Biomehaničko vrjednovanje skokova: uloga lateralnosti, zamaha rukama, režima rada mišića i smjera kretanja

Baković, Marijo

Doctoral thesis / Disertacija

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:784405

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Marijo Baković

BIOMEHANIČKO VRJEDNOVANJE SKOKOVA: ULOGA LATERALNOSTI, ZAMAHA RUKAMA, REŽIMA RADA MIŠIĆA I SMJERA KRETANJA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2016.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Marijo Baković

BIOMECHANICAL EVALUATION OF JUMPING: THE ROLE OF LATERALITY, ARM SWING, MUSCLE CONTRACTION MODE AND MOVEMENT DIRECTION

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Marijo Baković

BIOMEHANIČKO VRJEDNOVANJE SKOKOVA: ULOGA LATERALNOSTI, ZAMAHA RUKAMA, REŽIMA RADA MIŠIĆA I SMJERA KRETANJA

DOKTORSKI RAD

Mentor:

Prof.dr.sc. Goran Marković

Zagreb, 2016.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Marijo Baković

BIOMECHANICAL EVALUATION OF JUMPING: THE ROLE OF LATERALITY, ARM SWING, MUSCLE CONTRACTION MODE AND MOVEMENT DIRECTION

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

Prof. Goran Marković, Ph.D.

Zagreb, 2016.

SAŽETAK

U ovoj su disertaciji istraživane vrijednosti u kinetičkim varijablama koje opisuju pojedine vrste skokova klasificirane s obzirom na sljedeće zadane kriterije: smjer kretanja, lateralnost, korištenje zamaha rukama i režim mišićnog rada. Cilj je bio utvrditi hoće li se grupe skokova klasificirane na temelju zadanih kriterija značajno razlikovati u kinetičkim varijablama koje se odnose na vrijednosti vršne sile reakcije podloge, vršnog gradijenta sile i impulsa sile. Uzorak ispitanika činilo je osmero hrvatskih atletičara (5 muških i 3 žene) od kojih se šestero bavi skakačkim, a dvoje sprinterskim atletskim disciplinama. Ispitanici su bili ili su trenutno aktualni članovi hrvatske nacionalne atletske selekcije s iskustvom nastupanja na brojnim i velikim međunarodnim natjecanjima. Prosječna dob ispitanika za vrijeme mjerenja iznosila je 28,1 godinu, prosječna visina tijela 1,77 m dok je prosječna masa tijela iznosila 72,8 kg.

Ispitanici su tijekom mjerenja izveli 159 različitih vrsta skokova. No, ukupan broj skakačkih entiteta u obradi podataka je bio 195 zbog normaliziranja opterećenja po jednoj nozi. Na taj se način broj entiteta povećao za 36 zbog zasebnih i različitih rezultata prednje i stražnje noge kod bilateralnih asimetričnih skokova te unutrašnje i vanjske noge kod bilateralnih skokova s promjenama smjera. Zbog toga se mjerenje provodilo uz pomoć dvije platforme za mjerenje sile reakcije podloge.

Rezultati su potvrdili postavljenu temeljnu istraživačku hipotezu za svaki od korištenih kriterija klasifikacije skokova. Konkretno, kinetičke varijable izvedene iz sile reakcije podloge statistički značajno razlikuju pojedine skupine skokova, klasificirane temeljem odabranih kriterija. Ispostavilo se da svaka od jedanaest istraživanih kinetičkih varijabli može značajno razlikovati skupine skokova u barem jednom od odabranih kriterija. Varijable vršne sile reakcije podloge, vršnog gradijenta sile i impulsa sile imaju prethodno dokazanu visoku pouzdanost te ovi nalazi potvrđuju važnost i korisnost primjene kinetičkih varijabli sile reakcije podloge u opisivanju, vrjednovanju i klasifikaciji skakačkih sadržaja.

Rezultati ove studije ukazuju da bi se klasifikacija skokova po intenzitetu ubuduće trebala fokusirati na temelju dva kinetička kriterija: vršna sila reakcije podloge i vršni gradijent sile**.** Te dvije mjere zajednički najbolje opisuju intenzitet skokova. S praktičnog stajališta, rezultati ove studije pokazuju da je prilikom odabira skokova na temelju intenziteta potrebno voditi računa o vršnoj sili reakcije podloge u kombinaciji sa vršnim gradijentom sile. No, osim toga, vrlo je važno i poznavanje modaliteta izvedbe skokova (lateralnost, zamah rukama, režim mišićnog rada, smjer kretanja, vrsta kontakta stopala s podlogom). S praktičnog stajališta u smislu prevencije od ozljeda, ovo istraživanje je utvrdilo da se skokovi sa „cik-cak" promjenama smjera te lateralni skokovi u kretanju mogu smatrati vrlo rizičnim.

Informacije iz ovog istraživanja će pomoći u kreiranju programa koji su specifični prema pojedinim sportskim aktivnostima, cilju rehabilitacijskog procesa, prevenciji ozljeda i metodici poučavanja skakanja kod mlađih sportaša. Razlikovanje i rangiranje grupa skokova uz pomoć kinetičkog pristupa i prema odabranim kriterijima zasigurno mogu pomoći u praksi.

Ključne riječi: skokovi, pliometrija, intenzitet, kinetika, sila reakcije podloge, gradijent sile, impuls sile

ABSTRACT

In this dissertation, we investigated the values of the kinetic variables that describe various types of jumps, classified according to the following criteria: direction of movement, laterality, use of the arm swing, and the type of a muscle action. The aim was to determine if the groups of jumps classified according to the set criteria would be significantly different in terms of the observed kinetic variables, specifically, the ground reaction force, the peak force gradient, and the impulse. The sample consisted of eight Croatian track and field athletes (5 males and 3 females) out of which six competed in jumping events and the remaining two competed in sprinting events. The participants were current or former members of the Croatian national track and field team and had a history of competing in numerous international track and field competitions. The average age of the participants at the time of the study was 28,1 years, their average height was 1,77 m, and their average body mass amounted to 72,8 kg.

The participants performed a total of 159 various types of jumps. However, the total number of entities in data processing was 195, due to the load normalization to a single leg. In this way, the number of entities increased by 36 due to the individual results of forward and backward leg in bilateral asymmetrical jumps as well as inner and outer leg in bilateral jumps that included change of direction. This is the reason all the measurements in the study were performed using two force platforms.

The results confirmed the main research hypothesis for each of the criteria used to classify jumps. Specifically, kinetic variables derived from the ground reaction force were statistically significant in discriminating the various types of jumps classified according to the chosen criteria. We noticed that each of the eleven observed variables could significantly discriminate groups of jumps in at least one of the chosen criteria. Variables corresponding to peak ground reaction force, peak force gradient as well as impulse had all been previously shown to exhibit high reliability, and these findings confirm the importance and usefulness of the application of kinetic ground reaction force variables in description, evaluation and classification of various jumping techniques.

The results of this study point toward the fact that the classification of jumps, according to intensity, should in the future focus on two main kinetic criteria: (a) peak ground reaction

force, and (b) peak force gradient. Taken together, these two variables proved to be the best descriptors of the intensity of a jump. In practical terms, the results of this study point toward the fact that, when selecting jumps according to intensity, it is necessary to take into account peak ground reaction force in combination with peak force gradient. However, it is also very important to be familiar with the modality of the execution of a jump (i.e. laterality, arm swing, type of muscle action, movement direction, type of contact with the ground). In practical terms, and with regard to injury prevention, this research has determined that the jumps that include a "zig-zag" change of direction as well as lateral jumps in motion may be considered to pose a high injury risk.

The findings of this study may help in devising training regimens that are specific according to a sports activity, the aim of a rehabilitation treatment, injury prevention as well as jumping skill acquisition in young athletes. Discrimination and classification of groups of jumps according to the kinetic approach as well as chosen parameters could certainly be helpful in the real-world setting of applied kinesiology.

Key words: jumps, plyometrics, intensity, kinetics, ground reaction force, force gradient, impulse

SADRŽAJ

1. UVOD 10
1.1. SKOKOVI 10
1.2. PLIOMETRIJA 15
1.2.1. Učinci pliometrijskog treninga 21
1.3. OPTEREĆENJE KOD PLIOMETRIJSKIH VJEŽBI 23
2. CILJEVI I HIPOTEZA 30
3. METODE ISTRAŽIVANJA 31
3.1. ISPITANICI 31
3.2. UZORAK ENTITETA - SKOKOVA 33
3.3. UZORAK VARIJABLI 43
3.3.1. Uzorak biomehaničkih varijabli 43
3.3.2. Uzorak kriterijskih varijabli 44
3.4. MJERNI INSTRUMENT 45
3.5. PROTOKOL TESTIRANJA 46
3.6. METODE OBRADE PODATAKA 47
3.7. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA 47
4. REZULTATI 48
4.1. LATERALNOST 49
4.2. ZAMAH RUKAMA 52
4.3. REŽIM RADA MIŠIĆA 55
4.4. SMJER KRETANJA 60
5. RASPRAVA 80
5.1. METODOLOŠKE OSOBITOSTI BIOMEHANIČKOG VRJEDNOVANJA SKOKOVA 81
5.1.1. Kinetički pristup 81
5.1.2. Elektromiografski pristup 86
5.2. BIOMEHANIČKO VRJEDNOVANJE SKOKOVA PREMA KRITERIJU LATERALNOSTI 88
5.3. BIOMEHANIČKO VRJEDNOVANJE SKOKOVA PREMA KRITERIJU ZAMAHA RUKAMA 95
5.4. BIOMEHANIČKO VRJEDNOVANJE SKOKOVA PREMA KRITERIJU REŽIMA RADA MIŠIĆA 103
5.5. BIOMEHANIČKO VRJEDNOVANJE SKOKOVA PREMA KRITERIJU SMJERA KRETANJA 111
5.6. OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA I PERSPEKTIVE 123
6. ZAKLJUČAK I PRAKTIČNA PRIMJENJIVOST REZULTATA 125
7. LITERATURA 129

1. UVOD

1.1. SKOKOVI

Skokovi pripadaju fundamentalnim, odnosno biotičkim ljudskim pokretima koji zahtijevaju koordinaciju gornjih i donjih udova tijela te čovjeku omogućuju svladavanje različitih vrsta prepreka. Zdravom čovjeku, ali isto tako i velikom broju životinja je urođeno preskočiti neku prepreku, naskočiti na povišenje, saskočiti s povišenja, doskočiti u određenu ciljanu zonu i sl. Stoga su skokovi prilikom odrastanja djece vrlo bitan dio procesa rasta i razvoja te ih djeca često spontano koriste prilikom igre.

Skakanje je proces pri kojem se tijelo za kratko vrijeme odvaja od zemlje kao posljedica sile reakcije podloge izazvane potiskom ekstenzora nogu. U natjecateljskom smislu, čovjek se skokovima kao sportskom disciplinom ili aktivnošću počeo baviti još u antičko doba. Tako je skok udalj bio jedna od prvih disciplina koja se pojavila na antičkim Olimpijskim igrama (slika 1). U smislu maksimalnih performansi prilikom izvedbe skokova u današnjoj su modernoj atletici zabilježeni službeni svjetski rekordi. Najdalje što je muškarac ikada skočio je 8,95 metara, a najviše 2,45 metara (slika 2). Kod žena najdalji skok iznosi 7,52 metra, dok je najviši 2,09 metra.



Slika 1. *Antički skakač udalj* (preuzeto sa www.teachinghistory100.org)



Slika 2. *Svjetski rekorderi u skoku udalj i uvis, Amerikanac Mike Powell i Kubanac Javier Sotomayor* (preuzeto sa www.iaaf.org)

Međutim, danas skokovi predstavljaju neke od najčešće korištenih motoričkih zadataka u područjima primijenjene kineziologije i fizioterapije. Unutar ta dva područja skokovi se izvode na različite načine i s različitom svrhom. Koriste se najčešće u procesu sportske pripreme s ciljem razvoja određenih performansi, u procesu opravka nakon sportskih ozljeda sa ciljem što bržeg i kvalitetnijeg povratka natjecateljskim aktivnostima, ali i u preventivnom dijelu procesa sportske pripreme.

Kada bi se skokove kao motoričke zadatke trebalo na neki način klasificirati, kriteriji za njihovo grupiranje mogu biti vrlo različiti. Prije svega, čovjek može skakati u **različitim smjerovima**. Stoga, generalno je moguće podijeliti skokove na: ***skokove na mjestu*** i na ***skokove u kretanju***. Na mjestu je skokove moguće izvoditi samo u *vertikalnom* smjeru i to kao jedan odraz odnosno skok ili kao višekratno ponavljane skokove. Jednokratne skokove ***s mjesta*** osim u vertikalnom moguće je izvoditi u horizontalnom ili lateralnom smjeru, odnosno prema naprijed ili unazad te ulijevo ili udesno. Skokove je ***u kretanju*** moguće izvoditi jednokratno nakon određenog zaleta (npr. skok udalj ili uvis) ili višekratno ponavljati (npr. skakati s dvije noge prema naprijed ili u stranu). Kod višekratnog ponavljanja moguće je skakati u horizontalnom, lateralnom ili kombiniranom smjeru, odnosno moguće je višekratno skakati prema naprijed ili unazad, ulijevo ili udesno te s promjenama smjera (npr. „cik-cak“, lijevo-desno, naprijed-nazad, više skokova u jednom smjeru pa promjena smjera i sl.).

Ako se **lateralnost** uzme kao kriterij za klasifikaciju, tada se skokovi mogu izvoditi *unilateralno* ili *bilateralno*, odnosno jednonožno ili dvonožno. Bilateralne je skokove moguće klasificirati u još dvije podgrupe koje se odnose na položaj stopala na podlozi pa tako skokovi mogu biti *bilateralno simetrični* (stopala paralelna) ili *bilateralno asimetrični* (jedno stopalo ispred drugog).

Što se tiče aktivnosti ruku, čovjeku je prirodno koristiti ruke kao dio kinetičkog lanca prilikom izvedbe skokova. To se prije svega odnosi na **zamah rukama** koji može povećati efikasnost izvedbe skoka, ali i na održavanje ravnoteže prilikom skakanja. No, u području primijenjene kineziologije s različitom se svrhom koriste varijante skokova kod kojih se zamah rukama ne primjenjuje (tako da su ruke najčešće na bokovima). Sukladno tome, jedan od kriterija za klasifikaciju skokova može biti upotreba ruku odnosno zamaha rukama. Na taj se način skokovi mogu podijeliti u dvije grupe: *skokovi sa zamahom* i *skokovi bez zamaha rukama.*

Sljedeći kriterij koji može poslužiti za klasificiranje skokova jest vrsta, odnosno **režim mišićnog rada** potrebnog za izvedbu skoka ili skokova te se na taj način generalno svrstavaju u dvije grupe: skokovi kod kojih je prisutan tzv. *koncentrični mišićni režim rada* i skokovi kod kojih je prisutan tzv. *ekscentrično-koncentrični mišićni režim rada* (ciklus istezanja i skraćivanja ili engl. „stretch-shortening cycle“ – SSC). Koncentrični mišićni režim rada je takav da se mišić skraćuje i tako uzrokuje pokret. Tako je npr. za ustajanje sa stolca potreban koncentrični režim kod kojeg se skraćivanjem mišića quadricepsa i gluteus maximusa opružaju kukovi i koljena. S druge strane, kod odraza u skoku udalj, u prvoj fazi dolazi do produljenja m. quadricepsa (ekscentrična faza - fleksija koljena), nakon kojeg slijedi koncentrična faza u kojoj se mišić skraćuje (ekstenzija koljena). U praksi, ali i svakodnevnom čovjekovom kretanju puno je prisutniji ekscentrično-koncentrični mišićni režim rada (npr. hodanje, trčanje, bacanje). Pri tom treba naglasiti kako postoji razlika između balističkih pokreta ekscentrično-koncentričnog karaktera s obzirom na trajanje faze kontakta stopala s podlogom *(Schmidtbleicher, 1992)*. O tome će biti više riječi u narednom poglavlju.

S obzirom na strukturalnu raznolikost skokova moguće je razlučiti i kriterije za klasifikaciju koji se odnose na **različite načine kontakta stopala s podlogom** kao i **trajanje tog kontakta**. Promatrajući tako čovjek može izvoditi skokove na način da je prilikom kontakta s podlogom isključivo na *prednjem dijelu stopala* ili da je odraz izveden tako što je prvi kontakt s podlogom prvo *preko stražnjeg dijela* (pete) pa tek onda završetak odraza preko

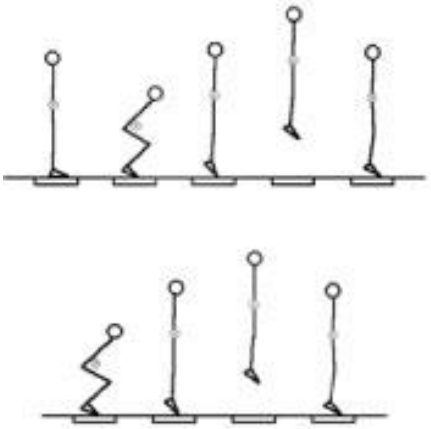
prednjeg dijela. U području sportskog treninga, pogotovo kod atletičara skakača često se koristi i treći način kontakta stopala s podlogom prilikom odraza, a taj se odnosi na kontakt s podlogom *cijelom površinom* stopala na početku, pa u kasnijoj fazi odraza preko prednjeg dijela. Trajanje odraza, odnosno kontakta stopala s podlogom se kreće od oko 0,080 s do preko 1 s. Vrlo kratak kontakt stopala s podlogom jest npr. kod sprinterskog trčanja, dok je značajno duži kontakt kod npr. skoka udalj s mjesta.

Sukladno takvoj klasifikacijskoj podjeli postoji skoro oko 200 različitih vrsta skokova, od kojih se veliki broj trenutno koriste u kineziološkoj i fizioterapijskoj praksi, ali je također veliki broj različitih skokova moguće uočiti i kod spontanog igranja djece (tablica 1).

Tablica 1. *Kriterijska klasifikacija skokova*

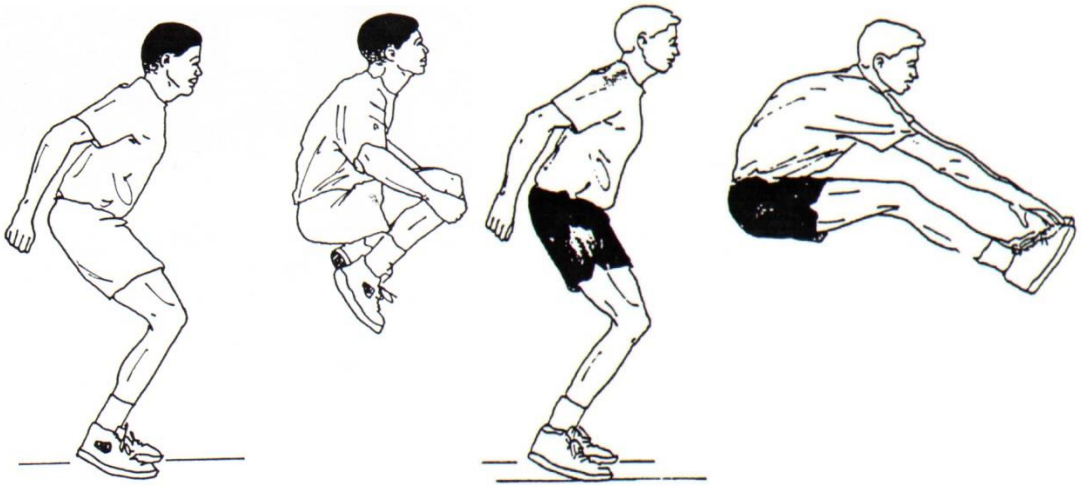
KRITERIJ		***MODALITET***
SMJER KRETANJA	NA MJESTU	vertikalno
	S MJESTA U KRETANJE	horizontalno naprijed
		horizontalno unazad
		lateralno ulijevo
		lateralno udesno
	U KRETANJU	horizontalno naprijed
		horizontalno unazad
		lateralno ulijevo
		lateralno udesno
	U KRETANJU S PROMJENAMA SMJERA	naprijed-nazad
		lijevo-desno
		cik-cak
		iz horizontalnog u vertikalno ili lateralno
		iz lateralnog u vertikalno ili horizontalno
LATERALNOST		unilateralno
		bilateralno
MIŠIĆNI REŽIM RADA		koncentrični
		ekscentrično-koncentrični
NAČIN KONTAKTA STOPALA SA PODLOGOM		preko prednjeg dijela stopala
		preko stražnjeg dijela stopala
		preko cijele površine stopala
UPOTREBA ZAMAHA RUKAMA		bez zamaha
		sa zamahom

Kao predmet znanstvenih istraživanja najčešće su analizirani vertikalni skokovi na mjestu. Najčešći među njima jesu „skok iz čučnja“ (engl. „squat jump“) te „skok s pred-pripremom“ (engl. „counter movement jump“) (slika 3). Često se analiziraju i tzv. „dubinski skokovi“ ili „depth jumps“ (DJ) kod kojih se odraz izvodi nakon saskoka s određenog povišenja. Za potrebe preciznijeg mjerenja rada mišića nogu najčešće se SJ, CMJ i DJ izvode u varijantama kod kojih se izolira rad rukama (ruke oslonjene na bokove). Od skokova s mjesta u kretanje najistraživaniji je skok udalj s mjesta (eng. „standing long jump“) dok se kod skokova u kretanju najviše istražuju bilateralni skokovi i unilateralni poskoci u horizontalnoj ravnini.



Slika 3. *Gore – CMJ ili skok s predpripremom, dolje - SJ ili skok iz čučnja*

Varijante skokova koje se također često javljaju u praksi i istraživanjima su skokovi kod kojih se aktivno podižu koljena u fazi leta ili engl. „tuck jump“ te engl. „pike jump“ kod kojeg se pruženo prednožuje u fazi leta te predručuje prema stopalima (slika 4).



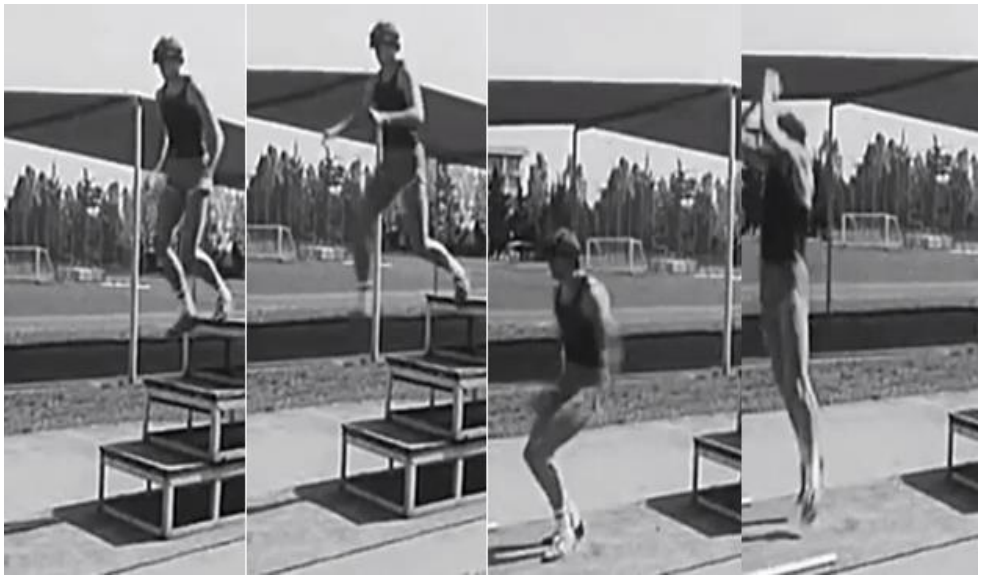
Slika 4. *Lijevo – „tuck jump“, desno –„pike jump“*

1.2. PLIOMETRIJA

Oblik treninga u kojem dominiraju skokovi se često u praksi naziva **pliometrijski trening**. Riječ *pliometrija* potječe od latinskih riječi „plyo“ i „metric“ što u prijevodu znači „mjerljivo povećanje“. To povećanje se ustvari odnosi na povećanje mehaničkog izlaza mišića, odnosno mišićne sile i snage ukoliko mišići rade ekscentrično-koncentričnim režimom rada (SSC).

Profesor Radolfo Margaria iz Milana je prvi u 1960-ima ukazao na ulogu istezanja mišića neposredno prije kontrakcije u postizanju jake mišićne kontrakcije *(Cavagna, Saibene i Margaria, 1964; Cavagna i Margaria, 1966; Cavagna, Dusman i Margaria, 1968)*. Temeljem njegovog rada razvijen je tzv. *dijagram dužine-napetosti* (engl. „length-tension diagram“). To je omogućilo usporedbu napetosti u mišiću koji je bio istegnut neposredno prije kontrakcije i mišića kontrahiranog bez prethodnog istezanja. Margaria je uspio dokazati da napetost koju je mišić u mogućnosti proizvesti, nije temeljena samo na njegovoj dužini, nego ovisi i o njegovoj prethodnoj aktivnosti. Tijekom 1960-ih godina prošlog stoljeća pliometrija kao metoda treniranja se počinje spominjati prvo u SSSR-u. V. M. Zatsiorskiy je upotrijebio rezultate Margarijinih istraživanja kao osnovu za unaprjeđenje programa treninga koji su sačinjavali ekscentričnu mišićnu kontrakciju. On je takvu vrstu treninga nazvao *pliometrijski* trening *(Zatsiorskiy, 1966)*. Vodeći istraživač pliometrijskog treninga u SSSR-u bio je ruski znanstvenik po imenu Jurij Verkhoshansky. On je promatrajući troskokaše uočio da oni skakači koji provode manje vremena u kontaktu s podlogom (faza amortizacije i odraza) imaju bolje rezultate u troskoku. Zaključio je da optimalna izvedba skoka kod troskoka od mišića zahtijeva da bude ekscentrično snažan, tako da može podnijeti veliko mehaničko opterećenje u fazi amortizacije *(Verkhoshansky, 1961)*. Dr. Verkhoshansky je razvio pliometrijske vježbe poznate pod nazivom "dubinski skokovi", koje su se koristile s konačnim ciljem povećanja brzine i eksplozivnosti ruskih atletičara (slika 5). On je 1964. prvi put objavio rezultate svojih istraživanja o tada novoj metodi treniranja. Nazvao ju je „šok metoda“ *(Verkhoshansky, 1964)*. Dvije godine kasnije istraživao je mogućnost vježbanja kod kojeg uteg slobodno pada te kinetičku energiju koja se tako javlja sa ciljem da se eksplozivnim pokretom ruku uspori padanje i potisne uteg te tako poveća izlazna snaga mišića gornjeg dijela tijela *(Verkhoshansky, 1966)*. Njegovi su rezultati u brojnim kasnijim istraživanjima potvrđeni. Danas se dubinski skokovi često koriste u pripremi sportaša, te uz

uvjet da se tehnički kvalitetno izvode i pravilno doziraju (visina saskoka, broj ponavljanja i vanjsko opterećenje) imaju izuzetno pozitivan transfer na priozvodnju snage.



