times 0.6m, koja ima električne pretvarače u svakom uglu i oni daju električni izlaz proporcionalan sili koja deluje na platformu. Platforma registruje silu kojom ispitanik deluje na nju, i na osnovu trećeg

Njutnovog zakona, ovo takođe daje silu kojom platforma deluje na ispitanika. Primenom platforme, visina skoka se dobija različitim metodama. Integracijom signala ubrzanja koji je direktno proporcionalan signalu vertikalne komponente sile reakcije podloge (u ovom slučaju F):

$$F = m \times a$$

(gde F predstavlja signal sile, m masu ispitanika, a a signal ubrzanja) dobija se brzina centra mase tela (V), a narednom integracijom i visina centra mase tela (H). Ove varijable omogućuju izračunavanje i ostalih relevantnih varijabli, kao što su snaga, rad, energija i impuls.

Maksimalna visina skoka razlikuje se u zavisnosti od vrste skoka. Opšte je poznato da je visina skoka veća kod skokova koji sadrže ciklus izduženje-skraćenje mišića (CMJ, CMJA) u odnosu na skokove kod kojih je ovaj ciklus izostao (SJ) (Jimenez-Reyes et al., 2014; Moran & Wallace, 2007). To je pokazano i kada je konfiguracija tela bila ista na početku koncentrične faze (Anderson & Pandy, 1993; Bobbert, et al., 1996). Pretpostavka je da najveći doprinos povratnog režima jeste u omogućavanju mišićima da razviju veću silu reakcije podloge na početku faze koncentrične kontrakcije, i na taj način izvrše veći rad (Bobbert & Casius, 2005), čime se postiže veća brzina u trenutku odskoka, a samim tim i visina skoka (Harrison & Gaffney, 2001; Linthorne, 2001). Brzina u trenutku odskoka se definiše kao brzina koju centar mase tela postiže prilikom odvajanja stopala od platforme, u trenutku kada je sila reakcije podloge jednaka nuli. Ona je najčešće nešto manja od maksimalne brzine koja se postiže tokom koncentrične faze skoka uvis (Linthorne, 2001).

2.3. Mišićna sila i snaga kod skoka uvis

Mišićna sila i snaga nogu kao varijable koje se dobijaju prilikom merenja skokova uvis predstavljaju mehaničke izlaze koji se mogu meriti tokom pokreta i koriste se u različite svrhe, a pre svega da opišu dinamiku pokreta sa mehaničke tačke gledišta, kao i efekte različitih oblika trenažnih procedura (Domire & Challis, 2007; Hori et al., 2007; G. Markovic, Vuk, & Jaric, 2011; S. Markovic, Mirkov, Knezevic, & Jaric, 2013; Samozino, Rejc, di Prampero, Belli, & Morin, 2014).

Mišićna sila pri skoku uvis procenjuje se na osnovu sile reakcije podloge (eng. *Ground Reaction Force* – GRF), koja predstavlja silu koja nastaje pri kontaktu tela sa podlogom. Pokazana je visoka pouzdanost maksimalne sile reakcije podloge (GRF_{max}) prilikom izvođenja različitih modaliteta skokova uvis: ICC = 0.94 kod jednonožnih skokova (Cordova & Armstrong, 1996); Kronbah α = 0.977 kod SJ, 0.986 kod CMJ i 0.983 kod CMJA (E. A. Harman, Rosenstein, Frykman, & Rosenstein, 1990); ICC = 0.92 i CV = 4.1 kod CMJ (Hori et al., 2009); ICC = 0.927 kod CMJ i SJ (Newton, Kraemer, & Hakkinen, 1999).

Snaga (eng. Power – P) se može odrediti kao proizvod sile kojom se deluje na objekat i brzine kretanja tog objekta u pravcu u kojem je sila bila ispoljena. Ova definicija snage odnosi se na translatorno kretanje tela, pa se skalarna vrednost snage u mehaničkom smislu i definiše kao proizvod mišićne sile (F) i brzine (V) njene realizacije:

$$P = F \times V$$

Pošto snaga predstavlja dinamičku karakteristiku, njena maksimalna vrednost određuje maksimalni dinamički izlaz prilikom izvođenja skoka uvis. Stoga se maksimalna snaga (P_{\max}) dobija u trenutku kada je proizvod F i V najveći.

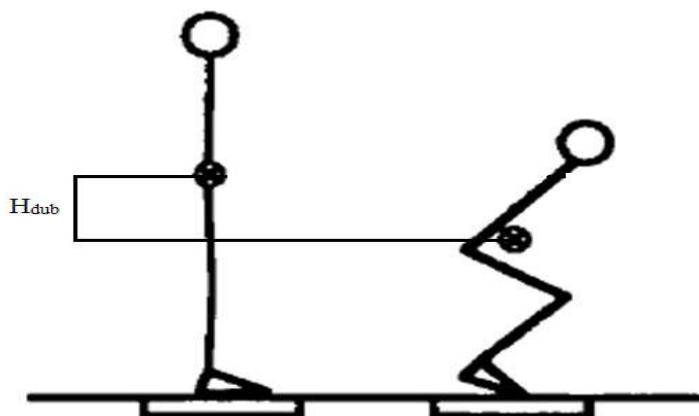
Kada je u pitanju P_{\max} , poseban problem predstavlja određenje optimalnog opterećenja za njeno postizanje. Ovaj problem zaokuplja pažnju velikog broja istraživača, prvenstveno zbog adaptacije lokomotornog aparata, koja se javlja kao odgovor na izvođenje određenog kretanja u dužem vremenskom periodu. Primena optimalnog opterećenja kojim se postiže P_{\max} se smatra veoma značajnim za unapređenje mišićne adaptacije, kao i usavršavanje sportskih veština. Takođe se smatra da je optimalno opterećenje kojim se postiže P_{\max} najefikasnije u procesima rehabilitacije, i u treningu čiji je cilj unapređenje izvođenja brzih pokreta. Optimalno opterećenje za postizanje maksimalne snage odgovara određenom procentu maksimalne sile, odnosno odgovarajućem odnosu sile i brzine. Najveću snagu mišić ispoljava pri brzini koja iznosi 30-40% od maksimalne brzine i sili koja je oko 30% od maksimalne sile (Hill, 1938; Nikolic, 2003; Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Međutim, pojedina istraživanja izvedena na složenim kretanjima su pokazala da maksimalna snaga može da se ispolji i pri silama koje iznose i do 50% od maksimalne sile (Yamauchi & Ishii, 2007; Yamauchi, Mishima, Nakayama, & Ishii, 2009).

Kada su u pitanju skokovi uvis, P_{\max} je jedan od glavnih činilaca od koga zavisi H_{\max} (Comfort, Stewart, Bloom, & Clarkson, 2014; Jimenez-Reyes, et al., 2014; Markstrom & Olsson, 2013). Takođe se smatra da je visina skoka uvis pouzdan pokazatelj mišićne snage (E. A. Harman, et al., 1990; Komi & Bosco, 1978; G. Markovic, et al., 2004). Podaci su prilično nekonzistentni po pitanju uticaja spoljašnjeg opterećenja na kinetičke i kinematičke obrasce (posledično i na P_{\max}) kod skokova uvis.

Uopšteno gledano, optimalno opterećenje za razvoj snage u skokovima uvis iznosi od 0-60% od maksimalne težine koju ispitanik može da savlada jedan put prilikom izvođenja čučnja (Bevan et al., 2010; Cormie, McBride, & McCaulley, 2008; Cormie, McCaulley, Triplett, & McBride, 2007; Jaric & Markovic, 2009; G. Markovic & Jaric, 2007b; Nuzzo, et al., 2010), a po nekim autorima čak i manje od mase tela, koje se dobija primenom "negativnog opterećenja" (G. Markovic & Jaric, 2007b; G. Markovic, et al., 2011; Vuk, et al., 2012). Široki opseg dobijenih opterećenja mogao bi biti posledica metodoloških razlika – različitih tipova skokova uvis, načina prikupljanja podataka (načina primene spoljašnjeg opterećenja (mesta i veličine)), metode računanja, selekcije zavisnih varijabli, specifičnosti zadatka (Dugan, Doyle, Humphries, Hasson, & Newton, 2004; Jaric & Markovic, 2009). Uprkos kontradiktornim nalazima ranijih istraživanja, skorašnja istraživanja otkrivaju da je optimalno opterećenje kojim se postiže maksimalna snaga prilikom skokova uvis, a samim tim možda i u ostalim kretanjima koje izvodimo pomoću mišića nogu, ono opterećenje koje potiče od sopstvene telesne težine (Jaric & Markovic, 2009; Leontijevic et al., 2012; G. Markovic & Jaric, 2007b; Nuzzo, et al., 2010; Pazin, Berjan, Nedeljkovic, Markovic, & Jaric, 2013; Suzovic, Markovic, Pasic, & Jaric, 2013; Vuk, et al., 2012). Na osnovu toga je i definisana hipoteza prema kojoj je dinamička sposobnost lokomotornog aparata najveća u zadacima i uslovima koji su najpribližniji svakodnevnim aktivnostima čoveka, dakle u onim uslovima kojima je čovek u dužem vremenskom periodu izložen, prema kojima se adaptirao (Jaric & Markovic, 2009).

2.4. Visina centra mase tela u ekscentričnoj fazi

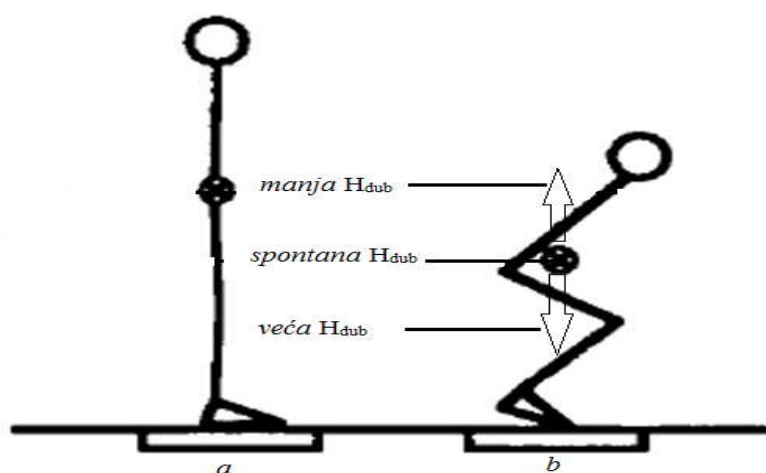
Za skok sa počučnjem karakteristično je da koncentričnoj fazi prethodi ekscentrična faza kojom se centar mase tela dovodi na određenu visinu. Centar mase tela je zamišljena tačka koja se prilikom izvođenja skoka uvis kreće skoro isključivo u vertikalnom pravcu. Kada se daje instrukcija da se izvede skok uvis sa počučnjem, on se izvodi iz određenog početnog položaja, posmatrano kroz visinu centra mase tela u ekscentričnoj fazi. Razlika između visine centra mase tela u početnom položaju i u njegovom krajnjem položaju u ekscentričnoj fazi skoka uvis predstavlja dubinu spuštanja (H_{dub}) (Slika 3).



Slika 3 – Prikaz ekscentrične faze skoka uvis sa počučnjem i dubine spuštanja (H_{dub})

U uslovima kada se skokovi uvis izvode iz individualnog početnog položaja, odnosno kada ispitanici sami određuju dubinu spuštanja, to je tzv. spontano određena dubina spuštanja (*spontana* H_{dub}). Ona se menja u zavisnosti od vrste skoka, kao i od uslova u kojima se izvode (E. A. Harman, et al., 1990; Kirby, et al., 2011; Lees, Vanrenterghem, & De Clercq, 2006; McBride, Kirby, Haines, & Skinner, 2010;

Mrdakovic, 2013). Naime, prilikom izvođenja CMJ, ispitanici se više spuštaju nego kod SJ (Kirby, et al., 2011; McBride, et al., 2010). Sa povećanjem intenziteta izvođenja skoka uvis, posmatrano kroz postizanje veće visine skoka, *spontana* H_{dub} raste (*veća* H_{dub} – Slika 4) (Lees, et al., 2006; Mrdakovic, 2013; Vanrenterghem, et al., 2004), dok se sa povećanjem intenziteta, posmatrano kroz povećanje spoljašnjeg otpora, *spontana* H_{dub} smanjuje (*manja* H_{dub} – Slika 4) (Leontijevic, et al., 2012; G. Markovic & Jaric, 2007a; Suzovic, et al., 2013). Takođe, do promene *spontana* H_{dub} može doći nakon primene treninga sa različitim opterećenjem, koji može imati selektivan uticaj na promenu u *spontana* H_{dub} (Cormie, et al., 2011b; G. Markovic, et al., 2011; S. Markovic, et al., 2013).



Slika 4 – Skica početnog (a) i krajnjeg (b) položaja ispitanika u ekscentričnoj fazi skoka uvis sa počučnjem

U većini dosadašnjih istraživanja (Arteaga, Dorado, Chavarren, & Calbet, 2000; Moir, et al., 2004; Moir, et al., 2005), maksimalni skokovi uvis izvođeni su iz *spontana* H_{dub} . Naime, u pomenutim istraživanjima pretpostavka je bila da su ispitanici u stanju da izvedu traženi obrazac kretanja, tj. skok uvis, tako da postignu najveću moguću

visinu skoka (Arteaga, et al., 2000; Moir, et al., 2004; Moir, et al., 2005), i da su u mogućnosti da ponove isti obrazac nekoliko puta zaredom. Pouzdanost izvođenja testa kao što je skok uvis podrazumeva ponovljivost u nekoliko uzastopnih pokušaja. Pouzdan test karakteriše se malim koeficijentom varijacije rezultata istog ispitanika (koeficijent varijacije - CV) i njihovim visokim test-retest koeficijentom korelacije (intraklas koeficijent korelacije – ICC) (Hopkins, 2000). Rezultati pouzdanosti su značajni kako za istraživače tako i za sportske trenere zato što predstavljaju značajan element u proceni sposobnosti sportista. Međutim, u dosadašnjim istraživanjima nedostaju rezultati pouzdanosti *spontana* H_{dub} , dok su rezultati pouzdanosti ostalih varijabli (npr. H_{max} , F_{max} , P_{max} , trajanja ekscentrične i koncentrične faze skoka, V_{max} i V_{to}) koje se dobijaju prilikom testiranja skokova uvis retki, pogotovo kod CMJ i CMJA. Posledica toga je da su rezultati koji se odnose na razlike između različitih grupa ispitanika (Nuzzo, et al., 2010; Pazin, Bozic, Bobana, Nedeljkovic, & Jaric, 2011; Vuk, et al., 2012), kao i efekte primenjenih procedura (Cormie, et al., 2011b; S. Markovic, et al., 2013) na visinu skoka i snagu, obično pripisivani razlikama u sili i snazi koju proizvode mišići nogu, a ne promeni, odnosno razlikama u kinematičkim varijablama skokova uvis (npr. H_{dub}). Promena H_{dub} nesumnjivo utiče na mišićnu aktivnost, trajanje ekscentrične i koncentrične faze skoka, i posledično na promene u mehaničkim varijablama koje proističu iz skokova uvis (Bobbert, 2012; Bobbert, et al., 2008; Samozino, et al., 2012; Vanrenterghem, et al., 2004). Naime, kada H_{dub} raste, dolazi do smanjenja sile reakcije podloge usled smanjenja dužine kraka poluge mišića opružaća nogu (Bobbert, 2012; Salles, Baltzopoulos, & Rittweger, 2011). Smanjenje sile reakcije podloge moglo bi posledično da utiče na smanjenje snage kao proizvoda sile i brzine. Za razliku od sile i snage, H_{max} može ostati relativno nezavisna od promene H_{dub}

(Cormie, McGuigan, & Newton, 2010; Domire & Challis, 2007; Selbie & Caldwell, 1996). Međutim, pojedini teorijski (Samozino, et al., 2008; Samozino, Morin, Hintzy, & Belli, 2010), matematički (Bobbert, et al., 2008), i eksperimentalni modeli (Bobbert, et al., 2008; Kirby, et al., 2011; Salles, et al., 2011), sugerišu da H_{\max} može zavisiti od H_{dub} .

Istraživanje optimalnih uslova u kojima se najefikasnije izvode skokovi uvis značajno je za razumevanje funkcionisanja lokomotornog aparata čoveka. Poseban problem predstavlja istraživanje efekata promene H_{dub} na kinetičke i kinematičke varijable skoka uvis koje bi moglo da objasni koordinacioni mehanizam skoka uvis. Dodatno, moguće je da bi time mogli da se objasne i ostali eksplozivni pokreti koji se izvode mišićima nogu.

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Dosadašnja istraživanja maksimalnih skokova uvis zasnivala su se na osnovu primene eksperimentalnih modela, kao i na osnovu matematičkih modela (Alexander, 1990; Anderson & Pandy, 1993; Bobbert, 2014; Bobbert, et al., 2008; Domire & Challis, 2007; Lees, et al., 2006; Selbie & Caldwell, 1996; Sheppard, Cormack, Taylor, McGuigan, & Newton, 2008; Van Soest, Bobbert, & Van Ingen Schenau, 1994). Matematički modeli su se kretali od veoma jednostavnih, gde je u kretanje bio uključen samo jedan zglob i jedan mišić (Alexander, 1990) do složenih, gde je u kretanje bilo uključeno više zglobova i mišića (Anderson & Pandy, 1993; Domire & Challis, 2007; Nagano, Komura, & Fukashiro, 2007; Selbie & Caldwell, 1996). U matematičkim modelima, parametri su optimizovani tako da maksimizuju visinu centra mase tela i brzinu centra mase tela u trenutku odskoka. U eksperimentalnim modelima, skokove uvis su izvodili različiti ispitanici, uglavnom vrhunski sportisti i fizički aktivni ispitanici. Skokovi su izvođeni bez i sa spoljašnjim opterećenjem, kao i sa maksimalnim i manjim od maksimalnog intenziteta.

Pregled dosadašnjih istraživanja podeljen je u četiri potpoglavlja. U prvom potpoglavlju nalazi se pregled istraživanja pouzdanosti prilikom izvođenja skokova uvis. U drugom potpoglavlju predstavljena su istraživanja koja su pokazala da *spontana* H_{dub} može varirati u određenom opsegu u odnosu na uslove pod kojima se izvodi skok uvis. U trećem potpoglavlju predstavljena su istraživanja koja su sistematski ispitivala uticaj promene početnog položaja na visinu skoka. U četvrtom potpoglavlju predstavljena su istraživanja o uticaju H_{dub} na mišićnu silu i mišićnu snagu.

3.1. Pouzdanost skokova uvis

Informacije o pouzdanosti najčešćih varijabli koje se dobijaju merenjem i kalkulacijom prilikom izvođenja skokova uvis važne su kako bi stvarne promene mogle da se zabeleže i analiziraju. Dosadašnja istraživanja su pokazala uglavnom visoku pouzdanost H_{\max} , F_{\max} i P_{\max} ($ICC > 0.77$, $CV < 9.5$) (Arteaga, et al., 2000; Fernandez-Santos, Ruiz, Cohen, Gonzalez-Montesinos, & Castro-Pinero, 2015; Goodwin et al., 1999; G. Markovic, et al., 2004; Moir, et al., 2004; Moir, et al., 2005; Sheppard, Cormack, et al., 2008). U ovom pregledu ograničićemo se na istraživanja u kojima su skokove uvis izvodili fizički aktivni ispitanici i vrhunski sportisti na tenziometrijskoj platformi ili na podlozi sa senzorima.

Goodwin i sar. (Goodwin, et al., 1999) su na uzorku od 15 studentkinja, istraživali pouzdanost mišića nogu i visine skoka kod CMJ između dve sesije između kojih je bilo 14 dana pauze. Prikazali su visoku relativnu test-retest pouzdanost visine skoka (intraklas koeficijent korelacije, $ICC = 0.96$).

Arteaga i sar. (Arteaga, et al., 2000) su procenjivali pouzdanost visine skoka kod CMJ i SJ u šest odvojenih sesija. U istraživanju je učestvovalo 8 muških i 9 ženskih fizički aktivnih ispitanika. Dobijeni rezultati visine skoka imali su visoku apsolutnu pouzdanost - vrednosti koeficijenta varijacije (CV) su bile 6.3% za CMJ i 5.4% za SJ.

Moir i sar. (Moir, et al., 2004) su istraživali efekat familijarizacije na pouzdanost visine skoka uvis kod CMJ i SJ izvedenih u 5 sesija između kojih je bilo najmanje 48 sati pauze. U istraživanju je učestvovalo 10 fizički aktivnih ispitanika. Dobijena je visoka pouzdanost visine skoka kod SJ ($CV = 2.4\%$, $ICC = 0.91$), i kod CMJ ($CV = 2.4\%$, $ICC = 0.93$).