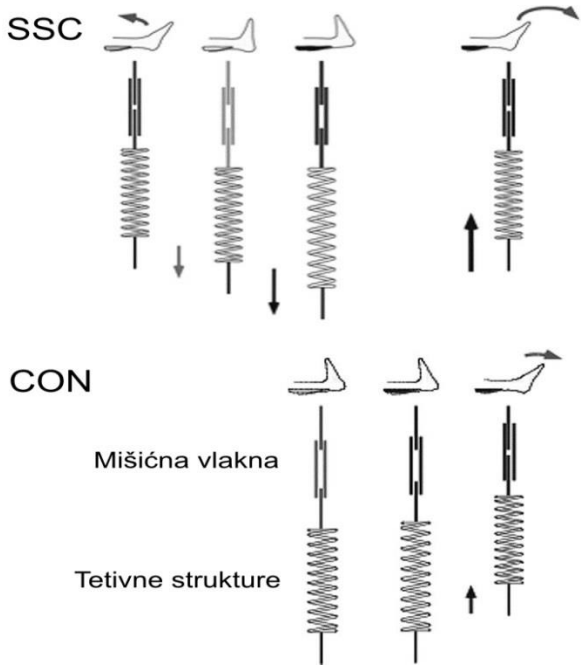
Slika 5. *Ruski atletičar izvodi "dubinski skok" u 1960-im godinama*
(preuzeto s www.findrugbynow.com/2013/09/develop-speed-and-power-part-i/)

Iako su istočne zemlje koristile pliometrijske treninge 1960-ih, na zapadu se počinju primjenjivati tek tijekom 1970-ih. Pojam pliometrija je od strane američkog atletskog trenera Freda Wilta prvi put korišten 1975. nakon što je proveo opsežnu studiju o trening metodi dr. Verkhoshanskog *(Wilt, 1975)*. On je pliometriju predstavio kao tehniku treniranja koju koriste europski treneri. Pretpostavio je da veliku zaslugu za neočekivane pobjede Valerija Borzova na 100 i 200m na Olimpijskim igrama u Münchenu 1972. ima način treniranja koji je sadržavao i pliometrijske vježbe. Nakon toga, oko 1980. godine pliometrijski trening je postao efikasna i često korištena metoda u treningu sportaša. Desetak godina kasnije, u ranim 1990-ima George Davies i Kevin Wilk uvode trening eksplozivnosti u procesu rehabilitacije *(Davies i Malone, 1992; Davies, 1995; Wilk i sur, 1993)*.

Pliometrijski trening je vrlo popularan oblik kondicijskog treniranja kod sportaša i zdravih rekreativaca sa ciljem razvoja eksplozivne jakosti ekstremiteta. Također se koristi i u terapijske svrhe kod određenih pacijenata (npr. osobe koje boluju od osteoporoze). On podrazumijeva izvedbu skakačkih ili bacačkih, odnosno balističkih pokreta kod kojih se mišići koji izvode pokret izdužuju neposredno prije skraćivanja. U engleskom govornom području se za takvu vrstu mišićne kontrakcije koristi termin *„stretch-shortening cycle"*

(SSC). Stoga se ekscentrično-koncentrična mišićna kontrakcija nerijetko u praksi naziva i pliometrijska mišićna kontrakcija. SSC omogućava živčanom i mišićno-tetivnom sustavu produkciju vršne sile u što kraćem vremenskom intervalu *(Chmielewski i sur., 2006)*. Dakle, pliometrijske se vježbe koriste kao poveznica između jakosti i brzine te se zbog toga takve vježbe izvode brzo i energično. Drugim se riječima može reći da pliometrija služi kao način da se premosti praznina između apsolutne jakosti i generiranja snage. Ukoliko koncentričnoj kontrakciji mišića prethodi kratko pred-istezanje (ekscentrična kontrakcija), sila i snaga mišićne kontrakcije se značajno povećavaju *(Cavagna i Margaria, 1966; Bosco i sur., 1980)*. Na taj je način veća iskoristivost elastične energije pohranjene u mišićno-tetivnom sustavu *(Asmussen i Bonde Petersen, 1974; Anderson i Pandy, 1993)*. Četiri su moguća razloga zašto SSC povećava proizvedenu silu i snagu mišića u odnosu na koncentričnu kontrakciju. Riječ je o a) elastičnoj potencijaciji (iskorištavanju pohranjene elastične energije), b) refleksnoj potencijaciji, c) potencijaciji kontraktilnog aparata i d) vremenu raspoloživom za proizvodnju mišićne sile.

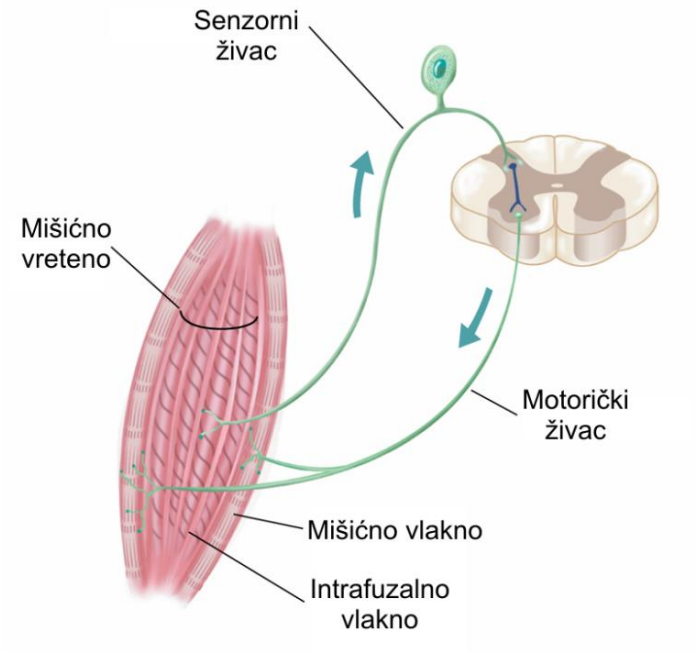
Elastična potencijacija se odnosi na iskorištavanje elastične energije koja je pohranjena u mišićno-tetivnom tkivu. Kada je riječ o skokovima to se najviše odnosi na Ahilovu tetivu. To je sustav koji funkcionira po principu opruge, odnosno dulje istezanje će omogućiti i veće stvaranje sile (slika 6).



Slika 6. *Princip opruge (SSC=ekscentrično-koncentrična kontrakcija, CON=koncentrična kontrakcija)*

Pliometrijski trening je također poznat kao „*reaktivni neuromuskularni trening*“. Motorička kontrola, uključujući centralni i periferni živčani sustav, ima ključnu ulogu u generiranju sile tijekom SSC-a *(Marković i Mikulić, 2010)*. Opterećenje koje se javlja prilikom ekscentrične kontrakcije je u funkciji pripreme kontraktilnih elemenata mišića za koncentričnu kontrakciju tako što stimulira aktivaciju tzv. *monosinaptičkog refleksa istezanja (Komi, 2000)*.

Neophodna je stoga spoznaja o tome kako funkcionira refleks istezanja za razumijevanje principa pliometrije. Refleks istezanja uzrokuje kontrakciju mišića kada je istegnut i na taj način sprječava mišiće antagoniste da se kontrahiraju. Npr. to je refleks koji uzrokuje kontrakciju m. quadricepsa i opružanje koljena kada se gumenim čekićem udari u patelarnu tetivu. Taj udarac u tetivu uzrokuje istezanje m. quadricepsa što rezultira aktivacijom senzora mišićnog vretena u mišiću. Osim na istezanje, ti su receptori osjetljivi i na brzinu kojom se mišić isteže. Informacije da se mišić isteže i koliko brzo se isteže dolaze do leđne moždine iz koje se upućuje impulsna reakcija. S ciljem da se spriječi pretjerano istezanje mišića koje bi uzrokovalo ozljedu, iz leđne moždine dolazi impuls koji kontrahira istegnuti mišić i sprječava kontrakciju mišića antagonista, odnosno fleksora koljena (slika 7).



Slika 7. *Shematski prikaz putovanja živčanog impulsa od mišića do leđne moždine i natrag (prema Beachle i Earle, 2008)*

Što se ekscentrična kontrakcija odvija brže, to je vjerojatnije da će se refleks istezanja značajnije aktivirati *(Chu i Cordier, 2000)*. Na primjer, poznato je i jednostavno provjerljivo da je moguće više skočiti uvis ako se iz uspravne pozicije naglo spusti opći centar mase tijela, odnosno malo flektiraju koljena i kukovi prije nego ih se eksplozivno opruži. Ukoliko se odraz izvede iz jednako flektirane pozicije, ali bez prethodnog spuštanja tj. pred-istezanja ili ekscentrične kontrakcije, skok će biti niži. Taj su mehanizam istražili i dokazali Marey i Demeny još davne 1885. godine, a mnogi istraživači kasnije potvrdili.

Potencijacija kontraktilnog aparata se odnosi na strukturu mišića. Istraživanja provedena na izoliranim snopovima mišićnih vlakana i na pojedinačnim mišićnim vlaknima ukazuju kako postoje razlike u mehaničkom izlazu različitih tipova mišićnih vlakana *(Stone, Stone i Sands, 2007)*. Općenito, postoje dva tipa mišićnih vlakana. Prvi tip su sporotrzajuća mišićna vlakna ili vlakna tipa I, specijalizirana za dugotrajan rad pri relativno malim brzinama kontrakcije. Drugi tip su brzotrzajuća mišićna vlakna ili vlakna tipa II (kod koji se razlikuju dvije podvrste, brza oksidativna i brza glikolitička), specijalizirana za eksplozivan rad pri kojem se odvija velika brzina kontrakcije u relativno kratkom vremenskom periodu i proizvodi velika snaga *(Green, 1986; Lieber, 2002)*. Osim po kontraktilnim svojstvima, različite vrste mišićnih vlakana međusobno se razlikuju i prema morfološkim i metaboličkim svojstvima *(Lieber, 2002)*. S obzirom na brzinu kontrakcije, vlakna tipa II kontrahiraju se 2-3 puta brže od vlakana tipa I *(Botinelli i sur., 1994; Canepari i sur, 2000; Lieber, 2002)*. Brzina kontrahiranja mišićnih vlakana tipa I kreće se u intervalu od 0,090 do 0,110 s dok se brzina kontrahiranja mišićnih vlakana tipa II kreće u intervalu od 0,040 do 0,084 s *(Garnett i sur, 1979; Botinelli i sur., 1994)*. Dalje, različiti tipovi mišićnih vlakana međusobno se razlikuju i po maksimalnoj *tetaničkoj napetosti*, odnosno prema specifičnoj napetosti normaliziranoj prema fiziološkom poprečnom presjeku mišića (sila kontrakcije po jedinici poprečne površine mišića) *(Lieber, 2002)*. Istraživanja su pokazala kako mišići građeni dominantno od vlakana tipa II imaju veću specifičnu napetost (22 N/cm^2) od onih mišića koji su dominantno građeni od vlakana tipa I (10-15 N/cm^2) *(Bodine i sur., 1987)*. Bottinelli, Schiaffino i Reggiani (1991) su pokazali kako je maksimalni mehanički izlaz snage izražen u relativnim vrijednostima s obzirom na maksimalnu izometričku napetost kod vlakana tipa I 2-3 puta manji (0,029) nego kod vlakana tipa II (0,063-0,093).

Prema vremenu raspoloživom za proizvodnju mišićne sile, dvije vrste SSC-a se razlikuju: a) spori SSC – trajanje dulje od 250 ms i b) brzi SSC – trajanje kraće od 250 ms *(Schmidtbleicher, 1992)*. Razlikuju se u tome što kod sporog SSC-a postoje tri faze: ekscentrična (istezanje), tranzicijska (prijelaz iz ekscentrične u koncentričnu kontrakciju) i koncentrična (skraćivanje). Kod brzog SSC-a postoji jedna faza ispred istezanja, a riječ je o pripremnoj fazi (pred-aktivacija mišića) prije kontakta stopala s podlogom. Upravo ova faza je od posebne važnosti za učinkovitiji refleks istezanja. Primjerice kod skokova s dvije noge na mjestu ili u kretanju potrebna je pred-aktivacija mišića plantarnih fleksora stopala ukoliko je cilj što brži odraz.

Ukupno gledajući, kako bi pliometrijski trening bio djelotvoran i siguran potrebno je poštivati neka načela (modificirano prema Antekoloviću, 2002. i Markoviću, 2013.):

- pliometrijski trening treba provoditi odmorna osoba nakon temeljitog zagrijavanja i to uvijek na početku treninga ukoliko sa radi o skokovima umjerenog i visokog intenziteta, osobito prije vježbi jakosti sa utezima ili vježbi izdržljivosti
- progresija u pliometrijskom treningu je dugoročan proces (4 – 6 godina) kojeg sa fazom učenja tehnike izvedbe treba započeti prije puberteta jer vrlo intenzivne vježbe zahtijevaju i visok stupanj koncentracije
- pravilan redoslijed sredstava i vježbi: bilateralni skokovi – unilateralni skokovi; vertikalni skokovi – višekratni horizontalni skokovi – bilateralni skokovi s vanjskim opterećenjem – dubinski skokovi; vježbe sporog SSC-a – vježbe brzog SSC-a
- pri odabiru pliometrijskih sadržaja voditi računa o individualnim razlikama sportaša ili vježbača (vrsta sporta, razina treniranosti, dob, spol, visina i masa tijela)
- pliometrijski trening je poželjno kombinirati sa drugim metodama razvoja snage
- potrebno je koristiti adekvatnu sportsku obuću koja ima dobra amortizacijska svojstva ukoliko se provodi na tvrdoj podlozi
- nakon pliometrijskog treninga umjerenog i visokog intenziteta potrebna je adekvatna regeneracija
- dubinski, a osobito dubinsko-daljinski unilateralni skokovi su skokovi najvećeg intenziteta

Zaključno se može kazati da je pliometrijski trening vrsta treninga snage i jakosti koja se temelji na primjeni vježbi kod kojih se javlja ciklus istezanja i skraćivanja mišića (SSC), a s ciljem maksimiziranja proizvedene mišićne sile i snage.

1.2.1. Učinci pliometrijskog treninga

U literaturi je moguće pronaći brojna istraživanja o učincima pliometrijskog treninga na organizam koja su ustanovila da postoje pozitivni učinci na *mišićno-skeletni* i *neuro-mišićni sustav*, *mišićnu funkciju* te samim time na sposobnosti kao što su snaga, brzina, agilnost, izdržljivost i jakost *(Marković i Mikulić, 2010)*.

Što se tiče skeletnog sustava, istraživanja su pokazala da pliometrijski trening ima pozitivne učinke na gustoću kostiju *(Marković i Mikulić, 2010)*. Pozitivni učinci uočeni su kod pubertetske djece, nešto veći kod djece predpubertetske dobi, a najveći pozitivni učinci utvrđeni su kod djece rane pubertetske dobi *(Witzke i Snow, 2000; Heinonen i sur, 2000; MacKelvie i sur., 2001)*. Značajno je istaknuti i da pliometrijski programi integrirani u sustavu školstva pozitivno utječu na strukturu i jakost kostiju kod djece predpubertetske dobi *(Petit i sur., 2002; MacKelvie i sur., 2004, Weeks i sur., 2008)*. Kod odraslih ljudi je utjecaj pliometrijskog treninga na gustoću kostiju različit s obzirom na dob. Značajni pozitivni učinci (1-4 %) su ustanovljeni kod mlađih žena i žena u dobi predmenopauze, dok kod žena u menopauzi nisu uočeni *(Kato i sur., 2006; Vainionpaa i sur. 2005)*. Kod istraživanja učinaka pliometrijskog treninga na mišićno-tetivni sustav Wu i sur. (2010) su objavili podatke o značajnom povećanju skakačkih performansi i elastične energije pohranjene u Ahilovoj tetivi nakon programa pliometrijskog treninga od osam tjedana. Isti su autori izvijestili i o značajnom povećanju krutosti Ahilove tetive. Drugo istraživanje je također zabilježilo značajno povećanje krutosti Ahilove tetive za čak 29% te povećanje u eksplozivnoj koncentričnoj mišićnoj funkciji nakon programa pliometrijskog treninga od 6 tjedana *(Burgess i sur., 2007)*.

Relativno je veliki broj istraživanja o učincima pliometrijskog treninga na živčano-mišićni sustav. Istraživanja o utjecaju pliometrijskog treninga na omjer pojedinih vrsta mišićnih vlakana daju različite rezultate. Npr. Malisoux i sur. (2006) su objavili značajne promjene u proporciji mišićnih vlakana u korist brzih vlakana tipa IIa u mišiću vastus

lateralisu. Druga istraživanja nisu dokazala takvu značajnu promjenu *(Kyrolainen i sur., 2005; Potteiger i sur., 1999)*. Kubo i sur. (2007) su uz pomoć MR tehnologije izvijestili da pliometrijski program od 12 tjedana može izazvati povećanje volumena mišića plantarnih fleksora za oko 5%. Nadalje, kombinirani pliometrijski trening i trening izdržljivosti od 8 tjedana utječe na hipertrofiju mišića vastus lateralisa za oko 6-7% *(Potteiger i sur., 1999)*. Marković i Mikulić (2010) su u preglednom članku zaključili da je moguće povećanje udjela brzih mišićnih vlakana te da se javlja manja hipertrofija mišićnih vlakana. Također dolazi i do promjene u arhitekturi mišića te poboljšanja kontraktilnih svojstava. Neka su istraživanja pokazala da postoje poboljšanja živčano-mišićne kontrole pri izvedbi rizičnih pokreta (doskoka, promjena smjera kretanja itd.) *(Hewett i sur., 1996; Myer i sur., 2005)*.

Relativno je mali broj istraživanja koja pokazuju značajne pozitivne učinke pliometrijskog treninga na SSC mišićnu funkciju *(Young, Wilson i Byrne, 1999; Fatouros i sur., 2000; Marković, Jukić i Milanović, 2007)*. Dvije meta-analize su potvrdile da pliometrijski trening ima veće pozitivne učinke na izvedbu vertikalnog skoka s predpripremom (CMJ) nego kod vertikalnog skoka iz polučučnja (SJ) *(Marković, 2007; Marković i Mikulić, 2010)*.

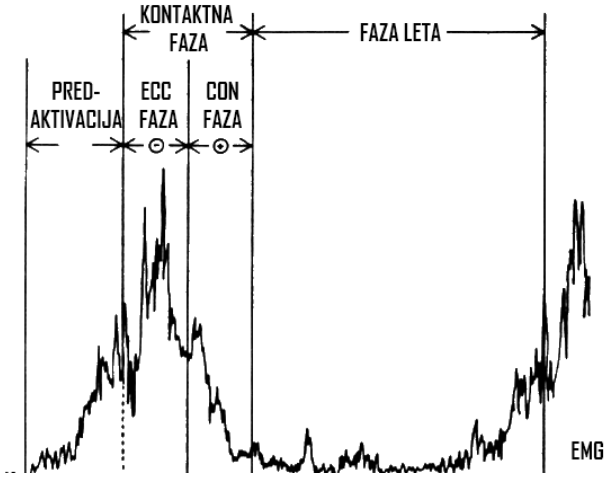
Posljedice učinaka pliometrijskog treninga na performanse potrebne za uspjeh u sportskim aktivnostima su porast u sposobnostima: brzine za 1 - 2% *(Rimmer i Sleivert, 2002; Marković i Mikulić, 2010; Sáez de Villarreal, Requena i Cronin, 2012)*, agilnosti za 2 - 5% *(Marković i Mikulić, 2010; Asadi i sur., 2016)*, visine vertikalnog skoka za 5 – 10% *(Marković, 2007)*, jakosti i snage mišića opružača nogu za 5 – 40% *(Marković i Mikulić, 2010; de Villareal i sur., 2010)*, rezultata u trčanjima na srednje pruge za 1 – 5 % *(Saunders i sur., 2006; Marković i Mikulić, 2010)*, brzine lopte prilikom udarca nogom ili izbačaja rukom za oko 5% *(Marković i Mikulić, 2009)*.

Iz svega navedenog se može zaključiti kako je upotreba pliometrijskog treninga u područjima primjenjene kineziologije, ali i fizioterapije višestruko korisna. No, za poštivanje ranije navedenih principa prilikom korištenja pliometrijskog treninga potrebno je objektivno i kvantificirano poznavati **intenzitet opterećenja** koji se javlja prilikom pliometrijskog treninga. Zato će sljedeće poglavlje dati uvid u istraživanja koja su se bavila proučavanjem i mjerenjem intenziteta opterećenja kod pliometrijskog treninga.

1.3. OPTEREĆENJE KOD PLIOMETRIJSKIH VJEŽBI

Poput ostalih metoda treniranja, dizajniranje, odnosno programiranje pliometrijskog treninga podrazumijeva poznavanje različitih faktora kao što su vrsta vježbe, volumen opterećenja, broj ponavljanja, vrijeme oporavka, progresija i intenzitet izvedbe *(Potach i Chu, 2000)*. Usprkos njihovoj čestoj praktičnoj primjeni, informacije o mehaničkim opterećenjima koja se javljaju tijekom pojedine vrste skokova te doprinosu pojedinog modaliteta izvedbe u kinetičkom lancu ukupnom mehaničkom izlazu u skokovima nedovoljno su istražene. To pak, limitira optimizaciju transformacijskog procesa u smislu funkcionalne progresije te povećava rizik nastanka mišićno-koštanih ozljeda i sindroma prenaprezanja tijekom izvedbe balističkih skakačkih treninga. Istraživanja vezana uz objektivno utvrđivanje intenziteta u skokovima uključuju dvije vrste biomehaničkih mjerenja: **elektromiografiju** i **kinetiku**.

Električni signali koji priozvode mišićna vlakna nazivaju se mioelektričnim signalima, tehnika njihove registracije **elektromiografija**, a njihov zapis se zove *elektromiogram (EMG).* EMG pruža informacije o aktivnosti, vremenu i amplitudi aktivacije mišića koji proizvode pokret (slika 8). Bates i suradnici (2013) su procijenjivali intenzitet pliometrijskih skokova putem elektromiografije. Rezultati su pokazali da neke vježbe poput dubinskih skokova za koje se mislilo da su visokointenzivni, aktiviraju manji broj motoričkih jedinica za razliku od drugih za koje se empirijski smatralo da su niskointenzivni kod kojih se pokazalo suprotno. Elektromiografija je rađena na mišićima kvadricepsa, bicepsa femorisa i gastrocnemiusa koji sudjeluju u svim skokovima.



Slika 8. *EMG aktivacija m. gastrocnemiusa tijekom dubinskog skoka (ECC FAZA = ekscentrična faza, CON FAZA = koncentrična faza) (modificirano prema Batesu i sur., 2013)*

Dalje, u istraživanju Strumingera i suradnika (2013) je dokazano da jednonožni skokovi više aktiviraju mišiće gluteus maximuse i biceps femorise što je primjerice vrlo bitno za prevenciju ozljeda prednjeg križnog ligamenta. Aboodarda i suradnici (2014) su prilikom vanjskog povećavanja opterećenja kod dubinskih skokova sa različitih visina izmjerili povećanu ekscentričnu EMG aktivnost u mišićima quadricepsima. Predložili su da je za povećanje intenziteta, osim povećavanja visine saskoka ili vanjskog opterećenja uz pomoć utega upotreba elastičnih traka također korisna. Padulo i suradnici (2013) su proveli istraživanje o aktivaciji m. biceps femorisa prilikom skoka iz polučučnja, skoka s predpripremom (CMJ) i motoričkog zadataka samog doskoka (engl. „braking phase“) sa ciljem mjerenja EMG u različitim režimima mišićnog rada. Rezultati su pokazali značajno manju aktivaciju mišića u koncentričnoj i ekscentričnoj fazi kod skoka s predpripremom, nego u ekscentričnoj fazi kod samog doskoka ili koncentričnoj fazi kod skoka iz polučučnja. Rezultati sugeriraju da je kod skoka s predpripremom veća visina leta zbog efikasnijeg iskorištavanja elastične energije u mišićno-tetivnom tkivu.

Na uzorku vrhunskih skakača udalj kojima je mjerena EMG aktivnost muskulature nogu prilikom izvođenja visoko intenzivnih dubinsko-daljinskih unilateralnih skokova, izmjerena je aktivnost mišića rectus femorisa i biceps femorisa značajno veća prije doskoka i u prvoj fazi odraza, a m. gastrocnemiusa za vrijeme trajanja odraza i na kraju odraza. *(Antekolović, 2002).* Rezultati sugeriraju važnost faze pred-aktivacije u funkciji povećanja mišićne krutosti (engl. „muscle stiffness“) u ekscentričnoj fazi, a posredno time i rezultata, odnosno duljine skoka. Uz visoku razinu jakosti i snage, vrhunski skakači udalj su tehnički na najvišem nivou, te je njihova izvedba dubinsko-daljinskih skokova zasigurno usmjerena prema maksimalnom rezultatu, u ovom slučaju duljini skoka.

Dakle, elektromiografija može pružiti uvid u vrijeme, trajanje i količinu električne aktivacije mišića prilikom skokova, ali ne može mjeriti mehaničko opterećenje kojim je moguće objektivnije kvantificirati ukupno opterećenje prilikom izvođenja različitih vrsta skokova.

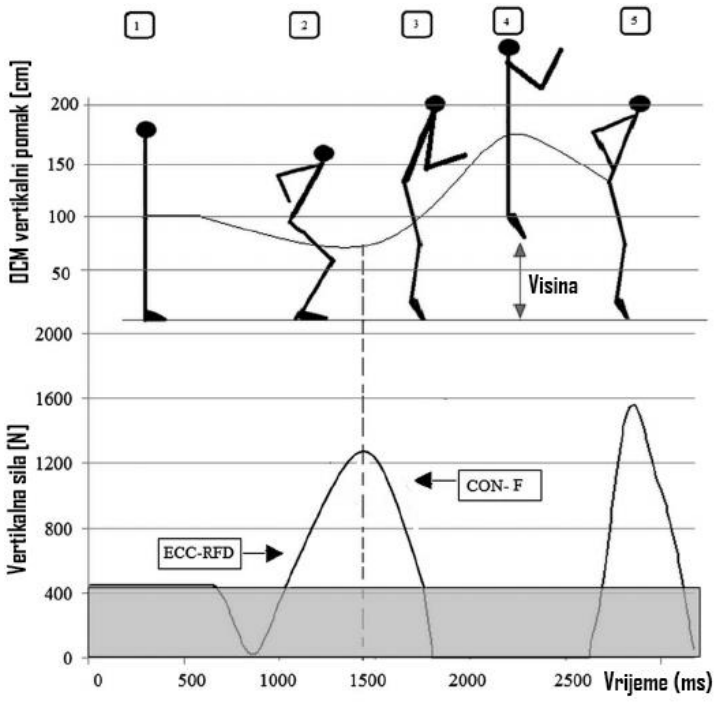
Stoga, u istraživanjima se sa ciljem objektivnog kvantificiranja mehaničkog opterećenja češće koriste **kinetički parametri**. Oni se mjere uz pomoć mjernih platformi koje služe za mjerenje sila reakcije podloge kod velikog broja motoričkih aktivnosti u mirovanju ili gibanju (hod, trčanje, doskok, skok i sl.). Primjena platformi za mjerenje sile reakcije podloge

je moguća i kod bilateralnih odraza karakterističnih za alpske skijaše, atletičare skakače, košarkaše itd., zatim kod mirovanja i primjerice održavanja ravnoteže kod strijelaca prilikom gađanja *(Medved i Kasović, 1999)*.