Marković i sar. (G. Markovic, et al., 2004) su istraživali pouzdanost visine skoka kod SJ i CMJ. Fizički aktivni ispitanici (N = 93) nasumično su bili podeljeni u četiri grupe. Pouzdanost je ispitana na tri pokušaja izvedena u istoj sesiji. Rezultati su pokazali visoku apsolutnu i relativnu pouzdanost visine skoka: SJ (CV = 3.3%, ICC = 0.97), CMJ (CV = 2.8%, ICC = 0.98).

Moir i sar. (Moir, et al., 2005) su istraživali efekat familijarizacije na pouzdanost maksimalne sile, maksimalne snage, i brzine u trenutku odskoka. U studiji su učestvovali fizički aktivni ispitanici koji su izvodili SJ u četiri sesije, međusobno odvojene sa najmanje 48 sati pauze. Rezultati ovog istraživanja su pokazali izuzetno visoku i apsolutnu i relativnu pouzdanost ispitivanih varijabli: maksimalna sila (CV = 2.4%, ICC = 0.96), maksimalna snaga (CV = 3.3%, ICC = 0.97), i brzina u trenutku odskoka (CV = 2.8%, ICC = 0.93).

Šepard i sar. (Sheppard, Cormack, et al., 2008) su testirali pouzdanost visine, maksimalne sile, maksimalne snage i maksimalne brzine skoka kod vrhunskih sportista (odbojkaša i fudbalera) prilikom izvođenja CMJ u dve odvojene sesije. Vrednosti CV i ICC su iznosile 7.2% i 0.77 za visinu skoka, 3.5% i 0.96 za maksimalnu silu, 9.5% i 0.80 za maksimalnu snagu, i 7.3% i 0.25 za maksimalnu brzinu.

Svi rezultati navedenih istraživanja pokazuju visoku pouzdanost posmatranih varijabli, nezavisno od vrste skoka, kao i nezavisno od broja ispitanika, pokušaja i sesija. Međutim, nedostaju podaci o pouzdanosti *spontana* H_{dub} , nezavisno od vrste skoka. Takođe, nema podataka koji se odnose na pouzdanost varijabli koje se najčešće koriste kod CMJA.

3.2. Efekat spoljašnjeg opterećenja, intenziteta i treninga na visinu centra mase tela u ekscentričnoj fazi

Rezultati pojedinih istraživanja navode da *spontana* H_{dub} može varirati u određenom opsegu u zavisnosti od uslova pod kojim se izvodi skok uvis (Lees, et al., 2006; G. Markovic & Jaric, 2007b; G. Markovic, et al., 2011; S. Markovic, et al., 2013; Mrdakovic, 2013; Suzovic, et al., 2013; Vanrenterghem, et al., 2004). Naime, do promene *spontana* H_{dub} dolazi sa promenom spoljašnjeg opterećenja (G. Markovic & Jaric, 2007b; Suzovic, et al., 2013). Dalje, sa promenom intenziteta izvršenih skokova – submaksimalnih i maksimalnih, menja se *spontana* H_{dub} (Lees, et al., 2006; Mrdakovic, 2013; Vanrenterghem, et al., 2004). Takođe, *spontana* H_{dub} se menja i pod uticajem primene određene trenažne procedure (G. Markovic, et al., 2011; S. Markovic, et al., 2013). Važno je napomenuti da su, u ovom potpoglavlju navedenim i detaljnije objašnjenim istraživanjima, svi skokovi (kada su u pitanju CMJ i CMJA) izvođeni sa *spontana* H_{dub} .

G. Marković i Jarić (G. Markovic & Jaric, 2007b) ispitivali su uticaj pozitivnog i negativnog spoljašnjeg opterećenja na kinetičke i kinematičke karakteristike CMJ kod fizički aktivnih ispitanika. Primenili su intenzitet koji se kretao od -30% do +30% u odnosu na masu tela ispitanika. Pronašli su da sa promenom opterećenja ispitanici prilagođavaju kinematički obrazac tako da *spontana* H_{dub} iznosi $\approx 42\text{cm}$ pri najmanjem opterećenju i $\approx 18\text{cm}$ pri najvećem opterećenju. Autori to objašnjavaju dobro poznatim fenomenom u treningu snage čoveka, kao i poznatom činjenicom da veće životinje prilikom skokova koriste manje zglobne pomeraje.

Primenom slične metodologije Suzović i sar. (Suzovic, et al., 2013) dobili su gotovo istovetne rezultate. Oni su istraživali efekat spoljašnjeg opterećenja na kinetiku i kinematiku SJ, CMJ i CMJA kod fizički aktivnih ispitanika. Primenjeni intenzitet se kretao od -40% do +40% u odnosu na masu tela ispitanika. Razlika u *spontana* H_{dub} se kretala u proseku od ≈ 10 cm, dok je u prethodno navedenom istraživanju prosek bio ≈ 24 cm. Prilikom izvođenja CMJA, ispitanici su se generalno manje spuštali u odnosu na CMJ, ali nema podataka o značajnosti te razlike.

Vanrentergem i sar. (Vanrenterghem, et al., 2004) su kod odbojkaša ispitivali adaptaciju na izvođenje CMJ različitim intenzitetom naprezanja. Intenzitet naprezanja su odredili na osnovu H_{max} postignute iz *spontana* H_{dub} (25%, 50%, 75% i 100% od H_{max}). Sa povećanjem intenziteta dolazilo je do značajnog rasta *spontana* H_{dub} (5cm, 13cm, 21cm i 32cm) najviše zahvaljujući povećanoj fleksiji u zglobu kuka.

Lis i sar. (Lees, et al., 2006) ispitivali su uticaj zamaha rukama između submaksimalnih i maksimalnih CMJA kod sportista. Pokazali su da se sa povećanjem intenziteta, u pogledu postizanja veće visine skoka, *spontana* H_{dub} raste: mali intenzitet ≈ 17 cm, srednji intenzitet ≈ 22 cm, maksimalni intenzitet ≈ 30 cm. Slične rezultate dobio je Mrdaković (2013) poredeći CMJ izvedene sa 65%, 80% i 95% intenziteta.

G. Marković i sar. (G. Markovic, et al., 2011) ispitivali su efekte treninga skokova sa negativnim i pozitivnim opterećenjem na kinematički obrazac CMJ kod fizički aktivnih ispitanika. Ispitanici su bili podeljeni u tri grupe: grupa koja je trenirala sa pozitivnim opterećenjem, grupa koja je trenirala sa negativnim opterećenjem i kontrolna grupa. Rezultati pretesta i postesta pokazali su da se sa porastom spoljašnjeg opterećenja ispitanici manje spuštaju. Nakon treninga u trajanju od sedam nedelja, došlo je do rasta *spontana* H_{dub} kod grupa koje su trenirale sa negativnim i pozitivnim

opterećenjem, dok je kod obe navedene grupe dobijena značajna razlika kod izvođenja CMJ bez i sa negativnim opterećenjem.

S. Marković i sar. (S. Markovic, et al., 2013) istraživali su efekat treninga u trajanju od 8 nedelja sa tri različita spoljašnja opterećenja (bez opterećenja, sa negativnim i sa pozitivnim opterećenjem) na SJ i CMJ kod fizički aktivnih ispitanika. Sve grupe ispitanika pokazale su određeni rast *spontana* H_{dub} (samo kod CMJ, dok se SJ izvodio iz kontrolisane pozicije) pod uticajem treninga, ali je značajna razlika dobijena kod grupa koje su trenirale bez i sa negativnim opterećenjem. Autori navode da povećanje H_{max} ne treba posmatrati isključivo kao posledicu povećanja P_{max} , nego da treba uzeti u obzir promenu kinematičkog obrasca CMJ koja se ogleda kroz rast *spontana* H_{dub} . Autori dodatno sugerišu da promena *spontana* H_{dub} može imati veliki uticaj na snagu.

U navedenim istraživanjima, prilikom tumačenja razlika koje su dobijene u zavisnosti od uslova u kojima su se izvodili skokovi uvis, nije uzeta u obzir promena kinematičkog obrasca (gledano kroz *spontana* H_{dub}). Obzirom da je *spontana* H_{dub} varirala u određenom opsegu, postavlja se pitanje da li ta promena utiče na kinetiku i kinematiku primenjenih skokova. Istraživanjem ovog problema mogli bi preciznije da se objasne efekti različitih trenažnih procedura na razvoj dinamičkog izlaza, kao i efekti primene različitih opterećenja na ispoljavanje istog.

3.3. Efekat visine centra mase tela u ekscentričnoj fazi na visinu skoka

Dosadašnja istraživanja povezanosti H_{dub} i maksimalne visine skoka uvis (H_{max}) imaju prilično nekonzistentne rezultate (Bobbert, et al., 2008; Bobbert & van Soest,

2001; Domire & Challis, 2007; Gheller et al., 2015; Kirby, et al., 2011; Moran & Wallace, 2007; Salles, et al., 2011; Van Soest, et al., 1994). Istraživanja su vršena na osnovu teorijskih, matematičkih i eksperimentalnih modela. Pojedina istraživanja pokazala su da postoji stabilan obrazac mišićne aktivacije tokom izvođenja skoka uvis, i da je on malo osetljiv na promene H_{dub} (Bobbert & van Soest, 2001; Van Soest, et al., 1994). Ovaj fenomen objašnjava i nalaze jednog broja istraživanja koja su pokazala malu osetljivost H_{max} na promene H_{dub} (Domire & Challis, 2007; Selbie & Caldwell, 1996). Sa druge strane, postoje rezultati koji sugerišu da H_{max} može zavisiti od H_{dub} (Gheller, et al., 2015; Kirby, et al., 2011; Moran & Wallace, 2007; Salles, et al., 2011).

Van Soest i sar. (Van Soest, et al., 1994) istraživali su obrazac mišićne aktivacije i njegov uticaj na SJ izvedenog iz šest različitih početnih položaja primenom matematičkog modela. Mišićna aktivacija prilagođena je tako da se postigne H_{max} iz svakog početnog položaja. Na osnovu rezultata utvrdili su opštu šemu mišićne aktivacije kojom se postiže H_{max} . Autori su dodatno sugerisali da SJ izveden sa rastom H_{dub} za 10cm u odnosu na *spontana* H_{dub} , ne mora zahtevati značajne promene u obrascu mišićne aktivacije, ali postignuta H_{max} bila je veća.

Selbi i Kaldvel (Selbie & Caldwell, 1996) takođe su koristili matematički model da bi ispitali efekat početnog položaja na CMJ. Kombinacijom pet različitih početnih položaja potkolenice, natkolenice i HAT (glava, ruke i trup zajedno) dobili su 125 početnih položaja. Rezultati koje su dobili pokazali su da početni položaj ima zanemarljivo mali efekat na H_{max} . Ono što je nepoznato jeste testirani opseg H_{dub} .

Moran i Valas (Moran & Wallace, 2007) su na uzorku od 17 odbojkaša ispitali uticaj dve H_{dub} na H_{max} kod SJ, CMJ i DJ. Uglovi u zglobu kolena od 70^0 i 90^0 su poslužili za određivanje H_{dub} . Nezavisno od vrste skoka, H_{max} postignuta iz veće H_{dub}

(90°) bila je značajno veća. U ovom istraživanju nedostaju skokovi izvedeni iz *spontana* H_{dub} .

Domire i Čalis (Domire & Challis, 2007) pretpostavili su da rast H_{dub} dovodi do veće H_{max} prilikom izvođenja SJ, kao posledica dužeg trajanja razvoja sile. Primenili su eksperimentalni i matematički model. U eksperimentalnom modelu, 10 ispitanika izvelo je šest SJ: tri iz *spontana* H_{dub} i tri iz veće H_{dub} . Opseg ispitivane H_{dub} iznosio je 12cm. Rezultati su pokazali da H_{dub} nema uticaja na H_{max} . Sa druge strane, matematički model je pokazao da se H_{max} postiže prilikom najvećih vrednosti testirane H_{dub} . Nemogućnost da ispitanici postignu veću H_{max} kada H_{dub} raste u odnosu na *spontana* H_{dub} objasnili su nedostatkom koordinacije, odnosno uvežbanosti skokova iz neprirodnih položaja. Potvrda za to je i prirast sile reakcije podloge koje se odvija u dve faze tokom skoka kod osam od deset ispitanika kada H_{dub} raste. Oni pretpostavljaju da bi ispitanici treniranjem SJ iz tih pozicija, nakon uspostavljanja odgovarajuće koordinacije, ostvarili veće H_{max} nego iz *spontana* H_{dub} . U ovom istraživanju ne navodi se da li su ispitanici imali iskustva u izvođenju SJ.

Cilj Samozina i sar. (Samozino, et al., 2010) bio je da predlože alternativni teorijski pristup pomoću koga mogu da se identifikuju mehaničke karakteristike mišića nogu koje određuju izvođenje maksimalnog SJ. Oni predlažu da se H_{max} može predstaviti kao funkcija tri mehanička entiteta: maksimalne teorijske dinamičke sile koja može da se razvije tokom opružanja mišića nogu, maksimalne teorijske brzine opružanja mišića nogu u uslovima bez spoljašnjeg opterećenja i *opseg opružanja mišića nogu određujući time distancu tokom koje se sila razvija*.

Cilj istraživanja Boberta i sar. (Bobbert, et al., 2008) bio je da detaljnije ispituju kontrolnu strategiju koju sportisti koriste kod SJ. Istraživali su efekat H_{dub} na kinetičke i

kinematičke varijable SJ iz pet različitih H_{dub} : *spontana* H_{dub} (P3), veća (P1 i P2) i manja (P4 i P5) H_{dub} od spontano određene. Rezultati ovog istraživanja prikazani su u *Tabeli 1*. Apsolutne vrednosti H_{max} povećavale su se sa rastom H_{dub} , dok je značajna razlika dobijena između P3, P2 i P1. Autori spekuliraju da pojedini ispitanici skaču više iz P4 i P5 što može biti slučajnost, ili P3 može predstavljati kompromis između H_{max} i trajanja skoka. U istom istraživanju primenili su i matematički model koji je pokazao slične rezultate (*Tabela 1*).

Tabela 1 – Visina skoka (H_{max}) u zavisnosti od H_{dub} (rezultati su prikazani u cm) (preuzeto i prerađeno iz Bobbert i sar., 2008)

		P1	P2	P3	P4	P5
SJ ispitanika	H_{dub}	12 ± 3	18 ± 3	25 ± 4	32 ± 5	39 ± 6
	H_{max}	36 ± 6	40 ± 5	41 ± 5	42 ± 5	43 ± 5
SJ modela	H_{dub}	15	23	28	33	42
	H_{max}	31	37	40	42	45

SJ – skok uvis iz počučnja; H_{dub} – dubina spuštanja; H_{max} – visina skoka; P1-P5 – pozicija iz koje se vršio skok uvis u zavisnosti od H_{dub}

Mekbrajd i sar. (McBride, et al., 2010) ispitivali su efekat H_{dub} i spoljašnjeg opterećenja na izvođenje maksimalnih SJ i CMJ kod fizički aktivnih ispitanika. Skokovi su se izvodili iz šest H_{dub} (15cm, 30cm, 45cm, 60cm, 75cm, i *spontana* H_{dub} – 49cm kod SJ, 60cm kod CMJ), i sa tri spoljašnja opterećenja (telesna težina, 20%1PM, i 40%1PM). Rezultati su pokazali da se sa rastom H_{dub} generalno postižu veće vrednosti H_{max} , ali nedostaju podaci o značajnosti ovih razlika. Dalje, pokazali su da se sa povećanjem spoljašnjeg opterećenja značajno smanjuje H_{max} kod svih ispitivanih H_{dub} .

Kirbi i sar. (Kirby, et al., 2011) primenom slične metodologije kao u prethodno navedenom istraživanju, istraživali su efekat H_{dub} na izvođenje maksimalnih SJ i CMJ kod fizički aktivnih ispitanika. Bilo je šest H_{dub} (15cm, 30cm, 45cm, 60cm, 75cm, i *spontana* H_{dub} – 38cm kod SJ, 49cm kod CMJ). Dobijeni rezultati pokazuju da promena H_{dub} ima značajne efekte na H_{max} . Naime, kod SJ, najveća moguća H_{max} postignuta je pri H_{dub} 60cm i 75cm, i te vrednosti se značajno razlikuju od H_{max} postignute iz *spontana* H_{dub} . Kod CMJ, iste vrednosti H_{max} postignute su iz *spontana* H_{dub} i H_{dub} 75cm.

U istraživanju Salesa i sar. (Salles, et al., 2011) ispitivan je efekat H_{dub} i intenziteta na CMJ kod studenata. Menjali su tri pozicije H_{dub} (50^0 , 70^0 , 90^0 ugao u zglobu kolena, 0^0 odgovara kada je noga potpuno opružena), i četiri različita intenziteta (25%, 50%, 75% i 100% od maksimalnog izvođenja skoka). Rezultati su pokazali da H_{dub} i intenzitet izvođenja skoka imaju značajan efekat na H_{max} . Naime, sa povećanjem intenziteta, i sa povećanjem ugla u zglobu kolena, povećava se H_{max} . Najveća moguća H_{max} postignuta je pri uglu u zglobu kolena od 90^0 i intenzitetu od 100%. Ono što nedostaje jeste izvođenje CMJ iz *spontana* H_{dub} , tako da je nepoznato da li ugao u zglobu kolena od 90^0 odgovara toj vrednosti.

U istraživanju Gelera i sar. (Gheller, et al., 2015) ispitivan je efekat H_{dub} na visinu skoka košarkaša i odbojkaša kod SJ i CMJ. Menjali su četiri H_{dub} kod SJ (ugao u zglobu kolena od 70^0 , 90^0 , 110^0 , i *spontana* H_{dub} - 96^0), i tri H_{dub} kod CMJ (ugao u zglobu kolena $<90^0$ (max 80^0), $>90^0$ (max 100^0), i *spontana* H_{dub} – 85^0). Visina skoka bila je najveća kod skokova izvedenih iz najnižeg položaja kod obe vrste skoka, bez značajne razlike sa visinom skoka iz *spontana* H_{dub} .

Iz pregleda dosadašnjih istraživanja može se zaključiti da se H_{dub} menja u zavisnosti od uslova pod kojim se izvodi skok uvis, odnosno da postoji širi opseg H_{dub}

pri kom je moguće postići H_{\max} . Na osnovu ovoga može se pretpostaviti da postoji *optimalna* H_{dub} (*optimalna* H_{dub}), pri kojoj će se postići najveća moguća H_{\max} , kao što to pretpostavljaju Kirby i sar. (Kirby, et al., 2011), i G. Marković i Jarić (G. Markovic, et al., 2011). Dodatni razlog za ovu pretpostavku predstavljaju rezultati istraživanja u kojima ispitanici postižu veću H_{\max} kada H_{dub} raste u odnosu na *spontana* H_{dub} . Do sada, koliko je poznato, nema rezultata koji bi potvrdili postojanje *optimalna* H_{dub} . Istraživanje ovog problema je značajno za razumevanje mehanizama koji utiču na visinu skoka, ali i za unapređivanje testiranja skokova uvis.

3.4. Efekat visine centra mase tela u ekscentričnoj fazi na mišićnu silu i snagu

Postoje eksperimentalni rezultati koji sugerišu da H_{dub} , pored uticaja na H_{\max} , može imati uticaj na ostale varijable koje se veoma često koriste prilikom analize skoka uvis. Na primer, sila reakcije podloge (F) često se koristi za procenu različitih mehaničkih uslova, kao i efekata različitih trenažnih procedura (Domire & Challis, 2007; Hori, et al., 2007; G. Markovic, et al., 2011; S. Markovic, et al., 2013; Samozino, et al., 2014). Rast H_{dub} dovodi do smanjenja maksimalne sile reakcije podloge (F_{\max}) usled promene kraka poluga mišića opružaća nogu (Bobbert, 2012; Salles, et al., 2011). Takođe, poznato je da promena dužine mišića kao posledica promene H_{dub} može uticati na mišićni ciklus izduženje-skraćenje (Cormie, et al., 2010). Značajna posledica toga može biti efekat H_{dub} na mišićnu snagu (P). Pojedina istraživanja pokazala su promenu P sa promenom H_{dub} (Kirby, et al., 2011; Salles, et al., 2011). Ono što je još zanimljivo, rezultati skorašnjih istraživanja o uticaju treninga skokova na H_{\max} ukazuju na to da

povećanje H_{max} nakon primenjene trenažne procedure ne mora da prati i povećanje F i P usled rasta H_{dub} (G. Markovic, et al., 2011; S. Markovic, et al., 2013).