Dosadašnji pokušaji kinetičke kvantifikacije intenziteta opterećenja u skokovima uključivali su mehaničke veličine vezane uz fazu kontakta stopala s podlogom (faza amortizacije i odrazna faza), ali su obuhvatila relativno mali broj, uglavnom vertikalnih skokova (5-7 vrsta skokova) *(Flanagan i Comyns, 2008; Flanagan i sur., 2008; Goss-Sampson, Alkureishi i Price, 2002; Jensen i Ebben, 2007; Walsh i sur., 2004)*. Od relevantnih istraživanja skokova, tri su se bavila vremenom kontakta stopala s podlogom i amortizacijske faze, te reaktivnog indeksa jakosti *(Flanagan i Comyns, 2008; Goss-Sampson, Alkureishi i Price, 2002; Walsh i sur., 2004)*. Cilj im je bio određivanje optimalnog trajanja kontakta stopala s podlogom i amortizacijske faze, te korištenja reaktivnog indeksa jakosti kao procjene pliometrijske izvedbe. Rezultati su pokazali da se kontakt s podlogom od 0,250 s i kraći smatra brzim te da reaktivni indeks jakosti koji se dobiva iz omjera visine dubinskog skoka i vremena kontakta stopala s podlogom može poslužiti kao formula za kvantifikaciju pliometrijske izvedbe *(Flanagan i Comyns, 2008)*. Drugi rezultati su pokazali da trenirana grupa ispitanika kod provedbe pliometrijskih vježbi postiže kraći kontakt s podlogom i vrijeme udara u svim visinama skoka u odnosu na netrenirane ispitanike što znači da oni ispoljavaju veću silu i efikasnije koriste ciklus ekscentrično-koncentrične mišićne kontrakcije *(Goss-Sampson, Alkureishi i Price, 2002)*. U dva istraživanja procjenjivan je reaktivni indeks jakosti i vrijeme stabilizacije prilikom dubinskog skoka *(Flanagan, Ebben i Jensen, 2008; Ebben i sur, 2010)*. Rezultati su pokazali da je reaktivni indeks jakosti pouzdana mjera dok procjena vremena stabilizacije nije pokazala dovoljnu pouzdanost. Walsh i suradnici (2004) su u svom istraživanju dokazali da se različitom izvedbom tehnike pliometrijskog skoka postižu različiti efekti. Rezultati sugeriraju da trajanje kontakta stopala s podlogom utječe na trenažne učinke u skakačkom treningu. Ti rezultati također pokazuju da veću ulogu ima način izvedbe skoka, nego visina leta. U studiji Deckera i McCawa (2012) je dokazano da ne postoji razlika u parametrima kontakta stopala s podlogom između skoka preko prepone od 40, 60 i 80 cm koje se preskaču nakon saskoka sa sanduka visine 60 cm. Razlike između sile reakcije podloge te visine i smjera između vertikalnih, horizontalnih i lateralnih skokova dokazali su Wallace i suradnici (2010) što je primjerice vrlo bitno za specifičnost pojedinih sportova. Slično mogu poslužiti i rezultati istraživanja u kojem je provedena usporedba sile reakcije podloge kod

dubinskog skoka, vertikalnog skoka, skoka udalj s mjesta i uzastopnih vertikalnih skokova *(Ashby i Heedgaard, 2002)*.

Jensen i Ebben (2007) su kvantificirali intenzitet pliometrijskog skoka putem procjene sile reakcije podloge, veličine ekscentrične sile koja se razvija, veličine sile reakcije podloge u odnosu na tjelesnu težinu, veličine sile reakcije podloge u odnosu na zglob koljena i veličine sile na zglob koljena uzimajući u obzir tjelesnu težinu. Rezultati su pokazali da postoje kvantitativne razlike između pliometrijskih vježbi u razvijanju sile prilikom doskoka kao i razlika između sila koje djeluju na zglob koljena. Izmjerena razlika u intenzitetu može pomoći prilikom programiranja pliometrijskog treninga *(Meylan i sur., 2010)*. U sličnom istraživanju dokazano je da dubinski skokovi izazivaju najveću silu reakcije podloge i samim time su po intenzitetu na samom vrhu, ali ujedno i pokazuju najbolji osteogenski potencijal *(Ebben, Simenz i Jensen, 2008)*. Bitno je istaknuti da treba biti oprezan s pliometrijskim skokovima i pravilno odrediti intenzitet opterećenja jer primjerice kod djece može izazvati oštećenja kostiju *(Bobbert, 1990)*. Za maksimiziranje izlazne snage kod dubinskih skokova potrebno je individualno odrediti visinu saskoka za svakog pojedinca *(Di Giminiani i Petricola, 2016)*.



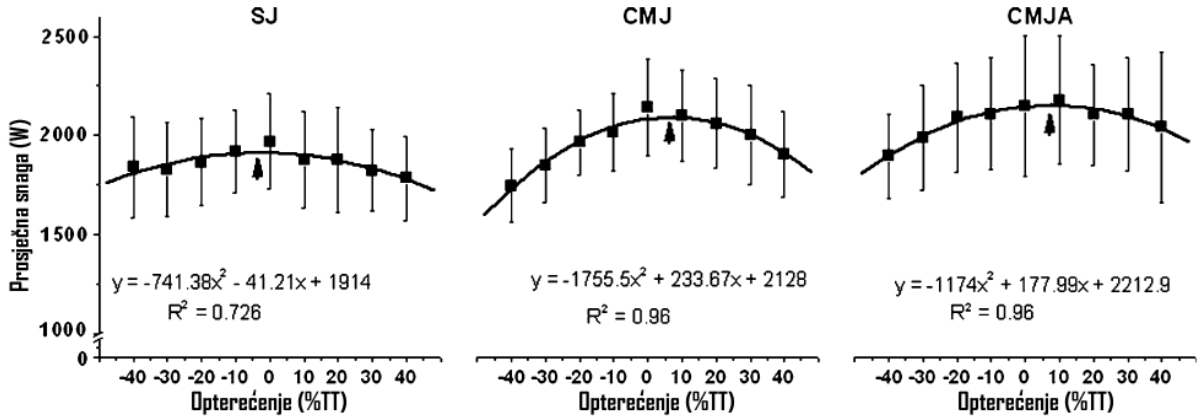
Slika 9. *Vertikalna sila reakcije podloge i visina općeg centra mase tijela kod vertikalnog skoka s predpripremom (CMJ) (ECC-RFD = gradijent sile tijekom ekscentrične faze, CON-F = vršna vertikalna sila tijekom koncentrične faze) (modificirano prema Laffaye, Wagner i Tombleson, 2014)*

Da postoji razlika između mehaničkog izlaza u pojedinom zglobu kod izvođenja pliometrijskih skokova dokazano je u jednoj studiji, što je bitno za određivanje intenziteta opterećenja u pojedinim skokovima *(Sugisaki, Okada i Kanehisa, 2013)*. U sličnoj studiji dokazano je da se maksimalni i prosječni moment sile u zglobovima koljena i kuka razlikuje kod izvedbe stražnjeg čučnja sa opterećenjem od 60% od maksimalne izvedbe (1RM) u odnosu na pliometrijski skok iz čučnja *(Sugisaki i sur., 2014)*. Vršna snaga koja se javlja u zglobu kuka, koljena ili gležnja, normalizirana s obzirom na masu tijela i pojedinu nogu može poslužiti kao objektivni kvantificirani pokazatelj opterećenja prilikom izvedbe najčešće korištenih skokova u rehabilitaciji *(van Lieshout i sur., 2014)*. Jedna novija studija je pokazala da vertikalni, horizontalni i kombinirani vertikalni i horizontalni skokovi uzrokuju pozitivne učinke na eksplozivne pokrete, ravnotežu i efikasniju sposobnost ponavljanja startnih ubrzanja. No, istaknuto je da su najveći pozitivni učinci na brzinu trčanja ukoliko se kombiniraju vertikalni i horizontalni skokovi *(Ramirez-Campilla i sur., 2015)*. Isti je autor sa suradnicima u drugom istraživanju zaključio kako vertikalni skokovi uzrokuju pozitivne učinke na izvedbu vertikalnog skoka (CMJ), dubinskih skokova i agilnosti, ali nemaju pozitivne učinke na izvedbu u testu sprinta na 20m. Tu su također zaključili da je potrebno provoditi i horizontalne skokove kako bi se postigli pozitivni učinci u sprintu *(Ramirez-Campillo i sur., 2014)*. Lateralni skokovi primjerice poboljšavaju snagu i jakost nogu, dok lateralni brzi rad nogu poboljšava frekvenciju nogu iako oba spadaju u pliometrijske vježbe *(Ebben i sur., 2011).*

Meylan i sur. (2015) su koristeći izoinercijsko (sila-brzina-snaga) testiranje zaključili da se tako može dati vrijedan uvid u neuromišićne sposobnosti tijekom rasta i sazrijevanja kod djece pubertetske dobi. Autori tvrde da je takvim testiranjem moguće i pouzdano promatrati specifične trenažne učinke, odnosno adaptacije.

S mehaničke točke gledišta, izvedba brzih pokreta kao što su skokovi direktno ovisi o obrascu vanjske sile kao što je sila reakcije podloge *(Jarić i Marković, 2013)*. Veliki je broj istraživanja o učincima vanjskog opterećenja na mehaničke izlaze donjih ekstremiteta kod skokova. Jarić i Marković (2013) su u preglednom članku iznijeli dokaze da je tjelesna masa optimalno opterećenje prilikom izvedbe maksimalnih vertikalnih skokova. Fokusirali su se na veličinu opterećenja koja može maksimizirati mehanički izlaz. Utvrdili su da je optimalno opterećenje kod balističkih pokreta nogu koje omogućava maksimalni mehanički izlaz donjih ekstremiteta sama tjelesna masa, bez obzira na razinu jakosti. Ali su također istaknuli kako je u nekim slučajevima optimalno opterećenje nešto veće od tjelesne mase, te da ipak ovisi o

razini jakosti. To se odnosi na trenirane osobe sa većom razinom jakosti i snage *(McBride i sur., 1999; Driss i sur., 2001)*. Postupno povećavanje vanjskog opterećenja prilikom skoka s predpripremom (CMJ) rezultira povećanjem sile rekacije podloge, smanjenjem maksimalne brzine te smanjenjem maksimalne visine skoka *(Marković i Jarić, 2007b; Leontijević i sur., 2012; Vuk, Marković i jarić, 2012)*. No, od velike je važnosti utjecaj vanjskog opterećenja na mehanički izlaz snage kod vertikanog skakanja. Rezultati su pokazali da je vršni i prosječni izlaz snage ili oba skupa u uvjetima kada nema vanjskog opterećenja *(Marković i Jarić, 2007b)* ili kada je relativno malo negativno opterećenje (rasterećenje) *(Vuk, Marković i Jarić, 2012)*. Isti su rezultati izmjereni kod skoka s predpripremom (CMJ) i kod skoka iz polučučnja (SJ) *(Marković i Jarić, 2007b; Suzović i sur., 2013)*. Nadalje, mehanički izlaz snage normaliziran po masi tijela je važan jer je povezan sa visinom vertikalnog skoka *(Harman i sur., 1991; Marković i Jarić, 2007b; Nedeljković i sur., 2009)*. Za maksimalnu visinu skoka potrebna je maksimalna količina gibanja, koja zahtijeva proizvodnju velike sile i brzine, što u konačnici maksimizira mehanički izlaz snage *(Samozino i sur., 2012)*.



Slika 10. *Omjer vanjskog opterećenja i mehaničkog izlaza snage (SJ = skok iz polučučnja, CMJ = skok s predpripremom, CMJA = skok s predpripremom sa korištenjem zamaha rukama, %TT = vanjsko opterećenje u omjeru na tjelesnu težinu) (modificirano prema Jarić i Marković, 2013)*

Na temelju uvida u literaturu može se zaključiti kako se pliometrijski trening često koristi u područjima primjenjene kineziologije i fizioterapije. Veliki je broj istraživanja otkrio učinke pliometrijskog treninga na organizam koji su pozitivni u funkciji performansi, rehabilitacije i prevencije, te tako potvrdili opravdanost korištenja pliometrijskog treninga. Istraživani su i mehanizmi pliometrijskog rada kao i utjecaj različitih vrsta skokova i

opterećenja (pozitivnih i negativnih) na mehanički izlaz donjih ekstremiteta. Najveći broj istraživanja je ipak vezan za utvrđivanje mehaničkih izlaza prilikom izvedbe vertikalnih skokova (najčešće bilateralni skok iz polučučnja i skok s predpripremom). Istraživani su različiti učinci i mehanizmi kod netreniranih, umjereno treniranih i visokotreniranih osoba. Primjerice, zbog kompleksnosti izvedbe, ali i organizacije mjerenja malo je istraživanja koja su proučavala mehaničke izlaze prilikom izvedbe horizontalnih skokova u kretanju za koje se smatra da su također efikasno sredstvo za razvoj performansi (npr. sprinta). Osobito se to odnosi na visoko-trenirane sportaše koji uz vertikalnu mogu postići veliku horizontalnu brzinu općeg centra mase tijela (npr. atletičari skakači). Samim time ukupan mehanički izlaz je zasigurno značajno veći te bi spoznaje o mehaničkom izlazu kod takvih skokova pridonijele razumijevanju učinaka i mehanizama kod pliometrijskog treninga.

Sva navedena dosadašnja istraživanja limitirana su: (a) prije svega brojem i modalitetom analiziranih skokova i (b) nedostatkom spoznaja o tome koje kinetičke varijable razlikuju grupe skokova (prema modalitetu izvedbe) ili pojedine skokove. Ovo istraživanje je usmjereno upravo prema tom problemu pa stoga obuhvaća gotovo sve tipične vrste skokova i njihove varijacije (njih 195). Omogućit će uvid u kinetičke vrijednosti vršne sile, vršnoga gradijenta sile i impulsa sile u normaliziranim vrijednostima po kilogramu tjelesne mase. To zasigurno može poslužiti kao kvantitativni pokazatelj ukupnog relativnog mehaničkog opterećenja. Sve su vrijednosti izmjerene i po smjeru djelovanja sile što je posebno važno za optimizaciju transformacijskog i rehabilitacijskog procesa, ali i u funkciji prevencije ozljeda i sindroma prenaprezanja. Važno je istaknuti i činjenicu da su sve vrijednosti izražene u odnosu na opterećenje po jednoj nozi što će dodatno omogućiti utvrđivanje mehaničkih razlika između pojedine noge kod nekih bilateralnih asimetričnih skokova te bilateralnih skokova sa promjenama smjera. Te će spoznaje također pomoći u optimizaciji transformacijskog i rehabilitacijskog procesa, ali i utjecati na povećanje spoznaja o mogućim rizicima za ozljede i sindrome prenaprezanja. Ovo će istraživanje pružiti informacije u kojim se kinetičkim varijablama, s obzirom na smjer djelovanja sile razlikuju pojedine vrste skokova. Stoga će njegovi rezultati imati značajan znanstveni, a posebice praktični doprinos.

2. CILJEVI I HIPOTEZA

Temeljni cilj ove disertacije je utvrditi vrijednosti u kinetičkim varijablama koje opisuju pojedine vrste skokova klasificirane s obzirom na sljedeće zadane kriterije:

1) lateralnost,
2) korištenje zamaha rukama,
3) režim mišićnog rada i
4) smjer kretanja.

U tom smislu, **cilj** je utvrditi hoće li se grupe skokova klasificirane na temelju zadanih kriterija značajno razlikovati u kinetičkim varijablama koje se odnose na *vrijednosti vršne sile reakcije podloge, vršnoga gradijenta sile* i *impulsa sile,* te u varijabli koja se odnosi na *trajanje odraza.*

Dodatni ciljevi istraživanja su:

- utvrditi razlike u varijablama koje opisuju intenzitet skokova i razlikuju grupe skokova na temelju zadanih kriterija,
- utvrditi doprinos rada ruku kinetičkom lancu kod izvođenja skokova,
- utvrditi razlike u trajanju odraza između grupa skokova.

Hipoteza koja će ovim istraživanjem biti testirana glasi:

H-1: Varijable izvedene iz sile reakcije podloge značajno će razlikovati pojedine grupe skokova, klasificirane temeljem odabranih kriterija.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. ISPITANICI

Uzorak ispitanika činilo je osmero vrlo iskusnih hrvatskih atletičara (5 muških i 3 žene) od kojih se šestero bavi skakačkim, a dvoje sprinterskim atletskim disciplinama. Ispitanici su bili ili su trenutno aktualni članovi hrvatske nacionalne atletske selekcije s iskustvom nastupanja na brojnim i velikim međunarodnim natjecanjima. Takvi su ispitanici odabrani iz razloga što atletičari skakači i sprinteri kroz svoj trenažni proces imaju veliko iskustvo u izvedbi brojnih skakačkih sadržaja. Naučeni su izvoditi skakačke sadržaje u visokom intenzitetu te tehnički vrlo kvalitetno. Također su iskustveno upoznati s različitim modalitetima izvedbe skakačkih sadržaja. Nadalje, s obzirom na trajanje eksperimenta, veliki broj skokova i traženi maksimalan intenzitet izvedbe za potrebe mjerenja, vrhunski atletičari skakači i sprinteri su kvalitetan uzorak ispitanika sa stajališta kondicijske pripremljenosti. Od njih se očekivao maksimalan intenzitet i visoka razina tehničke kvalitete izvedbe u svakom ponavljanju tijekom izvedbe mjerenih skokova. Prosječna dob ispitanika za vrijeme mjerenja iznosila je 28,1 godinu, prosječna visina tijela 1,77 m dok je prosječna masa tijela iznosila 72,8 kg (tablica 2).

Tablica 2. *Osnovni podaci o atletičarima*

ISPITANICI	***SPOL***	***DOB*** *(godine)*	***TV*** *(m)*	***TM*** *(kg)*	***ATLETSKA DISCIPLINA***	***NAJBOLJI REZULTAT***
Ve. Du.	M	22	1,72	68,8	400m; 400mH	50,72s
Ba. Ho.	Ž	31	1,78	71,3	400m	54,14s
Ma. Ba.	M	31	1,86	79,7	Skok udalj; 100m; 200m	7,99 m 10,75 s; 21,80 s
Go. Ra.	M	27	1,81	78,3	Skok udalj	7,16 m
Iv. Pu.	M	30	1,81	74,0	Skok udalj; 100m	7,92 m 10,81
Ma. Ba.	Ž	31	1,65	58,3	Troskok	12,99 m
Lu. Ar.	M	32	1,84	89,9	Skok udalj; 100m; 200m	8,12 m 10,86 s; 21,73 s
Ma. Da.	Ž	21	1,69	61,8	Skok udalj 100mH	5,94 m 15,59 s

Za vrijeme istraživanja atletičari koji su bili aktivni natjecatelji nalazili su se na završetku zimskog natjecateljskog perioda i nisu imali nikakvih zdravstvenih poteškoća koje bi mogle utjecati na rezultate mjerenja. Zadovoljavajući zdravstveni status bez ozljeda donjih ekstremiteta u posljednjih godinu dana bio je kriterij za isključivanje potencijalnih ispitanika.

Nakon što su bili upoznati sa ciljevima, rizicima i koristima istraživanja atletičari su potpisali pismeni pristanak za sudjelovanje u eksperimentu. Također su bili upoznati sa činjenicom da u bilo kojem trenutku istraživanja imaju pravo na odustajanje. Nakon mjerenja osnovnih antropometrijskih mjera, atletičari su bili upoznati s protokolom mjerenja te im je prije njihove izvedbe svaki zadatak objašnjen i demonstriran.

Istraživanje je provedeno u skladu sa Helsinškom deklaracijom, a eksperimentalni je protokol potvrđen od strane Znanstvenog i Etičkog povjerenstva Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

3.2. UZORAK ENTITETA - SKOKOVA

Skokovi su za potrebe planiranja i organizacije eksperimenta prvenstveno klasificirani temeljem *smjera kretanja*. Radi lakšeg praćenja za vrijeme mjerenja kodni nazivi pojedinog skoka su sastavljeni tako da u svom nazivu sadrže oznake koje se odnose na: smjer kretanja, lateralnost izvedbe, korištenje zamaha rukama, vrste mišićnog rada i vrste kontakta stopala s podlogom prilikom odraza. Temeljem takve klasifikacije izvedeno je 159 vrsta skokova. No, ukupan broj entiteta je 195 zbog normaliziranja opterećenja po jednoj nozi. Na taj se način broj entiteta povećao za 36 zbog zasebnih mjera i analize prednje i stražnje noge kod asimetričnih skokova te unutrašnje i vanjske noge kod skokova s promjenama smjera u frontalnoj ravnini.

Prvi dio kodnog naziva je rimski broj koji određuje skupinu u kojoj se skok nalazi s obzirom na ***smjer*** u kojem se izvodio:

I. *Skupina* - izvedba u vertikalnom smjeru s mjesta
II. *Skupina* - izvedba u horizontalnom smjeru s mjesta prema naprijed ili unazad
III. *Skupina* - izvedba s mjesta u lateralnom smjeru ulijevo ili udesno
IV. *Skupina* - izvedba u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad
V. *Skupina* - izvedba u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno
VI. *Skupina* - izvedba s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag)
VII. *Skupina* - izvedba s dijagonalnim („cik-cak“) promjenama smjera u sagitalnoj i frontalnoj ravnini
VIII. *Skupina* – izvedba s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno
IX. *Skupina* – izvedba s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno
X. *Skupina* **–** izvedba s promjenama smjera u frontalnoj ravnini (lijevo-desno)

Lateralnost izvedbe odnosi se na *jednonožni* ili *unilateralni* te *dvonožni* ili *bilateralni* modalitet. Prema kriteriju ***zamaha rukama*** dva su modaliteta: *s korištenjem* ili *bez korištenja zamaha rukama.* Kada je izvedba skokova bila bez korištenja zamaha rukama, ispitanicima je dana uputa da se šake oslone na bokove. Kod klasificiranja skokova prema ***vrsti mišićnog rada***, tri su modaliteta: *koncentrično, sporo ekscentrično-koncentrično* (>0,250 s) te *brzo ekscentrično-koncentrično* (<0,250 s). Nakon provedenog mjerenja temeljem varijable trajanje kontakta stopala s podlogom skokovi su smješteni u pripadajuću grupu.

U tablici 3. su prikazani popisi skokova koji su za potrebe organizacije i provedbe mjerenja svrstani u skupine na temelju kriterija smjera izvedbe, te su tim redoslijedom mjereni.

Tablica 3. *Popis skokova po skupinama (BI = bilateralno, UNI = unilateralno, CON = koncentrični mišićni rad, SSC_S = ekscentrično-koncentrični mišićni rad dulji od 0,250 s, SSC_B = ekscentrično-koncentrični mišićni rad kraći od 0,250 s)*

I. SKUPINA - IZVEDBA U VERTIKALNOM SMJERU S MJESTA					
Redni broj	***KODNI NAZIV***	***LATERALNOST***	***ZAMAH RUKAMA***	***MIŠIĆNI RAD***	***OPIS IZVEDBE***
1.	I_S_CON_CUC	BI	ZAM	CON	1 skok iz polučučnja (SJ)
2.	I_S_BZ_CON_CUC	BI	BEZ	CON	1 skok iz polučučnja (SJ)
3.	I_S_CON_CUC_as_1	BI	ZAM	CON	1 skok iz polučučnja, asimetrični stav, prednja noga
4.	I_S_CON_CUC_as_2	BI	ZAM	CON	1 skok iz polučučnja, asimetrični stav, stražnja noga
5.	I_S_BZ_CON_CUC_as_1	BI	BEZ	CON	1 skok iz polučučnja, asimetrični stav, prednja noga
6.	I_S_BZ_CON_CUC_as_2	BI	BEZ	CON	1 skok iz polučučnja, asimetrični stav, stražnja noga
7.	I_S_SSC_COU1	BI	ZAM	SSC_S	1 skok (CMJ)
8.	I_S_BZ_SSC_COU1	BI	BEZ	SSC_S	1 skok (CMJ)
9.	I_S_SSC_COU3	BI	ZAM	SSC_S	3 povezana skoka
10.	I_S_BZ_SSC_COU3	BI	BEZ	SSC_S	3 povezana skoka
11.	I_S_SSC_COU_as_1	BI	ZAM	SSC_S	1 skok, asimetrični stav, prednja noga
12.	I_S_SSC_COU_as_2	BI	ZAM	SSC_S	1 skok, asimetrični stav, stražnja noga
13.	I_S_BZ_SSC_COU_as_1	BI	BEZ	SSC_S	1 skok, asimetrični stav, prednja noga
14.	I_S_BZ_SSC_COU_as_2	BI	BEZ	SSC_S	1 skok, asimetrični stav, stražnja noga
15.	I_S_SSC_TUC1	BI	ZAM	SSC_S	1 „tuck“ skok
16.	I_S_SSC_TUC3	BI	ZAM	SSC_S	3 povezana „tuck“ skoka
17.	I_S_SSC_PIK1	BI	ZAM	SSC_S	1 „pike“ skok
18.	I_S_SSC_PIK3	BI	ZAM	SSC_S	3 povezana „pike“ skoka
19.	I_S_FSC_FOOT	BI	ZAM	SSC_B	4 povezana skoka samo na prednjem dijelu stopala
20.	I_S_BZ_FSC_FOOT	BI	BEZ	SSC_B	4 povezana skoka samo na prednjem dijelu stopala
21.	I_S_FSC_FOOT_as_1	BI	ZAM	SSC_B	4 povezana skoka samo na prednjem dijelu stopala, asimetrični stav, prednja noga
22.	I_S_FSC_FOOT_as_2	BI	ZAM	SSC_B	4 povezana skoka samo na prednjem dijelu stopala, asimetrični stav, stražnja noga
23.	I_S_BZ_FSC_FOOT_as_1	BI	BEZ	SSC_B	4 povezana skoka samo na prednjem dijelu stopala, asimetrični stav, prednja noga
24.	I_S_BZ_FSC_FOOT_as_2	BI	BEZ	SSC_B	4 povezana skoka samo na prednjem dijelu stopala, asimetrični stav, stražnja noga
25.	I_S_FSC_CUC_PS	BI	ZAM	SSC_S	4 povezana skoka samo na cijeloj površini stopala

26.	I_J_CON_CUC	UNI	ZAM	CON	1 skok iz polučučnja
27.	I_J_BZ_CON_CUC	UNI	BEZ	CON	1 skok iz polučučnja
28.	I_J_SSC_COU1	UNI	ZAM	SSC_S	1 skok
29.	I_J_SSC_COU3	UNI	ZAM	SSC_S	3 povezana skoka
30.	I_J_BZ_SSC_COU1	UNI	BEZ	SSC_S	1 skok
31.	I_J_FSC_FOOT	UNI	ZAM	SSC_S	4 povezana skoka samo na prednjem dijelu stopala
32.	I_J_FSC_TUC3	UNI	ZAM	SSC_S	3 povezana „tuck“ skoka
33.	I_J_BZ_FSC_FOOT	UNI	BEZ	SSC_B	4 povezana skoka samo na prednjem dijelu stopala

II. SKUPINA - IZVEDBA U HORIZONTALNOM SMJERU S MJESTA PREMA NAPRIJED ILI UNAZAD

Redni broj	***KODNI NAZIV***	***LATERALNOST***	***ZAMAH RUKAMA***	***MIŠIĆNI RAD***	***OPIS IZVEDBE***
34.	II_S_CON_CUC_nap	BI	ZAM	CON	skok iz polučučnja prema naprijed
35.	II_S_CON_CUC_naz	BI	ZAM	CON	skok iz polučučnja unazad
36.	II_S_BZ_CON_CUC_nap	BI	BEZ	CON	skok iz polučučnja prema naprijed
37.	II_S_BZ_CON_CUC_naz	BI	BEZ	CON	skok iz polučučnja unazad
38.	II_S_SSC_COU_nap	BI	ZAM	SSC_S	skok prema naprijed (SDM)
39.	II_S_SSC_COU_naz	BI	ZAM	SSC_S	skok unazad
40.	II_S_BZ_SSC_COU_nap	BI	BEZ	SSC_S	skok prema naprijed
41.	II_S_BZ_SSC_COU_naz	BI	BEZ	SSC_S	skok unazad
42.	II_J_CON_CUC	UNI	ZAM	CON	skok iz polučučnja prema naprijed
43.	II_J_BZ_CON_CUC	UNI	BEZ	CON	skok iz polučučnja prema naprijed
44.	II_J_SSC_COU1	UNI	ZAM	SSC_S	skok prema naprijed
45.	II_J_BZ_SSC_COU1	UNI	BEZ	SSC_S	skok prema naprijed

III. SKUPINA - IZVEDBA U LATERALNOM SMJERU S MJESTA

Redni broj	***KODNI NAZIV***	***LATERALNOST***	***ZAMAH RUKAMA***	***MIŠIĆNI RAD***	***OPIS IZVEDBE***
46.	III_S_BZ_CON_CUC_lat_vanj	BI	BEZ	CON	skok iz polučučnja u stranu – vanjska noga
47.	III_S_BZ_CON_CUC_lat_unu	BI	BEZ	CON	skok iz polučučnja u stranu – unutarnja noga
48.	III_S_SSC_COU_vanj	BI	ZAM	SSC_S	skok u stranu – vanjska noga
49.	III_S_SSC_COU_unu	BI	ZAM	SSC_S	skok u stranu – unutarnja noga
50.	III_S_BZ_SSC_COU_vanj	BI	BEZ	SSC_S	skok u stranu – vanjska noga
51.	III_S_BZ_SSC_COU_unu	BI	BEZ	SSC_S	skok u stranu – unutarnja noga
52.	III_J_CON_CUC_lat	UNI	ZAM	CON	skok iz polučučnja u medijalnom smjeru
53.	III_J_BZ_CON_CUC_lat	UNI	BEZ	CON	skok iz polučučnja u medijalnom smjeru
54.	III_J_SSC_COU_lat	UNI	ZAM	SSC_S	skok u medijalnom smjeru

IV. SKUPINA - IZVEDBA U HORIZONTALNOM KRETANJU PREMA NAPRIJED ILI UNAZAD					
Redni broj	***KODNI NAZIV***	***LATERALNOST***	***ZAMAH RUKAMA***	***MIŠIĆNI RAD***	***OPIS IZVEDBE*** *Nap: ako su 4 skoka, 3. skok je mjeren*
55.	IV_S_CON_CUC_naz	BI	ZAM	CON	4 skoka iz polučučnja unazad
56.	IV_S_SSC_COU_naz	BI	ZAM	SSC_S	4 skoka unazad
57.	IV_S_FSC_FOOT_naz	BI	ZAM	SSC_B	4 skoka unazad samo na prednjem dijelu stopala
58.	IV_S_BZ_FSC_FOOT_naz	BI	BEZ	SSC_B	4 skoka unazad samo na prednjem dijelu stopala
59.	IV_S_CON_CUC	BI	ZAM	CON	4 skoka iz polučučnja prema naprijed
60.	IV_S_BZ_CON_CUC	BI	BEZ	CON	4 skoka iz polučučnja prema naprijed
61.	IV_S_SSC_COU	BI	ZAM	SSC_S	4 skoka prema naprijed
62.	IV_S_FSC_FOOT	BI	ZAM	SSC_B	4 skoka prema naprijed na prednjem dijelu stopala
63.	IV_S_BZ_FSC_FOOT	BI	BEZ	SSC_B	4 skoka prema naprijed na prednjem dijelu stopala
64.	IV_S_BOU	BI	ZAM	SSC_B	4 „bounce“ skoka prema naprijed na prednjem dijelu stopala
65.	IV_J_CON_CUC	UNI	ZAM	CON	4 skoka iz polučučnja prema naprijed
66.	IV_J_ALT_CON_CUC	UNI	ZAM	CON	4 skoka s noge na nogu iz polučučnja prema naprijed
67.	IV_J_SSC_COU	UNI	ZAM	SSC_S	4 skoka prema naprijed
68.	IV_J_FSC_COU	UNI	ZAM	SSC_B	4 skoka prema naprijed na prednjem dijelu stopala
69.	IV_J_FSC_BOU	UNI	ZAM	SSC_B	4 „bounce“ skoka prema naprijed na prednjem dijelu stopala
70.	IV_S_DROP_COU30_30	BI	ZAM	SSC_S	„drop jump“ sa 30cm
71.	IV_S_DROP_BOU30_30	BI	ZAM	SSC_B	„bounce drop jump“ na prednjem dijelu stopala sa 30cm
72.	IV_S_DROP_COU50_50	BI	ZAM	SSC_S	„drop jump“ sa 50cm
73.	IV_S_DROP_BOU50_50	BI	ZAM	SSC_B	„bounce drop jump“ na prednjem dijelu stopala sa 50cm
74.	IV_J_DROP_COU30_30	UNI	ZAM	SSC_S	„drop jump“ sa 30cm
75.	IV_J_DROP_BOU30_30	UNI	ZAM	SSC_S	„bounce drop jump“ na prednjem dijelu stopala sa 30cm
76.	IV_J_DROP_BOU30_100_FF	UNI	ZAM	SSC_B	„bounce drop jump“ sa horizontalnim smjerom odraza punom površinom stopala sa 30cm (100cm do platforme)
77.	IV_S_FROG	BI	ZAM	SSC_S	4 „frog“ ili „žablja“ skoka
78.	IV_S_SPRINT_prednja	BI	ZAM	SSC_S	4 horizontalna „sprinterska“ skoka, prednja noga
79.	IV_J_INDI_odrazna	UNI	ZAM	SSC_B	4 „indijanska“ poskoka
80.	IV_S_STEP	BI	ZAM	SSC_B	4 „step“ skoka na prednjem dijelu stopala
81.	IV_J_SNN	UNI	ZAM	SSC_B	4 skoka s noge na nogu, kontakt punom površinom stopala
82.	IV_J_SNN_FAST	UNI	ZAM	SSC_B	4 skoka s noge na nogu (brži odraz), kontakt punom površinom stopala
83.	IV_J_MAX	UNI	ZAM	SSC_B	4 skoka, kontakt punom površinom stopala

84.	IV_J_S2_MAX	UNI	ZAM	SSC_B	3 ciklusa specifične atletske vježbe za skakače udalj/uvis „svaki 2. korak odraz“
85.	IV_J_IMITACIJA	UNI	ZAM	SSC_B	specifična vježba skakača udalj – odraz nakon zaleta, doskok na zamašnu nogu i nastavak trčanja

V. SKUPINA - IZVEDBA U LATERALNOM KRETANJU ULIJEVO ILI UDESNO					
Redni broj	***KODNI NAZIV***	***LATERALNOST***	***ZAMAH RUKAMA***	***MIŠIĆNI RAD***	***OPIS IZVEDBE*** *Nap: ako su 4 skoka, 3. skok je mjeren*
86.	V_S_BZ_CON_CUC_unu	BI	BEZ	CON	4 skoka iz polučučnja, unutarnja noga
87.	V_S_BZ_CON_CUC_vanj	BI	BEZ	CON	4 skoka iz polučučnja, vanjska noga
88.	V_S_CON_CUC_unu	BI	ZAM	CON	4 skoka iz polučučnja, unutarnja noga
89.	V_S_CON_CUC_vanj	BI	ZAM	CON	4 skoka iz polučučnja, vanjska noga
90.	V_S_SSC_COU_unu	BI	ZAM	SSC_S	4 skoka, unutarnja noga
91.	V_S_SSC_COU_vanj	BI	ZAM	SSC_S	4 skoka, vanjska noga
92.	V_S_BZ_SSC_COU_unu	BI	BEZ	SSC_S	4 skoka, unutarnja noga
93.	V_S_BZ_SSC_COU_vanj	BI	BEZ	SSC_S	4 skoka, vanjska noga
94.	V_S_FSC_FOOT_unu	BI	ZAM	SSC_B	4 skoka na prednjem dijelu stopala, unutarnja noga
95.	V_S_FSC_FOOT_vanj	BI	ZAM	SSC_B	4 skoka na prednjem dijelu stopala, vanjska noga
96.	V_S_TUC_unu	BI	ZAM	SSC_B	4 „tuck“ skoka na prednjem dijelu stopala, unutarnja noga
97.	V_S_TUC_vanj	BI	ZAM	SSC_B	4 „tuck“ skoka na prednjem dijelu stopala, vanjska noga
98.	V_S_BZ_FSC_FOOT_unu	BI	BEZ	SSC_B	4 skoka na prednjem dijelu stopala, unutarnja noga
99.	V_S_BZ_FSC_FOOT_vanj	BI	BEZ	SSC_B	4 skoka na prednjem dijelu stopala, vanjska noga
100.	V_J_CON_CUC_L_medial	UNI	ZAM	CON	4 skoka iz polučučnja u medijalnom smjeru
101.	V_J_CON_CUC_D_lateral	UNI	ZAM	CON	4 skoka iz polučučnja u lateralnom smjeru
102.	V_J_SSC_COU_L_medial	UNI	ZAM	SSC_S	4 skoka u medijalnom smjeru
103.	V_J_SSC_COU_D_lateral	UNI	ZAM	SSC_S	4 skoka u lateralnom smjeru
104.	V_J_FSC_FOOT_L_medial	UNI	ZAM	SSC_S	4 skoka u medijalnom smjeru na prednjem dijelu stopala
105.	V_J_FSC_FOOT_D_lateral	UNI	ZAM	SSC_S	4 skoka u lateralnom smjeru na prednjem dijelu stopala
106.	V_J_TUC_L_medial	UNI	ZAM	SSC_S	4 „tuck“ skoka u medijalnom smjeru na prednjem dijelu stopala
107.	V_J_TUC_D_lateral	UNI	ZAM	SSC_S	4 „tuck“ skoka u lateralnom smjeru na prednjem dijelu stopala
108.	V_S_DROP_COU30_30_vanj	BI	ZAM	SSC_S	„drop jump“ - 30cm, vanjska noga
109.	V_S_DROP_COU30_30_unu	BI	ZAM	SSC_S	„drop jump“ - 30cm, unutarnja noga
110.	V_S_DROP_TUC30_30_vanj	BI	ZAM	SSC_B	„tuck drop jump“ - 30cm, vanjska noga
111.	V_S_DROP_TUC30_30_unu	BI	ZAM	SSC_B	„tuck drop jump“ - 30cm, unutarnja noga

VI. SKUPINA - IZVEDBA SA PROMJENAMA SMJERA U SAGITALNOJ RAVNINI *(NAPRIJED-UNAZAD ili UNAZAD-NAPRIJED)*					
Redni broj	***KODNI NAZIV***	***LATERALNOST***	***ZAMAH RUKAMA***	***MIŠIĆNI RAD***	***OPIS IZVEDBE*** *nap = promjena iz unazad prema naprijed naz = promjena iz naprijed prema unazad*
112.	VI_S_TUCK_nap	BI	ZAM	SSC_B	5 povezanih „tuck“ skokova unazad-naprijed
113.	VI_S_TUCK_naz	BI	ZAM	SSC_B	6 povezanih „tuck“ skokova naprijed-unazad
114.	VI_S_BZ_TUCK_nap	BI	BEZ	SSC_B	5 povezanih „tuck“ skokova unazad-naprijed
115.	VI_S_BZ_TUCK_naz	BI	BEZ	SSC_B	5 povezanih „tuck“ skokova naprijed-unazad
116.	VI_S_FSC_FOOT_nap	BI	ZAM	SSC_B	5 povezanih unazad-naprijed skokova na prednjem dijelu stopala
117.	VI_S_FSC_FOOT_naz	BI	ZAM	SSC_B	6 povezanih naprijed-unazad skokova na prednjem dijelu stopala
118.	VI_S_BZ_FSC_FOOT_nap	BI	BEZ	SSC_B	5 povezanih unazad-naprijed skokova na prednjem dijelu stopala
119.	VI_S_BZ_FSC_FOOT_naz	BI	BEZ	SSC_B	6 povezanih naprijed-unazad skokova na prednjem dijelu stopala
120.	VI_J_TUCK_nap	UNI	ZAM	SSC_S	5 povezanih „tuck“ skokova unazad-naprijed
121.	VI_J_TUCK_naz	UNI	ZAM	SSC_S	6 povezanih „tuck“ skokova naprijed-unazad
122.	VI_J_BZ_TUCK_nap	UNI	BEZ	SSC_S	5 povezanih „tuck“ skokova unazad-naprijed
123.	VI_J_BZ_TUCK_naz	UNI	BEZ	SSC_S	6 povezanih „tuck“ skokova naprijed-unazad
124.	VI_J_FSC_FOOT_nap	UNI	ZAM	SSC_S	5 povezanih unazad-naprijed skokova na prednjem dijelu stopala
125.	VI_J_FSC_FOOT_naz	UNI	ZAM	SSC_S	6 povezanih naprijed-unazad skokova na prednjem dijelu stopala
126.	VI_J_BZ_FSC_FOOT_nap	UNI	BEZ	SSC_S	5 povezanih unazad-naprijed skokova na prednjem dijelu stopala
127.	VI_J_BZ_FSC_FOOT_naz	UNI	BEZ	SSC_S	6 povezanih naprijed-unazad skokova na prednjem dijelu stopala

VII. SKUPINA - IZVEDBA SA DIJAGONALNIM PROMJENAMA SMJERA („CIK-CAK“)					
Redni broj	***KODNI NAZIV***	***LATERALNOST***	***ZAMAH RUKAMA***	***MIŠIĆNI RAD***	***OPIS IZVEDBE***
128.	VII_S_CON_CUC_DG_vanj	BI	ZAM	CON	2 skoka iz polučučnja sa „cik-cak“ promjenom smjera – vanjska noga
129.	VII_S_CON_CUC_DG_unu	BI	ZAM	CON	2 skoka iz polučučnja sa „cik-cak“ promjenom smjera – unutarnja noga
130.	VII_S_TUC_DG_vanj	BI	ZAM	SSC_S	4 „tuck“ skoka sa „cik-cak“ promjenom smjera – vanjska noga
131.	VII_S_TUC_DG_unu	BI	ZAM	SSC_S	4 „tuck“ skoka sa „cik-cak“ promjenom smjera – unutarnja noga
132.	VII_S_FOOT_DG_vanj	BI	ZAM	SSC_S	4 „cik-cak“ skoka na prednjem dijelu stopala – vanjska noga
133.	VII_S_FOOT_DG_unu	BI	ZAM	SSC_S	4 „cik-cak“ skoka na prednjem dijelu stopala – unutarnja noga
134.	VII_S_COU_DG_vanj	BI	ZAM	SSC_S	4 skoka sa „cik-cak“ promjenom smjera – vanjska noga
135.	VII_S_COU_DG_unu	BI	ZAM	SSC_S	4 skoka sa „cik-cak“ promjenom smjera – unutarnja noga
136.	VII_J_CON_SNN_DG	UNI	ZAM	CON	3 skoka iz polučučnja sa noge na nogu sa „cik-cak“ promjenom smjera u medijalnom pravcu
137.	VII_J_CON_DG	UNI	ZAM	CON	3 skoka iz polučučnja na istoj nozi sa „cik-cak“ promjenom smjera u medijalnom pravcu
138.	VII_J_CON_X_DG	UNI	ZAM	CON	3 skoka iz polučučnja s noge na nogu sa „cik-cak“ promjenom smjera u lateralnom pravcu
139.	VII_J_SNN_COU_DG	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka sa noge na nogu sa „cik-cak“ promjenom smjera u medijalnom pravcu
140.	VII_J_COU_DG	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na istoj nozi sa „cik-cak“ promjenom smjera u medijalnom pravcu
141.	VII_J_COU_X_DG	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka s noge na nogu sa „cik-cak“ promjenom smjera u lateralnom pravcu
142.	VII_J_SNN_FOOT_DG	UNI	ZAM	SSC_S	4 skoka s noge na nogu na prednjem dijelu stopala sa „cik-cak“ promjenom smjera u medijalnom pravcu
143.	VII_J_FOOT_DG	UNI	ZAM	SSC_S	4 skoka na istoj nozi na prednjem dijelu stopala sa „cik-cak“ promjenom smjera u medijalnom pravcu

VIII. SKUPINA – IZVEDBA SA PROMJENAMA SMJERA IZ HORIZONTALNOG (PREMA NAPRIJED ILI UNATRAG) U LATERALNO KRETANJE					
Redni broj	***KODNI NAZIV***	***LATERALNOST***	***ZAMAH RUKAMA***	***MIŠIĆNI RAD***	***OPIS IZVEDBE*** *Nap: 3. skok je mjeren*
144.	VIII_S_SSC_COU_nap_vanj	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 naprijed pa 3. u lateralnom pravcu – vanjska noga
145.	VIII_S_SSC_COU_nap_unu	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 naprijed pa 3. u lateralnom pravcu – unutarnja noga
146.	VIII_S_SSC_COU_naz_unu	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 unazad pa 3. u lateralnom pravcu – unutarnja noga
147.	VIII_S_SSC_COU_naz_vanj	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 unazad pa 3. u lateralnom pravcu – vanjska noga
148.	VIII_S_FOOT_nap_vanj	BI	ZAM	SSC_B	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 naprijed pa 3. u lateralnom pravcu – vanjska noga
149.	VIII_S_FOOT_nap_unu	BI	ZAM	SSC_B	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 naprijed pa 3. u lateralnom pravcu – unutarnja noga
150.	VIII_S_FOOT_naz_unu	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 unazad pa 3. u lateralnom pravcu – unutarnja noga
151.	VIII_S_FOOT_naz_vanj	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 unazad pa 3. u lateralnom pravcu – vanjska noga
152.	VIII_J_SNN_COU_nap	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka s noge na nogu; 2 naprijed pa 3. u medijalnom pravcu
153.	VIII_J_COU_L_nap	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na istoj nozi; 2 naprijed pa 3. u medijalnom pravcu
154.	VIII_J_COU_D_nap	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na istoj nozi; 2 naprijed pa 3. u lateralnom pravcu
155.	VIII_J_SNN_FOOT_nap	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka s noge na nogu na prednjem dijelu stopala; 2 naprijed pa 3. u medijalnom pravcu
156.	VIII_J_FOOT_L_nap	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na istoj nozi na prednjem dijelu stopala; 2 naprijed pa 3. u medijalnom pravcu
157.	VIII_J_FOOT_D_nap	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na istoj nozi na prednjem dijelu stopala; 2 naprijed pa 3. u lateralnom pravcu
158.	VIII_J_COU_L_naz	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na istoj nozi na prednjem dijelu stopala; 2 unazad pa 3. u medijalnom pravcu
159.	VIII_J_COU_D_naz	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na istoj nozi na prednjem dijelu stopala; 2 unazad pa 3. u lateralnom pravcu

IX. SKUPINA – IZVEDBA SA PROMJENAMA SMJERA IZ LATERALNOG U HORIZONTALNO KRETANJE (PREMA NAPRIJED ILI UNAZAD)					
Redni broj	***KODNI NAZIV***	***LATERALNOST***	***ZAMAH RUKAMA***	***MIŠIĆNI RAD***	***OPIS IZVEDBE*** *Nap: 3. skok je mjeren*
160.	IX_S_SSC_COU_nap_unu	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u stranu, 3. u horizontalnom pravcu naprijed – unutarnja noga
161.	IX_S_SSC_COU_nap_vanj	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u stranu, 3. u horizontalnom pravcu naprijed – vanjska noga
162.	IX_S_SSC_COU_naz_unu	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u stranu, 3. u horizontalnom pravcu unazad – unutarnja noga
163.	IX_S_SSC_COU_naz_vanj	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u stranu, 3. u horizontalnom pravcu unazad – vanjska noga
164.	IX_S_FOOT_nap_unu	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u stranu, 3. u horizontalnom pravcu naprijed – unutarnja noga
165.	IX_S_FOOT_nap_vanj	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u stranu, 3. u horizontalnom pravcu naprijed – vanjska noga
166.	IX_S_FOOT_naz_unu	BI	ZAM	SSC_B	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u stranu, 3. u horizontalnom pravcu unazad – unutarnja noga
167.	IX_S_FOOT_naz_vanj	BI	ZAM	SSC_B	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u stranu, 3. u horizontalnom pravcu unazad – vanjska noga
168.	IX_J_COU_L_nap	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u medijalnu stranu, 3. u horizontalnom pravcu naprijed
169.	IX_J_COU_L_naz	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u medijalnu stranu, 3. u horizontalnom pravcu unazad
170.	IX_J_COU_D_nap	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u lateralnu stranu, 3. u horizontalnom pravcu naprijed
171.	IX_J_COU_D_naz	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u lateralnu stranu, 3. u horizontalnom pravcu unazad
172.	IX_J_FOOT_L_nap	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u medijalnu stranu, 3. u horizontalnom pravcu naprijed
173.	IX_J_FOOT_D_nap	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u lateralnu stranu, 3. u horizontalnom pravcu naprijed
174.	IX_J_FOOT_L_naz	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u medijalnu stranu, 3. u horizontalnom pravcu unazad
175.	IX_J_FOOT_D_naz	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u lateralnu stranu, 3. u horizontalnom pravcu unazad

X. SKUPINA – IZVEDBA SA PROMJENAMA SMJERA U FRONTALNOJ RAVNINI (LIJEVO-DESNO)					
Redni broj	***KODNI NAZIV***	***LATERALNOST***	***ZAMAH RUKAMA***	***MIŠIĆNI RAD***	***OPIS IZVEDBE*** *Nap.: posljednji skok je mjeren*
176.	X_S_COU_single_vanj	BI	ZAM	SSC_S	2 skoka; vanjska noga
177.	X_S_COU_single_unu	BI	ZAM	SSC_S	2 skoka; unutarnja noga
178.	X_S_COU_double_vanj	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u stranu, 3. promjena smjera – vanjska noga
179.	X_S_COU_double_unu	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u stranu, 3. promjena smjera – unutarnja noga
180.	X_S_FOOT_single_vanj	BI	ZAM	SSC_S	2 skoka na prednjem dijelu stopala; vanjska noga
181.	X_S_FOOT_single_unu	BI	ZAM	SSC_S	2 skoka na prednjem dijelu stopala; unutarnja noga
182.	X_S_FOOT_double_unu	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u stranu, 3. promjena smjera – unutarnja noga
183.	X_S_FOOT_double_vanj	BI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u stranu, 3. promjena smjera – vanjska noga
184.	X_S_TUC_single_vanj	BI	ZAM	SSC_S	2 „tuck“ skoka; vanjska noga
185.	X_S_TUC_single_unu	BI	ZAM	SSC_S	2 „tuck“ skoka; unutarnja noga
186.	X_S_TUC_double_vanj	BI	ZAM	SSC_S	3 „tuck“ skoka; 2 u stranu, 3. promjena smjera – vanjska noga
187.	X_S_TUC_double_unu	BI	ZAM	SSC_S	3 „tuck“ skoka; 2 u stranu, 3. promjena smjera – unutarnja noga
188.	X_J_COU_single	UNI	ZAM	SSC_S	2 skoka; 1. s noge na nogu, 2. promjena smjera u medijalnom pravcu
189.	X_J_COU_double	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka; 2 u lateralnu stranu, 3. promjena smjera u medijalnom pravcu
190.	X_J_COU_L	UNI	ZAM	SSC_S	2 skoka na istoj nozi; 1. u lateralnom pravcu, 2. promjena smjera u medijalnom pravcu
191.	X_J_COU_D	UNI	ZAM	SSC_S	2 skoka, promjena smjera u lateralnom pravcu
192.	X_J_FOOT_single	UNI	ZAM	SSC_S	2 skoka na prednjem dijelu stopala; 1. s noge na nogu, 2. promjena smjera u medijalnom pravcu
193.	X_J_FOOT_double	UNI	ZAM	SSC_S	3 skoka na prednjem dijelu stopala; 2 u lateralnu stranu, 3. promjena smjera u medijalnom pravcu
194.	X_J_FOOT_L	UNI	ZAM	SSC_S	2 skoka na istoj nozi na prednjem dijelu stopala; 1. skok u lateralnom smjeru, 2. skok promjena smjera u medijalnom pravcu
195.	X_J_FOOT_D	UNI	ZAM	SSC_S	2 skoka na istoj nozi na prednjem dijelu stopala; 1. skok u medijalnom smjeru, 2. skok promjena smjera u lateralnom pravcu

3.3. UZORAK VARIJABLI

3.3.1. Uzorak biomehaničkih varijabli

Skup biomehaničkih varijabli koje opisuju entitete (skokove) odnose se na *trajanje faze kontakta stopala s podlogom* ili faze odraza te na *kinetičke varijable* izvedene iz sila reakcije podloge. To su *vrijednosti vršne sile reakcije podloge* u vertikalnoj, sagitalnoj i frontalnoj ravnini, te vektorska rezultanta triju ravnina, zatim *vršnoga gradijenta sile* u vertikalnoj, sagitalnoj i frontalnoj ravnini te vektorska rezultanta triju ravnina i *impulsa sile* u vertikalnoj, sagitalnoj i frontalnoj ravnini. *Trajanje kontakta stopala s podlogom* izraženo je u sekundama, dok su ostale varijable normalizirane u odnosu na ukupnu težinu tijela i opterećenje po jednoj nozi bez obzira radilo se o bilateralnim ili unilateralnim skokovima (tablica 4).

Tablica 4. *Skup kinetičkih varijabli (s = sekunda, TT = tjelesna težina)*

redni broj	***VARIJABLA***	***OZNAKA***	***MJ. JEDINICA***
1.	Trajanje kontakta stopala sa podlogom	Tcont	s
2.	Vršna sila u frontalnoj ravnini	Fmax_F	TT
3.	Vršna sila u sagitalnoj ravnini	Fmax_S	TT
4.	Vršna sila u vertikalnoj ravnini	Fmax_V	TT
5.	Vršna sila kao vektorska rezultanta triju ravnina	Fmax_R	TT
6.	Vršni gradijent sile u frontalnoj ravnini	RFD_F	TT/s
7.	Vršni gradijent sile u sagitalnoj ravnini	RFD_S	TT/s
8.	Vršni gradijent sile u vertikalnoj ravnini	RFD_V	TT/s
9.	Vršni gradijent sile kao vektorska rezultanta triju ravnina	RFD_R	TT/s
10.	Impuls sile u frontalnoj ravnini	FI_F	TT*s
11.	Impuls sile u sagitalnoj ravnini	FI_S	TT*s
12.	Impuls sile u vertikalnoj ravnini	FI_V	TT*s

3.3.2. Uzorak kriterijskih varijabli

Skup kriterijskih varijabli predstavljaju 4 kriterija sa ukupno 17 grupa skokova kojima će se diskriminirati entiteti po kinetičkim varijablama. Kriterijske se varijable odnose na *smjer izvedbe* (modalitet prema ravnini kretanja), *lateralnost* (modalitet korištenja nogu), *zamah ruku* (modalitet korištenja zamaha rukama) i *mišićnu kontrakciju* (modalitet mišićnog režima rada (tablica 5).