Kirbi i sar. (Kirby, et al., 2011) istraživali su efekat H_{dub} na izvođenje maksimalnih SJ i CMJ kod fizički aktivnih ispitanika. Manipulisali su sa šest H_{dub} (15cm, 30cm, 45cm, 60cm, 75cm, i *spontana* H_{dub} – 38cm kod SJ, 49cm kod CMJ). Rezultati su pokazali da se kod obe vrste skoka F_{max} smanjuje sa rastom H_{dub} . Kod SJ, značajne razlike nije bilo samo između *spontana* H_{dub} i 30cm, a kod CMJ između *spontana* H_{dub} i 45cm. Kada je u pitanju P_{max} , najveće vrednosti su dobijene kod *spontana* H_{dub} (SJ), i 30cm (CMJ).

U istraživanju Salesa i sar. (Salles, et al., 2011) ispitivan je efekat H_{dub} i intenziteta na izvođenje CMJ kod studenata. Skokovi su se izvodili iz tri položaja H_{dub} (50° , 70° , 90° ugao u zglobu kolena, 0° odgovara kada je noga potpuno opružena), i sa četiri različita intenziteta (25%, 50%, 75% i 100% od maksimalnog izvođenja skoka). Rezultati su pokazali značajan efekat ugla u zglobu kolena i intenziteta izvođenja na F_{max} i P_{max} . Takođe, dobijena je značajna interakcija između ugla u zglobu kolena i intenziteta kod F_{max} , ali ne i P_{max} . F_{max} pokazuje inverznu povezanost sa uglom u zglobu kolena. Razlika vrednosti F_{max} je značajna između svih uslova. Kada je u pitanju P_{max} , nema značajne razlike između 50° i 90° ugla u zglobu kolena.

U istraživanju Gelera i sar. (Gheller, et al., 2015) analiziran je efekat H_{dub} na visinu skoka košarkaša i odbojkaša kod SJ i CMJ. Menjali su četiri H_{dub} kod SJ (ugao u zglobu kolena od 70° , 90° , 110° , i *spontana* H_{dub} - 96°), i tri H_{dub} kod CMJ (ugao u zglobu kolena $<90^{\circ}$ (max 80°), $>90^{\circ}$ (max 100°), i *spontana* H_{dub} – 85°). Kao i u prethodno navedenom istraživanju, rezultati su pokazali značajan efekat ugla u zglobu

kolena na F_{\max} i P_{\max} . Najveće vrednosti zabeležene su kod skokova izvedenih iz najmanje H_{dub} , i smanjuju se sa rastom H_{dub} .

Iz prethodnih istraživanja moguće je zaključiti da postoje rezultati koji sugerišu da, pored uticaja na kinematički obrazac (t.j. H_{\max}), promena H_{dub} može uticati na kinetički obrazac skoka uvis, i na taj način razdvoji taj uticaj, sa jedne strane na F i P mišića nogu, a sa druge strane na H_{\max} (S. Markovic, et al., 2014; Samozino, et al., 2012). Međutim, i dalje je nepoznata veličina tog efekta unutar šireg opsega H_{dub} , kao i da li se taj efekat razlikuje kod F i P.

3.5. Ograničenja dosadašnjih istraživanja

Na osnovu pregledane literature, može se reći da postoje određena ograničenja prethodnih studija koja mogu biti uzroci nekonzistentnih rezultata. Od interesa za ovo istraživanje su sledeća:

- nedostaju rezultati pouzdanosti za CMJ i CMJA kod vrhunskih sportista, ili su veoma retki. Posebno treba naglasiti da ne postoje podaci o pouzdanosti *spontana* H_{dub} ;
- nekonzistentni rezultati između studija po pitanju efekata H_{dub} na H_{\max} ;
- nekonzistentni rezultati između studija po pitanju efekata H_{dub} na F i P;
- različite metode procene H_{dub} : pomoću linearnog pozicionog enkodera; preko ugla u zglobu kolena; preko odnosa između uglova u zglobu kuka, kolena i skočnog zgloba; integracijom iz zapisa signala sile reakcije podloge;
- varijabilan opseg ispitivane H_{dub} : 15cm-75cm; $\approx 10\text{cm}$; $\approx 12\text{cm}$; $\approx 27\text{cm}$; 50° - 90° ugao u zglobu kolena ($\approx 35\text{cm}$); 70° i 90° ugao u zglobu kolena;

- u pojedinim istraživanjima promena početnog položaja najviše se ogledala u promeni nagiba gornjeg dela tela, dok je H_{dub} uglavnom ostajala ista;
- pojedina istraživanja nemaju skok uvis iz *spontana* H_{dub} ;
- ne postoje podaci koji se odnose na CMJA;
- nema podataka o postojanju *optimalna* H_{dub} koja omogućava postizanje najveće moguće H_{max} .

4. PROBLEM, PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA

Problem istraživanja

Problem istraživanja je fundamentalnog karaktera i formulisan je na osnovu metodoloških nedostataka dosadašnjih istraživanja koja su se bavila efektom promene dubine spuštanja (H_{dub}) na kinetičke i kinematičke varijable skoka uvis. Problem se odnosi na dalje ispitivanje merenih varijabli, kao i dodatnih varijabli, koje je potrebno beležiti kroz širok opseg H_{dub} , primenom prirodnih skokova uvis, i na različitim grupama ispitanika. U ovom istraživanju primeniće se skokovi uvis sa počućnjem bez (CMJ), i sa zamahom rukama (CMJA). Oni su najbolji reprezentivi prirodnog oblika kretanja, i obezbeđuju postizanje najveće moguće visine skoka. Dodatno, skokovi uvis izvodiće se bez opterećenja, jer se njihovim izvođenjem postiže maksimalni dinamički izlaz.

Predmet istraživanja

Predmet istraživanja je uticaj promene dubine spuštanja, na izvođenje maksimalnog skoka uvis sa počućnjem bez i sa zamahom rukama, kod košarkaša i fizički aktivnih ispitanika.

Ciljevi istraživanja

U skladu sa predmetom istraživanja definisani su sledeći ciljevi istraživanja:

- 1) ispitati pouzdanost skokova koji se izvode iz *spontana* H_{dub} ;
- 2) ispitati da li postoji *optimalna* H_{dub} pri kojoj se postiže maksimalna visina skoka;
- 3) ispitati da li postoji razlika između *spontana* H_{dub} i *optimalna* H_{dub} ;
- 4) ispitati efekat promene H_{dub} na maksimalnu silu i snagu tokom koncentrične faze skoka;
- 5) ispitati da li postoje razlike između vrhunskih košarkaša i fizički aktivnih ispitanika u efektu promene H_{dub} na H_{max} .

Zadaci istraživanja

Zadaci istraživanja koje treba realizovati kako bi se ostvarili postavljeni ciljevi istraživanja su sledeći:

- 1) formirati dve grupe ispitanika, vrhunške košarkaše i fizički aktivne osobe;
- 2) izvršiti procenu morfološkog statusa ispitanika;
- 3) registrovati sile reakcije podloge tokom skokova uvis sa različitim H_{dub} ;
- 4) izračunati maksimalne i vrednosti sile, brzine i snage;
- 5) izračunati vreme trajanja ekscentrične i koncentrične faze skokova uvis;
- 6) izvršiti obradu podataka;
- 7) izvršiti statističku analizu dobijenih podataka;
- 8) prikaz i diskusija dobijenih rezultata.

5. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Na osnovu detaljne analize relevantnih istraživanja, a na osnovu definisanog problema, predmeta i ciljeva istraživanja, postavljene su sledeće hipoteze:

H1 – postoji visoka pouzdanost kinematičkih i kinetičkih varijabli prilikom izvođenja CMJ i CMJA iz *spontana* H_{dub} .

H2 – postoji *optimalna* H_{dub} koja omogućava postizanje H_{max} .

H3 – *optimalna* H_{dub} razlikuje se od *spontana* H_{dub} kod obe grupe ispitanika.

H4 – postoje razlike između grupa ispitanika u efektu promene H_{dub} na H_{max} .

H5 – rast H_{dub} dovodi do smanjenja F_{max} i P_{max} .

6. METOD ISTRAŽIVANJA

6.1. Uzorak ispitanika

U skladu sa ciljevima istraživanja, formirane su dve grupe ispitanika. U prvoj grupi zahtevani su ispitanici koji su vrhunski trenirani i iskusni u izvođenju skoka uvis pod različitim mehaničkim uslovima. Skok uvis je element koji preovladava u košarci (Ziv & Lidor, 2010a), stoga je u istraživanju učestvovalo 11 vrhunskih košarkaša (Košarkaška liga Srbije, uzrasta 21.6 ± 2.9 godina¹- G-KOŠ). U istraživanju nisu učestvovali košarkaši čija je telesna visina veća od 2m zbog uticaja koje bi efekti skale (tj. uticaj telesnih dimenzija na zavisne varijable) mogli da imaju na samu kinematiku i kinetiku skokova (Jaric, Mirkov, & Markovic, 2005; Nedeljkovic, et al., 2009). U drugoj grupi bili su ispitanici koji su manje iskusni u izvođenju skoka uvis i koji se ne bave sportom na vrhunskom nivou. U skladu sa navedenim, ispitanici u drugoj grupi bili su studenti Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu (N = 11, uzrasta 22.6 ± 0.9 godina – G-FAK). Osnovni pokazatelji antropometrijskih karakteristika obe grupe ispitanika prikazane su u *Tabeli 2*. Studenti od fizičkih aktivnosti imaju samo redovnu nastavu na fakultetu (6-7 časova nedeljno). U istraživanju nisu učestvovali ispitanici koji nemaju iskustva u izvođenju skoka uvis zbog mogućeg uticaja koordinacije na izvođenje skokova iz neprirodnih položaja (Domire & Challis, 2007). Obzirom da su se studenti prethodno bavili sportom koji u svom sadržaju imaju skokove uvis (fudbal, odbojka, košarka, borenja) smatralo se da imaju određena iskustva sa zadatkom. Svi ispitanici bili su zdravi i nisu imali skore

¹ Podaci su prikazani kao srednja vrednost \pm standardna devijacija.

povrede lokomotornog aparata koje bi uticale na rezultate istraživanja. Istraživanje je sprovedeno u skladu sa Helšinskom deklaracijom. Svi ispitanici su dali pismenu saglasnost za učestvovanje u eksperimentu. Istraživanje je odobreno od strane etičkog odbora Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu.

6.2. Uzorak varijabli i način njihovog merenja

Varijable su podeljene u dve grupe. Prvu grupu čine varijable morfološkog prostora i varijabla za procenu maksimalne dinamičke sile. Drugu grupu čine varijable za procenu kinetičkih i kinematičkih karakteristika skoka uvis.

Varijable morfološkog prostora

Procena morfološkog statusa ispitanika vršena je na osnovu podataka prikupljenih merenjem visine i mase tela i procenta masnog tkiva. Tokom svih antropometrijskih merenja ispitanici su bili bos i minimalno obučeni (samo donji veš).

Merenje visine tela (telesna visina – TV) vršilo se korišćenjem antropometra po Martinu čija je tačnost merenja 0.1 cm. Ispitanik se nalazio u standardnom stojećem stavu na čvrstoj, vodoravnoj podlozi. Stopala su sastavljena, a pete, sedalna regija i gornji deo leđa dodiruju antropometar. Glava se nalazi u položaju Frankfurtske ravni i ne dodiruje skalnu antropometra.

Merenje mase tela (telesna masa – TM) i indirektna procena zastupljenosti masnog tkiva (procenat masti – PM) izvršena je korišćenjem profesionalnog analizatora telesnog sastava (Biospace InBody720, USA) koji radi na principu bioelektrične

impedance. Ispitanik je postavljao stopala na jasno definisana mesta na vagi i stajao u uspravnom položaju dok se ne izmeri masa tela. Nakon toga je uzimao elektrode na način definisan uputstvom za upotrebu instrumenta i stajao mirno dok instrument ne završi analizu telesnog sastava (*Slika 5*).



Slika 5 – Procena telesnog sastava metodom bioelektrične impedance (preuzeto od Ćuk Ivan, doktorska disertacija, str.43).

Maksimalna dinamička sila

Procena maksimalne dinamičke sile izvršena je testom jedno maksimalno ponavljanje prilikom izvođenja čučnja (1MPČ). Testiranje 1MPČ je sprovedeno prema do sada uspostavljenoj proceduri (Stefanovic, Jakovljevic, & Jankovic, 2010). Testiranje 1MPČ izvršeno je uz pomoć Smit mašine na kojoj su bili postavljeni podupirači, kako bi se precizno odredila visina na kojoj se nalazila klizna šipka na

ramenima ispitanika, u uslovima kada je ugao u zglobovima kolena bio 90° (Slika 6). Ispitanici su zauzimali položaj gde je kičmeni stub bio opružen, a položaj segmenata nogu takav, da vertikalna projekcija klizne šipke prolazi sredinom natkolenica, sredinom potkolenica i prednjim delom stopala. Instrukcija ispitanicima je podrazumevala da opružanjem nogu iz polučučnja, pokušaju da savladaju maksimalno opterećenje, tj. da se podignu u uspravni položaj. Testiranje 1MPČ podrazumeva serije podizanja tereta iz polučučnja, sa postepenim povećavanjem opterećenja. Sprovedene su dve serije specifičnog zagrevanja: 50% (8 ponavljanja) i 70% (4 ponavljanja) od predviđenog 1MPČ. Predviđeni 1MPČ predstavlja vrednost koja odgovara opterećenju koje je 1.5 put veće od telesne mase ispitanika. Nakon specifičnog zagrevanja pristupilo se podizanju predviđenog 1MPČ. Ako je ispitanik uspešno izveo pokušaj, onda mu se u sledećem pokušaju dodavalo 2.5 do 5%. Ispitanici su imali maksimalno 5 pokušaja podizanja maksimalnog tereta. Pauza između pokušaja (uključujući i specifično zagrevanje) trajala je od 3 do 5 minuta. Na kraju, treba pomenuti da se kod podizanja tereta iz polučučnja pored šipke sa tegovima podiže i telo, osim potkolenica i stopala (približno 88% TM prema standardnom Dempsterovom modelu). Stoga su rezultati 1MPČ prikazani kao zbir podignutog tereta i 88% TM ispitanika (1MPČ + 88% TM) (Tabela 2).

Tabela 2 – Deskriptivna statistika morfoloških karakteristika i maksimalne dinamičke sile ispitanika obe grupe (rezultati prikazani preko srednje vrednosti ± SD)

	TM (kg)	TV (cm)	PM (%)	1MPČ + 88%TM (kg)	CI95%
G-FAK	76,8 ± 10,7	182,5 ± 7,5	12,5 ± 4,8	216,2 ± 30,2	198,4 - 234,0
G-KOŠ	87,3 ± 7,7	193,5 ± 5,7	8,4 ± 4,3	223,7 ± 24,9	209,0 - 238,4

G-FAK – fizički aktivni; G-KOŠ – košarkaši; TM – masa tela; TV – visina tela;

PM – procenat masti; 1MPČ + 88%TM – 1 maksimalno ponavljanje + 88% telesne mase; CI 95% - 95% interval pouzdanosti



Slika 6 - Testiranje jednog maksimalnog ponavljanja iz čučnja (preuzeto od Ćuk Ivan, doktorska disertacija, str.46)

Varijable za procenu kinetičkih i kinematičkih karakteristika skoka uvis

Procena kinetičkih i kinematičkih karakteristika prirodnih skokova vršila se primenom dva skoka: skok uvis sa počučnjem bez (CMJ) i sa zamahom rukama (CMJA). Prilikom svakog skoka, pored instrukcije da se skok izvede maksimalno, sa ciljem postizanja što veće visine skoka, dodatna instrukcija bila je da se ispitanik spusti manje ili više u počučanj.

Kod CMJ, od ispitanika se zahtevalo izvođenje maksimalnog skoka nakon počučnja, sa šakama na bokovima. Kod CMJA, od ispitanika se zahtevalo izvođenje maksimalnog skoka nakon počučnja uz slobodno korišćenje zamaha rukama.

Skokovi su se izvodili na tenziometrijskoj platformi sile (AMTI, BP600400; USA). Na osnovu zapisa vertikalne komponente sile reakcije podloge u vremenu, računane su sledeće kinematičke i kinetičke varijable:

- visina skoka (H_{\max});
- dubina spuštanja (H_{dub});
- maksimalna sila reakcije podloge tokom koncentrične faze skoka (F_{\max});
- maksimalna snaga tokom koncentrične faze skoka (P_{\max});
- brzina centra mase tela tokom koncentrične faze skoka (V_{\max});
- brzina centra mase tela u trenutku odskoka (V_{to});
- trajanje ekscentrične faze skoka (T_{ecc}) i
- trajanje koncentrične faze skoka (T_{con}).

6.3. Protokol testiranja

Istraživanje u kojem su učestvovali G-KOŠ sprovedeno je u dve sesije, upoznavanje sa zadatkom i eksperimentalna, između kojih je bilo najmanje dva dana pauze. Istraživanje u kojem su učestvovali G-FAK sprovedeno je u tri sesije, upoznavanje sa zadatkom i dve eksperimentalne, između kojih je bilo najmanje dva dana pauze. Sesija upoznavanja sa zadatkom obuhvatala je procenu morfološkog statusa, kao i upoznavanje sa izvođenjem zadatka, odnosno sa izvođenjem skokova iz različite H_{dub} .

U istraživanju sa G-KOŠ, CMJ i CMJA izvodili su se u jednoj eksperimentalnoj sesiji, a u istraživanju sa G-FAK odvojeno u dve eksperimentalne sesije. Obe eksperimentalne sesije sa studentima bile su identične kako bi se u potpunosti izbegao mogući uticaj zamora na rezultate istraživanja. Ispitanici su izvodili 2 bloka po 20-23 maksimalnih CMJ i CMJA. Kod oba skoka bila su tri uslova H_{dub} u odnosu na *spontana* H_{dub} . Skokovi su izvođeni iz *spontana* H_{dub} , iz veće H_{dub} (*veća* H_{dub}), i iz manje H_{dub} (*manja* H_{dub}) u odnosu na *spontana* H_{dub} (za detalje pogledati str. 21). Redosled skokova, kao i redosled H_{dub} , nasumično je izabran za svakog ispitanika. Pre testiranja sprovedeno je standardno zagrevanje koje je obuhvatalo: 5 minuta vožnje na bicikl ergometru, 5 minuta vežbe oblikovanja, 5 minuta dinamičko istezanje. Nakon tog opšteg zagrevanja, ispitanici su radili 2 serije po 5 submaksimalnih skokova uvis. Od ispitanika se zahtevalo da izbegavaju naporno vežbanje najmanje jedan dan pre eksperimenta.

6.4. Procedura testiranja

Na početku, ispitanici su izvodili 5 maksimalnih skokova koji su poslužili kao referentna vrednost posmatranih varijabli. Nakon toga, ispitanici su izvodili 3 pod-bloka maksimalnih skokova koji su služili za prikupljanje podataka. Izvodili su 5 skokova iz *spontana* H_{dub} , kao i 5 ili više skokova iz *veća* H_{dub} i *manja* H_{dub} . Pored instrukcije da svaki skok izvedu maksimalno, dodatna instrukcija kod pod-blokova iz *veća* H_{dub} i *manja* H_{dub} bila je da se spuštaju više ili manje u položaj počućnja. Procedura je bazirana na prethodnim pilot istraživanjima sa ciljem da se ustanovi odgovarajuća procedura za postizanje H_{dub} u opsegu koji je ± 30 cm od *spontana* H_{dub} . Pauza između skokova bila je 15 s, između dva pod-bloka 2 minuta, dok je između vrste skokova u istraživanju sa košarkašima bila 5 minuta. Na osnovu subjektivnog osećaja ispitanika, kao i na osnovu prethodnih istraživanja sa sličnim protokolom, zamora nije bilo (G. Markovic, et al., 2011; S. Markovic, et al., 2013; Pazin, et al., 2011; Suzovic, et al., 2013).