Tablica 5. *Skup kriterijskih varijabli*

redni broj	***KRITERIJSKA VARIJABLA***	***GRUPA***	***OZNAKA GRUPE***
1.	Smjer izvedbe	vertikalno s mjesta	I.
		horizontalno s mjesta prema naprijed i unazad	II.
		lateralno s mjesta	III.
		u horizontalnom kretanju prema naprijed i nazad	IV.
		u lateralnom kretanju	V.
		promjene smjera u sagitalnoj ravnini	VI.
		dijagonalne promjene smjera	VII.
		promjene smjera iz frontalnog kretanja u lateralno	VIII.
		promjene smjera iz lateralnog u frontalno kretanje	IX.
		promjene smjera u frontalnoj ravnini	X.
2.	Lateralnost	dvonožno	BI
		jednonožno	UNI
3.	Zamah rukama	bez zamaha rukama	BEZ
		sa zamahom rukama	ZAM
4.	Režim mišićnog rada	Koncentrični mišićni režim rada	CON
		Spori ekscentrično-koncentrični režim > 0,250 s	SSC_S
		Brzi ekscentrično-koncentrični režim < 0,250 s	SSC_B

3.4. MJERNI INSTRUMENT

Mjerenje kinetičkih signala provedeno je pomoću dvije platforme za mjerenje sile reakcije podloge proizvođača Kistler (Whinterthur, Švicarska, model 9260AA6) u laboratorijskim uvjetima sportske dvorane Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (slika 11). Korištene su dvije platforme radi mjerenja parametara pojedine noge prilikom bilateralnih skokova. Platforme bilježe signale u tri ravnine (frontalna, sagitalna i vertikalna), dimenzija su 500 mm x 600 mm sa 6 mm međusobnog razmaka, dok je frekvencija uzorkovanja 1000 Hz. Platforme su bile postavljene na čvrstu betonsku površinu tako da su njihovi gornji rubovi bili u istoj razini s podlogom ostatka dvorane te je tako omogućeno sigurno izvođenje svih skokova.



Slika 11. *Ispitanik stoji na platformama za mjerenje sile reakcije podloge*

3.5. PROTOKOL TESTIRANJA

Mjerenje je provedeno u sportskoj dvorani Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu sa stalnim temperaturnim uvjetima od 24°C. Zbog očekivanog velikog ukupnog opterećenja, odnosno broja skokova mjerenje je organizirano tijekom sedam dana unutar kojih je bilo pet eksperimentalnih dana (oko 35 vrsta skokova po danu mjerenja). U svakom eksperimentalnom danu se prije mjerenja provodio standardizirani protokol zagrijavanja, odnosno pripreme ispitanika. Protokol se sastojao od 5 minuta kontinuiranog trčanja te 10 minuta unutar kojih su ispitanici izvodili kompleks pripremnih vježbi dinamičkog i statičkog istezanja (6 vježbi) te po 2 vježbe repetitivne jakosti trupa i eksplozivne jakosti nogu.

Razmak između eksperimentalnih dana bio je minimalno 24 sata te 48 sati nakon dva uzastopna eksperimentalna dana. Skakački su sadržaji, za potrebe istraživanja, bili podijeljeni u 10 grupa prema smjeru kretanja: a) vertikalno s mjesta, b) horizontalno prema naprijed i natrag s mjesta, c) lateralno s mjesta, d) horizontalno prema naprijed i natrag u kretanju, e) lateralno u kretanju, f) horizontalne (u sagitalnnoj ravnini) promjene smjera prema naprijed i natrag, g) dijagonalne promjene smjera, h) promjene smjera iz horizontalnog kretanja (prema naprijed i natrag) u lateralno kretanje, i) promjene smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno kretanje (prema naprijed i natrag) te j) medio-lateralne promjene smjera (u frontalnoj ravnini). U svim kategorijama skokovi su se izvodili u različitim modalitetima: a) bilateralno i unilateralno, b) sa i bez zamaha rukama, c) s koncentričnim i ekscentrično-koncentričnim mišićnim režimom rada, d) s kontaktom stopala i podloge putem prednjeg ili stražnjeg dijela stopala, te punom površinom stopala. Kod raspoređivanja skokova unutar jedne grupe i jednog eksperimentalnog dana vodilo se računa i o raspodjeli opterećenja s obzirom na modalitet izvedbe skoka. Tako su skokovi manjeg opterećenja (npr. skokovi sa koncentričnim odrazom) bili u prvom dijelu svakog mjerenja dok su oni većeg opterećenja bili predviđeni u drugom dijelu kada se smatralo da je svaki ispitanik optimalno zagrijan i pripremljen. U tablici 6. je prikazan raspored skupina skokova i volumen prema eksperimentalnim danima. Prije početka eksperimenta svi planirani skokovi bili su snimljeni video kamerom i dani ispitanicima na uvid u cilju što bolje pripreme za službena mjerenja.

Tablica 6. *Distribucija i volumen skakačkih sadržaja po eksperimentalnim danima*

EKSPERIMENTALNI DAN	*SKUPINA SKOKOVA*	*BROJ SKOKOVA*	*BROJ ODRAZA*	*UKUPAN BROJ ODRAZA*
1.	I.	31	91	115
	II.	12	24	
2.	III.	14	28	160
	IV.	31	132	
3.	DAN ODMORA			
4.	V.	17	51	139
	VI.	16	88	
5.	VII.	11	64	136
	VIII.	12	72	
6.	DAN ODMORA			
7.	IX.	12	64	138
	X.	14	74	
UKUPNO:		170	688	688

3.6. METODE OBRADE PODATAKA

Akvizicija, filtriranje i obrada kinetičkih signala je napravljena pomoću programskog paketa Mars (Kistler, Winterthur, Švicarska). Vrsta filtriranja je *Smoothing* (0,005 prozor).

3.7. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Za obradu prikupljenih podataka koristio se programski paket *Statistica ver. 12.0 for Windows*. Putem deskriptivne statistike u svakoj varijabli izračunati su sljedeći parametri: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), najmanji (MIN) i najveći rezultat (MAX). Normalnost distribucije varijabli testirana je Kolmogorov-Smirnovljevim testom. Razlike u kinetičkim varijablama između pojedinih podgrupa skokova unutar svake od oblikovanih skupina skokova utvrđene su multivarijatnom analizom varijance (MANOVA) te serijom univarijatnih analiza varijance (ANOVA) i pripadajućih Tukey *post-hoc* testova. Razina statističke značajnosti je postavljena na $p < 0,05$.

4. REZULTATI

Najveća prosječna vrijednost kod varijabli koje se odnose na *vršnu silu reakcije podloge* iznosi 12,38 ± 1,20 TM te je utvrđena u vertikalnoj ravnini kod višekratnih ekscentrično-koncentričnih unilateralnih odraza u horizontalnom kretanju kod kojih je kontakt stopala s podlogom preko cijele površine i prosječno trajanje kontakta stopala s podlogom od 0,195 ± 0,013 s. *Vršni gradijent sile* izračunat na temelju prosjeka iznosi 115,23 ± 39,72 TM/s utvrđen kao vektorska rezultanta tri ravnine na unutarnjoj nozi prilikom bilateralnog ekscentrično-koncentričnog odraza u lateralnom smjeru bez korištenja zamaha rukama. Najveći *impuls sile* iznosi 2,45 ± 0,82 TM*s te je utvrđen u vertikalnoj ravnini također na unutarnjoj nozi prilikom bilateralnog koncentričnog odraza u lateralnom smjeru bez korištenja zamaha rukama. Najbrži, odnosno najkraći odraz je trajao 0,150 ± 0,016 s, a utvrđen je kod brzih unilateralnih alternativnih skokova (skokovi s noge na nogu) koji se izvode kontaktom stopala s podlogom preko cijele površine.

4.1. LATERALNOST

Klasifikacija temeljem kriterija koji se odnosi na lateralnost izvedbe rezultirala je dvjema grupama skokova: bilateralni skokovi (BI; n = 118) i unilateralni skokovi (UNI; n = 77.

Deskriptivni parametri pokazuju više vrijednosti u svim istraživanim varijablama kod skokova koji se izvode unilateralno u odnosu na bilateralne skokove. U varijablama koje se odnose na *vršnu silu (Fmax)* utvrđene su najviše prosječne vrijednosti kod vektorske sile reakcije podloge (Fmax_R: UNI = 4,49 ± 1,88 TT i BI = 3,10 ± 1,51 TT), zatim u vertikalnoj ravnini (Fmax_V: UNI = 4,37 ± 1,85 TT i BI = 3,13 ± 1,88 TT), dok su niže vrijednosti u sagitalnoj ravnini (Fmax_S: UNI = 0,61 ± 0,58 TT i BI = 0,37 ± 0,25 TT) i frontalnoj ravnini (Fmax_F: UNI = 0,39 ± 0,35 TT i BI = 0,31 ± 0,29 TT). Sukladno vrijednostima vršne sile, prosječno najviši *vršni gradijent sile (RFD)* je također utvrđen u varijabli vektorske rezultante triju ravnina (RFD_R: UNI = 48,53 ± 20,72 TT/s i BI = 37,21 ± 23,86 TT/s) te u vertikalnoj ravnini (RFD_V: UNI = 46,37 ± 20,80 TT/s i BI = 36,08 ± 23,28 TT/s). Niže su vrijednosti utvrđene u sagitalnoj ravnini (RFD_S: UNI = 14,27 ± 5,85 TT/s i BI = 13,25 ± 14,99 TT/s), dok su najniže vrijednosti u frontalnoj ravnini (RFD_F: UNI = 8,30 ± 4,39 TT/s i BI = 7,83 ± 8,18 TT/s) (tablica 7).

Najviši prosječni *impuls sile (FI)* je utvrđen u vertikalnoj ravnini (FI_V: UNI = 0,87 ± 0,43 TT*s i BI = 0,51 ± 0,22 TT*s). Vrlo niske prosječne vrijednosti impulsa sile utvrđene su u frontalnoj (FI_F: UNI = 0,01 ± 0,12 TT*s i BI = 0,00 ± 0,09 TT*s) i sagitalnoj ravnini (FI_S: UNI = 0,02 ± 0,10 TT*s i BI = 0,00 ± 0,06 TT*s) (tablica 7).

Trajanje kontakta stopala s podlogom (Tcont) kod unilateralnih skokova prosječno je nešto dulje od trajanja kontakta kod bilateralnih skokova (UNI = 0,505 ± 0,415 s naspram BI = 0,499 ± 0,365 s) (tablica 7).

Tablica 7. *Osnovni deskriptivni parametri prema kriteriju lateralnosti*

VARIJABLA	mjerna jedinica	GRUPA	AS	SD
Fmax_F	TT	BI	0,31	0,29
		UNI	0,39	0,35
Fmax_S		BI	0,37	0,25
		UNI	0,61	0,58
Fmax_V		BI	3,13	1,88
		UNI	4,37	1,85
Fmax_R		BI	3,10	1,51
		UNI	4,49	1,88
RFD_F	TT/s	BI	7,83	8,18
		UNI	8,30	4,39
RFD_S		BI	13,25	14,99
		UNI	14,27	5,85
RFD_V		BI	36,08	23,28
		UNI	46,37	20,80
RFD_R		BI	37,21	23,86
		UNI	48,53	20,72
FI_F	TT*s	BI	0,00	0,09
		UNI	0,01	0,12
FI_S		BI	0,00	0,06
		UNI	0,02	0,10
FI_V		BI	0,51	0,22
		UNI	0,87	0,43
Tcont	s	BI	0,499	0,365
		UNI	0,505	0,415

Legenda: *UNI = unilateralno, BI = bilateralno, AS = aritmetička sredina, SD = standardna devijacija, Fmax = vršna sila reakcije podloge, RFD = vršni gradijent sile, FI = impuls sile, Tcont = trajanje kontakta stopala sa podlogom, F = frontalna ravnina, S = sagitalna ravnina, V = vertikalna ravnina, R = vektorska rezultanta*

Rezultati multivarijatne analize varijance pokazali su da postoje statistički značajne razlike između dvije skupine skokova (UNI i BI) temeljem kriterija lateralnosti izvedbe (Wilks lambda = 0,393; F = 23,418; p = 0,000).

Serije univarijatnih analiza varijance pokazale su da se bilateralni (BI) i unilateralni (UNI) skokovi statistički značajno razlikuju u sljedećim varijablama (tablica 8): vršna sila reakcije podloge u sagitalnoj ravnini (Fmax_S), vršna sila reakcije podloge u vertikalnoj ravnini (Fmax_V), vršna rezultantna sila reakcije podloge (Fmax_R), vršni gradijent sile u vertikalnoj ravnini (RFD_V), vršni rezultantni gradijent sile (RFD_R) te impuls sile u vertikalnoj ravnini (FI_V). U navedenim varijablama su vrijednosti zabilježene kod unilateralnih skokova bile više od onih zabilježenih kod bilateralnih skokova (tablica 8).

Tablica 8. *Rezultati analize varijance za grupe skokova klasificirane na temelju kriterija lateralnosti*

VARIJABLA	mjerna jedinica	AS grupe UNI	AS grupe BI	F	p
Fmax_F	TT	0,39	0,31	3,033	0,083
Fmax_S		0,61	0,37	15,522	**0,000**
Fmax_V		4,37	3,13	20,311	**0,000**
Fmax_R		4,49	3,10	32,679	**0,000**
RFD_F	TT/s	8,30	7,83	0,216	0,643
RFD_S		14,27	13,25	0,328	0,567
RFD_V		46,37	36,08	9,885	**0,002**
RFD_R		48,53	37,21	11,598	**0,001**
FI_F	TT*s	0,01	0,00	0,125	0,724
FI_S		0,02	0,00	2,748	0,099
FI_V		0,87	0,51	59,817	**0,000**
Tcont	s	0,505	0,499	0,013	0,908

Legenda: Fmax = vršna sila reakcije podloge, RFD = vršni gradijent sile, FI = impuls sile, Tcont = trajanje kontakta stopala sa podlogom, F = frontalna ravnina, S = sagitalna ravnina, V = vertikalna ravnina, R = vektorska rezultanta

4.2. ZAMAH RUKAMA

Klasifikacija temeljem kriterija koji se odnosi na korištenje zamaha rukama rezultirala je dvjema grupama skokova: skokovi bez zamaha rukama (BEZ; n = 41) i skokovi sa zamahom rukama (ZAM; n = 154).

Deskriptivni parametri pokazuju da su u svim varijablama koje se odnose na *vršnu silu reakcije podloge (Fmax)* utvrđene više prosječne vrijednosti kod grupe skokova sa zamahom rukama (Fmax_F: ZAM = 0,37 ± 0,34 TT, BEZ = 0,22 ± 0,15 TT; Fmax_S: ZAM = 0,50 ± 0,46 TT, BEZ = 0,34 ± 0,25 TT; Fmax_V: ZAM = 3,91 ± 2,03 TT, BEZ = 2,53 ± 1,16 TT; Fmax_R: ZAM = 3,93 ± 1,83 TT, BEZ = 2,60 ± 1,18 TT), nego kod skokova bez zamaha. Sukladno vrijednostima vršne sile reakcije podloge prosječno viši *vršni gradijent sile (RFD)* je također utvrđen kod skokova sa zamahom rukama u svim varijablama (RFD_F: ZAM = 8,56 ± 5,00 TT/s, BEZ = 5,96 ± 11,47 TT/s; RFD_S: ZAM = 14,80 ± 13,13 TT/s, BEZ = 9,34 ± 6,30 TT/s; RFD_V: ZAM = 42,88 ± 21,59 TT/s, BEZ = 29,87 ± 23,45 TT/s; RFD_R: ZAM = 44,70 ± 22,24 TT/s, BEZ = 30,35 ± 23,91 TT/s) (tablica 9).

Najviši prosječni impuls sile (FI) je utvrđen u vertikalnoj ravnini (FI_V: ZAM = 0,69 ± 0,38 TT*s i BEZ = 0,53 ± 0,25 TT*s). Niske su prosječne vrijednosti impulsa sile utvrđene u frontalnoj (FI_F: ZAM = 0,00 ± 0,12 TT*s i BEZ = 0,02 ± 0,05 TT*s) i sagitalnoj ravnini (FI_S: ZAM = 0,00 ± 0,07 TT*s i BEZ = 0,02 ± 0,08 TT*s) (tablica 9).

Trajanje kontakta stopala s podlogom (Tcont) kod skokova bez korištenja zamaha rukama prosječno je nešto dulje u odnosu na skokove sa korištenjem zamaha rukama (BEZ = 0,509 ± 0,348 s naspram ZAM = 0,499 ± 0,394 s) (tablica 9).

Tablica 9. *Osnovni deskriptivni parametri prema kriteriju korištenja zamaha rukama*

VARIJABLA	mjerna jedinica	SKUPINA	AS	SD
Fmax_F	TT	BEZ	0,22	0,15
		ZAM	0,37	0,34
Fmax_S		BEZ	0,34	0,25
		ZAM	0,50	0,46
Fmax_V		BEZ	2,53	1,16
		ZAM	3,91	2,03
Fmax_R		BEZ	2,60	1,18
		ZAM	3,93	1,83
RFD_F	TT/s	BEZ	5,96	11,47
		ZAM	8,56	5,00
RFD_S		BEZ	9,34	6,30
		ZAM	14,80	13,13
RFD_V		BEZ	29,87	23,45
		ZAM	42,88	21,95
RFD_R		BEZ	30,35	23,91
		ZAM	44,70	22,24
FI_F	TT*s	BEZ	0,02	0,05
		ZAM	0,00	0,12
FI_S		BEZ	0,02	0,08
		ZAM	0,00	0,07
FI_V		BEZ	0,53	0,25
		ZAM	0,69	0,38
Tcont	s	BEZ	0,509	0,348
		ZAM	0,499	0,394

Legenda: *BEZ = bez zamaha rukama, ZAM = sa zamahom rukama, AS = aritmetička sredina, SD = standardna devijacija, Fmax = vršna sila reakcije podloge, RFD = vršni gradijent sile, FI = impuls sile, Tcont = trajanje kontakta stopala sa podlogom, F = frontalna ravnina, S = sagitalna ravnina, V = vertikalna ravnina, R = vektorska rezultanta*

Rezultati multivarijatne analize varijance su pokazali da postoje statistički značajne razlike između dvije grupe skokova (ZAM i BEZ) temeljem kriterija korištenja zamaha rukama (Wilks lambda = 0,821; F = 3,296; p = 0,000).

Serije univarijatnih analiza varijance pokazale su da se skokovi sa i bez zamaha rukama statistički značajno razlikuju u slijedećim varijablama: vršna sila reakcije podloge (Fmax) i vršni gradijent sile (RFD) u svim ravninama i rezultantno te impuls sile u vertikalnoj ravnini (FI_V). U navedenim varijablama su vrijednosti zabilježene kod skokova sa korištenjem zamaha rukama (ZAM) bile više od onih zabilježenih kod skokova bez korištenja zamaha rukama (BEZ) (tablica 10).

Tablica 10. *Rezultati analize varijance za grupe skokova klasificirane na temelju kriterija korištenja zamaha rukama*

VARIJABLA	Mjerna jedinica	AS grupe ZAM	AS grupe BEZ	F	p
Fmax_F	TT	0,37	0,22	7,280	**0,008**
Fmax_S		0,50	0,34	4,685	**0,032**
Fmax_V		3,91	2,53	17,398	**0,000**
Fmax_R		3,93	2,60	19,631	**0,000**
RFD_F	TT/s	8,56	5,96	4,631	**0,033**
RFD_S		14,80	9,34	6,661	**0,011**
RFD_V		42,88	29,87	11,044	**0,001**
RFD_R		44,70	30,35	13,046	**0,000**
FI_F	TT*s	0,00	0,02	1,616	0,205
FI_S		0,00	0,02	0,938	0,334
FI_V		0,69	0,53	5,778	**0,017**
Tcont	s	0,499	0,509	0,021	0,884

Legenda: Fmax = vršna sila reakcije podloge, RFD = vršni gradijent sile, FI = impuls sile, Tcont = trajanje kontakta stopala sa podlogom, F = frontalna ravnina, S = sagitalna ravnina, V = vertikalna ravnina, R = vektorska rezultanta

4.3. REŽIM RADA MIŠIĆA

Klasifikacija temeljem kriterija koji se odnosi na režim rada mišića rezultirala je s tri grupe skokova: skokovi s koncentričnim mišićnim radom (CON; n = 34), skokovi sa sporim ekscentrično-koncentričnim mišićnim radom (SSC_S; n = 117) i skokovi s brzim ekscentrično-koncentričnim mišićnim radom (SSC_B; n = 44). U tablici 11 prikazani su rezultati deskriptivne analize za svaku od 3 klasifikacijske grupe temeljem kriterija režima mišićnog rada. Varijabla *trajanje kontakta stopala sa podlogom (Tcont)* je korištena za klasificiranje skokova u dvije od tri grupe: spori ekscentrično-koncentrični režim rada (SSC_S) koji je dulji od 0,250 s i brzi ekscentrično-koncentrični režim rada (SSC_B) koji je kraći od 0,250 s. Sukladno tome rezultati pokazuju da je prosječno trajanje odraza kod SSC_B grupe najkraće (AS = 0,210 ± 0,029 s). Dulje trajanje odraza je kod SSC_S grupe (AS = 0,488 ± 0,259 s) dok je prosječno najdulje trajanje odraza kod CON grupe (AS = 0,924 ± 0,578 s).

U varijablama koje se odnose na rezultate *vršne sile reakcije podloge (Fmax)* najviše su vrijednosti u *vertikalnoj sili reakcije podloge (Fmax_V)* te *vektorski (Fmax_R)*. U tri od četiri varijable najviše prosječne vrijednosti su utvrđene kod SSC_B grupe (Fmax_S = 0,65 ± 0,69 TT; Fmax_V = 4,49 ± 2,27 TT; Fmax_R = 4,59 ± 2,33 TT), zatim niže vrijednosti kod SSC_S grupe (Fmax_S = 0,40 ± 0,25 TT; Fmax_V = 3,45 ± 1,74 TT; Fmax_R = 3,44 ± 1,34 TT), a najniže kod CON grupe (Fmax_S = 0,47 ± 0,42 TT; Fmax_V = 3,09 ± 1,98 TT; Fmax_R = 3,17 ± 2,00 TT). Kod rezultata vršne sile u frontalnoj ravnini (Fmax_F) utvrđeni su najniži rezultati sa najmanjom razlikom između grupa (CON = 0,25 ± 0,24 TT; SSC_S = 0,37 ± 0,35 TT; SSC_B = 0,34 ± 0,25 TT) (tablica 11).

Vršni gradijent sile (RFD) je najviši kod SSC_B grupe, a najniži kod CON grupe u svim ravninama. Najviše su vrijednosti rezultantnog vršnoga gradijenta sile (RFD_R: CON = 18,91 ± 15,51 TT/s; SSC_S = 40,32 ± 20,64 TT/s; SSC_B = 62,88 ± 15,42 TT/s). Nešto su niže vrijednosti vršnoga gradijenta sile utvrđene u vertikalnoj ravnini (RFD_V: CON = 17,73 ± 14,36 TT/s; SSC_S = 38,47 ± 19,85 TT/s; SSC_B = 61,92 ± 15,56 TT/s). Još niže su vrijednosti vršnoga gradijenta sile utvrđene u sagitalnoj ravnini (RFD_S: CON = 11,49 ± 9,36 TT/s; SSC_S = 12,87 ± 5,94 TT/s; SSC_B = 17,40 ± 22,16 TT/s), dok su najniže prosječne vrijednosti utvrđene u frontalnoj ravnini (RFD_F: CON = 5,06 ± 4,83 TT/s; SSC_S = 8,08 ± 5,19 TT/s; SSC_B = 10,11 ± 10,70 TT/s) (tablica 11).

Tablica 11. *Osnovni deskriptivni parametri prema kriteriju režima mišićnog rada*

VARIJABLA	mjerna jedinica	GRUPA	AS	SD
Fmax_F	TT	CON	0,25	0,24
		SSC_S	0,37	0,35
		SSC_B	0,34	0,25
Fmax_S		CON	0,47	0,42
		SSC_S	0,40	0,25
		SSC_B	0,65	0,69
Fmax_V		CON	3,09	1,98
		SSC_S	3,45	1,74
		SSC_B	4,49	2,27
Fmax_R		CON	3,17	2,00
		SSC_S	3,44	1,34
		SSC_B	4,59	2,33
RFD_F	TT/s	CON	5,06	4,83
		SSC_S	8,08	5,19
		SSC_B	10,11	10,70
RFD_S		CON	11,49	9,36
		SSC_S	12,87	5,94
		SSC_B	17,40	22,16
RFD_V		CON	17,73	14,36
		SSC_S	38,47	19,85
		SSC_B	61,92	15,56
RFD_R		CON	18,91	15,51
		SSC_S	40,32	20,64
		SSC_B	62,88	15,42
FI_F	TT*s	CON	0,01	0,11
		SSC_S	0,01	0,12
		SSC_B	0,00	0,04
FI_S		CON	0,03	0,07
		SSC_S	0,00	0,08
		SSC_B	0,00	0,06
FI_V		CON	0,92	0,68
		SSC_S	0,65	0,21
		SSC_B	0,45	0,14
Tcont	s	CON	0,924	0,578
		SSC_S	0,488	0,259
		SSC_B	0,210	0,029

Legenda: *CON = koncentrični mišićni režim, SSC_S = spori ekscentrično-koncentrični mišićni režim, SSC_B = brzi ekscentrično-koncentrični mišićni režim, AS = aritmetička sredina, SD = standardna devijacija, Fmax = vršna sila reakcije podloge, RFD = vršni gradijent sile, FI = impuls sile, Tcont = trajanje kontakta stopala s podlogom, F = frontalna ravnina, S = sagitalna ravnina, V = vertikalna ravnina, R = vektorska rezultanta*

Impuls sile (FI) prosječno najviših vrijednosti utvrđen je u vertikalnoj ravnini (FI_V: CON = 0,92 ± 0,68 TT*s; SSC_S = 0,65 ± 0,21 TT*s; SSC_B = 0,21 ± 0,03 TT*s) dok su niže vrijednosti utvrđene u frontalnoj (FI_F: CON = 0,01 ± 0,11 TT*s; SSC_S = 0,01 ± 0,12 TT*s; SSC_B = 0,00 ± 0,04 TT*s) i sagitalnoj ravnini (FI_S: CON = 0,03 ± 0,07 TT*s; SSC_S = 0,00 ± 0,082 TT*s; SSC_B = 0,00 ± 0,06 TT*s) (tablica 11).

Rezultati multivarijatne analize varijance su pokazali da postoje statistički značajne razlike između tri grupe skokova (CON, SSC_S i SSC_B) temeljem kriterija režima mišićnog rada (Wilks lambda = 0,411; F = 8,445; p = 0,000). Ukupnoj statistički značajnoj razlici doprinose tri varijable *vršne sile reakcije podloge:* u sagitalnoj i vertikalnoj ravnini te rezultantno. Zatim tri varijable *vršnoga gradijenta sile:* u frontalnoj i vertikalnoj ravnini te rezultantno. U navedenim varijablama su vrijednosti utvrđene kod SSC_B grupe skokova bile više od onih utvrđenih kod skokova u druge dvije grupe. Značajne su razlike utvrđene kod *impulsa sile* u vertikalnom smjeru između svih grupa. Najviše su vrijednosti utvrđene kod CON grupe, a najniže kod SSC_B grupe skokova. *Trajanje kontakta stopala s podlogom* koje je prosječno najdulje kod CON grupe, a najkraće kod SSC_B grupe također doprinosi značajnoj razlici između CON, SSC_S i SSC_B grupa (tablica 12).