6.5. Prikupljanje i obrada podataka

Platforma sile (AMTI BP600400; USA), kojom su snimani signali vertikalne komponente sile reakcije podloge, montirana je i kalibrisana prema specifikacijama proizvođača. Za potrebe ovog istraživanja u cilju prikupljanja i obrade dobijenih podataka korišćen je aplikacija napravljena u LabVIEW programu (National Instruments, Version 11.0, Austin, TX, USA). Frekvencija snimanja bila je 1000 Hz. Na osnovu zapisa vertikalne komponente sile reakcije podloge u vremenu, dobijeno je

ubrzanje koje je direktno proporcionalno vertikalnoj komponenti sile reakcije podloge ($F = m \times a$, gde F predstavlja silu, m masu ispitanika, a a ubrzanje). Integracijom signala ubrzanja dobijena je brzina, a sledećom integracijom i položaj centra mase tela tokom skoka.

Na osnovu ovih vrednosti izračunate su kinematičke varijable: Maksimalno spuštanje centra mase tokom ekscentrične faze skoka (dubina spuštanja - H_{dub}), Visina skoka (H_{max}), Maksimalna brzina tokom koncentrične faze skoka (V_{max}), Brzina u trenutku odskoka (V_{to}), Trajanje ekscentrične faze (T_{ecc}) i Trajanje koncentrične faze skoka (T_{con}). Iz postojećeg signala F izračunata je kinetička varijabla Maksimalna sila tokom koncentrične faze (F_{max}), dok je množenjem istog signala sa brzinom dobijena snaga u koncentričnoj fazi skoka iz koga je izvedena varijabla Maksimalne snage u koncentričnoj fazi skoka (P_{max}).

Primenjena metoda pokazala se pouzdanom u prethodnim istraživanjima (Leontijevic, et al., 2012; G. Markovic & Jaric, 2007a). Treba naglasiti da su prethodna istraživanja pokazala visoku pouzdanost visine skoka i varijabli snage tokom različitih modaliteta skokova uvis – ICC preko 0.9 i CV ispod 2.5 (G. Markovic, et al., 2004; G. Markovic & Jaric, 2005).

6.6. Statistička analiza

Za sve varijable urađena je deskriptivna statistika (srednja vrednost - SV, standardna devijacija - SD). Pored toga, testirana je i normalnost distribucije varijabli korišćenjem Kolmogorov-Smirnov testa, kao i homogenost varijansi između

uzrokovanih grupa korišćenjem Levenov testa. Normalnost distribucije nije bila narušena ni u jednoj od posmatranih varijabli ($p > 0.05$).

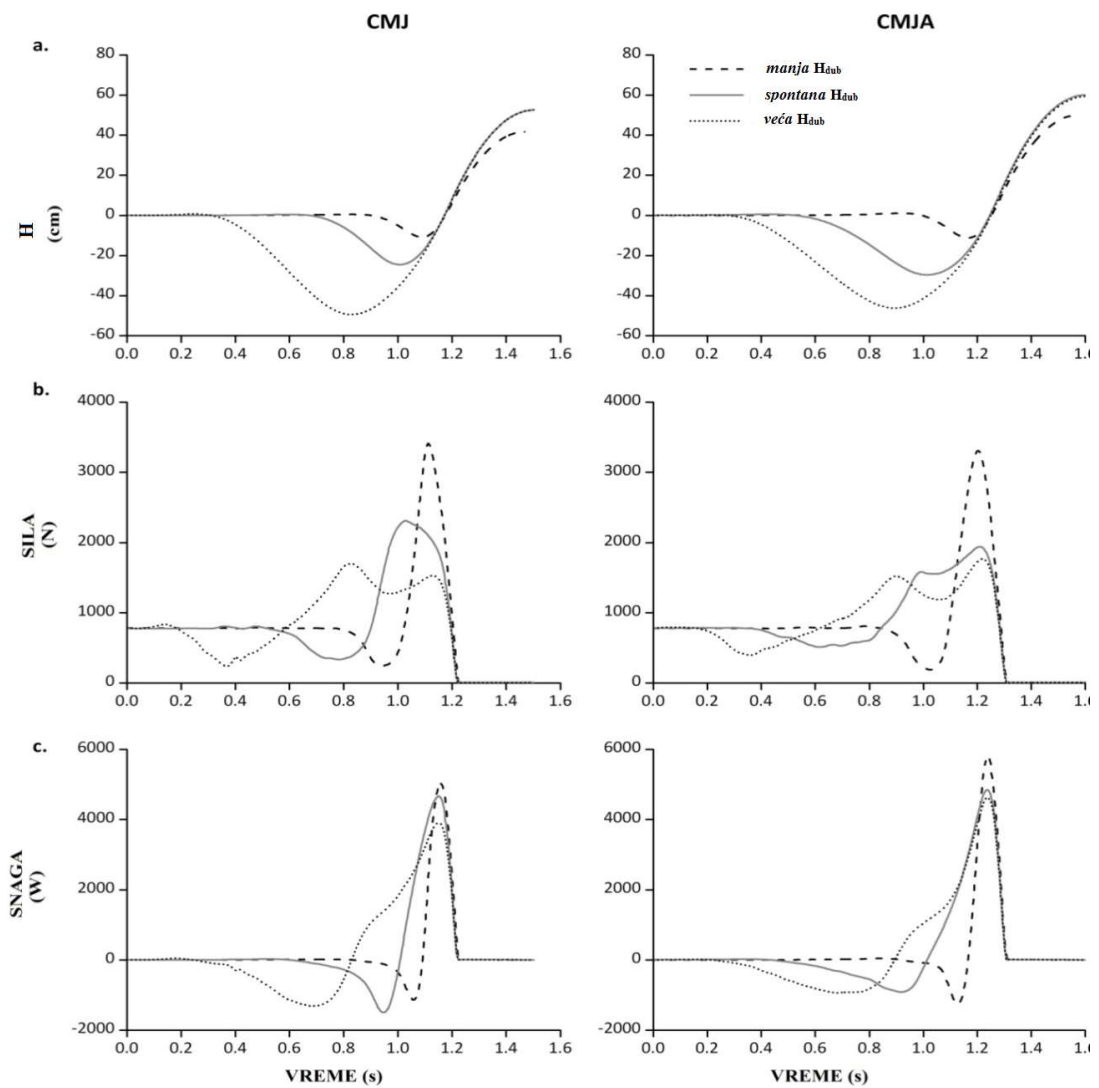
Pouzdanost H_{dub} , H_{max} , F_{max} , P_{max} , T_{con} , T_{ecc} , V_{max} i V_{to} skokova koji su izvedeni iz *spontana* H_{dub} procenjena je preko intraklas koeficijenta korelacije (ICC), koeficijenta varijacije (CV) i standardne greške merenja (SEM), zajedno sa odgovarajućim intervalom pouzdanosti od 95% (95%CI). ANOVA za ponovljena merenja korišćena je za detektovanje moguće sistematske greške između pet uzastopnih pokušaja.

Radi procene efekta H_{dub} na zavisne varijable primenjena je linearna regresija kao i polinomijalna regresija drugog stepena, kako na individualnim, tako i na grupnim podacima. Pirsonov koeficijent korelacije (r), kao i odgovarajući 95%CI korišćeni su za testiranje razlika između primenjenih regresionih modela. Ako je koeficijent korelacije polinomijalne regresije bio viši od 95%CI linearne regresije, onda je maksimum polinomijalne regresije korišćen za procenu *optimalna* H_{dub} . Efekat H_{dub} na H_{max} prikazan je kroz individualne i grupne podatke, dok je efekat na ostale zavisne varijable prikazan samo kroz grupne podatke. Maksimum polinomijalne regresije drugog reda korišćen je za procenu *optimalna* H_{dub} pri kojoj se postiže H_{max} . Odabir regresije (linearna ili polinomijalna drugog stepena) bio je zasnovan na individualnim podacima. Za procenu razlika između *optimalna* H_{dub} i *spontana* H_{dub} korišćen je T-test za zavisne uzorke. Određeno je da prag značajnosti statističkih nalaza bude na nivou poverenja od $p < 0.05$.

Sve statističke analize su urađene u softverskom paketu SPSS 16.0 (*SPSS Inc, Chicago, IL, USA*), i Office Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na *Slici 7* prikazani su visina centra mase (H), sila reakcije podloge (GRF) i snaga (P) kod izvođenja skoka iz *manja* H_{dub} , *spontana* H_{dub} i *veća* H_{dub} u uslovima CMJ i CMJA, na primeru jednog reprezentativnog ispitanika. Porast H_{dub} povezan je sa smanjenjem kako F_{max} (*Slika 7b*), tako i P_{max} (*Slika 7c*). Visina skoka (H_{max}) je uporediva prilikom izvođenja skoka iz *spontana* H_{dub} i *veća* H_{dub} (*Slika 7a*) sugerišući da se *optimalna* H_{dub} može nalaziti između ove dve vrednosti.



Slika 7 – Promene H (a), sile (b) i snage (c) u vremenu, u uslovima CMJ i CMJA iz tri različita položaja (manja H_{dub} , spontana H_{dub} i veća H_{dub}). Vremenski zapisi poravnati su u odnosu na tačku prelaska iz ekscentrične u koncentričnu fazu skoka.

Najpre je ispitana pouzdanost izvođenja skokova iz *spontana* H_{dub} . Radi lakšeg pregleda, varijable su grupisane i prikazane u četiri odvojene tabele.

Deskriptivna statistika i pokazatelji pouzdanosti *spontana* H_{dub} i H_{max} , kod obe grupe ispitanika i kod obe vrste skoka, u pet uzastopnih pokušaja, prikazani su u *Tabeli 3*. Iz podataka se može videti da je visina skoka veća kod CMJA u odnosu na CMJ, kao i da se ispitanici manje spuštaju prilikom izvođenja CMJA. Generalno, podaci pokazuju visoku pouzdanost posmatranih varijabli ($CV < 3.61$, $ICC > 0.86$ za H_{max} ; $CV < 6.41$, $ICC > 0.83$ za *spontana* H_{dub}). Dalje, poređenje 95%CI pokazalo je da obe posmatrane varijable imaju veću pouzdanost u G-FAK u odnosu na G-KOŠ. Pouzdanost H_{max} je veća u odnosu na pouzdanost *spontana* H_{dub} . Analizom varijanse za ponovljena merenja je pokazano da nema značajnih razlika između pet uzastopnih pokušaja ($p \geq 0.05$), osim u H_{max} košarkaša kod izvođenja CMJA ($p < 0.05$).

Deskriptivna statistika i pokazatelji pouzdanosti F_{max} i P_{max} , kod obe grupe ispitanika i kod obe vrste skoka, u pet uzastopnih pokušaja, prikazani su u *Tabeli 4*. Kod obe grupe ispitanika mogu se uočiti veće vrednosti P_{max} kod CMJA u odnosu na CMJ. Generalno, svi podaci pokazuju izuzetno visoku pouzdanost posmatranih varijabli ($ICC > 0.91$, $CV < 4.05$). Takođe, može se uočiti veća pouzdanost G-FAK u odnosu na G-KOŠ kod posmatranih varijabli. Nije bilo značajnih razlika između pet uzastopnih pokušaja ($p \geq 0.09$).

Tabela 3 – Deskriptivni pokazatelji i rezultati pouzdanosti spontana H_{dub} i H_{max} kod obe grupe ispitanika kod CMJ i CMJA

		Skok 1 SV ± SD	Skok 2 SV ± SD	Skok 3 SV ± SD	Skok 4 SV ± SD	Skok 5 SV ± SD	F	p	SEM	CV (%)	ICC (95%CI)	
H_{dub} (cm)	CMJ	G-FAK	33.2 ± 6.1	33.5 ± 6.5	33.7 ± 5.5	33.3 ± 6.5	34.0 ± 6.4	0.45	0.77	1.60	4.93	0.94 (0.89-0.97)
		G-KOŠ	33.3 ± 3.1	34.1 ± 3.8	34.5 ± 3.0	34.8 ± 3.4	35.1 ± 3.4	2.60	0.05	1.30	4.05	0.86 (0.75-0.92)
	CMJA	G-FAK	31.1 ± 3.7	31.2 ± 4.5	31.1 ± 3.9	31.9 ± 4.2	31.9 ± 4.6	1.71	0.17	1.00	3.04	0.95 (0.92-0.98)
		G-KOŠ	31.6 ± 5.0	30.9 ± 4.5	31.1 ± 4.6	31.7 ± 4.2	31.6 ± 3.4	0.37	0.83	1.90	6.41	0.83 (0.70-0.91)
H_{max} (cm)	CMJ	G-FAK	46.7 ± 5.1	47.0 ± 5.8	46.7 ± 5.8	46.7 ± 5.4	46.7 ± 5.8	0.22	0.92	1.10	2.41	0.97 (0.94-0.98)
		G-KOŠ	48.8 ± 4.0	48.8 ± 4.1	48.7 ± 4.3	48.7 ± 4.0	49.1 ± 4.0	0.25	0.91	1.00	2.17	0.94 (0.90-0.97)
	CMJA	G-FAK	57.2 ± 6.8	57.4 ± 6.6	57.0 ± 5.5	57.3 ± 6.8	58.3 ± 6.6	1.79	0.15	1.30	2.23	0.96 (0.93-0.98)
		G-KOŠ	62.3 ± 6.3	60.4 ± 5.3	63.3 ± 5.9	61.3 ± 5.9	59.3 ± 4.4	4.31	0.01	2.20	3.61	0.86 (0.76-0.93)

H_{dub} – dubina spuštanja; H_{max} – visina skoka; CMJ – skok uvis sa počučnjem; CMJA – skok uvis sa počučnjem i zamahom rukama;

G-KOŠ – košarkaši; G-FAK – fizički aktivni ispitanici; SEM – standardna greška merenja; CV – koeficijent varijacije;

ICC – intraklas korelacioni koeficijent; (95%CI) – 95% interval pouzdanosti

Tabela 4 – Deskriptivni pokazatelji i rezultati pouzdanosti F_{max} i P_{max} kod obe grupe ispitanika izvedenih iz spontana H_{dub} kod CMJ i CMJA

		Skok 1 SV ± SD	Skok 2 SV ± SD	Skok 3 SV ± SD	Skok 4 SV ± SD	Skok 5 SV ± SD	F	p	SEM	CV (%)	ICC (95%CI)	
F_{max} (N)	CMJ	G-FAK	1877 ± 338	1850 ± 324	1846 ± 280	1868 ± 322	1822 ± 314	2.19	0.09	41.9	2.14	0.98 (0.97-0.99)
		G-KOŠ	2200 ± 221	2175 ± 340	2198 ± 260	2216 ± 269	2209 ± 268	0.36	0.83	87.6	4.05	0.91 (0.84-0.95)
	CMJA	G-FAK	1840 ± 277	1827 ± 278	1829 ± 286	1816 ± 261	1845 ± 283	1.12	0.36	41.5	2.25	0.98 (0.96-0.99)
		G-KOŠ	2156 ± 279	2211 ± 285	2151 ± 311	2189 ± 322	2164 ± 225	1.08	0.38	83.6	3.56	0.92 (0.86-0.96)
P_{max} (W)	CMJ	G-FAK	3902 ± 701	3905 ± 717	3872 ± 713	3894 ± 724	3861 ± 692	1.02	0.41	61.1	1.63	0.99 (0.99-1)
		G-KOŠ	4543 ± 488	4533 ± 564	4543 ± 523	4551 ± 556	4520 ± 491	0.16	0.96	98.1	2.11	0.97 (0.94-0.98)
	CMJA	G-FAK	4499 ± 839	4533 ± 814	4511 ± 825	4494 ± 779	4611 ± 842	1.65	0.18	128.5	2.86	0.98 (0.96-0.99)
		G-KOŠ	5254 ± 645	5353 ± 651	5295 ± 614	5313 ± 582	5268 ± 598	0.79	0.54	159.2	3.03	0.94 (0.89-0.97)

F_{max} – maksimalna sila; P_{max} – maksimalna snaga; CMJ – skok uvis sa počučnjem; CMJA – skok uvis sa počučnjem i zamahom rukama;

G-KOŠ – košarkaši; G-FAK – fizički aktivni ispitanici; SEM – standardna greška merenja; CV – koeficijent varijacije; ICC – intraklas korelacioni koeficijent; (95%CI) – 95% interval pouzdanosti

Deskriptivna statistika i pokazatelji pouzdanosti T_{con} i T_{ecc} kod obe grupe ispitanika i kod obe vrste skoka, u pet uzastopnih pokušaja, prikazani su u *Tabeli 5*. Nezavisno od vrste skoka, pokazana je umerena pouzdanost ($CV < 10.6$; $ICC > 0.65$) T_{ecc} kod G-KOŠ. Ostale varijable pokazuju visoku pouzdanost ($CV < 5.6$; $ICC > 0.89$). Između pet uzastopnih pokušaja nisu dobijene značajne razlike ($p \geq 0.10$).

Deskriptivna statistika i pokazatelji pouzdanosti V_{max} i V_{to} , kod obe grupe ispitanika i kod obe vrste skoka, u pet uzastopnih pokušaja, prikazani su u *Tabeli 6*. Rezultati pokazuju izuzetno visoku pouzdanost ($CV < 1.72$; $ICC > 0.87$) kod obe grupe ispitanika prilikom izvođenja obe vrste skoka. Takođe, može se uočiti veća pouzdanost posmatranih varijabli kod G-FAK u odnosu na G-KOŠ. Analizom varijanse za ponovljena merenja, osim u varijabli V_{max} G-FAK kod CMJA ($p < 0.05$) nisu uočene značajne razlike između pet uzastopnih pokušaja ($p \geq 0.07$).

Tabela 5 – Deskriptivni pokazatelji i rezultati pouzdanosti T_{con} i T_{ecc} kod obe grupe ispitanika izvedenih iz spontana H_{dub} kod CMJ i CMJA

		Skok 1 SV ± SD	Skok 2 SV ± SD	Skok 3 SV ± SD	Skok 4 SV ± SD	Skok 5 SV ± SD	F	p	SEM	CV (%)	ICC (95%CI)	
T_{con} (s)	CMJ	G-FAK	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.64	0.64	0.00	3.9	0.89 (0.81-0.94)
		G-KOŠ	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	1.49	0.22	0.00	3.9	0.89 (0.81-0.94)
	CMJA	G-FAK	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	1.07	0.38	0.00	2.7	0.92 (0.85-0.96)
		G-KOŠ	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	0.3 ± 0	2.07	0.10	0.00	5.6	0.91 (0.85-0.95)
T_{ecc} (s)	CMJ	G-FAK	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.34	0.85	0.00	4.1	0.96 (0.92-0.98)
		G-KOŠ	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.65	0.63	0.10	10.6	0.51 (0.27-0.71)
	CMJA	G-FAK	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	1.57	0.20	0.00	4.6	0.91 (0.83-0.95)
		G-KOŠ	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.46	0.76	0.10	10.4	0.65 (0.45-0.80)

T_{con} – trajanje koncentrične faze skoka; T_{ecc} – trajanje ekscentrične faze skoka; CMJ – skok uvis sa počučnjem; CMJA – skok uvis sa počučnjem i zamahom rukama; G-KOŠ – košarkaši; G-FAK – fizički aktivni ispitanici; SEM – standardna greška merenja; CV – koeficijent varijacije; ICC – intraklas korelacioni koeficijent; (95%CI) – 95% interval pouzdanosti

Tabela 6 – Deskriptivni pokazatelji i rezultati pouzdanosti V_{max} i V_{to} kod obe grupe ispitanika izvedenih iz spontana H_{dub} kod CMJ i CMJA