Tablica 12. *Rezultati analize varijance za grupe skokova klasificirane ta temelju kriterija režima mišićnog rada*

VARIJABLA	mjerna jedinica	AS grupe CON	AS grupe SSC_S	AS grupe SSC_B	F	p
Fmax_F	TT	0,25	0,37	0,34	1,763	0,174
Fmax_S		0,47	0,40	0,65	5,590	**0,004**
Fmax_V		3,09	3,45	4,49	6,378	**0,002**
Fmax_R		3,17	3,44	4,59	8,660	**0,000**
RFD_F	TT/s	5,06	8,08	10,11	5,354	**0,005**
RFD_S		11,49	12,87	17,40	2,899	0,058
RFD_V		17,73	38,47	61,92	58,384	**0,000**
RFD_R		18,91	40,32	62,88	53,436	**0,000**
FI_F	TT*s	0,01	0,01	0,00	0,215	0,807
FI_S		0,03	0,00	0,00	2,026	0,135
FI_V		0,92	0,65	0,45	19,593	**0,000**
Tcont	s	0,924	0,488	0,210	50,086	**0,000**

Legenda: Fmax = vršna sila reakcije podloge, RFD = vršni gradijent sile, FI = impuls sile, Tcont = trajanje kontakta stopala sa podlogom, F = frontalna ravnina, S = sagitalna ravnina, V = vertikalna ravnina, R = vektorska rezultanta

Uspoređujući grupe skokova međusobno u varijablama po kojima se rezultati statistički značajno razlikuju vidljivo je da su vrijednosti *vršne sile reakcije podloge* kod SSC_B grupe za 0,25 TT prosječno više od SSC_S grupe u sagitalnoj ravnini (Fmax_S, p = 0,003). U vertikalnoj ravnini SSC_B grupa ima prosječno više vrijednosti za 1,41 i 1,04 TT od CON odnosno SSC_S grupe (Fmax_V, p = 0,004 i p = 0,007), dok su razlike u vrijednosti rezultante vršne sile najznačajnije, za 1,42 i 1,15 TT kod SSC_B grupe u odnosu na CON i SSC_S grupu (p = 0,001) (tablica 13).

Vršni gradijent sile (RFD) je značajno veći kod SSC_B grupe u odnosu na CON i SSC_S grupu u vertikalnoj ravnini i rezultantno (RFD_V i RFD_R; p=0,000), te je u istim varijablama značajno viša vrijednost SSC_S od CON grupe skokova (RFD_V i RFD_R; p=0,000). SSC_B grupa ima za 43,97 i 22,56 TT/s više vrijednosti od CON i SSC_S grupe rezultantno, za 44,19 i 23,45 TM/s u vertikalnoj ravnini, te za 5,06 TT/s u frontalnoj ravnini od CON grupe (p=0,004). SSC_S grupa ima za 21,41 i 20,74 TT/s više vrijednosti od CON grupe rezultantno, te za 20,74 TT/s u vertikalnoj ravnini (tablica 13).

Impuls sile (FI) je značajno veći kod CON grupe u odnosu na SSC_S i SSC_B grupu za 0,27 i 0,48 TT*s u vertikalnoj ravnini (FI_V, p=0,000), dok je još značajno za 0,21 TT*s veći impuls sile kod SSC_S u odnosu na SSC_B grupu (p=0,001) (tablica 13).

Pošto je varijabla *trajanje kontakta stopala s podlogom (Tcont)* poslužila kao kriterijska za klasificiranje skokova u SSC_S i SSC_B grupu, očekivano su utvrđene statistički značajne razlike između sve 3 grupe međusobno (p=0,000). CON grupa ima prosječno trajanje odraza dulje za 0,436 i 0,714 s od SSC_S i SSC_B grupe, te još SSC_S grupa ima prosječno 0,278 s dulje trajanje odraza od SSC_B grupe (tablica 13).

Tablica 13. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa CON, SSC_S i SSC_B*

VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	ASa-ASb	p	VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	ASa-ASb	p
Fmax_F	CON	SSC_S	-0,11	0,187	RFD_V	CON	SSC_S	-20,74	**0,000**
		SSC_B	-0,08	0,740			SSC_B	-44,19	**0,000**
	SSC_S	CON	0,11	0,187		SSC_S	CON	20,74	**0,000**
		SSC_B	0,03	1			SSC_B	-23,45	**0,000**
	SSC_B	CON	0,08	0,740		SSC_B	CON	44,19	**0,000**
		SSC_S	-0,03	1			SSC_S	23,45	**0,000**
Fmax_S	CON	SSC_S	0,07	1	RFD_R	CON	SSC_S	-21,41	**0,000**
		SSC_B	-0,18	0,196			SSC_B	-43,97	**0,000**
	SSC_S	CON	-0,07	1		SSC_S	CON	21,41	**0,000**
		SSC_B	-0,25	**0,003**			SSC_B	-22,56	**0,000**
	SSC_B	CON	0,18	0,196		SSC_B	CON	43,97	**0,000**
		SSC_S	0,25	**0,003**			SSC_S	22,56	**0,000**
Fmax_V	CON	SSC_S	-0,37	0,979	FI_F	CON	SSC_S	-0,01	1
		SSC_B	-1,41	**0,004**			SSC_B	-0,01	1
	SSC_S	CON	0,37	0,979		SSC_S	CON	0,01	1
		SSC_B	-1,04	**0,007**			SSC_B	0,01	1
	SSC_B	CON	1,41	**0,004**		SSC_B	CON	0,01	1
		SSC_S	1,04	**0,007**			SSC_S	-0,01	1
Fmax_R	CON	SSC_S	-0,27	1	FI_S	CON	SSC_S	0,03	0,225
		SSC_B	-1,42	**0,001**			SSC_B	0,03	0,187
	SSC_S	CON	0,27	1		SSC_S	CON	-0,03	0,225
		SSC_B	-1,15	**0,001**			SSC_B	0,01	1
	SSC_B	CON	1,42	**0,001**		SSC_B	CON	-0,03	0,187
		SSC_S	1,15	**0,001**			SSC_S	-0,01	1
RFD_F	CON	SSC_S	-3,03	0,069	FI_V	CON	SSC_S	0,27	**0,000**
		SSC_B	-5,06	**0,004**			SSC_B	0,48	**0,000**
	SSC_S	CON	3,03	0,069		SSC_S	CON	-0,27	**0,000**
		SSC_B	-2,03	0,276			SSC_B	0,21	**0,001**
	SSC_B	CON	5,06	**0,004**		SSC_B	CON	-0,48	**0,000**
		SSC_S	2,03	0,276			SSC_S	-0,21	**0,001**
RFD_S	CON	SSC_S	-1,37	1	Tcont	CON	SSC_S	0,44	**0,000**
		SSC_B	-5,91	0,101			SSC_B	0,71	**0,000**
	SSC_S	CON	1,37	1		SSC_S	CON	-0,44	**0,000**
		SSC_B	-4,53	0,106			SSC_B	0,28	**0,000**
	SSC_B	CON	5,91	0,101		SSC_B	CON	-0,71	**0,000**
		SSC_S	4,53	0,106			SSC_S	-0,28	**0,000**

Legenda: Fmax = vršna sila reakcije podloge, RFD = vršni gradijent sile, FI = impuls sile, Tcont = trajanje kontakta stopala sa podlogom, F = frontalna ravnina, S = sagitalna ravnina, V = vertikalna ravnina, R = vektorska rezultanta, CON = koncentrični mišićni režim, SSC_S = spori ekscentrično-koncentrični mišićni režim, SSC_B = brzi ekscentrično-koncentrični mišićni režim

4.4. SMJER KRETANJA

Klasifikacija temeljem kriterija koji se odnosi na smjer kretanja rezultirala je s deset grupa skokova (tablica 14).

Tablica 14. *Klasifikacijske grupe prema kriteriju smjera kretanja, oznaka grupe i broj skokova po grupi*

GRUPE SKOKOVA	OZNAKA	N
vertikalno s mjesta	I.	33
horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad	II.	12
lateralno s mjesta ulijevo ili udesno	III.	9
u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad	IV.	31
u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno	V.	26
s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag)	VI.	16
s dijagonalnim promjenama smjera u sagitalnoj i frontalnoj ravnini („cik-cak“)	VII.	16
s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno	VIII.	16
s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno	IX.	16
s promjenama smjera u frontalnoj ravnini (lijevo-desno)	X.	20

U tablicama 15a i 15b prikazani su rezultati deskriptivne statistike za svaku od 10 klasifikacijskih grupa temeljem smjera kretanja.

U varijablama koje se odnose na *vršnu silu reakcije podloge* najviša prosječna vrijednost od 0,76 ± 0,44 TT u *frontalnoj ravnini (Fmax_F)* utvrđena je kod skokova grupe X (skokovi s promjenama smjera u frontalnoj ravnini), dok je najniža vrijednost od 0,12 ± 0,04 TT kod skokova grupe II (horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad). U *sagitalnoj ravnini (Fmax_S)* najviša prosječna vrijednost od 0,91 ± 0,76 TT je utvrđena kod grupe IV (u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad), a najniža 0,12 ± 0,02 TT kod grupe III (lateralno s mjesta ulijevo ili udesno). Grupa IV ima utvrđene najviše prosječne vrijednosti

(5,87 ± 2,40 i 5,97 ± 2,45 TT) i u *vertikalnoj vršnoj sili ravnini* te *rezultantno (Fmax_V i Fmax_R),* dok su u obje varijable najniže vrijednosti (1,37 ± 0,35 i 1,45 ± 0,38 TT) utvrđene kod grupe II (horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad) (tablica 15a).

Najviši prosječno izračunati *vršni gradijent sile (RFD)* je također kod grupe IV (u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad), a iznosi 54,76 ± 25,012 TT/s *rezultantno* te 53,69 ± 25,39 TT/s u *vertikalnoj ravnini*. Najniža vrijednost od 5,96 ± 0,77 i 5,68 ± 0,67 TT/s utvrđena vektorski i u vertikalnoj ravnini je kod grupe II (horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad). U *sagitalnoj ravnini* je najviša vrijednost (23,55 ± 27,67 TT/s) utvrđena kod grupe V (u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno), dok je najniža vrijednost (1,87 ± 0,25 TT/s) kod grupe III (lateralno s mjesta ulijevo ili udesno). U *frontalnoj ravnini* je najviša vrijednost (15,07 ± 5,50 TT/s) utvrđena kod grupe X (s promjenama smjera u frontalnoj ravnini), dok je najniža vrijednost (1,14 ± 0,27 TT/s) kod grupe II (horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad) (tablica 15a).

Najviši prosječno izračunati *impuls sile (FI)* utvrđen je u *vertikalnoj ravnini (FI_V)* kod grupe VII (s „cik-cak“ promjenama smjera), a iznosi 0,94 ± 0,60 TT*s, dok je u istoj ravnini najniži kod grupe VI (s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini – naprijed-nazad) te iznosi 0,49 ± 0,16 TT*s. U *frontalnoj ravnini (FI_F)* je također najviši kod grupe VII (0,15 ± 0,13 TT*s), a najniži (0,00 ± 0,01 i 0,00 ± 0,02 TT*s) je kod grupa IV i VI. U *sagitalnoj ravnini (FI_S)* najvišu vrijednost od 0,14 ± 0,08 TT*s ima grupa II (horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad), dok najnižu od 0,00 ± 0,01 TT*s ima grupa V (u lateralnom kretanju) (tablica 15b).

Što se tiče *trajanja odraza (Tcont),* prosječno najkraće trajanje od 0,262 ± 0,088 s je utvrđeno kod grupe VI (s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini), dok je najdulje kod grupe III (lateralno s mjesta ulijevo ili udesno), a iznosi 0,735 ± 0,273 s (tablica 15b).

Tablica 15a. *Deskriptivni parametri prema kriteriju smjera kretanja*

VARIJABLA	GRUPA	AS	SD	VARIJABLA	GRUPA	AS	SD
Fmax_F (TT)	I.	0,20	0,14	**RFD_F** (TT/s)	I.	3,48	2,56
	II.	0,12	0,04		II.	1,14	0,27
	III.	0,46	0,16		III.	2,20	0,50
	IV.	0,34	0,17		IV.	7,27	3,54
	V.	0,42	0,27		V.	9,32	2,51
	VI.	0,19	0,09		VI.	9,20	17,42
	VII.	0,13	0,30		VII.	11,73	3,62
	VIII.	0,45	0,44		VIII.	10,63	3,55
	IX.	0,31	0,29		IX.	8,76	2,26
	X.	0,76	0,44		X.	15,07	5,50
Fmax_S (TT)	I.	0,36	0,21	**RFD_S** (TT/s)	I.	7,94	6,15
	II.	0,15	0,19		II.	6,90	3,58
	III.	0,12	0,02		III.	1,87	0,25
	IV.	0,91	0,76		IV.	18,20	6,68
	V.	0,44	0,11		V.	23,55	27,67
	VI.	0,41	0,31		VI.	13,67	3,45
	VII.	0,66	0,22		VII.	12,30	3,19
	VIII.	0,45	0,37		VIII.	14,56	4,03
	IX.	0,44	0,21		IX.	14,98	3,17
	X.	0,27	0,19		X.	11,74	3,08
Fmax_V (TT)	I.	2,91	2,53	**RFD_V** (TT/s)	I.	28,16	23,67
	II.	1,37	0,35		II.	5,68	0,67
	III.	1,39	0,29		III.	6,48	1,99
	IV.	5,87	2,40		IV.	53,69	25,39
	V.	3,70	0,76		V.	45,35	17,45
	VI.	3,44	0,60		VI.	51,29	8,93
	VII.	4,28	1,25		VII.	41,47	17,92
	VIII.	3,93	0,99		VIII.	48,59	13,53
	IX.	3,32	0,60		IX.	43,07	13,62
	X.	3,19	0,74		X.	48,91	15,08
Fmax_R (TT)	I.	2,46	1,13	**RFD_R** (TT/s)	I.	29,50	23,79
	II.	1,45	0,38		II.	5,96	0,77
	III.	1,45	0,33		III.	6,04	2,68
	IV.	5,97	2,45		IV.	54,76	25,02
	V.	3,82	0,79		V.	46,40	17,28
	VI.	3,54	0,60		VI.	53,16	9,02
	VII.	4,40	1,26		VII.	43,92	18,65
	VIII.	4,07	0,93		VIII.	51,20	13,43
	IX.	3,45	0,60		IX.	44,66	14,11
	X.	3,42	0,73		X.	51,85	16,64

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Tablica 15b. *Deskriptivni parametri prema kriteriju smjera kretanja*

VARIJABLA	GRUPA	AS	SD
FI_F (TT*s)	I.	0,02	0,03
	II.	0,03	0,02
	III.	0,13	0,06
	IV.	0,00	0,01
	V.	0,00	0,07
	VI.	0,00	0,02
	VII.	-0,15	0,13
	VIII.	0,01	0,14
	IX.	-0,01	0,09
	X.	0,05	0,19
FI_S (TT*s)	I.	0,00	0,02
	II.	0,14	0,08
	III.	-0,01	0,01
	IV.	0,05	0,03
	V.	0,00	0,01
	VI.	-0,05	0,13
	VII.	-0,03	0,01
	VIII.	0,00	0,09
	IX.	-0,02	0,13
	X.	-0,02	0,01
FI_V (TT*s)	I.	0,57	0,24
	II.	0,62	0,36
	III.	0,61	0,29
	IV.	0,75	0,41
	V.	0,74	0,53
	VI.	0,49	0,16
	VII.	0,94	0,60
	VIII.	0,59	0,13
	IX.	0,59	0,16
	X.	0,57	0,18
Tcont (s)	I.	0,499	0,270
	II.	0,731	0,368
	III.	0,735	0,273
	IV.	0,498	0,500
	V.	0,605	0,522
	VI.	0,262	0,088
	VII.	0,754	0,567
	VIII.	0,327	0,061
	IX.	0,351	0,096
	X.	0,380	0,126

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Rezultati multivarijatne analize varijance su pokazali da postoje statistički značajne razlike između 10 grupa skokova temeljem kriterija smjera kretanja (Wilks lambda = 0,055; F = 5,782; p = 0,000).

Prema kriteriju smjera kretanja ukupnoj statistički značajnoj razlici između grupa skokova doprinose sve izmjerene kinetičke varijable. Sve varijable *vršne sile reakcije podloge*, *vršnog gradijenta sile* i *impulsa sile* u svim ravninama. Varijabla *trajanje kontakta stopala s podlogom* također pridonosi ukupnoj statistički značajnoj razlici (tablica 16).

Tablica 16. *Značajnost razlika po varijablama*

VARIJABLA	df	F	p
Fmax_F	9	10,065	**0,000**
Fmax_S	9	8,505	**0,000**
Fmax_V	9	13,291	**0,000**
Fmax_R	9	22,878	**0,000**
RFD_F	9	9,626	**0,000**
RFD_S	9	5,609	**0,000**
RFD_V	9	13,669	**0,000**
RFD_R	9	14,422	**0,000**
FI_F	9	7,760	**0,000**
FI_S	9	10,537	**0,000**
FI_V	9	2,461	**0,011**
Tcont	9	3,810	**0,000**

Legenda: Fmax = vršna sila reakcije podloge, RFD = vršni gradijent sile, FI = impuls sile, Tcont = trajanje kontakta stopala sa podlogom, F = frontalna ravnina, S = sagitalna ravnina, V = vertikalna ravnina, R = vektorska rezultanta, df = stupnjevi slobode

U tablicama 17a do 17l prikazane su međusobne razlike po parovima između grupa I do X temeljem kriterija smjera kretanja. Uspoređujući grupe u varijabli *vršne sile* u *frontalnoj ravnini (Fmax_F)* može se uočiti da grupa skokova X (s promjenama smjera u frontalnoj ravnini) ima statistički značajno više vrijednosti od svih grupa osim od grupe III (lateralno s mjesta ulijevo ili udesno). Značajno više vrijednosti ima i grupa V od grupa II i VII, te grupa VIII od grupe VII (tablica 17a).

U tablici 17b koja se odnosi na varijablu *vršne sile u sagitalnoj ravnini (Fmax_S)* se vidi značajno razlikovanje grupe IV (u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad) od svih grupa osim od grupe VII (s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini). Značajno više vrijednosti ima i grupa VII od grupe II (horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad) i III (lateralno s mjesta ulijevo ili udesno).

U *vršnoj vertikalnoj sili reakcije podloge (Fmax_V)* (tablica 17c) najveći broj međusobnih razlika sa drugim grupama ima grupa IV (u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad) koja se značajno razlikuje od svih grupa osim od grupe VII (s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini) gdje je razlika na granici značajnosti (p=0,051). Značajno više vrijednosti još imaju i grupe V, VII i VIII od grupa II i III, te grupa VI od grupe II.

U varijabli *vršna rezultanta sila (Fmax_R)* grupa IV (u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad) ima statistički značajno više vrijednosti od svih ostalih grupa. Grupe V, VII, VIII i IX imaju značajno više vrijednosti od grupa I, II i III, te grupe VI i X od grupa II i III (tablica 17d).

Tablica 17a. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
Fmax_F – vršna sila u frontalnoj ravnini (TT)	I.	II.	0,08	1	VI.	I.	-0,01	1
		III.	-0,27	0,370		II.	0,08	1
		IV.	-0,14	1		III.	-0,27	0,664
		V.	-0,23	0,062		IV.	-0,15	1
		VI.	0,01	1		V.	-0,23	0,296
		VII.	0,07	1		VII.	0,06	1
		VIII.	-0,25	0,104		VIII.	-0,25	0,321
		IX.	-0,11	1		IX.	-0,12	1
		X.	-0,56	**0,000**		X.	-0,56	**0,000**
	II.	I.	-0,08	1	VII.	I.	-0,07	1
		III.	-0,35	0,149		II.	0,01	1
		IV.	-0,22	0,607		III.	-0,33	0,122
		V.	-0,31	**0,048**		IV.	-0,21	0,445
		VI.	-0,08	1		V.	-0,29	**0,026**
		VII.	-0,01	1		VI.	-0,06	1
		VIII.	-0,33	0,058		VIII.	-0,32	**0,037**
		IX.	-0,19	1		IX.	-0,18	1
		X.	-0,64	**0,000**		X.	-0,63	**0,000**
	III.	I.	0,27	0,370	VIII.	I.	0,25	0,104
		II.	0,35	0,149		II.	0,33	0,058
		IV.	0,12	1		III.	-0,02	1
		V.	0,04	1		IV.	0,11	1
		VI.	0,27	0,664		V.	0,02	1
		VII.	0,33	0,122		VI.	0,25	0,321
		VIII.	0,02	1		VII.	0,32	**0,037**
		IX.	0,15	1		IX.	0,14	1
		X.	-0,29	0,277		X.	-0,31	**0,026**
	IV.	I.	0,14	1	IX.	I.	0,11	1
		II.	0,22	0,607		II.	0,19	1
		III.	-0,12	1		III.	-0,15	1
		V.	-0,08	1		IV.	-0,03	1
		VI.	0,15	1		V.	-0,11	1
		VII.	0,21	0,445		VI.	0,12	1
		VIII.	-0,11	1		VII.	0,18	1
		IX.	0,03	1		VIII.	-0,14	1
		X.	-0,42	**0,000**		X.	-0,45	**0,000**
	V.	I.	0,23	0,062	X.	I.	0,56	**0,000**
		II.	0,31	**0,048**		II.	0,64	**0,000**
		III.	-0,04	1		III.	0,29	0,277
		IV.	0,08	1		IV.	0,42	**0,000**
		VI.	0,23	0,296		V.	0,33	**0,002**
		VII.	0,29	**0,026**		VI.	0,56	**0,000**
		VIII.	-0,02	1		VII.	0,63	**0,000**
		IX.	0,11	1		VIII.	0,31	**0,026**
		X.	-0,33	**0,002**		IX.	0,45	**0,000**

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak“ promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Tablica 17b. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
Fmax_S – vršna sila u sagitalnoj ravnini (TT)	I.	II.	0,21	1	VI.	I.	0,05	1
		III.	0,24	1		II.	0,26	1
		IV.	-0,56	**0,000**		III.	0,28	1
		V.	-0,08	1		IV.	-0,51	**0,001**
		VI.	-0,05	1		V.	-0,03	1
		VII.	-0,30	0,334		VII.	-0,26	1
		VIII.	-0,09	1		VIII.	-0,04	1
		IX.	-0,08	1		IX.	-0,04	1
		X.	0,09	1		X.	0,13	1
	II.	I.	-0,21	1	VII.	I.	0,30	0,334
		III.	0,02	1		II.	0,52	**0,014**
		IV.	-0,77	**0,000**		III.	0,54	**0,025**
		V.	-0,29	1		IV.	-0,25	1
		VI.	-0,26	1		V.	0,22	1
		VII.	-0,52	**0,014**		VI.	0,26	1
		VIII.	-0,30	1		VIII.	0,21	1
		IX.	-0,30	1		IX.	0,22	1
		X.	-0,13	1		X.	0,39	0,082
	III.	I.	-0,24	1	VIII.	I.	0,09	1
		II.	-0,02	1		II.	0,30	1
		IV.	-0,79	**0,000**		III.	0,32	1
		V.	-0,32	1		IV.	-0,47	**0,003**
		VI.	-0,28	1		V.	0,01	1
		VII.	-0,54	**0,025**		VI.	0,04	1
		VIII.	-0,32	1		VII.	-0,21	1
		IX.	-0,32	1		IX.	0,01	1
		X.	-0,15	1		X.	0,18	1
	IV.	I.	0,56	**0,000**	IX.	I.	0,08	1
		II.	0,77	**0,000**		II.	0,30	1
		III.	0,79	**0,000**		III.	0,32	1
		V.	0,48	**0,000**		IV.	-0,47	**0,002**
		VI.	0,51	**0,001**		V.	0,00	1
		VII.	0,25	1		VI.	0,04	1
		VIII.	0,47	**0,003**		VII.	-0,22	1
		IX.	0,47	**0,002**		VIII.	-0,01	1
		X.	0,64	**0,000**		X.	0,17	1
	V.	I.	0,08	1	X.	I.	-0,09	1
		II.	0,29	1		II.	0,13	1
		III.	0,32	1		III.	0,15	1
		IV.	-0,48	**0,000**		IV.	-0,64	**0,000**
		VI.	0,03	1		V.	-0,17	1
		VII.	-0,22	1		VI.	-0,13	1
		VIII.	-0,01	1		VII.	-0,39	0,082
		IX.	0,00	1		VIII.	-0,18	1
		X.	0,17	1		IX.	-0,17	1

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Tablica 17c. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
Fmax_V – vršna sila u vertikalnoj ravnini (TT)	I.	II.	1,54	0,179	VI.	I.	0,52	1
		III.	1,52	0,469		II.	2,06	**0,031**
		IV.	-2,96	**0,000**		III.	2,05	0,089
		V.	-0,79	1		IV.	-2,43	**0,000**
		VI.	-0,52	1		V.	-0,27	1
		VII.	-1,36	0,212		VII.	-0,84	1
		VIII.	-1,02	1		VIII.	-0,50	1
		IX.	-0,41	1		IX.	0,12	1
		X.	-0,28	1		X.	0,25	1
	II.	I.	-1,54	0,179	VII.	I.	1,36	0,212
		III.	-0,02	1		II.	2,90	**0,000**
		IV.	-4,50	**0,000**		III.	2,89	**0,001**
		V.	-2,33	**0,001**		IV.	-1,59	0,051
		VI.	-2,06	**0,031**		V.	0,58	1
		VII.	-2,90	**0,000**		VI.	0,84	1
		VIII.	-2,56	**0,001**		VIII.	0,35	1
		IX.	-1,95	0,061		IX.	0,99	1
		X.	-1,82	0,78		X.	1,09	1
	III.	I.	-1,52	0,469	VIII.	I.	1,02	1
		II.	0,02	1		II.	2,56	**0,001**
		IV.	-4,48	**0,000**		III.	2,54	**0,006**
		V.	-2,31	**0,008**		IV.	-1,94	**0,004**
		VI.	-2,05	0,089		V.	0,23	1
		VII.	-2,89	**0,001**		VI.	0,50	1
		VIII.	-2,54	**0,006**		VII.	-0,35	1
		IX.	-1,93	0,157		IX.	0,61	1
		X.	-1,80	0,208		X.	0,74	1
	IV.	I.	2,96	**0,000**	IX.	I.	0,41	1
		II.	4,50	**0,000**		II.	1,95	0,061
		III.	4,48	**0,000**		III.	1,93	0,157
		V.	2,17	**0,000**		IV.	-2,55	**0,000**
		VI.	2,43	**0,000**		V.	-0,38	1
		VII.	1,59	0,051		VI.	-0,12	1
		VIII.	1,94	**0,004**		VII.	-0,96	1
		IX.	2,55	**0,000**		VIII.	-0,61	1
		X.	2,68	**0,000**		X.	0,13	1
	V.	I.	0,79	1	X.	I.	0,28	1
		II.	2,33	**0,001**		II.	1,82	0,078
		III.	2,31	**0,008**		III.	1,80	0,208
		IV.	-2,17	**0,000**		IV.	-2,68	**0,000**
		VI.	0,27	1		V.	-0,51	1
		VII.	-0,58	1		VI.	-0,25	1
		VIII.	-0,23	1		VII.	-1,09	1
		IX.	0,38	1		VIII.	-0,74	1
		X.	0,51	1		IX.	-0,13	1

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Tablica 17d. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARIJABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
Fmax_R – vršna sila kao vektorska rezultanta tri ravnine (TT)	I.	II.	1,01	0,857	VI.	I.	1,09	0,242
		III.	1,00	1		II.	2,10	**0,001**
		IV.	-3,51	**0,000**		III.	2,09	**0,005**
		V.	-1,37	**0,003**		IV.	-2,43	**0,000**
		VI.	-1,09	0,242		V.	-0,28	1
		VII.	-1,94	**0,000**		VII.	-0,85	1
		VIII.	-1,61	**0,002**		VIII.	-0,53	1
		IX.	-0,99	0,501		IX.	0,10	1
		X.	-0,96	0,372		X.	0,13	1
	II.	I.	-1,01	0,857	VII.	I.	1,94	**0,000**
		III.	-0,01	1		II.	2,95	**0,000**
		IV.	-4,52	**0,000**		III.	2,94	**0,000**
		V.	-2,38	**0,000**		IV.	-1,58	**0,003**
		VI.	-2,10	**0,001**		V.	0,57	1
		VII.	-2,95	**0,000**		VI.	0,85	1
		VIII.	-2,62	**0,000**		VIII.	0,33	1
		IX.	-2,00	**0,002**		IX.	0,95	1
		X.	-1,97	**0,001**		X.	0,98	0,997
	III.	I.	-1,00	1	VIII.	I.	1,61	**0,002**
		II.	0,01	1		II.	2,62	**0,000**
		IV.	-4,52	**0,000**		III.	2,62	**0,000**
		V.	-2,37	**0,000**		IV.	-1,90	**0,000**
		VI.	-2,09	**0,005**		V.	0,25	1
		VII.	-2,94	**0,000**		VI.	0,53	1
		VIII.	-2,62	**0,000**		VII.	-0,33	1
		IX.	-1,99	**0,010**		IX.	0,62	1
		X.	-1,96	**0,007**		X.	0,65	1
	IV.	I.	3,51	**0,000**	IX.	I.	0,99	**0,501**
		II.	4,52	**0,000**		II.	2,00	**0,002**
		III.	4,52	**0,000**		III.	1,99	**0,010**
		V.	2,15	**0,000**		IV.	-2,52	**0,000**
		VI.	2,43	**0,000**		V.	-0,38	1
		VII.	1,58	**0,003**		VI.	-0,10	1
		VIII.	1,90	**0,000**		VII.	-0,95	1
		IX.	2,52	**0,000**		VIII.	-0,62	1
		X.	2,56	**0,000**		X.	0,03	1
	V.	I.	1,37	**0,003**	X.	I.	0,96	0,372
		II.	2,38	**0,000**		II.	1,97	**0,001**
		III.	2,37	**0,000**		III.	1,96	**0,007**
		IV.	-2,15	**0,000**		IV.	-2,56	**0,000**
		VI.	0,28	1		V.	-0,41	1
		VII.	-0,57	1		VI.	-0,13	1
		VIII.	-0,25	1		VII.	-0,98	0,997
		IX.	0,38	1		VIII.	-0,65	1
		X.	0,41	1		IX.	-0,03	1

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

U tablici 17e su prikazane razlike između grupa na temelju *vršnog gradijenta sile u frontalnoj ravnini (RFD_F)*. U toj varijabli grupa X (promjene smjera u frontalnoj ravnini) ima statistički značajno više vrijednosti od grupa I, II, III (grupe skokova s mjesta) i IV (kretanje u sagitalnoj ravnini). Također, značajno više vrijednosti imaju grupe VII i VIII od grupa I, II i III, dok grupe VI i IX imaju značajno više vrijednosti od grupe II. Značajna je još i razlika između grupe V i grupa I i II.