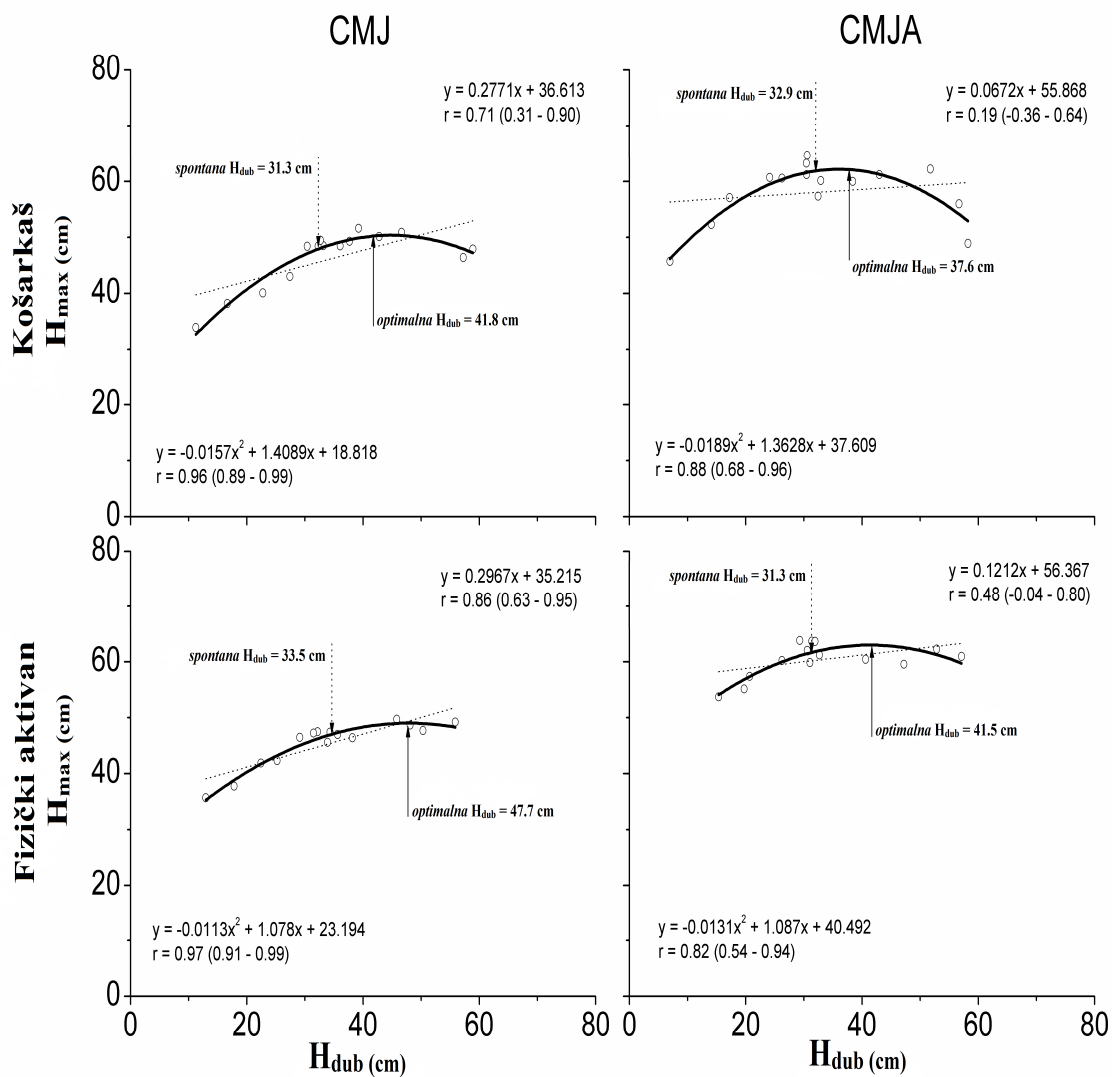
			Skok 1	Skok 2	Skok 3	Skok 4	Skok 5	F	p	SEM	CV (%)	ICC (95%CI)
			SV ± SD	SV ± SD	SV ± SD	SV ± SD	SV ± SD					
V_{max} (m/s)	CMJ	G-FAK	2.7 ± 0.2	2.7 ± 0.2	2.7 ± 0.2	2.7 ± 0.2	2.7 ± 0.2	0.09	0.99	0.00	1.09	0.98 (0.95-0.99)
		G-KOŠ	2.8 ± 0.1	2.8 ± 0.1	2.8 ± 0.1	2.8 ± 0.1	2.9 ± 0.1	0.66	0.62	0.00	0.88	0.96 (0.93-0.98)
	CMJA	G-FAK	2.9 ± 0.2	3 ± 0.2	2.9 ± 0.2	3 ± 0.2	3 ± 0.2	2.86	0.04	0.00	1.06	0.98 (0.96-0.99)
		G-KOŠ	3.1 ± 0.1	3.1 ± 0.1	3.1 ± 0.1	3.1 ± 0.1	3 ± 0.1	2.14	0.09	0.00	1.32	0.91 (0.84-0.95)
V_{to} (m/s)	CMJ	G-FAK	2.5 ± 0.2	2.6 ± 0.2	2.5 ± 0.2	2.5 ± 0.2	2.5 ± 0.2	0.24	0.91	0.00	1.62	0.96 (0.93-0.98)
		G-KOŠ	2.7 ± 0.1	2.7 ± 0.1	2.7 ± 0.1	2.7 ± 0.1	2.7 ± 0.1	0.15	0.96	0.00	1.18	0.94 (0.90-0.97)
	CMJA	G-FAK	2.7 ± 0.2	2.8 ± 0.2	2.8 ± 0.2	2.8 ± 0.2	2.8 ± 0.2	2.32	0.07	0.00	1.29	0.97 (0.95-0.99)
		G-KOŠ	2.9 ± 0.1	2.9 ± 0.1	2.9 ± 0.1	2.9 ± 0.1	2.9 ± 0.1	1.59	0.20	0.00	1.72	0.87 (0.77-0.93)

V_{max} – maksimalna brzina u koncentričnoj fazi skoka; V_{to} – brzina u trenutku odskoka; CMJ – skok uvis sa počučnjem; CMJA – skok uvis sa počučnjem i zamahom rukama; G-KOŠ – košarkaši; G-FAK – fizički aktivni ispitanici; SEM – standardna greška merenja; CV – koeficijent varijacije; ICC – intraklas korelacioni koeficijent; (95%CI) – 95% interval pouzdanosti

U nastavku teksta su prikazani glavni rezultati istraživanja koji govore o uticaju promene H_{dub} na visinu skoka, maksimalnu silu i maksimalni dinamički izlaz, i o tome da li postoji *optimalna* H_{dub} za postizanje maksimalne visine skoka.

Na *Slici 8* prikazane su linearna regresija (isprekidana linija) i polinomijalna regresija drugog reda (puna linija) CMJ i CMJA, na primeru jednog reprezentativnog ispitanika G-KOŠ i jednog ispitanika G-FAK. Koeficijent korelacije polinomijalne regresije kod oba ispitanika i kod oba skoka nalazi se iznad 95%CI linearne regresije, što ukazuje da postoji značajna razlika između dva tipa regresije. Od posebne važnosti jeste da se *spontana* H_{dub} razlikuje od *optimalna* H_{dub} dobijene na osnovu maksimuma polinomijalne regresije.

Kada se uzmu svi individualni podaci G-KOŠ zajedno, medijana koeficijenta korelacije (opseg) iznosi: $r = 0.71$ (0.34 - 0.89) i $r = 0.28$ (0.06 - 0.56) za linearnu regresiju; $r = 0.91$ (0.85 - 0.97) i $r = 0.87$ (0.59 - 0.94) za polinomijalnu regresiju; primenjenih kod CMJ i CMJA. Kod G-FAK, medijana koeficijenta korelacije (opseg) iznosi: $r = 0.75$ (0.51 - 0.92) i $r = 0.48$ (0.01 - 0.64) za linearnu, i $r = 0.94$ (0.89 - 0.98) i $r = 0.90$ (0.66 - 0.96) za polinomijalnu regresiju, primenjenih kod CMJ i CMJA. Koeficijent korelacije polinomijalne regresije bio je veći od koeficijenta korelacije linearne regresije nezavisno od grupe ispitanika i vrste skoka ($p < 0.05$). Dalje, koeficijent korelacije polinomijalne regresije bio je iznad 95%CI linearne regresije kod svih ispitanika G-FAK nezavisno od vrste skoka. Kod G-KOŠ, koeficijent korelacije polinomijalne regresije bio je iznad 95%CI linearne regresije kod 9 ispitanika kod CMJ, odnosno 10 ispitanika kod CMJA. Sve individualne polinomijalne regresije bile su konkavnog oblika pokazujući maksimum na osnovu koga se računala *optimalna* H_{dub} pri kojoj se postiže H_{max} .



Slika 8 – Visina skoka (H_{max}) na primeru reprezentativnih ispitanika obe grupe ispitanika kod CMJ i CMJA pri različitim H_{dub} . Prikazane su linearna (isprekidana linija) i polinomijalna (puna linija) regresija. Isprekidana i puna strelica ukazuju na spontana H_{dub} i optimalna H_{dub} . Koeficijent korelacije polinomijalne regresije (donji levi ugao) kod oba skoka je iznad 95%CI linearne regresije (gornji desni ugao).

Dobijeni rezultati opravdavaju primenu polinomijalnog modela regresije na grupnim podacima. Ono što je veoma značajno, svi individualni podaci pokazuju da je spontana H_{dub} bila manja od optimalna H_{dub} za 8.6 i 5.1 cm kod G-KOŠ, i 10.9 i 7.1 cm kod G-FAK, kod CMJ i CMJA ($p < 0.05$) (Tabela 7).

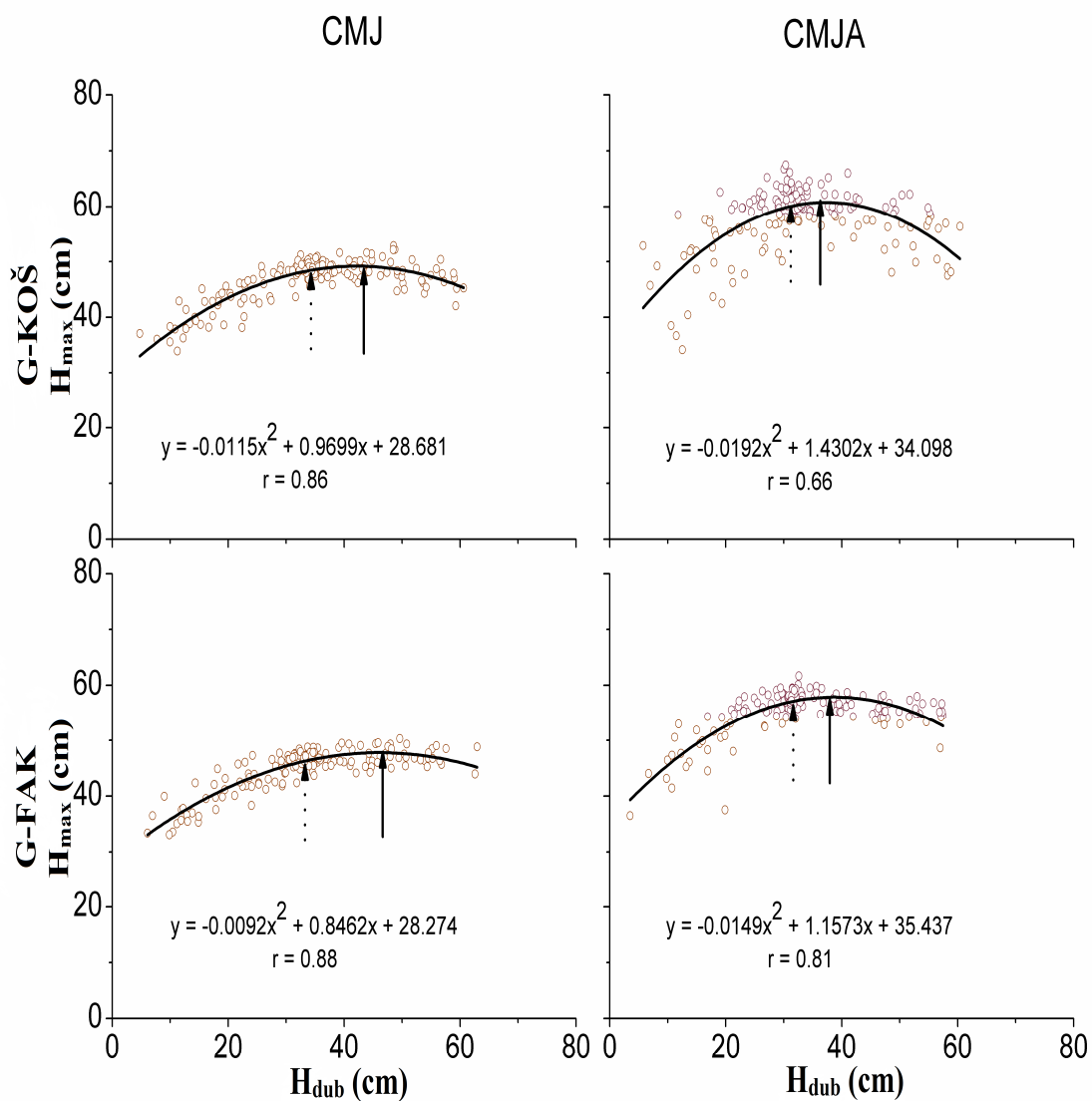
Tabela 7 – Razlike između optimalna H_{dub} i spontana H_{dub} obe grupe ispitanika kod obe vrste skoka

			SV \pm SD	95% CI	Ttest	p	ES
ΔH_{dub} (cm)	G-KOŠ	CMJ	8.61 \pm 4.17	5.81 \div 11.41	6.85	0.00	-3.04
		CMJA	5.11 \pm 3.55	2.73 \div 7.5	4.78	0.00	-1.58
	G-FAK	CMJ	10.91 \pm 3.41	8.62 \div 13.2	10.62	0.00	-1.92
		CMJA	7.08 \pm 2.89	5.14 \div 9.02	8.12	0.00	-1.90

ΔH_{dub} = optimalna H_{dub} – spontana H_{dub} ; CMJ – skok uvis sa počučnjem; CMJA – skok uvis sa počučnjem i zamahom rukama; G-FAK – fizički aktivni ispitanici; G-KOŠ – košarkaši; ES – veličina efekta

Na Slici 9 prikazani su grupni podaci svih ispitanika. Podaci svih 15 skokova svakog ispitanika (ukupno 165 skokova) su normalizovani u odnosu na referentnu vrednost svakog ispitanika (podaci iz prvih 5 skokova izvedenih iz spontana H_{dub}), i referentnu vrednost grupe (podaci iz prvih 5 skokova izvedenih iz spontana H_{dub} svih ispitanika odgovarajuće grupe). Prvo je izračunata razlika svakog skoka od referentne vrednosti svakog ispitanika pojedinačno, a zatim dodata referentna vrednost grupe. Podaci su u skladu sa individualnim rezultatima. Polinomijalna regresija G-KOŠ pokazuje visoku ($r = 0.86$ kod CMJ) ili umerenu ($r = 0.66$ kod CMJA) povezanost. Kod G-FAK pokazuje visoku povezanost nezavisno od vrste skoka ($r = 0.88$ kod CMJ; $r = 0.81$ kod CMJA). Koeficijenti korelacije su veći kod obe grupe ispitanika prilikom izvođenja CMJ u odnosu na CMJA ($p < 0.05$; nezavisni t-test). Dodatno, poređenjem koeficijenata korelacije između grupa nije dobijena značajna razlika, nezavisno od vrste skoka ($p > 0.05$; nezavisni t-test). Kod G-KOŠ spontana H_{dub} je manja u odnosu na optimalna H_{dub} (34.4 cm naspram 43 cm kod CMJ; 31.4 cm naspram 36.5 cm kod CMJA). Slični rezultati su i kod G-FAK (33.7 cm naspram 44.6 cm kod CMJ; 31.4 cm naspram 38.5 cm kod CMJA). Prikazana kriva polinomijalne regresije relativno je

ravna. Krajnji rezultat je da ispitanici G-KOŠ u proseku gube u H_{\max} samo 0.7 cm kod CMJ, dok kod CMJA nema razlike, obzirom da je *spontana* H_{dub} manja za 8.6 cm kod CMJ i 5.1 cm kod CMJA u odnosu na *optimalna* H_{dub} . Takođe, ispitanici G-FAK u proseku gube u H_{\max} samo 1.2 cm kod CMJ i 0.8 cm kod CMJA, obzirom da je *spontana* H_{dub} manja za 10.9 cm kod CMJ i 7.1 cm kod CMJA u odnosu na *optimalna* H_{dub} .



Slika 9 – H_{max} u funkciji promene H_{dub} , obe grupe ispitanika kod oba skoka. Prikazani podaci su normalizovani u odnosu na referentnu vrednost ispitanika pojedinačno iz pod-bloka spontana H_{dub} i referentnu vrednost svih ispitanika. Isprekidana strelica označava spontana H_{dub} , puna strelica označava optimalna H_{dub} . Takođe je prikazana odgovarajuća regresija sa koeficijentom korelacije.

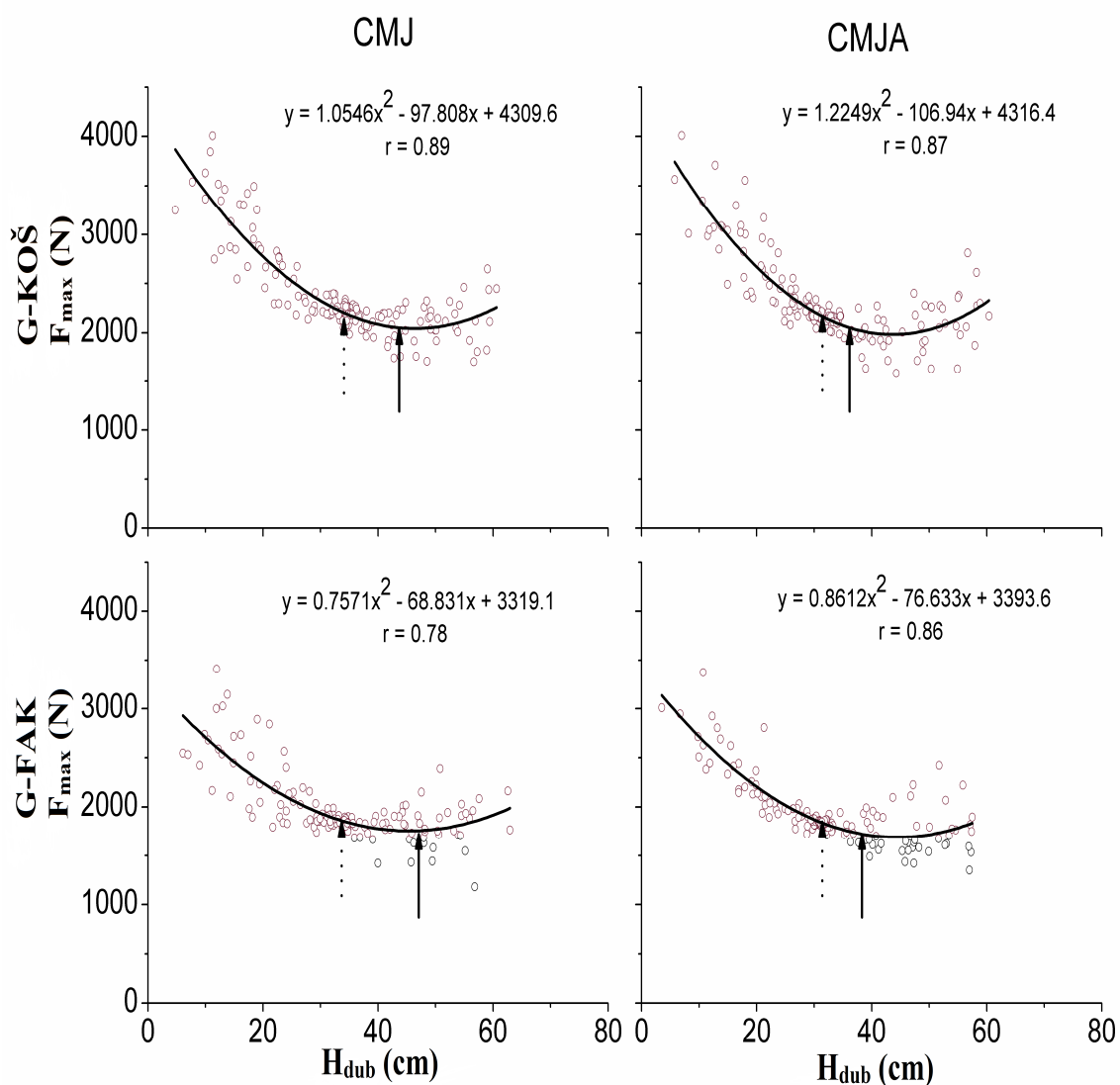
Rezultati poređenja *optimalna* H_{dub} , *spontana* H_{dub} , H_{max} , kao i visine skoka koja se dobija na osnovu *optimalna* H_{dub} (*optimalna* H_{max}) između grupa kod obe vrste skoka prikazani su u *Tabeli 8*. Može se uočiti da G-KOŠ više skaču u odnosu na G-FAK nezavisno od vrste skoka, ali ta razlika nije značajna ($p=0.32$; $p=0.13$). Takođe, nema razlika ni kod *optimalna* H_{max} ($p=0.45$; $p=0.22$). Značajnih razlika nema ni kod *spontana* H_{dub} ($p=0.74$; $p=0.97$) i *optimalna* H_{dub} ($p=0.38$; $p=0.11$).

Tabela 8 – Razlike između grupa ispitanika u optimalna H_{dub} , spontana H_{dub} , H_{max} i optimalna H_{max} kod obe vrste skoka

		Ttest	p	Razlike SV	95% CI
CMJ	<i>optimalna</i> H_{dub}	0.90	0.38	1.60	-2.12 ÷ 5.33
	<i>spontana</i> H_{dub}	-0.34	0.74	-0.69	-4.93 ÷ 3.54
	<i>optimalna</i> H_{max}	-0.78	0.45	-1.53	-5.64 ÷ 2.58
	H_{max}	-1.01	0.32	-2.06	-6.31 ÷ 2.18
CMJA	<i>optimalna</i> H_{dub}	1.67	0.11	2.02	-0.5 ÷ 4.55
	<i>spontana</i> H_{dub}	0.03	0.97	0.06	-3.54 ÷ 3.65
	<i>optimalna</i> H_{max}	-1.27	0.22	-3.12	-8.23 ÷ 1.99
	H_{max}	-1.57	0.13	-3.88	-9.03 ÷ 1.27

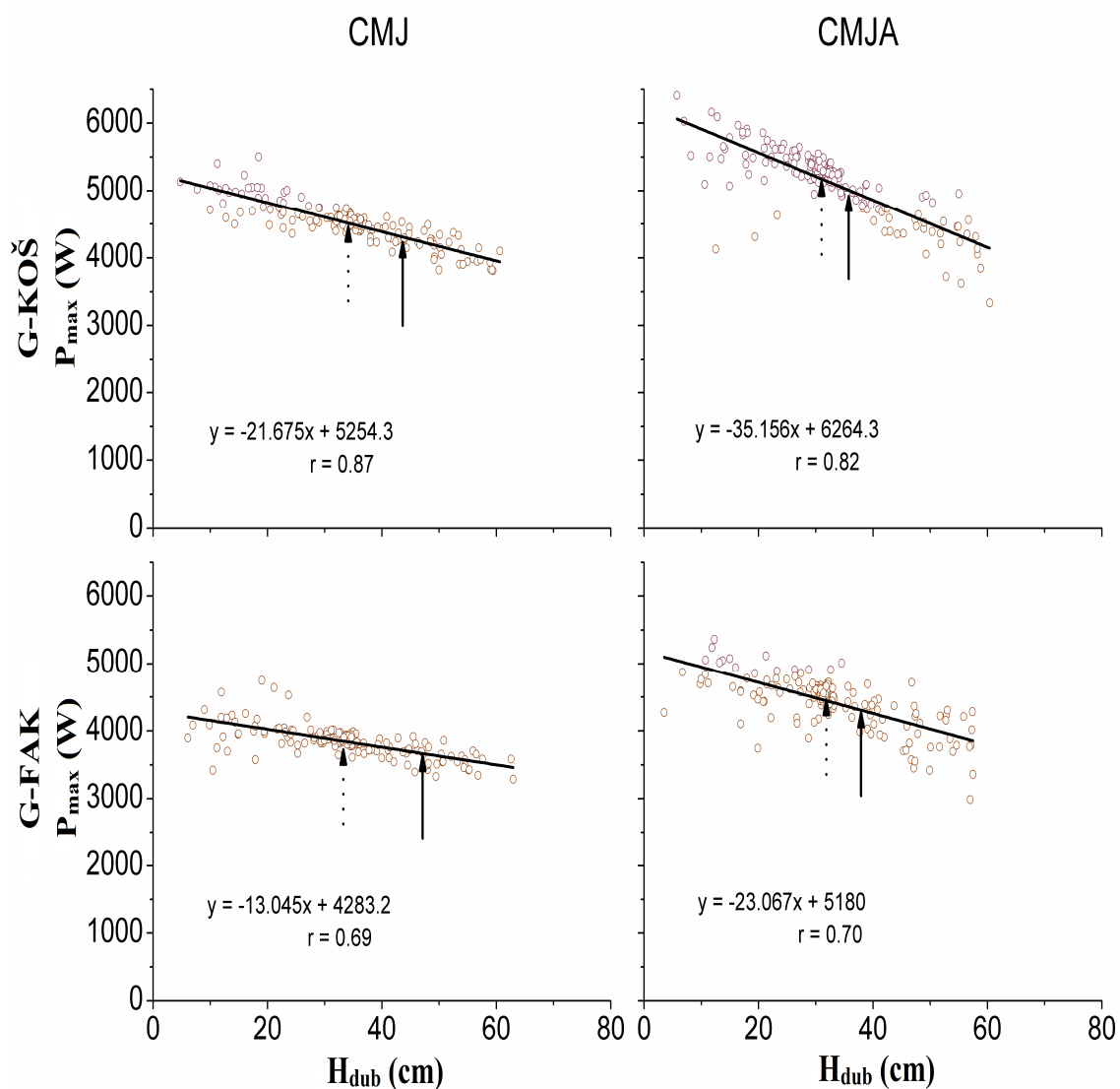
CMJ – skok uvis sa počučnjem; CMJA – skok uvis sa počučnjem i zamahom rukama; Razlike SV = G-FAK – G-KOŠ (cm).

Visoku polinomijalna povezanost F_{max} sa H_{dub} kod obe grupe ispitanika i kod oba skoka prikazana je na *Slici 10*. Vrednost F_{max} se smanjuje sa rastom H_{dub} do određene vrednosti H_{dub} , nakon koje dolazi do ponovnog povećanja F_{max} . Ipak, obzirom da se najmanje vrednosti F_{max} nalaze blizu maksimalnih vrednosti H_{dub} , izgleda da se F_{max} smanjuje kroz ceo testirani opseg H_{dub} ($\approx 60\text{cm}$).



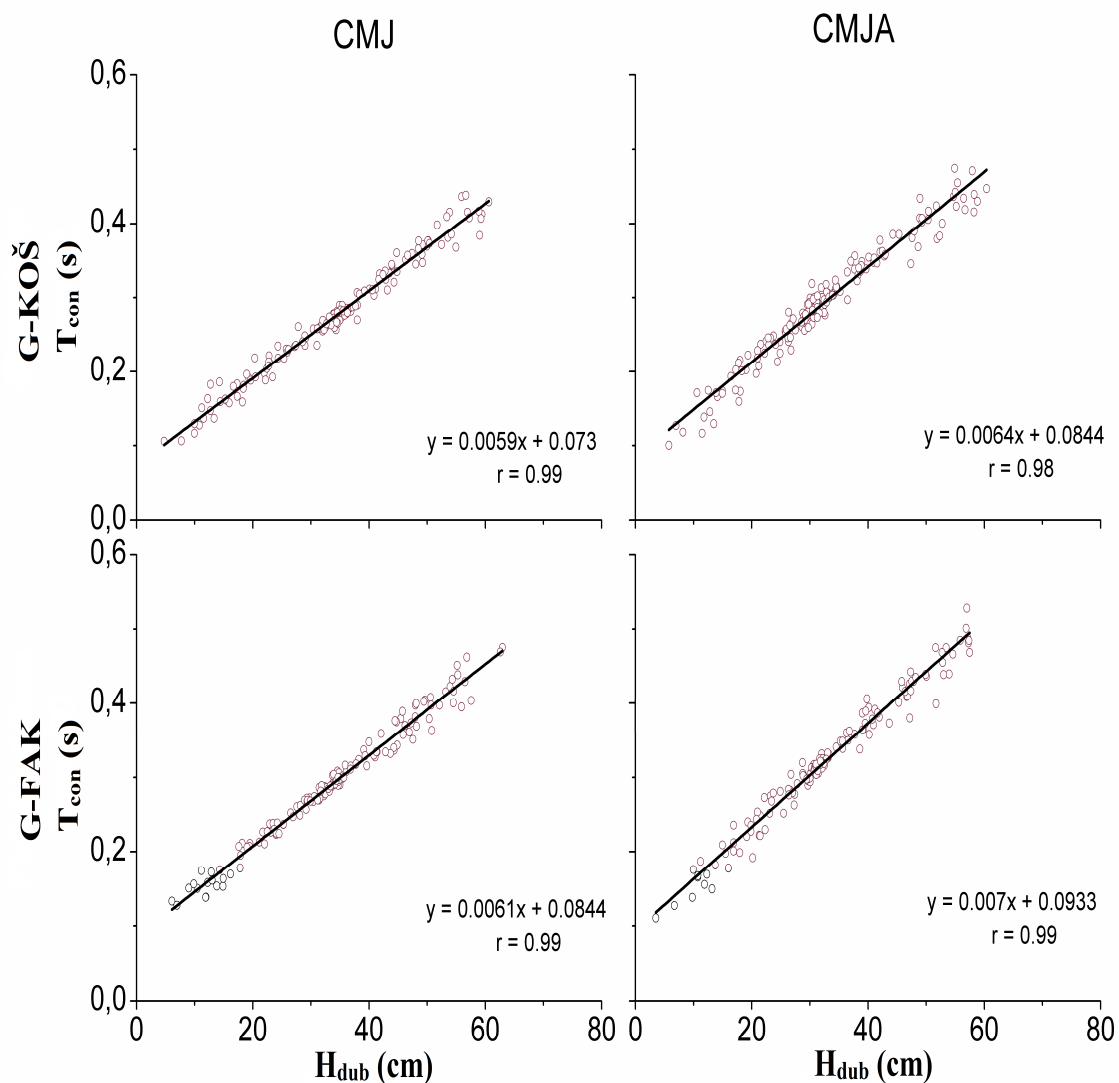
Slika 10 – F_{max} u funkciji promene H_{dub} , obe grupe ispitanika kod oba skoka. Prikazani podaci su normalizovani u odnosu na referentnu vrednost iz pod-bloka spontana H_{dub} i referentnu vrednost svih ispitanika. Isprekidana strelica označava spontana H_{dub} , puna strelica označava optimalna H_{dub} . Takođe je prikazana odgovarajuća regresija sa koeficijentom korelacije.

Na Slici 11 prikazana je visoka, uglavnom linearna povezanost P_{max} i H_{dub} . Kako H_{dub} raste tako se P_{max} smanjuje. Kod obe grupe ispitanika P_{max} je veća kod CMJA u odnosu na CMJ.



Slika 11 – P_{max} u funkciji H_{dub} , obe grupe ispitanika kod oba skoka. Prikazani podaci su normalizovani u odnosu na referentnu vrednost iz pod-bloka spontana H_{dub} i referentnu vrednost svih ispitanika. Isprekidana strelica označava spontana H_{dub} , puna strelica označava optimalna H_{dub} . Takođe je prikazana odgovarajuća regresija sa koeficijentom korelacije.

Na Slici 12 prikazana je visoka, približno linearna povezanost T_{con} sa H_{dub} . Kako H_{dub} raste tako se T_{con} produžava, nezavisno od grupe ispitanika i od vrste skoka.



Slika 12 – T_{con} u funkciji promene H_{dub} , obe grupe ispitanika kod oba skoka. Prikazani podaci su normalizovani u odnosu na referentnu vrednost iz pod-bloka spontana H_{dub} i referentnu vrednost svih ispitanika. Takođe je prikazana odgovarajuća regresija sa koeficijentom korelacije.

8. DISKUSIJA

Cilj ovog istraživanja odnosio se na uticaj dubine spuštanja (H_{dub}) na maksimalni dinamički izlaz i maksimalnu visinu (H_{max}) skoka uvis. U istraživanju su testirani maksimalni skokovi uvis sa počučnjem bez (CMJ) i sa zamahom rukama (CMJA), kod dve grupe ispitanika različite usmerenosti: vrhunski košarkaši (G-KOŠ) i fizički aktivni ispitanici, studenti Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja (G-FAK). Bila su tri različita uslova u odnosu na H_{dub} – *spontana* H_{dub} , *veća* H_{dub} i *manja* H_{dub} u odnosu na *spontana* H_{dub} . Ova studija je prva koja je istražila efekat promene H_{dub} na H_{max} i maksimalni dinamički izlaz kod CMJ i CMJA kroz širok opseg promene H_{dub} (± 30 cm od *spontana* H_{dub}). Rezultati su pokazali visoku pouzdanost posmatranih varijabli kod obe grupe ispitanika, nezavisno od vrste skoka izvođenih iz *spontana* H_{dub} . Dalje, rezultati pokazuju postojanje *optimalna* H_{dub} , koja se razlikuje od *spontana* H_{dub} . Sa druge strane, blago zakrivljene regresione krive pokazuju da promena H_{dub} ima relativno mali efekat na H_{max} .

Jedan od ciljeva istraživanja bio je da se ispita pouzdanost izvođenja skokova iz *spontana* H_{dub} . Ovo je prva studija koja je ispitivala pouzdanost kinematičkih i kinetičkih varijabli skoka uvis kod vrhunskih sportista i fizički aktivnih ispitanika na velikom broju uzastopnih pokušaja. Posebno treba napomenuti da rezultati pouzdanosti kod CMJA predstavljaju nove nalaze u odnosu na dosadašnja istraživanja. Pouzdanost je ispitana preko koeficijenta korelacije (CV), i intraklasnih koeficijenta korelacije (ICC) sa intervalom pouzdanosti od 95% (95%CI). Rezultati su pokazali uglavnom visoku pouzdanost kod posmatranih varijabli, tako da može da se kaže da je Hipoteza 1

potvrđena. Dobijene razlike u pouzdanosti varijabli između grupa nije tema ovog rada tako da će diskusija istih izostati.

Rezultati ovog istraživanja podržavaju visok stepen pouzdanosti H_{max} kod CMJ. Vrednosti CV i ICC su u skladu sa dosadašnjim istraživanjima (Goodwin, et al., 1999; G. Markovic, et al., 2004; Moir, et al., 2004). Vrednosti CV u istraživanju Arteaga i sar. (Arteaga, et al., 2000) su veće od vrednosti CV u ovom istraživanju. Mogući razlog ove razlike je što su rezultati u istraživanju Arteaga i sar. (Arteaga, et al., 2000) prikazani na zajedničkim podacima za mušku i žensku grupu ispitanika što je neizbežno povećalo ukupnu varijansu. Naime, prethodna istraživanja pokazuju da pol utiče na rezultate pouzdanosti testiranja snage (Hopkins, et al., 2001), stoga bi ih trebalo analizirati odvojeno. Rezultati H_{max} kod CMJA pokazuju visoku pouzdanost. Obzirom da ovi rezultati predstavljaju nove nalaze, ne mogu se uporediti sa rezultatima prethodnih istraživanjima. Ranije studije su se uglavnom bavile ispitivanjem pouzdanosti H_{max} i ostalih varijabli kod drugih vrsta skokova uvis i generalno zanemarile ispitivanje pouzdanosti H_{max} kod CMJA. Dobijeni nalazi u svakom slučaju zahtevaju dalja istraživanja kako bi ih objasnili. Rezultati *spontana* H_{dub} takođe predstavljaju nove nalaze. Visok stepen pouzdanosti H_{max} i *spontana* H_{dub} ukazuju na to da su ispitanici u ovom istraživanju sposobni da izvedu nekoliko pokušaja CMJ i CMJA sa istim obrascem kretanja (barem kada je u pitanju *spontana* H_{dub}) tako da postignu H_{max} , što je u skladu sa prethodnim istraživanjima (Moir, et al., 2004; Moir, et al., 2005). Ovoj pretpostavci doprinosi i visoka pouzdanost T_{con} , kao i visoka pouzdanost V_{max} i V_{to} , što takođe predstavlja nov nalaz. Nov nalaz predstavlja i T_{ecc} , koja za razliku od T_{con} pokazuje umerenu pouzdanost G-KOŠ kod obe vrste skoka. Ovde treba podsetiti da prilikom davanja instrukcije za izvođenje skoka nisu davana i uputstva o načinu (brzini

ili trajanju) izvođenja ekscentrične faze skoka. Naime, instrukcija je bila samo da se spuste manje ili više u počučanj, tako da može da se pretpostavi da su košarkaši imali različitu strategiju izvođenja CMJA u svakom pokušaju, uzimajući u obzir T_{ecc} .

Kod obe grupe ispitanika, rezultati su bili u skladu sa Hipotezom 2 kojom je pretpostavljeno da postoji *optimalna* H_{dub} za postizanje H_{max} , nezavisno od vrste skoka. Iako se unutar široko testiranog opsega promene H_{dub} efekat H_{dub} na H_{max} može smatrati skoro zanemarljivim, očigledno je da postoji *optimalna* H_{dub} za postizanje H_{max} . Ovi rezultati potvrđuju pretpostavku prethodnih istraživanja (Kirby, et al., 2011; G. Markovic, et al., 2011) za postojanjem *optimalna* H_{dub} . Posebno je interesantno da je *spontana* H_{dub} uvek bila manja od *optimalna* H_{dub} , nezavisno od grupe ispitanika ili vrste skoka, čime je potvrđena Hipoteza 3 koja kaže da se *optimalna* H_{dub} razlikuje od *spontana* H_{dub} . Ovaj nalaz detaljnije je prodiskutovan u nastavku teksta. Nisu dobijene značajne razlike u efektu promene H_{dub} na H_{max} između grupa ispitanika čime nije potvrđena Hipoteza 4. Ovo su novi nalazi i ne postoje podaci sa kojima bi se mogli uporediti. U odnosu na Hipotezu 5 koja glasi da rast H_{dub} dovodi do smanjenja F_{max} i P_{max} , F_{max} može dostići plato, pri vrednostima H_{dub} ispod optimalnih vrednosti, dok se P_{max} linearno smanjuje sa rastom H_{dub} . Dobijeni rezultati su u skladu sa prethodnim istraživanjima (Bobbert, 2012; Kirby, et al., 2011; Salles, et al., 2011) u kojima je takođe dobijeno smanjenje F_{max} i P_{max} sa rastom H_{dub} .

Polinomijalni regresioni modeli pokazali su da *optimalna* H_{dub} koja omogućava postizanje H_{max} može biti veća u odnosu na *spontana* H_{dub} . Dobijeni rezultati pokazuju da *optimalna* H_{dub} pri kojoj se postiže H_{max} postoji, međutim ne sme se zaboraviti da dobijene regresione krive izgledaju relativno malo zakrivljene. One, na primer, ukazuju da se za promenu H_{dub} u opsegu od ± 20 cm od njene optimalne vrednosti H_{max} smanjuje

za manje od 5 cm. Ovaj interval je za skoro red veličine veći od varijanse H_{dub} uočene pri uzastopnim skokovima uvis, nezavisno od toga da li je dobijen na ispitanicima uključenim u ovo istraživanje, ili na fizički aktivnim ispitanicima iz prethodnih istraživanja (Cuk et al., 2014; G. Markovic, et al., 2004; S. Markovic, et al., 2013). Pored toga, iako je pretpostavka da košarkaši imaju iskustva u izvođenju skoka uvis u širokom opsegu H_{dub} , možemo dovesti u pitanje njihovu koordinaciju kada se skok izvodi iz H_{dub} koja se razlikuje ± 30 cm od *spontana* H_{dub} (Selbie & Caldwell, 1996; Vanrenterghem, et al., 2004). Realno je pretpostaviti da košarkaši ne izvode skokove uvis iz H_{dub} koja je blizu graničnih vrednosti H_{dub} testiranog u ovom istraživanju. Odsustvo iskustva izvođenja skokova iz tih vrednosti H_{dub} može uticati na koordinaciju, odnosno nemogućnost postizanja veće H_{max} . Nemogućnost postizanja veće H_{max} sa rastom H_{dub} kod SJ, Domire i Čalis (Domire & Challis, 2007) takođe objašnjavaju nedostatkom koordinacije. Oni pretpostavljaju da, ukoliko bi ispitanici uvežbali izvođenje SJ iz H_{dub} koja je značajno veća od *spontana* H_{dub} , uspeali da postignu veću H_{max} . U prilog ovom nalazu govore i rezultati koji su dobijeni kod G-FAK i koji su veoma slični rezultatima G-KOŠ. Naime, i kod njih se deo već umerenog smanjenja H_{max} na krajevima testiranog opsega H_{dub} može delom pripisati smanjenoj koordinaciji, a ne isključivo samoj po sebi "suboptimalnoj" H_{dub} . Ostaje nepoznato da li bi uvežbavanjem skokova uvis iz H_{dub} koja se približava graničnim vrednostima ispitanici bili u stanju da postignu veću H_{max} . Nalazi dobijeni u ovom istraživanju sugerišu da *optimalna* H_{dub} postoji, međutim H_{max} može biti umereno osetljiva na promene H_{dub} unutar njenog "prirodnog" opsega. Dobijeni rezultati su u skladu sa istraživanjima matematičkih modela, u kojima nije dobijen značajan efekat H_{dub} na H_{max} (Bobbert, et al., 2008; Domire & Challis, 2007; Selbie & Caldwell, 1996). Ovaj fenomen može da

objasni i veću pouzdanost H_{\max} u odnosu na H_{dub} . Naime, H_{\max} je očigledno najvažniji pokazatelj kvaliteta izvođenja maksimalnih skokova uvis, i trebalo bi da direktno reflektuju pretpostavljeno visok nivo kvaliteta izvođenja od strane testiranih ispitanika, naročito košarkaša. Sa druge strane, H_{dub} ima zanemarljiv efekat na izvođenje zadatka, i stoga ne treba da bude važna komponenta prilikom testiranja istog. Generalni nalaz je da H_{dub} ima ograničen uticaj na visinu maksimalnih CMJ i CMJA. Praktična primena mogla bi da bude da nedostatak kontrole H_{dub} ne treba da bude ograničavajući faktor upotrebe CMJ i CMJA u istraživanjima dizajna i funkcije mišića nogu (Bobbert, 2014).