U varijabli *vršni gradijent sile u sagitalnoj ravnini (RFD_S)* značajno više vrijednosti ima grupa V (kretanje u frontalnoj ravnini) od grupa I, II, III i X, te grupa IV od grupa I i III. (tablica 17f).

U varijabli *vršni gradijent sile po vertikalnoj ravnini (RFD_V)* statistički značajno više vrijednosti imaju grupe IV, V, VI i X (grupe skokova u kretanju) od grupa I, II i III (grupe skokova u mjestu), dok grupe VII i IX imaju značajno više vrijednosti od grupa II i III. Nadalje, grupa I ima značajno više vrijednosti od grupe II (tablica 17g).

U varijabli *vršni gradijent sile kao vektorska rezultanta tri ravnine (RFD_R)* značajno više vrijednosti imaju grupe IV, V, VI, VIII i X (grupe skokova u kretanju) od grupa I, II i III (grupe skokova u mjestu), dok se grupe I, VII i IX značajno razlikuju od grupa II i III (tablica 17h).

Tablica 17e. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
RFD_F – vršni gradijent sile u frontalnoj ravnini (TT/s)	I.	II.	2,34	1	VI.	I.	5,72	0,071
		III.	1,28	1		II.	8,06	**0,018**
		IV.	-3,79	0,466		III.	7,00	0,207
		V.	-5,84	**0,009**		IV.	1,93	1
		VI.	-5,72	0,071		V.	-0,12	1
		VII.	-8,25	**0,000**		VII.	-2,54	1
		VIII.	-7,15	**0,004**		VIII.	-1,43	1
		IX.	-5,28	0,156		IX.	0,44	1
		X.	-11,59	**0,000**		X.	-5,87	0,143
	II.	I.	-2,34	1	VII.	I.	8,25	**0,000**
		III.	-1,06	1		II.	10,59	**0,000**
		IV.	-6,13	0,107		III.	9,53	**0,006**
		V.	-8,18	**0,004**		IV.	4,46	0,637
		VI.	-8,06	**0,018**		V.	2,41	1
		VII.	-10,59	**0,000**		VI.	2,54	1
		VIII.	-9,49	**0,002**		VIII.	1,10	1
		IX.	-7,62	**0,036**		IX.	2,98	1
		X.	-13,92	**0,000**		X.	-3,33	1
	III.	I.	-1,28	1	VIII.	I.	7,15	**0,004**
		II.	1,06	1		II.	9,49	**0,002**
		IV.	-5,07	1		III.	8,43	**0,030**
		V.	-7,12	0,087		IV.	3,36	1
		VI.	-7,00	0,207		V.	1,31	1
		VII.	-9,53	**0,006**		VI.	1,43	1
		VIII.	-8,43	**0,030**		VII.	-1,10	1
		IX.	-6,56	0,352		IX.	1,87	1
		X.	-12,86	**0,000**		X.	-4,43	1
	IV.	I.	3,79	0,466	IX.	I.	5,28	0,156
		II.	6,13	0,107		II.	7,62	**0,036**
		III.	5,07	1		III.	6,56	0,352
		V.	-2,05	1		IV.	1,49	1
		VI.	-1,93	1		V.	-0,56	1
		VII.	-4,46	0,637		VI.	-0,44	1
		VIII.	-3,36	1		VII.	-2,98	1
		IX.	-1,49	1		VIII.	-1,87	1
		X.	-7,79	**0,000**		X.	-6,31	0,070
	V.	I.	5,84	**0,009**	X.	I.	11,59	**0,000**
		II.	8,18	**0,004**		II.	13,92	**0,000**
		III.	7,12	0,087		III.	12,86	**0,000**
		IV.	2,05	1		IV.	7,79	**0,000**
		VI.	0,12	1		V.	5,74	0,052
		VII.	-2,41	1		VI.	5,87	0,143
		VIII.	-1,31	1		VII.	3,33	1
		IX.	0,56	1		VIII.	4,43	1
		X.	-5,74	0,052		IX.	6,31	0,070

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Tablica 17f. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
RFD_S – vršni gradijent sile u sagitalnoj ravnini (TT/s)	I.	II.	1,04	1	VI.	I.	5,73	1
		III.	6,07	1		II.	6,76	1
		IV.	-10,26	**0,013**		III.	11,79	0,517
		V.	-15,61	**0,000**		IV.	-4,54	1
		VI.	-5,73	1		V.	-9,89	0,249
		VII.	-4,36	1		VII.	1,36	1
		VIII.	-6,62	1		VIII.	-0,89	1
		IX.	-7,04	1		IX.	-1,31	1
		X.	-3,82	1		X.	1,90	1
	II.	I.	-1,04	1	VII.	I.	4,63	1
		III.	5,03	1		II.	5,40	1
		IV.	-11,30	0,139		III.	10,43	1
		V.	-16,65	**0,001**		IV.	-5,90	1
		VI.	-6,76	1		V.	-11,25	0,074
		VII.	-5,40	1		VI.	-1,36	1
		VIII.	-7,66	1		VIII.	-2,25	1
		IX.	-8,08	1		IX.	-2,68	1
		X.	-4,86	1		X.	0,54	1
	III.	I.	-6,07	1	VIII.	I.	6,62	1
		II.	-5,03	1		II.	7,66	1
		IV.	-16,33	**0,006**		III.	12,69	0,298
		V.	-21,68	**0,000**		IV.	-3,65	1
		VI.	-11,79	0,517		V.	-8,99	0,517
		VII.	-10,43	1		VI.	0,89	1
		VIII.	-12,69	0,298		VII.	2,25	1
		IX.	-13,11	0,227		IX.	-0,42	1
		X.	-9,89	1		X.	2,80	1
	IV.	I.	10,26	**0,013**	IX.	I.	7,04	1
		II.	11,30	0,139		II.	8,08	1
		III.	16,33	**0,006**		III.	13,11	0,227
		V.	-5,35	1		IV.	-3,23	1
		VI.	4,54	1		V.	-8,57	1
		VII.	5,90	1		VI.	1,31	1
		VIII.	3,65	1		VII.	2,68	1
		IX.	3,23	1		VIII.	0,42	1
		X.	6,44	1		X.	3,22	1
	V.	I.	15,61	**0,000**	X.	I.	3,82	1
		II.	16,65	**0,001**		II.	4,86	1
		III.	21,68	**0,000**		III.	9,89	1
		IV.	5,35	1		IV.	-6,44	1
		VI.	9,89	0,249		V.	-11,79	**0,020**
		VII.	11,25	0,074		VI.	-1,90	1
		VIII.	8,99	0,517		VII.	-0,54	1
		IX.	8,57	0,715		VIII.	-2,80	1
		X.	11,79	**0,020**		IX.	-3,22	1

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Tablica 17g. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
RFD_V – vršni gradijent sile u vertikalnoj ravnini (TT/s)	I.	II.	22,48	**0,014**	VI.	I.	23,13	**0,002**
		III.	21,68	0,078		II.	45,62	**0,000**
		IV.	-25,53	**0,000**		III.	44,82	**0,000**
		V.	-17,19	**0,017**		IV.	-2,38	1
		VI.	-23,13	**0,002**		V.	5,94	1
		VII.	-13,31	0,760		VII.	9,82	1
		VIII.	-20,43	**0,013**		VIII.	2,70	1
		IX.	-14,91	0,314		IX.	8,26	1
		X.	-20,75	**0,004**		X.	2,39	1
	II.	I.	-22,48	**0,014**	VII.	I.	13,31	0,760
		III.	-0,80	1		II.	35,80	**0,000**
		IV.	-48,01	**0,000**		III.	35,00	**0,000**
		V.	-39,67	**0,000**		IV.	-12,22	1
		VI.	-45,62	**0,000**		V.	-3,88	1
		VII.	-35,80	**0,000**		VI.	-9,82	1
		VIII.	-42,92	**0,000**		VIII.	-7,12	1
		IX.	-37,39	**0,000**		IX.	-1,60	1
		X.	-43,23	**0,000**		X.	-7,43	1
	III.	I.	-21,68	0,078	VIII.	I.	20,43	**0,013**
		II.	0,80	1		II.	42,92	**0,000**
		IV.	-47,21	**0,000**		III.	42,12	**0,000**
		V.	-38,87	**0,000**		IV.	-5,10	1
		VI.	-44,82	**0,000**		V.	3,24	1
		VII.	-35,00	**0,000**		VI.	-2,70	1
		VIII.	-42,12	**0,000**		VII.	7,12	1
		IX.	-36,59	**0,000**		IX.	5,53	1
		X.	-42,43	**0,000**		X.	-0,31	1
	IV.	I.	25,53	**0,000**	IX.	I.	14,91	0,341
		II.	48,01	**0,000**		II.	37,39	**0,000**
		III.	47,21	**0,000**		III.	36,60	**0,000**
		V.	8,34	1		IV.	-10,62	1
		VI.	2,40	1		V.	-2,28	1
		VII.	12,22	1		VI.	-8,23	1
		VIII.	5,10	1		VII.	1,60	1
		IX.	10,62	1		VIII.	-5,53	1
		X.	4,78	1		X.	-5,84	1
	V.	I.	17,19	**0,017**	X.	I.	20,75	**0,004**
		II.	39,67	**0,000**		II.	43,23	**0,000**
		III.	38,87	**0,000**		III.	42,43	**0,000**
		IV.	-8,34	1		IV.	-4,78	1
		VI.	-5,94	1		V.	3,56	1
		VII.	3,88	1		VI.	-2,39	1
		VIII.	-3,24	1		VII.	7,43	1
		IX.	2,28	1		VIII.	0,31	1
		X.	-3,56	1		IX.	5,84	1

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Tablica 17h. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARIJABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
RFD_R - vršni gradijent sile kao vektorska rezultanta tri ravnine (TT/s)	I.	II.	23,54	**0,008**	VI.	I.	23,66	**0,002**
		III.	23,46	**0,036**		II.	47,20	**0,000**
		IV.	-25,26	**0,000**		III.	47,20	**0,000**
		V.	-16,90	**0,024**		IV.	-1,60	1
		VI.	-23,66	**0,002**		V.	6,76	1
		VII.	-14,42	0,466		VII.	9,24	1
		VIII.	-21,70	**0,006**		VIII.	1,97	1
		IX.	-15,16	0,319		IX.	8,50	1
		X.	-22,35	**0,001**		X.	1,31	1
	II.	I.	-23,54	**0,008**	VII.	I.	14,42	0,466
		III.	-0,08	1		II.	37,96	**0,000**
		IV.	-48,80	**0,000**		III.	37,88	**0,000**
		V.	-40,44	**0,000**		IV.	-10,84	1
		VI.	-47,20	**0,000**		V.	-2,48	1
		VII.	-37,96	**0,000**		VI.	-9,24	1
		VIII.	-45,23	**0,000**		VIII.	-7,27	1
		IX.	-38,70	**0,000**		IX.	-0,74	1
		X.	-45,89	**0,000**		X.	-7,93	1
	III.	I.	-23,46	**0,036**	VIII.	I.	21,70	**0,006**
		II.	0,08	1		II.	45,23	**0,000**
		IV.	-48,72	**0,000**		III.	45,15	**0,000**
		V.	-40,36	**0,000**		IV.	-3,57	1
		VI.	-47,12	**0,000**		V.	4,80	1
		VII.	-37,88	**0,000**		VI.	-1,97	1
		VIII.	-45,15	**0,000**		VII.	7,27	1
		IX.	-38,62	**0,000**		IX.	6,53	1
		X.	-45,81	**0,000**		X.	-0,66	1
	IV.	I.	25,26	**0,000**	IX.	I.	15,16	0,319
		II.	48,80	**0,000**		II.	38,70	**0,000**
		III.	48,72	**0,000**		III.	38,62	**0,000**
		V.	8,36	1		IV.	-10,10	1
		VI.	1,60	1		V.	-1,74	1
		VII.	10,84	1		VI.	-8,50	1
		VIII.	3,57	1		VII.	0,74	1
		IX.	10,10	1		VIII.	-6,53	1
		X.	2,91	1		X.	-7,19	1
	V.	I.	16,90	**0,024**	X.	I.	22,35	**0,001**
		II.	40,44	**0,000**		II.	45,89	**0,000**
		III.	40,36	**0,000**		III.	45,81	**0,000**
		IV.	-8,36	1		IV.	-2,91	1
		VI.	-6,76	1		V.	5,45	1
		VII.	2,48	1		VI.	-1,31	1
		VIII.	-4,80	1		VII.	7,93	1
		IX.	1,74	1		VIII.	0,66	1
		X.	-5,45	1		IX.	7,19	1

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

U tablici 17i su prikazane razlike između grupa na temelju *impulsa sile u frontalnoj ravnini (FI_F)*. U toj varijabli grupa III (lateralno s mjesta) ima statistički značajno više vrijednosti od grupa IV, V, VII i IX, dok od grupe VII i sve ostale grupe imaju značajno više vrijednosti.

U varijabli *impuls sile u sagitalnoj ravnini (FI_S)* grupa II (horizontalno s mjesta) ima statistički značajno više vrijednosti od svih ostalih grupa. Dalje, vrijednosti rezultata grupe IV su značajno više u odnosu na grupe VII, IX i X (tablica 17j).

U varijabli *impuls sile u vertikalnoj ravnini (FI_V)* grupa VII (sa „cik-cak“ promjenama) ima statistički značajno više vrijednosti od grupa I i VI, dok između ostalih grupa nema značajne razlike (tablica 17k).

U varijabli koja se odnosi na *trajanje kontakta stopala s podlogom (Tcont)* statistički značajno kraće trajanje ima grupa VI (promjene smjera u sagitalnoj ravnini) od grupa II i VII, te grupa VIII od grupe VII (tablica 17l).

Tablica 17i. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
FI_F – impuls sile u frontalnoj ravnini (TT*s)	I.	II.	-0,01	1	VI.	I.	-0,02	1
		III.	-0,10	0,140		II.	-0,03	1
		IV.	0,02	1		III.	-0,12	0,062
		V.	0,02	1		IV.	0,00	1
		VI.	0,02	1		V.	0,00	1
		VII.	0,18	**0,000**		VII.	0,15	**0,000**
		VIII.	0,02	1		VIII.	-0,01	1
		IX.	0,04	1		IX.	0,02	1
		X.	-0,03	1		X.	-0,05	1
	II.	I.	0,01	1	VII.	I.	-0,18	**0,000**
		III.	-0,10	0,837		II.	-0,18	**0,000**
		IV.	0,03	1		III.	-0,28	**0,000**
		V.	0,03	1		IV.	-0,15	**0,000**
		VI.	0,03	1		V.	-0,16	**0,000**
		VII.	0,18	**0,000**		VI.	-0,15	**0,000**
		VIII.	0,02	1		VIII.	-0,16	**0,000**
		IX.	0,04	1		IX.	0,14	**0,001**
		X.	-0,02	1		X.	0,20	**0,000**
	III.	I.	0,10	0,140	VIII.	I.	-0,02	1
		II.	0,10	0,837		II.	-0,02	1
		IV.	0,13	**0,016**		III.	-0,12	0,092
		V.	0,12	**0,035**		IV.	0,01	1
		VI.	0,12	0,062		V.	0,00	1
		VII.	0,28	**0,000**		VI.	0,01	1
		VIII.	0,12	0,092		VII.	0,16	**0,000**
		IX.	0,14	**0,017**		IX.	0,02	1
		X.	0,08	1		X.	-0,04	1
	IV.	I.	-0,02	1	IX.	I.	-0,04	1
		II.	-0,03	1		II.	-0,04	1
		III.	-0,13	**0,016**		III.	-0,14	**0,017**
		V.	-0,01	1		IV.	-0,01	1
		VI.	0,00	1		V.	-0,02	1
		VII.	0,15	**0,000**		VI.	-0,02	1
		VIII.	-0,01	1		VII.	0,14	**0,001**
		IX.	0,01	1		VIII.	-0,02	1
		X.	-0,05	1		X.	-0,06	1
	V.	I.	-0,02	1	X.	I.	0,03	1
		II.	-0,03	1		II.	0,02	1
		III.	-0,12	**0,035**		III.	-0,08	1
		IV.	0,01	1		IV.	0,05	1
		VI.	0,00	1		V.	0,04	1
		VII.	0,16	**0,000**		VI.	0,05	1
		VIII.	0,00	1		VII.	0,20	**0,000**
		IX.	0,02	1		VIII.	0,04	1
		X.	-0,04	1		IX.	0,06	1

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Tablica 17j. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
FI_S – impuls sile u sagitalnoj ravnini (TT*s)	I.	II.	-0,14	**0,000**	VI.	I.	-0,06	0,158
		III.	0,01	1		II.	-0,19	**0,000**
		IV.	-0,04	0,227		III.	-0,05	1
		V.	0,01	1		IV.	-0,10	**0,000**
		VI.	0,06	0,158		V.	-0,05	0,504
		VII.	0,03	1		VII.	-0,03	1
		VIII.	0,01	1		VIII.	-0,05	1
		IX.	0,03	1		IX.	-0,03	1
		X.	0,02	1		X.	-0,04	1
	II.	I.	0,14	**0,000**	VII.	I.	-0,03	1
		III.	0,15	**0,000**		II.	-0,17	**0,000**
		IV.	0,09	**0,001**		III.	-0,02	1
		V.	0,14	**0,000**		IV.	-0,07	**0,009**
		VI.	0,19	**0,000**		V.	-0,02	1
		VII.	0,17	**0,000**		VI.	0,03	1
		VIII.	0,15	**0,000**		VIII.	-0,02	1
		IX.	0,16	**0,000**		IX.	0,00	1
		X.	0,16	**0,000**		X.	-0,01	1
	III.	I.	-0,01	1	VIII.	I.	-0,01	1
		II.	-0,15	**0,000**		II.	-0,15	**0,000**
		IV.	-0,05	1		III.	0,00	1
		V.	0,00	1		IV.	-0,05	0,366
		VI.	0,05	1		V.	0,00	1
		VII.	0,02	1		VI.	0,05	1
		VIII.	0,00	1		VII.	0,02	1
		IX.	0,02	1		IX.	0,02	1
		X.	0,01	1		X.	0,01	1
	IV.	I.	0,04	0,227	IX.	I.	-0,03	1
		II.	-0,09	**0,001**		II.	-0,16	**0,000**
		III.	0,05	1		III.	-0,02	1
		V.	0,05	0,140		IV.	-0,07	**0,018**
		VI.	0,10	**0,000**		V.	-0,02	1
		VII.	0,07	**0,009**		VI.	0,03	1
		VIII.	0,05	0,366		VII.	0,00	1
		IX.	0,07	**0,018**		VIII.	-0,02	1
		X.	0,06	**0,023**		X.	-0,01	1
	V.	I.	-0,01	1	X.	I.	-0,02	1
		II.	-0,14	**0,000**		II.	-0,16	**0,000**
		III.	0,00	1		III.	-0,01	1
		IV.	-0,05	0,140		IV.	-0,06	**0,023**
		VI.	0,05	0,504		V.	-0,01	1
		VII.	0,02	1		VI.	0,04	1
		VIII.	0,00	1		VII.	0,01	1
		IX.	0,02	1		VIII.	-0,01	1
		X.	0,01	1		IX.	0,01	1

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak“ promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Tablica 17k. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARI JABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	p
FI_V - impuls sile u vertikalnoj ravnini (TT*s)	I.	II.	-0,05	1	VI.	I.	-0,08	1
		III.	-0,04	1		II.	-0,13	1
		IV.	-0,18	1		III.	-0,12	1
		V.	-0,17	1		IV.	-0,26	0,799
		VI.	0,08	1		V.	-0,25	1
		VII.	-0,37	**0,030**		VII.	-0,45	**0,017**
		VIII.	-0,02	1		VIII.	-0,10	1
		IX.	-0,02	1		IX.	-0,10	1
		X.	-0,01	1		X.	-0,09	1
	II.	I.	0,05	1	VII.	I.	0,37	**0,030**
		III.	0,02	1		II.	0,32	0,870
		IV.	-0,13	1		III.	0,33	1
		V.	-0,12	1		IV.	0,19	1
		VI.	0,13	1		V.	0,20	1
		VII.	-0,32	0,870		VI.	0,45	**0,017**
		VIII.	0,03	1		VIII.	0,35	0,237
		IX.	0,04	1		IX.	0,35	0,235
		X.	0,05	1		X.	0,37	0,099
	III.	I.	0,04	1	VIII.	I.	0,02	1
		II.	-0,02	1		II.	-0,03	1
		IV.	-0,14	1		III.	-0,02	1
		V.	-0,13	1		IV.	-0,16	1
		VI.	0,12	1		V.	-0,15	1
		VII.	-0,33	1		VI.	0,10	1
		VIII.	0,02	1		VII.	-0,35	0,237
		IX.	0,02	1		IX.	0,00	1
		X.	0,03	1		X.	0,02	1
	IV.	I.	0,18	1	IX.	I.	0,02	1
		II.	0,13	1		II.	-0,04	1
		III.	0,14	1		III.	-0,02	1
		V.	0,01	1		IV.	-0,16	1
		VI.	0,26	0,799		V.	-0,15	1
		VII.	-0,19	1		VI.	0,10	1
		VIII.	0,16	1		VII.	-0,35	0,235
		IX.	0,16	1		VIII.	0,00	1
		X.	0,18	1		X.	0,02	1
	V.	I.	0,17	1	X.	I.	0,01	1
		II.	0,12	1		II.	-0,05	1
		III.	0,13	1		III.	-0,03	1
		IV.	-0,01	1		IV.	-0,18	1
		VI.	0,25	1		V.	-0,17	1
		VII.	-0,20	1		VI.	0,09	1
		VIII.	0,15	1		VII.	-0,37	0,099
		IX.	0,15	1		VIII.	-0,02	1
		X.	0,17	1		IX.	-0,02	1

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

Tablica 17l. *Razlike između aritmetičkih sredina (AS) grupa I do X*

VARIJABLA	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	značajnost	Grupa (a)	Grupa (b)	(a-b) prosječna razlika AS	značajnost
Tcont – trajanje kontakta stopala s podlogom (s)	I.	II.	-0,231	1	VI.	I.	-0,237	1
		III.	-0,236	1		II.	-0,469	**0,038**
		IV.	0,001	1		III.	-0,473	0,088
		V.	-0,105	1		IV.	-0,236	1
		VI.	0,237	1		V.	-0,343	0,146
		VII.	-0,255	0,980		VII.	-0,492	**0,007**
		VIII.	0,172	1		VIII.	-0,065	1
		IX.	0,148	1		IX.	-0,089	1
		X.	0,119	1		X.	-0,118	1
	II.	I.	0,231	1	VII.	I.	0,255	0,980
		III.	-0,005	1		II.	0,024	1
		IV.	0,233	1		III.	0,019	1
		V.	0,126	1		IV.	0,256	1
		VI.	0,469	**0,038**		V.	0,150	1
		VII.	-0,024	1		VI.	0,492	**0,007**
		VIII.	0,403	0,176		VIII.	0,427	**0,046**
		IX.	0,380	0,294		IX.	0,403	0,084
		X.	0,350	0,389		X.	0,374	0,106
	III.	I.	0,236	1	VIII.	I.	-0,172	1
		II.	0,005	1		II.	-0,403	0,176
		IV.	0,237	1		III.	-0,408	0,332
		V.	0,131	1		IV.	-0,171	1
		VI.	0,473	0,088		V.	-0,277	0,754
		VII.	-0,019	1		VI.	0,065	1
		VIII.	0,408	0,332		VII.	-0,427	**0,046**
		IX.	0,384	0,518		IX.	-0,024	1
		X.	0,355	0,690		X.	-0,053	1
	IV.	I.	-0,001	1	IX.	I.	-0,148	1
		II.	-0,233	1		II.	-0,380	0,294
		III.	-0,237	1		III.	-0,384	0,518
		V.	-0,107	1		IV.	-0,147	1
		VI.	0,236	1		V.	-0,254	1
		VII.	-0,256	1		VI.	0,089	1
		VIII.	0,171	1		VII.	-0,403	0,084
		IX.	0,147	1		VIII.	0,024	1
		X.	0,118	1		X.	-0,029	1
	V.	I.	0,105	1	X.	I.	-0,119	1
		II.	-0,126	1		II.	-0,350	0,389
		III.	-0,131	1		III.	-0,355	0,690
		IV.	0,107	1		IV.	-0,118	1
		VI.	0,343	0,146		V.	-0,224	1
		VII.	-0,150	1		VI.	0,118	1
		VIII.	0,277	0,754		VII.	-0,374	0,106
		IX.	0,254	1		VIII.	0,053	1
		X.	0,254	1		IX.	0,029	1

Legenda: *I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini*

5. RASPRAVA

Temeljni cilj ovog istraživanja bio je vezan uz diskriminativnost kinetičkih varijabli sile reakcije podloge (vršne sile reakcije podloge, vršnog gradijenta sile i impulsa sile) kod skokova koji su klasificirani s obzirom na standardne kriterije u praksi - *lateralnost, korištenje zamaha rukama, režime mišićnog rada* i *smjer kretanja*. Prema spoznajama autora, ovo je prvo istraživanje koje je biomehanički vrjednovalo reprezentativan broj skakačkih sadržaja (n = 195), izvedenih od strane iskusnih i vještih sportaša-atletičara. Pored toga, ovo je, prema saznanjima autora, prvo istraživanje koje je utvrđivalo kinetičke razlike u grupama skokova, klasificiranih prema znanstveno i praktično utemeljenim kriterijima lateralnosti, korištenja zamaha ruku, režima rada mišića te smjera kretanja.