Nalaz koji može biti posebno značajan (uprkos maloj osetljivosti H_{\max} na promene H_{dub}) jeste da su ispitanici prilično konzistentno birali *spontana* H_{dub} koja je manja od optimalne. Ovi nalazi su novi i za sada u literaturi nema podataka koji bi pomogli u objašnjenju ove pojave. Bez obzira na to, može se pretpostaviti da je mogući razlog biranja manjeg spuštanja ispitanika u odnosu na *optimalna* H_{dub} potreba za minimizacijom fizičkog napora koji je povezan sa smanjenjem H_{dub} (Vanrenterghem, et al., 2004). Naime, rast H_{dub} dovodi do manjih ekstenzionih uglova t.j., krak poluge preko koje mišići opružači nogu deluju je smanjena što dovodi do smanjenja sile reakcije podloge (Bobbert, 2012; Salles, et al., 2011). Pošto snaga predstavlja proizvod sile i brzine, usled smanjenja sile reakcije podloge dolazi do relativnog smanjenja snage kod CMJ i CMJA. Prema tome, prirodni obrazac izvođenja skokova uvis (t.j. *spontana* H_{dub}) bi mogao da predstavlja tzv. "dvostruki zadatak" koji za cilj ima maksimalnu visinu skoka (t.j. H_{\max}) uz minimalni napor. Međutim, moguće je pretpostaviti postojanje još jednog "dvostrukog zadatka". Naime, mnoge sportske veštine zahtevaju da se maksimalni skok uvis izvede za što kraće vreme (što više i što brže), a to zahteva smanjenje H_{dub} (npr. blok u odbojci, skok za odbijenom loptom u košarci, skok šut u

košarci, blokiranje protivnika itd.). Obzirom da su košarkaši u proseku gubili manje od 0.7 cm, a fizički aktivni 1.2 cm njihove H_{\max} kada su skakali iz *spontana* H_{dub} , pretpostavka je da u većini situacija kada izvode skok uvis, ispitanici daju prednost ne samo H_{\max} nego brzini i vremenskoj šemi skoka (tzv. "tajmingu"). U takmičarskim uslovima, skok uvis koji se izvede tako da se postigne H_{\max} neće uvek biti uspešan, ukoliko nije izveden u pravo vreme. Stoga je verovatno da mnoge skokove košarkaši i drugi sportisti ne izvode sa povratnim režimom koji bi povećao H_{\max} , jer ono zahteva više vremena. Sa druge strane, kraće trajanje skoka ne mora značiti da će skok biti uspešan upravo zbog manje H_{\max} . Očigledno je da postoje dva kriterijuma kada je u pitanju skok uvis tokom izvođenja košarkaških veština: skočiti što više i to za što kraće vreme. Obzirom na slične rezultate dobijene kod G-FAK može se pretpostaviti da i kod njih postoje navedena dva kriterijuma izvođenja skoka uvis.

Za razliku od H_{\max} koja pokazuje relativno malu osetljivost na H_{dub} , F_{\max} i maksimalni dinamički izlaz procenjen na osnovu P_{\max} kod oba skoka i obe grupe ispitanika pokazuju visoku osetljivost na promene H_{dub} . F_{\max} pokazuje ne samo dvostruku promenu u testiranom opsegu H_{dub} , nego i minimalnu vrednost znatno iznad *spontana* H_{dub} . Ovaj nalaz je u skladu sa nalazima prethodnih istraživanja koja navode da povećanje H_{dub} dovodi do smanjenja F_{\max} (Kirby, et al., 2011; S. Markovic, et al., 2014; Salles, et al., 2011). Poreklo ove pojave bi se moglo objasniti sa dva nezavisna mehanizma. Jedan mehanizam je smanjenje dužine poluga mišića ekstenzora u zglobovima kolena koje je neizbežno povezano sa rastom H_{dub} i koje potencijalno utiče na smanjenje krutosti mišića nogu (Hunter & Marshall, 2002), kao i izmerene GRF (Bobbert, 2012). Ovo bi trebalo da smanji prosečnu silu izmerenu tokom celog pokreta. Pored toga, rast H_{dub} bi trebalo da rezultuje većim brzinama u zglobnim uglovima kada ispitanici

razvijaju veliku silu. Kao posledica toga F-V relacije aktivnih mišića će dovesti do smanjenja F_{max} . Što se tiče drugog mehanizma, treba imati u vidu da promene H_{dub} podrazumevaju promenu dužine mišića, što se posledično preslikava na karakteristike ciklusa izduženje-skraćenje. Pored uticaja na ciklus izduženje-skraćenje, promena H_{dub} utiče i na položaj delova tela i opseg kretanja, a sve to zajedno bi trebalo da utiče na F_{max} i posledično na P_{max} (Cormie, et al., 2010). Oba ova mehanizma trebalo bi da dovedu do negativne povezanosti između H_{dub} i F_{max} . Maksimalni dinamički izlaz procenjen na osnovu P_{max} pokazuje linearno smanjenje sa rastom H_{dub} . Ovo je u skladu sa nalazima iz prethodnih istraživanja (Kirby, et al., 2011; Salles, et al., 2011). Pošto je P proizvod F i brzine, glavni uzrok smanjenja P_{max} moglo bi da bude smanjenje F_{max} kada H_{dub} raste. Sa rastom H_{dub} neminovno se produžava trajanje koncentrične faze skoka. Da bi H_{max} i V_{max} , uslovno rečeno, ostali nepromenjeni, snaga mora da se smanji. Pored toga, rezultati ovog istraživanja otkrivaju izuzetno naglašen efekat H_{dub} na P_{max} koji očigledno može da potiče od velikog opsega H_{dub} testiranog u ovom istraživanju. Ovde od posebne važnosti može biti različit trend H_{max} i P_{max} . Naime, dok H_{max} pokazuje svoj maksimum, P_{max} se vidno smanjuje tokom celom opsega testirane H_{dub} . Ovo bi moglo da objasni zašto generalno visoka povezanost snage mišića nogu i skoka uvis (E.A. Harman, Rosenstein, Frykman, Rosenstein, & Kraemer, 1991; G. Markovic & Jaric, 2007a; Nedeljkovic, et al., 2009) može biti izolovana od promene u H_{dub} (S. Markovic, et al., 2014; Samozino, et al., 2012).

Posmatrajući zajedno rezultate koji se odnose na uticaj H_{dub} na F i P, može se zaključiti da je potreban oprez kada se varijable kao što su F_{max} i P_{max} koriste u proceni trenažnih procedura koje se primenjuju za povećanje F i P mišića nogu. Naime, iako se za povećanje mišićne sile i snage najčešće koriste trenažna sredstva usmerena ka

poboljšanju efikasnosti izvođenja pokreta, njihovo direktne mere mogu biti pod velikim uticajem H_{dub} . Treba naglasiti da su rezultati nekoliko prethodnih istraživanja pokazali značajan porast *spontana* H_{dub} koje je bilo povezano sa treningom maksimalnih skokova uvis sa opterećenjem (Cormie, et al., 2010; G. Markovic, et al., 2011; S. Markovic, et al., 2013), što nesumnjivo dovodi u pitanje procenu efektivnosti primenjenih trenažnih procedura koje su bazirane na direktnom merenju F i P. Sa druge strane, neophodna su buduća istraživanja koja bi pokazala da li dobijeno povećanje F i P pod uticajem smanjenja H_{dub} može biti značajno za optimizaciju treninga baziranog na maksimalnim skokovima uvis.

Iako je većina dobijenih nalaza konzistentna kod obe vrste skoka, ipak je važno napomenuti dve razlike koje se javljaju između njih. Prva razlika se odnosi na slabiju povezanost H_{dub} i H_{max} kod CMJA u odnosu na CMJ. Nemamo podatke koji bi preciznije opisali ovaj nalaz, ali moguće je spekulirati o ulozi zamaha rukama kod CMJA, ali ne i kod CMJ. Preciznije rečeno, zamah rukama ne samo da potencijalno utiče na povećanje varijabiliteta u kinematici skoka uvis (time i na stepen diskutovane povezanosti), nego i omogućava dodatni značaj adaptacije na promene H_{dub} . Druga razlika se odnosi na veći stepen smanjenja P sa rastom H_{dub} , što sugerira da H_{dub} odvaja P od H_{max} , i to u većoj meri kod CMJA u odnosu na CMJ (pogledati nagib regresione krive, *Slika 11*). Ovo direktno implicira da CMJ može biti validniji prediktor mišićne snage u poređenju sa CMJA, i na taj način ga preporučuje za rutinsku procenu mišićne snage nogu.

I pored toga što su u ovom istraživanju dobijeni rezultati koji su najvećim delom novi i koji mogu biti od značaja za bolje razumevanje funkcionisanja lokomotornog aparata prilikom izvođenja eksplozivnih kretanja mišićima donjih ekstremiteta, samo

istraživanje ima nekoliko potencijalnih ograničenja koje bi trebalo uzeti u obzir prilikom planiranja budućih istraživanja. Naime, u ovom istraživanju su ispitivane kinetičke i kinematičke varijable tzv. prirodnih skokova uvis (CMJ i CMJA), ali ne i SJ, kojim bi se omogućila preciznija kontrola H_{dub} , obzirom da se kod SJ pre koncentrične faze određeno vreme zadržava početna H_{dub} . Dalje, Hopkins (Hopkins, 2000) predlaže minimum 50 ispitanika i 3 pokušaja prilikom ispitivanja pouzdanosti, tako da bi u budućim istraživanjima sa ciljem ispitivanja pouzdanosti skokova izvođenih iz *spontana* H_{dub} trebalo uključiti veći broj ispitanika nego što je to bio slučaj u ovom istraživanju. Konačno, veći broj sesija upoznavanja sa zadatkom isključilo bi uticaj koordinacije na H_{max} kod skokova koji se izvode izvan „prirodnog“ opsega H_{dub} (Domire & Challis, 2007; van Soest & Bobbert, 1993; Van Soest, et al., 1994).

9. ZAKLJUČAK

Rezultati pouzdanosti pokazuju da nezavisno od vrste skoka, ispitanici imaju uspostavljen obrazac izvođenja maksimalnih CMJ i CMJA iz *spontana* H_{dub} koji se ne menja u pet uzastopnih pokušaja.

Iako je pokazano da *optimalna* H_{dub} postoji, njena uloga prilikom izvođenja maksimalnih skokova uvis je relativno mala. Stoga, H_{dub} može biti zanemarena prilikom testiranja i primene trenažnih procedura baziranih na maksimalnim skokovima uvis, kao i prilikom analiza tehnike izvođenja skokova uvis i njihovoj optimizaciji, barem kada su u pitanju CMJ i CMJA izvedeni od ispitanika različitog stepena utreniranosti.

Sa druge strane, posmatrajući zajedno rezultate koji se odnose na uticaj H_{dub} na F i P, može se zaključiti da je potreban oprez prilikom tumačenja istih koji se dobijaju primenom rutinskih testova baziranih na maksimalnim skokovima uvis. Ovo je od posebnog značaja kada se varijable kao što su F_{max} i P_{max} koriste u proceni karakteristika mišića nogu, kao i u proceni trenažnih i rehabilitacionih procedura koje se primenjuju za povećanje F i P mišića nogu.

U odnosu na vrstu skoka CMJ može biti validniji prediktor mišićne snage u poređenju sa CMJA, i stoga se preporučuje za rutinsku procenu mišićne snage nogu.

Buduća istraživanja mogla bi da generalizuju dobijene rezultate na većem broju ispitanika, kao i na različitim grupama ispitanika. Takođe, mogla bi da istraže uzroke relativne neosetljivosti izvođenja maksimalnih skokova uvis na promene H_{dub} , i da istraže poreklo dobijene razlike između *spontana* H_{dub} i *optimalna* H_{dub} .

Longitudinalna studija u kojoj bi se primenio trening skokova uvis iz različitih H_{dub} , mogla bi da prikaže selektivni uticaj na kinetičke i kinematičke varijable ispitane u ovom istraživanju, prvenstveno na P_{max} , H_{max} , *spontana* H_{dub} i *optimalna* H_{dub} .

Pored maksimalnih CMJ i CMJA, primenom sličnog pristupa, postoji potreba za ispitivanjem drugih skokova uvis koji su specifični za datu sportsku granu, npr. skok uvis iz naskoka u jednom kontaktu, skok uvis iz naskoka u dva kontakta, skok uvis nakon doskoka, skok uvis iz zaleta.

U odnosu na dosadašnja istraživanja skokova uvis sa počućnjem, metoda primenjena u ovom istraživanju predstavlja nov način njihovog proučavanja. Na osnovu pilot istraživanja, iskustva, dobijenih rezultata, povratnih informacija od strane ispitanika, protokol testiranja u potpunosti omogućava upoznavanje ispitanika sa zadatkom. Takođe, motiviše ih da svaki skok izvedu maksimalno, i eliminiše eventualnu pojavu zamora. Potrebna je njena dalja provera na većem broju i različitim ispitanicima.

LITERATURA

- Abernethy, P., Wilson, G., & Logan, P. (1995). Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Med*, 19(6), 401-417.
- Alexander, R. M. (1990). Optimum take-off techniques for high and long jumps. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 329(1252), 3-10.
- Anderson, F. C., & Pandy, M. G. (1993). Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *J Biomech*, 26(12), 1413-1427.
- Arteaga, R., Dorado, C., Chavarren, J., & Calbet, J. A. (2000). Reliability of jumping performance in active men and women under different stretch loading conditions. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(1), 26-34.
- Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *Br J Sports Med*, 41(2), 69-75; discussion 75.
- Bevan, H. R., Bunce, P. J., Owen, N. J., Bennett, M. A., Cook, C. J., Cunningham, D. J., et al. (2010). Optimal loading for the development of peak power output in professional rugby players. *J Strength Cond Res*, 24(1), 43-47.
- Bobbert, M. F. (2012). Why is the force-velocity relationship in leg press tasks quasi-linear rather than hyperbolic? *J Appl Physiol (1985)*, 112(12), 1975-1983.
- Bobbert, M. F. (2014). Effect of unloading and loading on power in simulated countermovement and squat jumps. *Med Sci Sports Exerc*, 46(6), 1176-1184.
- Bobbert, M. F., & Casius, L. J. (2005). Is the effect of a countermovement on jump height due to active state development? *Med Sci Sports Exerc*, 37(3), 440-446.
- 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 (1985)*, 105(5), 1428-1440.
- Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc*, 28(11), 1402-1412.
- Bobbert, M. F., & van Soest, A. J. (2001). Why do people jump the way they do? *Exerc Sport Sci Rev*, 29(3), 95-102.

- Cavagna, G. A. (1977). Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exerc Sport Sci Rev*, 5, 89-129.
- Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 28(1), 173-177.
- Cordova, M. L., & Armstrong, C. W. (1996). Reliability of ground reaction forces during a vertical jump: implications for functional strength assessment. *J Athl Train*, 31(4), 342-345.
- Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2008). Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis during the jump squat: impact of load. *J Appl Biomech*, 24(2), 112-120.
- Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 340-349.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. *Med Sci Sports Exerc*, 42(9), 1731-1744.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Med*, 41(1), 17-38.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Med*, 41(2), 125-146.
- 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(8), 1703-1714.
- Dick, F. W. (1980). *Sports training principles*. London: Lepus Books.
- Domire, Z. J., & Challis, J. H. (2007). The influence of squat depth on maximal vertical jump performance. *J Sports Sci*, 25(2), 193-200.
- Dugan, E. L., Doyle, T. L., Humphries, B., Hasson, C. J., & Newton, R. U. (2004). Determining the optimal load for jump squats: a review of methods and calculations. *J Strength Cond Res*, 18(3), 668-674.

- Enoka, R. M. (2002). *Neuromechanics of human movement*. Champaign ILL: Human Kinetics.
- 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. *J Strength Cond Res*, 29(8), 2277-2285.
- 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.
- Goodwin, P. C., Koorts, K., Mack, R., Mai, S., Morrissey, M. C., & Hooper, D. M. (1999). Reliability of leg muscle electromyography in vertical jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 79(4), 374-378.
- Harman, E. A., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N., & Rosenstein, R. M. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc*, 22(6), 825-833.
- Harman, E. A., Rosenstein, M. T., Frykman, P. T., Rosenstein, R. M., & Kraemer, W. J. (1991). Estimation of human power from vertical jump. *J Appl Sport Sci Res*, 5, 116-120.
- Harrison, A. J., & Gaffney, S. (2001). Motor development and gender effects on stretch-shortening cycle performance. *J Sci Med Sport*, 4(4), 406-415.
- Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proc R Soc Med* 126, 136-195.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*, 30(1), 1-15.
- Hopkins, W. G., Schabert, E. J., & Hawley, J. A. (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Med*, 31(3), 211-234.
- Hori, N., Newton, R. U., Andrews, W. A., Kawamori, N., McGuigan, M. R., & Nosaka, K. (2007). Comparison of four different methods to measure power output during the hang power clean and the weighted jump squat. *J Strength Cond Res*, 21(2), 314-320.
- Hori, N., Newton, R. U., Kawamori, N., McGuigan, M. R., Kraemer, W. J., & Nosaka, K. (2009). Reliability of performance measurements derived from

- ground reaction force data during countermovement jump and the influence of sampling frequency. *J Strength Cond Res*, 23(3), 874-882.
- Hunter, J. P., & Marshall, R. N. (2002). Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Med Sci Sports Exerc*, 34(3), 478-486.
- Jaric, S. (1997). *Biomehanika humane lokomocije sa biomehanikom sporta*. Beograd: Dosije.
- Jaric, S., & Kukolj, M. (1996). Sila (jačina) i snaga u pokretima čoveka. *Fizička kultura*, 50(1-2), 15-28.
- Jaric, S., & Markovic, G. (2009). Leg muscles design: the maximum dynamic output hypothesis. *Med Sci Sports Exerc*, 41(4), 780-787.
- Jaric, S., Mirkov, D., & Markovic, G. (2005). Normalizing physical performance tests for body size: a proposal for standardization. *J Strength Cond Res*, 19(2), 467-474.
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Cuadrado-Penafiel, V., Conceicao, F., Gonzalez-Badillo, J. J., & Morin, J. B. (2014). Effect of countermovement on power-force-velocity profile. *Eur J Appl Physiol*, 114(11), 2281-2288.
- Kirby, T. J., McBride, J. M., Haines, T. L., & Dayne, A. M. (2011). Relative net vertical impulse determines jumping performance. *J Appl Biomech*, 27(3), 207-214.
- Klavora, P. (2000). Vertical-jump tests: a critical review. *Strength & Conditioning Journal*, 22, 70-75.
- Komi, P. V., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports*, 10(4), 261-265.
- Kukolj, M., Ropret, R., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (1999). Anthropometric, strength, and power predictors of sprinting performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 39(2), 120-122.
- Lara, A. J., Abian, J., Alegre, L. M., Jimenez, L., & Aguado, X. (2006). Assessment of power output in jump tests for applicants to a sports sciences degree. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(3), 419-424.
- Lees, A., Vanrenterghem, J., & De Clercq, D. (2006). The energetics and benefit of an arm swing in submaximal and maximal vertical jump performance. *J Sports Sci*, 24(1), 51-57.

- Leontijevic, B., Pazin, N., Bozic, P. R., Kukolj, M., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (2012). Effects of loading on maximum vertical jumps: Selective effects of weight and inertia. *J Electromyogr Kinesiol*, 22(2), 286-293.
- Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *Am J Phys*, 69(11), 1198-1204.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res*, 18(3), 551-555.
- Markovic, G., & Jaric, S. (2005). Scaling of muscle power to body size: the effect of stretch-shortening cycle. *Eur J Appl Physiol*, 95(1), 11-19.
- Markovic, G., & Jaric, S. (2007a). Is vertical jump height a body size-independent measure of muscle power? *J Sports Sci*, 25(12), 1355-1363.
- Markovic, G., & Jaric, S. (2007b). Positive and negative loading and mechanical output in maximum vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc*, 39(10), 1757-1764.
- Markovic, G., Vuk, S., & Jaric, S. (2011). Effects of jump training with negative versus positive loading on jumping mechanics. *Int J Sports Med*, 32(5), 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(10), 2511-2521.
- Markovic, S., Mirkov, D. M., Nedeljkovic, A., & Jaric, S. (2014). Body size and countermovement depth confound relationship between muscle power output and jumping performance. *Hum Mov Sci*, 33, 203-210.
- Markstrom, J. L., & Olsson, C. J. (2013). Countermovement jump peak force relative to body weight and jump height as predictors for sprint running performances: (in)homogeneity of track and field athletes? *J Strength Cond Res*, 27(4), 944-953.
- Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., & Jaric, S. (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 41(2), 159-164.

- 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), 484-496.
- McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *J Sports Sci*, 13(5), 387-397.
- Moir, G., Button, C., Glaister, M., & Stone, M. H. (2004). Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *J Strength Cond Res*, 18(2), 276-280.
- Moir, G., Sanders, R., Button, C., & Glaister, M. (2005). The influence of familiarization on the reliability of force variables measured during unloaded and loaded vertical jumps. *J Strength Cond Res*, 19(1), 140-145.
- Moran, K. A., & Wallace, E. S. (2007). Eccentric loading and range of knee joint motion effects on performance enhancement in vertical jumping. *Hum Mov Sci*, 26(6), 824-840.
- Mrdakovic, V. (2013). *Neuromehanicka kontrola izvodjenja submaksimalnih skokova*. University of Belgrade, Belgrade.
- Nagano, A., Komura, T., & Fukashiro, S. (2007). Optimal coordination of maximal-effort horizontal and vertical jump motions--a computer simulation study. *Biomed Eng Online*, 6, 20.
- Nedeljkovic, A., Mirkov, D. M., Markovic, S., & Jaric, S. (2009). Tests of muscle power output assess rapid movement performance when normalized for body size. *J Strength Cond Res*, 23(5), 1593-1605.
- 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.
- Nikolic, Z. (2003). *Fiziologija fizičke aktivnosti*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
- Noyes, F. R., Barber, S. D., & Mangine, R. E. (1991). Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med*, 19(5), 513-518.

- Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Dayne, A. M., Israetel, M. A., Dumke, C. L., & Triplett, N. T. (2010). Testing of the maximal dynamic output hypothesis in trained and untrained subjects. *J Strength Cond Res*, 24(5), 1269-1276.
- Palmitier, R. A., An, K. N., Scott, S. G., & Chao, E. Y. (1991). Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med*, 11(6), 402-413.
- Pazin, N., Berjan, B., Nedeljkovic, A., Markovic, G., & Jaric, S. (2013). Power output in vertical jumps: does optimum loading depend on activity profiles? *Eur J Appl Physiol*, 113(3), 577-589.
- Pazin, N., Bozic, P., Bobana, B., Nedeljkovic, A., & Jaric, S. (2011). Optimum loading for maximizing muscle power output: the effect of training history. *Eur J Appl Physiol*, 111(9), 2123-2130.
- Rittweger, J., Schiessl, H., Felsenberg, D., & Runge, M. (2004). Reproducibility of the jumping mechanography as a test of mechanical power output in physically competent adult and elderly subjects. *J Am Geriatr Soc*, 52(1), 128-131.
- Runge, M., Rittweger, J., Russo, C. R., Schiessl, H., & Felsenberg, D. (2004). Is muscle power output a key factor in the age-related decline in physical performance? A comparison of muscle cross section, chair-rising test and jumping power. *Clin Physiol Funct Imaging*, 24(6), 335-340.
- Salles, A. S., Baltzopoulos, V., & Rittweger, J. (2011). Differential effects of countermovement magnitude and volitional effort on vertical jumping. *Eur J Appl Physiol*, 111(3), 441-448.
- 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(14), 2940-2945.
- Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2010). Jumping ability: a theoretical integrative approach. *J Theor Biol*, 264(1), 11-18.
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: citius or fortius? *Med Sci Sports Exerc*, 44(2), 313-322.

- Samozino, P., Rejc, E., di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. (2014). Force-velocity properties' contribution to bilateral deficit during ballistic push-off. *Med Sci Sports Exerc*, *46*(1), 107-114.
- Sargeant, A. J., Dolan, P., & Young*, A. (1984). Optimal Velocity for Maximal Short-term (Anaerobic) Power Output in Cycling. *Int J Sports Med*, *05*(S 1), S124-S125.
- Seck, D., Vandewalle, H., Decrops, N., & Monod, H. (1995). Maximal power and torque-velocity relationship on a cycle ergometer during the acceleration phase of a single all-out exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *70*(2), 161-168.
- Selbie, W. S., & Caldwell, G. E. (1996). A simulation study of vertical jumping from different starting postures. *J Biomech*, *29*(9), 1137-1146.
- Shalfawi, S. A., Sabbah, A., Kailani, G., Tonnessen, E., & Enoksen, E. (2011). The relationship between running speed and measures of vertical jump in professional basketball players: a field-test approach. *J Strength Cond Res*, *25*(11), 3088-3092.
- Sheppard, J. M., Cormack, S., Taylor, K. L., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2008). Assessing the force-velocity characteristics of the leg extensors in well-trained athletes: the incremental load power profile. *J Strength Cond Res*, *22*(4), 1320-1326.
- Sheppard, J. M., Cronin, J. B., Gabbett, T. J., McGuigan, M. R., Etxebarria, N., & Newton, R. U. (2008). Relative importance of strength, power, and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players. *J Strength Cond Res*, *22*(3), 758-765.
- Stefanovic, D., Jakovljevic, S., & Jankovic, N. (2010). *Tehnologija pripreme sportista*. Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
- Suzovic, D., Markovic, G., Pasic, M., & Jaric, S. (2013). Optimum load in various vertical jumps support the maximum dynamic output hypothesis. *Int J Sports Med*, *34*(11), 1007-1014.
- Van Praagh, E., & Dore, E. (2002). Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med*, *32*(11), 701-728.

- van Soest, A. J., & Bobbert, M. F. (1993). The contribution of muscle properties in the control of explosive movements. *Biol Cybern*, 69(3), 195-204.
- Van Soest, A. J., Bobbert, M. F., & Van Ingen Schenau, G. J. (1994). A control strategy for the execution of explosive movements from varying starting positions. *J Neurophysiol*, 71(4), 1390-1402.
- Vandewalle, H., Pérès, G., Heller, J., & Monod, H. (1985). All out anaerobic capacity tests on cycle ergometers : A comparative study on men and women. *Europ. J. Appl. Physiol. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54(2), 222-229.
- Vandewalle, H., Peres, G., Heller, J., Panel, J., & Monod, H. (1987). Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer : Correlation with the height of a vertical jump. *Europ. J. Appl. Physiol. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(6), 650-656.
- Vanrenterghem, J., Lees, A., Lenoir, M., Aerts, P., & De Clercq, D. (2004). Performing the vertical jump: movement adaptations for submaximal jumping. *Hum Mov Sci*, 22(6), 713-727.
- Vuk, S., Markovic, G., & Jaric, S. (2012). External loading and maximum dynamic output in vertical jumping: the role of training history. *Hum Mov Sci*, 31(1), 139-151.
- Wilson, G. J., Lyttle, A. D., Ostrowski, K. J., & Murphy, A. J. (1995). Assessing Dynamic Performance: A Comparison of Rate of Force Development Tests. *J Strength Cond Res*, 9, 176-181.
- Yamauchi, J., & Ishii, N. (2007). Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *J Strength Cond Res*, 21(3), 703-709.
- Yamauchi, J., Mishima, C., Nakayama, S., & Ishii, N. (2009). Force-velocity, force-power relationships of bilateral and unilateral leg multi-joint movements in young and elderly women. *J Biomech*, 42(13), 2151-2157.
- Young, W. B., Newton, R. U., Doyle, T. L., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G., et al. (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules Football: a case study. *J Sci Med Sport*, 8(3), 333-345.

Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, ILL.: Human Kinetics.

Ziv, G., & Lidor, R. (2010a). Vertical jump in female and male basketball players-- a review of observational and experimental studies. *J Sci Med Sport, 13*(3), 332-339.

Ziv, G., & Lidor, R. (2010b). Vertical jump in female and male volleyball players: a review of observational and experimental studies. *Scand J Med Sci Sports, 20*(4), 556-567.

PRILOZI

Prilog 1: Kopija izjave o autorstvu.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани Радивој С. Мандић

број уписа 09-ДС/2010

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Ефекат промене висине центра масе тела у ексцентричној фази на
максимални динамички излаз и висину скока увис

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

Потпис докторанда

У Београду, 09.03.2016.



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

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Радивој С. Мандић

Број уписа 09-ДС/2010

Студијски програм Експерименталне методе истраживања хумане локомоције

Наслов рада Ефекат промене висине центра масе тела у ексцентричној фази на
максимални динамички излаз и висину скока увис

Ментор ред. проф. др Саша Јаковљевић

Потписани Радивој С. Мандић

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

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

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

Потпис докторанда

У Београду, 09.03.2016.



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

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

**Ефекат промене висине центра масе тела у ексцентричној фази на
максимални динамички излаз и висину скока у вис**

која је моје ауторско дело.

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

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

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

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

Потпис докторанда

У Београду, 09.03.2016.





Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Electromyography and Kinesiology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jelekin

Effects of countermovement depth on kinematic and kinetic patterns of maximum vertical jumps

Radivoj Mandić^a, Sasa Jakovljević^a, Slobodan Jarić^{b,c,*}

^a University of Belgrade, Faculty of Sport and Physical Education, The Research Center, Blagoja Parovica 156, Belgrade, Serbia

^b University of Delaware, Department of Kinesiology and Applied Physiology, Rust Arena, Rm. 143, 541 South College Avenue, Newark 19716, DE, USA

^c University of Delaware, Biomechanics and Movement Science Graduate Program, Rust Arena, Rm. 143, 541 South College Avenue, Newark 19716, DE, USA

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 May 2014

Received in revised form 13 October 2014

Accepted 2 November 2014

Available online xxxxx

Keywords:

Jump height
Ground reaction force
Power output
Arm swing
Regression

ABSTRACT

Although maximum height (H_{max}), muscle force (F), and power output (P), have been routinely obtained from maximum vertical jumps for various purposes, a possible role of the countermovement depth (H_{cmd}) on the same variables remains largely unexplored. Here we hypothesized that (1) the optimum H_{cmd} for maximizing H_{max} exists, while (2) an increase in H_{cmd} would be associated with a decrease in both F and P . Professional male basketball players ($N = 11$) performed maximum countermovement jumps with and without arm swing while varying $H_{cmd} \pm 25$ cm from its preferred value. Although regression models revealed a presence of optimum H_{cmd} for maximizing H_{max} , H_{max} revealed only small changes within a wide range of H_{cmd} . The preferred H_{cmd} was markedly below its optimum value ($p < .05$). However, both F and P sharply decreased with H_{cmd} , while F also revealed a minimum for H_{cmd} close to its highest values. Therefore, we conclude that although the optimum H_{cmd} should exist, the magnitude of its effect on H_{max} should be only minimal within a typical H_{cmd} range. Conversely, F and P of leg muscles assessed through maximum vertical jumps should be taken with caution since both of them could be markedly confounded by H_{cmd} .

© 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

It has been generally accepted that maximum vertical jumps could provide a reliable and sensitive assessment of various kinematic and kinetic variables (Marković et al., 2004; Moir et al., 2004, 2005; Sheppard et al., 2008). Therefore, vertical jumps have been widely used not only for training purposes, but also for testing the velocity, force, and power production capacity of leg muscles both in athletes (Cormie et al., 2011; Cuk et al., 2014; Nedeljković et al., 2009; Sheppard et al., 2008; Vuk et al., 2012) and in various patient and elderly populations (Rittweger et al., 2004; Runge et al., 2004). A variety of vertical jumps have been employed, including those with and without a preceding countermovement, arm swing, or external loads.

Abbreviations: CMJ, countermovement jump without arm swing; CMJA, countermovement jump with arm swing; H_{cmd} , countermovement depth; H_{max} , jump height; F , force output; F_{max} , maximum force output; P , power output; P_{avg} , average power output; P_{max} , maximum power output.

* Corresponding author at: Rust Arena, Rm. 143, University of Delaware, 541 South College Avenue, Newark, DE 19716, USA. Tel.: +1 302 8316174; fax: +1 302 8313693.

E-mail address: jari@udel.edu (S. Jarić).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.11.001>
1050-6411/© 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.

The concentric phase of the natural countermovement vertical jump is inevitably performed with a preceding eccentric phase that lowers the body center of mass to a certain countermovement depth (H_{cmd}). The changes in H_{cmd} markedly affect conditions for muscle actions, and consequently the patterns of various mechanical variables that can be obtained from vertical jumps (Bobbert, 2012; Bobbert et al., 2008; Samozino et al., 2012; Vanrenterghem et al., 2004). Nevertheless, the effect of H_{cmd} on vertical jumps remains largely neglected in literature. Namely, a typical implicit presumption has been that the tested subjects are able to select the movement pattern (such as assessed by H_{cmd}) that maximizes the jump height (Moir et al., 2004) and, thereafter, to reproduce it over a series of consecutive trials. As a consequence, both the differences among various populations (Nuzzo et al., 2010; Pazin et al., 2011; Vuk et al., 2012) and the effects of the applied interventions (Cormie et al., 2011; Marković et al., 2013) on various variables obtained from vertical jumps have been usually attributed to the differences in force and power producing ability of leg muscles, rather than to the differences between the jumping kinematic patterns.

The above discussed disregard of the possible role of H_{cmd} in vertical jumps has been partly supported by a robust and stable

Please cite this article in press as: Mandić R et al. Effects of countermovement depth on kinematic and kinetic patterns of maximum vertical jumps. J Electromyogr Kinesiol (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.11.001>

Prilog 5. Formular za saglasnost ispitanika sa eksperimentalnom procedurom

FORMULAR ZA SAGLASNOST SA EKSPERIMENTALNOM PROCEDUROM

Istraživački projekt: Procena neuromišićne funkcije

Istraživači: prof.dr Slobodan Jarić, prof.dr Saša Jakovljević, ass. Radivoj Mandić

1. NAMENA I OPIS ISTRAŽIVANJA

Vi ste zamoljeni da učestvujete u istraživačkom projektu Univerziteta u Beogradu. Cilj projekta je utvrđivanje postojanja optimalne dubine spuštanja prilikom izvođenja maksimalnih vertikalnih skokova. To je od posebnog značaja jer vertikalni skokovi spadaju u prirodne oblike kretanja.

Vi ćete biti jedan od najmanje 10 zdravih i fizički aktivnih učesnika. Mi ćemo ispitivati antropometrijske karakteristike, maksimalnu silu mišića nogu, i maksimalne vertikalne skokove. Maksimalna sila nogu meriće se testom jednog ponavljajućeg maksimuma iz čučnja -90° (IRM). Skokovi sa povratnim režimom bez (CMJ) i sa zamahom ruku (CMJA) izvodiće se na tenziometrijskoj platformi.

Vaše učešće u ovom projektu obuhvata jedan eksperiment u okviru koga imamo tri sesije: jedna familijarizacija i dve eksperimentalne.

1. Familijarizacija: Traje oko 60 minuta. U ovoj sesiji ćemo meriti antropometrijske karakteristike, proceniti silu vaših nogu, i upoznati se sa izvođenjem skokova.

2 i 3. Eksperiment: Traje oko 30 minuta. Rade se samo skokovi. Pauza od najmanje 48 sati će biti data između svih sesija.

2. USLOVI UČEŠĆA U EKSPERIMENTU

Svi dobijeni rezultati i informacije ove studije biće tretirane 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 primiće 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.

3. KRITERIJUMI ZA UČEŠĆE U STUDIJI

Nećete moći da učestvujete kao ispitanik u studiji ukoliko patite od bilo kakvih kardiovaskularnih ili neuroloških oboljenja, ili bilo kakvih povreda koje mogu da utiču na rezultat eksperimenta ili mogu da budu pogoršane vašim učešćem.

4. RIZIK I BENEFICIJE

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

MOGUĆE BENEFICIJE: Stičete iskustvo u istraživačkom radu. U slučaju da postoje sredstva, bićete plaćeni 2 000 dinara za vaše učešće.

5. KONTAKTI

U slučaju da imate bilo kakvo pitanje u vezi sa studijom, pozovite Radivoja Mandića, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu (011-3555466). Pitanja u vezi vaših prava kao učesnika eksperimenta možete postaviti šefu Etičke komisije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu (011-3531100).

6. POTVRDA ISPITANIKA

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

Potpis ispitanika: _____

Ime ispitanika (štampanim slovima) _____

Datum: _____

Prilog 6. Saglasnost Etičke komisije

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA
ETIČKA KOMISIJA

Република Србија
Универзитет
ФАКУЛТЕТ СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА
Београд
22.4.2012
Београд, Београд, Београд 155

Predmet-Na zahtev zaveden pod brojem 02-836/1 od 7.04.2014godine koji je podneo ass. Radivoj Mandić ,Etička komisija Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu daje

S A G L A S N O S T

Za realizaciju eksperimenta u okviru projekta doktorske disertacije EFEKAT DUBINE SPUŠTANJA NA MAKSIMALNI DINAMIČKI IZLAZ I VISINU VERTIKALNIH SKOKOVA

O b r a z l o ž e n j e

Na osnovu uvida u plan projekta navedenog eksperimenta čiji je rukovodilac red.prof Sača Jakovljević ,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 planiranih gore navedenim projektom.

U Beogradu 8.03.2012


Za Etičku komisiju

Članovi

1. prof dr Dušanka Lazarević



2. prof dr Dušan Ugarković



3. prof dr Vladimir Koprivica



BIOGRAFIJA AUTORA

Radivoj S. Mandić, rođen je 22.04.1978. godine u Beogradu. Osnovnu školu i srednju ekonomsku školu završio je u Beogradu. Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu završio je 2007. godine sa prosečnom ocenom tokom studija 8,18 i ocenom 10 (deset) na diplomskom ispitu na temu „Relacije između opšte i specifične koordinacije kod mladih košarkaša – pionira i kadeta“. Diplomске akademske studije-master na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja, upisao je školske 2008/09. Ove studije završio je 2011. godine sa prosečnom ocenom 9,50. Završni master rad na temu „Povezanost kohezivnosti i ciljeva sportskog postignuća sa uspešnošću najboljih kadetskih ekipa u košarci“, odbranio je ocenom 10 (deset). Školske 2010/2011. godine upisao se na Doktorske akademske studije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu. Predviđenim planom i programom doktorskih studija, položio je sve ispite sa prosečnom ocenom 10. U okviru programa doktorskih studija 2012. godine proveo je jedan semestar na stručnom usavršavanju na Univerzitetu Delaver (SAD), u laboratoriji za motornu kontrolu.

U školskoj 2006/07. i 2007/08. godini radio je kao demonstrator na predmetu Teorija i metodika košarke na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja u Beogradu. Od školske 2008/09. godine do danas radi kao saradnik u nastavi (asistent) na predmetu Teorija i metodika košarke, uža naučna oblast Nauke fizičkog vaspitanja, sporta i rekreacije, na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja u Beogradu.

Kao igrač trenirao je košarku u periodu od 1990. do 1998. godine u košarkaškim klubovima KK «Crvena Zvezda» i KK «Beopetrol», oba iz Beograda. U toku studija bio je uključen, kao trener, u košarkaški sport, u radu sa mlađim kategorijama i seniorima. Tako je u periodu od 1998. do 2004. godine radio kao trener u košarkaškom klubu

«Beokoš». U sezoni 2006/2007. radio je sa seniorskim timom košarkaškog kluba »Kotež» iz Beograda, kada je ostvaren plasman u prvu B ligu. U sezoni 2007/08. bio je kondicioni trener u košarkaškom klubu «Crvena Zvezda» Beograd, i osvojio titulu prvaka Srbije sa juniorskom ekipom. Od 2010. do 2012. godine je bio kondicioni trener kadetske košarkaške reprezentacije Srbije koja je učestvovala na tri prvenstva Evrope. Od 2010. godine je kondicioni trener u košarkaškom klubu „FMP“ iz Beograda, i radi sa seniorskom ekipom (dva puta prvaci Košarkaške lige Srbije).