Općenito gledajući, rezultati su potvrdili postavljenu istraživačku hipotezu za svaki od korištenih kriterija klasifikacije skokova. Konkretno, kinetičke varijable izvedene iz sile reakcije podloge statistički značajno razlikuju pojedine grupe skokova, klasificirane temeljem odabranih kriterija. Ispostavilo se da svaka od jedanaest istraživanih kinetičkih varijabli značajno razlikuje grupe skokova u barem jednom od odabranih kriterija. Ovi nalazi potvrđuju važnost i korisnost primjene kinetičkih varijabli sile reakcije podloge u opisivanju, vrjednovanju i klasifikaciji skakačkih sadržaja. U daljnjem tekstu slijedi metodološki osvrt na klasifikaciju skokova, rasprava utvrđenih rezultata po svakom od kriterija te ograničenja i praktične implikacije ovog istraživanja.

5.1. METODOLOŠKE OSOBITOSTI BIOMEHANIČKOG VRJEDNOVANJA SKOKOVA

Intenzitet pliometrijske vježbe se može promatrati kroz unutarnje i vanjske faktore *(Jarvis, Graham-Smith i Comfort, 2014).* Vanjske faktore predstavljaju mehanička opterećenja koja se mogu mjeriti uz pomoć sila reakcije podloge. Unutarnji faktori se mogu opisati kao neuro-muskularni odgovori organizma sa ciljem svladavanja vanjskih opterećenja, a najčešće se mjere aktivacijom mišića. Temeljem navedenog te pregledom dosadašnjih istraživanja može se uočiti kako postoje dva opća pristupa u biomehaničkom vrjednovanju skakačkih sadržaja: **kinetički** i **elektromiografski pristup** *(Jarvis, Graham-Smith i Comfort, 2014; Jensen i Ebben , 2002; Ebben, Simenz i Jensen, 2008; Ebben i sur., 2010; Jensen i Ebben, 2007; Sugisaki, Okada i Kanehisa, 2013; Wallace i sur., 2010; Bobbert i van Zandwijk, 1999; Ebben, Simenz i Jensen, 2008; Hay, de Souza i Fukashiro, 2006).*

5.1.1. Kinetički pristup

Kinetički pristup se temelji na kinetičkim varijablama izvedenim iz sile reakcije podloge i inverzne dinamike te obuhvaća silu reakcije podloge, gradijent sile, mehaničku snagu, impuls sila te segmentalnu kinetiku, odnosno momente sila u relevantnim zglobovima koji čine kinetički lanac skakača. Taj pristup su do sada koristili brojni istraživači u biomehaničkom vrjednovanju skokova te klasifikaciji skokova s obzirom na intenzitet opterećenja *(Jarvis, Graham-Smith i Comfort, 2014; Jensen i Ebben , 2002; Ebben, Simenz i Jensen, 2008; Ebben i sur., 2010; Jensen i Ebben, 2007; Sugisaki, Okada i Kanehisa, 2013; Wallace i sur., 2010).* Nekoliko je istraživačkih grupa pokazalo kako navedene varijable, izmjerene u tipičnim skakačkim sadržajima, imaju visoku test-retest pouzdanost *(Jarvis, Graham-Smith i Comfort, 2014; Jensen i Ebben, 2007).* Ti nalazi daju čvrsto uporište u primjeni ovih kinetičkih varijabli u evaluaciji skakačkih sadržaja.

Sila reakcije podloge

Sila je vektorska fizikalna veličina kojim se opisuje svaki utjecaj na promjenu oblika, strukture i brzine tijela ili čestice. Sila reakcije podloge se opisuje trećim Newtonovim zakonom (akcija-reakcija), odnosno ako tijelo djeluje na podlogu određenom silom, podloga će djelovati na tijelo silom iste veličine, ali suprotnog smjera. Istraživanja koja su koristila vršnu silu reakcije podloge u evaluaciji pliometrijskih skakačkih vježbi su najbrojnija. Wallace i sur. (2010) su utvrdili značajne razlike u vršnoj sili reakcije podloge između nekoliko najzastupljenijih vrsta skokova (dubinski skokovi, vertikalni skokovi s mjesta, horizontalni skokovi s mjesta, uzastopni vertikalni skokovi). Uzorak ispitanika su bili iskusni atletičari-skakači i atletičari-sprinteri (n = 14). No, Jensen i Ebben (2007) s druge strane, koristeći istu varijablu nisu pronašli značajne razlike između sličnih i još nekoliko popularnih skokova (dubinski skokovi sa 46 i 61 cm, „pike“ skokovi, „tuck“ skokovi, skokovi s predpripremom (CMJ), skokovi iz čučnja (SJ) i skokovi iz čučnja s dodatnim vanjskim opterećenjem). Zaključili su da je izostanak statistički značajne razlike vjerojatno uzrokovan malim uzorkom ispitanika (n = 6) te njihovim velikim varijabilitetom u izvedbi vježbi. Naime, uzorak u Jensenovom i Ebbenovom istraživanju su bili osim atletičara, odbojkaši i hrvači, i to oba spola, te su zaključili da snaga ispitanika vjerojatno utječe na rezultate. Primjerice, vršna sila reakcije podloge normalizirana prema tjelesnoj težini kod najviših dubinskih skokova u istraživanju Wallaca i suradnika iznosila je 5,4 TT, dok je kod Jensena i Ebbena utvrđena vrijednost od 3,9 TT. Iako se skokovi uz pomoć vršne sile reakcije podloge mogu rangirati, ovi rezultati ukazuju da ta mjera ne može detaljno objasniti razlike između njih jer je uvelike vezana uz vrstu uzorka ispitanika (njihovu upoznatost s vježbama i način izvedbe), vrstu i razinu tjelesne pripremljenosti, spol, dob i tjelesnu masu. Ona ne može direktno opisati specifični stres koji se javlja u mišićno-vezivnom i zglobnom sustavu niti razlučiti razlike među skokovima s obzirom na vrijeme potrebno za proizvodnju vršne sile. No, vršna sila reakcije podloge normalizirana s obzirom na težinu može biti mjera uz pomoć koje treneri i sportaši mogu jednostavno uspoređivati pojedince ili vježbe. Kao mjera opterećenja, vršna sila ima odličnu statističku snagu razlikovanja grupa (P = 1,0), pouzdanost (r = 0,92) te dobru osjetljivost (15,1 % = najmanja pouzdano uočena razlika) *(Jarvis, Graham-Smith i Comfort, 2014)*. Prema Harmanu i sur. (1990) test-retest pouzdanost iste varijable je iznosila visokih r = 0,97. Stoga se normalizirana vršna sila reakcije podloge ipak treba uzimati u obzir prilikom kvantifikacije pliometrijskog opterećenja.

Gradijent sile

Gradijent sile, definiran kao sila razvijena u jedinici vremena se također koristi u brojnim istraživanjima *(Jarvis, Graham-Smith i Comfort, 2014; Jensen i Ebben, 2007; Cappa i Behm, 2011; Kossow i sur, 2015)*. Iako uz pomoć vršne sile reakcije podloge nisu utvrdili značajne razlike, Jensen i Ebben (2007) su u ranije spomenutom istraživanju utvrdili značajne razlike između istih skokova putem gradijenta sile. Takvi rezultati sugeriraju da gradijent sile može biti osjetljivija mjera opterećenja od vršne sile reakcije podloge. To se uglavnom odnosi na razlike u apsorpciji sile u ekscentričnoj fazi, dok u koncentričnoj fazi značajnih razlika nema. Autori su kao moguće razloge naveli različite tehnike kontakta stopala s podlogom (prednjim dijelom ili cijelom površinom stopala) te različitost samih vježbi (visina saskoka kod dubinskih skokova, lateralnost, dodatno vanjsko opterećenje ili rasterećenje). Visoka razina ekscentrične aktivnosti jedan je od ključnih faktora pliometrijskih vježbi, osobito u brzom SSC mišićnom režimu rada. Cappa i Behm (2011) su uspoređivali bilateralne i unilateralne skokove preko prepona s vertikalnim skokom s mjesta (CMJ) na trinaest sportaša. Utvrdili su značajne razlike u vršnoj sili reakcije podloge između CMJ i bilateralnih skokova preko prepona te između bilateralnih i unilateralnih skokova preko prepona međusobno. No, uz pomoć gradijenta sile osim tih razlika utvrdili su i značajne međusobne razlike između bilateralnih skokova preko prepona na različitim visinama. Takvi rezultati sugeriraju da gradijent sile može biti osjetljivija mjera opterećenja od vršne sile reakcije podloge. Kao mjera opterećenja gradijent sile (RFD) ima odličnu statističku snagu u diskriminaciji skokova (P = 1,0), test-retest pouzdanost (r = 0,91) te dobru osjetljivost (18,8 % = najmanja pouzdano uočena razlika) *(Jarvis, Graham-Smith i Comfort, 2014)*. Prema Harmanu i sur. (1990) test-retest pouzdanost iste mjere je iznosila visokih r = 0,98. No, iako je gradijent sile osjetljivija i jednako pouzdana mjera opterećenja kao vršna sila reakcije podloge niti ona ne može direktno opisati specifični stres koji se javlja u mišićno-vezivnom i zglobnom sustavu niti razlučiti razlike među skokovima s obzirom na ukupno vrijeme odraza. Prema svojoj definiciji RFD izostavlja ukupno trajanje odraza te u obzir uzima „samo“ vrijeme potrebno za ostvarivanje vršne sile. Ukupno vrijeme odraza je bitan faktor u određivanju ukupnog opterećenja kojeg u obzir uzima *impuls sile*.

Impuls sile

Impuls sile predstavlja površinu ispod krivulje sila-vrijeme i odgovara količini gibanja (momentumu) tijela. To je mjera koja u obzir uzima vršnu silu, gradijent sile te ukupno vrijeme odraza. Stoga se može reći da među tri do sada nabrojane kinetičke mjere, impuls sile najbolje opisuje mehanički izlaz pri izvedbi skokova. Ukupno vrijeme odraza, vršna sila i gradijent sile se mogu značajno razlikovati među skokovima. Stoga impuls sile omogućuje direktnu usporedbu različitih vrsta skokova. Siff i Verkoshansky (2009) su predložili impuls sile kao valjanu mjeru pliometrijskog intenziteta koju koriste mnogi istraživači *(Jensen i Ebben, 2002; Jarvis, Graham-Smith i Comfort, 2014; McNitt-Gray, 1991; Harman i sur, 1990).* Jarvis, Graham-Smith i Comfort (2014) su na uzorku sedam zdravih muškaraca evaluirali prikladnost različitih neuro-muskularnih i mehaničkih varijabli s ciljem opisivanja intenziteta sedam najzastupljenijih pliometrijskih sadržaja. Impuls sile se pokazao kao najosjetljivija mjera (4,3 % = najmanja uočena razlika), s odličnom statističkom snagom (P = 1,0) i s najvećom pouzdanosti među kinetičkim varijablama (interklasni koeficijent korelacije = 0,95). Harman i sur. (1990) su u svom istraživanju učinaka zamaha rukama i predpripreme na vertikalni skok kod 18 tjelesno aktivnih muškaraca također utvrdili izrazito visoku pouzdanost impulsa sile (interklasni koeficijent korelacije = 0,99). No, bez obzira na ove karakteristike, ako se impuls sile samostalno uzima kao mjera intenziteta mogu se izgubiti neki bitni detalji ukupnog opterećenja kao što je ukupni mehanički stres izazvan određenom vježbom. Za razliku od impulsa sile, vršna sila reakcije podloge i vršni gradijent sile opisuju upravo vršne vrijednosti mehaničkog stresa tijekom izvedbe pliometrijskih sadržaja. Stoga je važno prilikom određivanja ukupnog opterećenja uz impuls sile uzimati u obzir i mjeru vršne sile reakcije podloge i vršnoga gradijenta sile.

Mehanička snaga

Mehanička snaga se definira kao obavljeni mehanički rad u jedinici vremena. Ovu mjeru u svojim istraživanjima također koriste mnogi autori *(Bobbert i sur., 1986; Harman i sur., 1990; Van Lieshout i sur., 2014; Sugisaki i sur., 2013)*. Van Lieshout i sur. (2014) su na mješovitom uzorku od 10 sportaša i sportašica (plivanje, nogomet i lacrosse) htjeli rangirati i kvantificirati opterećenje putem (negativne) mehaničke snage u zglobovima (kuk, koljeno i gležanj). Rezultati tog istraživanja su bili u suprotnosti sa standardnom procjenom intenziteta opterećenja do tada. Primjerice 25,9 W/kg kod tzv. „box" skokova je bilo značajno niže od 46,6 W/kg izračunatih kod skoka udalj s mjesta. Skok udalj s mjesta se uoči tog istraživanja smatrao skokom niskog intenziteta, a „box" skokovi srednjeg intenziteta. Isto tako nije uočena značajna razlika između skokova za koje se smatralo da su visokog intenziteta („tuck" skokovi i dubinski skokovi) i skokova niskog intenziteta (CMJ, skok udalj i skok unazad s mjesta). Autori su utvrdili da niti segmentalna (po zglobovima) niti ukupna mehanička snaga ne koreliraju s tradicionalnim rangiranjem vježbi po intenzitetu opterećenja te su zaključili da je potrebno uzeti u obzir mehanički izlaz svakog pojedinog zgloba prilikom evaluacije intenziteta pliometrijskih vježbi. Do sličnih zaključaka su došli Sugisaki i sur. (2013). S druge strane, Bobbert i sur. (1986) su na uzorku od 13 rukometaša sa ciljem biomehaničkog vrjednovanja dubinskih skokova i CMJ utvrdili značajnu razliku u mehaničkoj snazi između tih vrsta skokova samo u zglobu koljena, dok je u gležnju i kuku nije bilo. Isto tako, utvrdili su da je kod CMJ bez zamaha rukama veći prosječni moment sile u zglobu kuka nego kod CMJ sa zamahom rukama. Rezultati su u suprotnosti s rezultatima većine studija koje navode da je CMJ sa zamahom rukama intenzivniji od CMJ bez zamaha *(Harman i sur., 1990; Feltner, Fraschetti i Crisp, 1999; Lees, Vanrenteghem i De Clercq, 2004)*. Takvi rezultati ukazuju na drugačije rangiranje odabranih skokova u odnosu na varijable sile reakcije podloge.

Mehanička snaga može dati neke informacije (npr. snagu po zglobovima) koje ne mogu dati prethodne tri kinetičke varijable. No, nedostatak ove mjere se ponovno očituje kroz nemogućnost detaljnog određivanja specifičnog stresa koji je izazvan vršnom silom i gradijentom sile. Pouzdanost ove mjere kod nekih skokova je niža nego kod prethodnih mjera te iznosi r = 0,57 i 0,744 kod skoka iz čučnja (SJ) sa i bez zamaha rukama *(Harman i sur., 1990)*. Osim toga, visoka cijena kinematičkih sustava, zahtjevnost provedbe mjerenja i obrade podataka za praktičare može predstavljati dodatni problem.

5.1.2. Elektromiografski pristup

Drugi, elektromiografski pristup, temelji se na primjeni površinske elektromiografije (EMG) u evaluaciji pliometrijskih skakačkih zadataka *(Bobbert i sur., 2008; Fauth i sur., 2010; Ebben, Simenz i Jensen, 2008; Jarvis, Graham-Smith i Comfort, 2014; Gollhoferl i sur., 1990)*. Fauth i sur. (2010) su na uzorku 24 studenta oba spola istraživali pouzdanost EMG mjera mišića quadricepsa i biceps femorisa kod nekoliko izometrijskih i balističkih pokreta. Utvrdili su visoku prosječnu pouzdanost EMG varijabli ($r > 0,80$), s većinom vrijednosti iznad 0,90. No, te niže vrijednosti su utvrđene kod balističkih pokreta kao što su vertikalni skokovi. Jarvis, Graham-Smith i Comfort (2014) su na uzorku sedam zdravih muškaraca evaluirali prikladnost različitih neuro-muskularnih i mehaničkih varijabli s ciljem opisivanja intenziteta sedam najzastupljenijih pliometrijskih sadržaja. Utvrdili su visoku prosječnu statističku snagu EMG varijabli ($P \geq 0,86$), no s nešto većim varijabilitetom od kinetičkih varijabli. Pouzdanost je također visoka ($r \geq 0,82$), što je u skladu s rezultatima Gollhofera i sur. (1990) te ranije spomenutog Fautha i sur. (2010). Iako se EMG aktivnost izmjerena kod pojedine pliometrijske vježbe može smatrati indikatorom neuro-muskularnog opterećenja dobre pouzdanosti, ta mjera ima nekoliko nedostataka. Za mnoge praktičare nije brzo i lako provedivo mjerenje zbog invanzivnosti opreme i količine vremena potrebnog za pripremu mjerenja. Osim toga, nedostatak je i visoka cijena opreme te potrebno vrijeme za pripremu i obradu signala. Nadalje, sa ciljem objektivnog kvantificiranja opterećenja pliometrijskih vježbi, EMG pokazuje neke suprotne rezultate u odnosu na druge mjere. Primjerice, razina EMG aktivnosti kod CMJ je veća nego kod dubinskog skoka ili „tuck“ skoka za koje se temeljem svih drugih kinetičkih varijabli smatra da su intenzivniji. Drugi primjer jest pojava bilateralnog deficita koji se smatra uzrokom zašto je mehanički izlaz po jednoj nozi manji kod BI, nego kod UNI skokova. No, bez obzira na to nisu pronađene značajne razlike u EMG aktivnosti između BI i UNI skokova *(Jarvis, Graham-Smith i Comfort, 2014; Bobbert i sur., 2006)*.

Prilikom pripreme i provedbe ove disertacije odabran je kinetički, a ne elektromiografski pristup. To je učinjeno iz nekoliko razloga. Prvo, uvidom u dosadašnja istraživanja može se vidjeti veća pouzdanost kinetičkih varijabli od EMG varijabli što je navedeno i objašnjeno ranije. To se prije svega odnosi na balističke pokrete u koje spada najveći broj skokova. Drugi razlog je organizacijske prirode. Naime, s obzirom na višednevno trajanje eksperimenta, izrazito veliki broj istraživanih skokova te očekivano velike brzine i

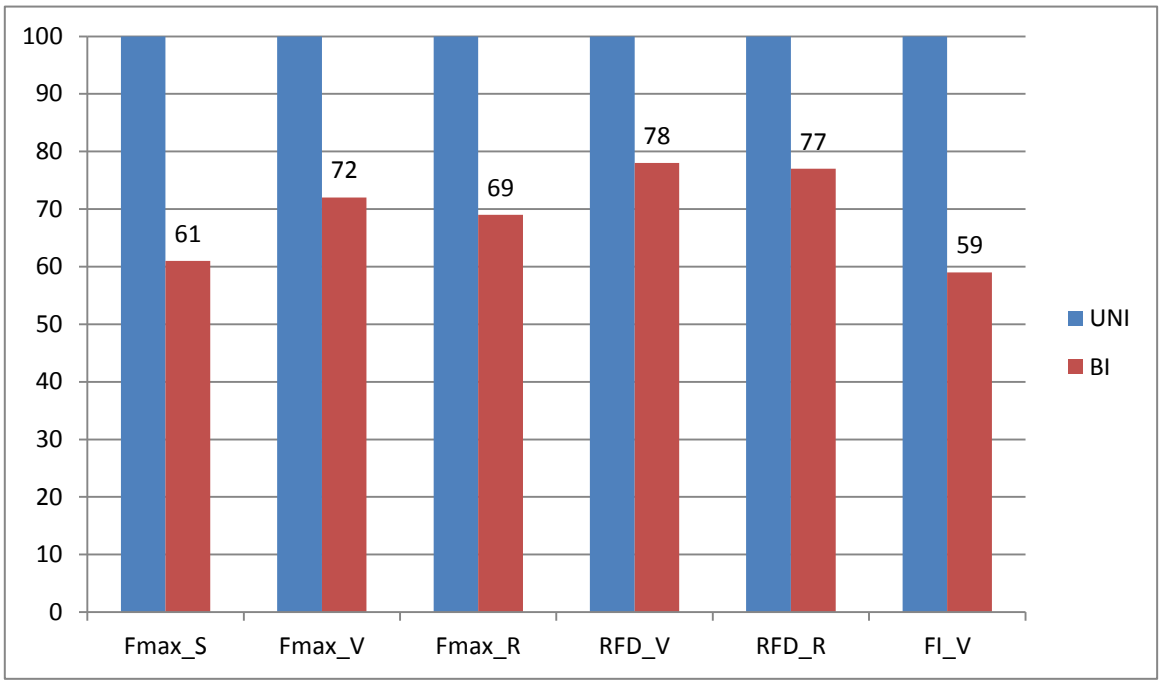
sile kod mnogih skokova, dolazi do gubitka kontakta EMG uređaja i kože pa se stoga često ne registriraju signali. To bi iziskivalo veliki broj ponavljanja visoko intenzivnih skokova i dodatno opterećivanje ispitanika te produljenje eksperimenta. Stoga je odabran kinetički pristup s tri kinetičke varijable: *vršna sila reakcije podloge, vršni gradijent sile* i *impuls sile.* Ranije su objašnjene prednosti i nedostaci tih varijabli prilikom kvantifikacije pliometrijskog opterećenja pa je stoga odlučeno kombiniranje te tri varijable radi kvalitetnijeg opisivanja intenziteta opterećenja. Sve su varijable mjerene u tri ravnine: *vertikalnoj, sagitalnoj* i *frontalnoj* te su za analizu korištene vršne (maksimalne) vrijednosti. Tako se dobio detaljniji pristup kojim se mogu kvalitetnije opisivati i razlikovati grupe skokova.

Važnost odabira kinetičkog pristupa se očituje i po tome što omogućuje jednostavno kvantificiranje opterećenja po ekstremitetu (po jednoj nozi) normalizirano s obzirom na tjelesnu težinu. Takav pristup olakšava usporedbu različitih vrsta skokova i ispitanika te lakšu komparaciju s rezultatima drugih istraživača. Također, s obzirom da su u eksperimentu korištene dvije platforme za mjerenje sile, precizno se kvantificiralo unilateralno opterećenje kod bilateralnih skokova u različitim modalitetima (asimetrično, alternativno asimetrično, unutarnja i vanjska noga kod promjena smjera ili kretanja u frontalnoj ravnini).

U dosadašnjim su istraživanjima utvrđene razne razlike između pojedinih skakačkih, prije svega pliometrijskih sadržaja. Novost ovog istraživanja je izrazito veliki broj, odnosno reprezentativan broj skokova i modaliteta njihove izvedbe s obzirom na odabrane kriterije. Naime, u dostupnoj se literaturi nalaze rezultati koji prvenstveno opisuju kvantifikaciju intenziteta različitih vertikalnih pliometrijskih sadržaja, kao što su vertikalni skokovi u mjestu (SJ i CMJ), dubinski skokovi te skokovi s mjesta u kretanje. Ovo istraživanje značajno proširuje spoznaje zato što obuhvaća gotovo sve vrste skokova koji se pojavljuju u praksi te ih uz pomoć praktično i znanstveno utemeljenih kriterija klasificira u grupe. Tako klasificirane grupe skokova uz pomoć dokazano pouzdanih kinetičkih mjera diskriminira te objašnjava utvrđene razlike. Na temelju tako utvrđenih rezultata, općenito se može konstatirati da kinetičke varijable izvedene iz sila reakcije podloge mogu poslužiti kao objektivno mjerilo kvantifikacije opterećenja i diskriminiranja skakačkih sadržaja.

5.2. BIOMEHANIČKO VRJEDNOVANJE SKOKOVA PREMA KRITERIJU LATERALNOSTI

Glavni nalaz ovog istraživanja ide u prilog dosadašnjim istraživanjima i tvrdnji da su unilateralni (UNI) skokovi intenzivniji od bilateralnih (BI) skokova. To znači da skup odabranih kinetičkih varijabli može statistički značajno razlikovati grupu unilateralnih od grupe bilateralnih skokova. Statistički su značajno više vrijednosti utvrđene kod UNI skokova u 6 od 12 istraživanih varijabli. U varijabli koja se odnosi na **vršnu silu reakcije podloge** *(Fmax)* kod UNI skokova su utvrđene značajno veće vrijednosti od BI skokova u *sagitalnoj (Fmax_S)* i *vertikalnoj (Fmax_V)* ravnini, te *rezultantno (Fmax_R)*. U varijabli koja se odnosi na **vršni gradijent sile** *(RFD)* su kod UNI skokova utvrđene značajno veće vrijednosti u *vertikalnoj (RFD_V)* ravnini i *rezultantno (RFD_R)*, a što se tiče **impulsa sile** *(FI)* značajna je razlika utvrđena samo u *vertikalnoj (FI_V)* ravnini (slika 12). Grafički prikaz rezultata je na temelju postotnih omjera u odnosu na najveće vrijednosti u varijablama iz tablice 7.



Slika 12. Relativne razlike između UNI i BI skokova u mehaničkim varijablama u kojima je utvrđena statistički značajna razlika

Utvrđivanje razlika u performansama između UNI i BI skokova relativno je istraženo te se najviše odnosilo na istraživanje pojave *bilateralnog deficita (Hay, de Souza i Fukashiro, 2006; Challis, 1998; Bračič i sur, 2010; Pain, 2014)*. Bilateralni se deficit opisuje kao fenomen smanjene maksimalne voljne sile mišićne kontrakcije tijekom sinkroniziranih bilateralnih pokreta u usporedbi sa sumom identičnih unilateralnih pokreta *(Jakobi i Chilibeck, 2001)*. Seher i sur. (1976) su utvrdili da je tijekom maksimalne voljne ekstenzije nogu prosječna sila za 15 i 23% veća kod UNI u odnosu na BI pokrete. Hay, de Souza i Fukashiro (2006) su utvrdili da se bilateralni deficit kreće u rasponu od 9,1 do 20,9 % kod horizontalnog potiska nogama s opterećenjem od 1 tjelesne mase, a između 6,1 i 20,7 % s opterećenjem od 2 tjelesne mase.

Razlike između UNI i BI skokova se slažu s razlikama između UNI i BI izometrijskih i izokinetičkih pokreta *(Seher i sur, 1976; Vandervoort, Sale i Moroz, 1984)*. Razlika u visini skoka kod UNI i BI vertikalnog skoka s predpripremom (CMJ) je dosta istraživana te je utvrđena oko 40 % veća visina BI skoka (40 %, Vandervoort, Sale i Moroz, 1984; 41,9 %, Challis, 1998; 41,5 %, van Soest i sur., 1985; 43 %, Bobbert i sur, 2006; 37 %, Bračič i sur., 2010). Ebben (2011) je stoga iznio pretpostavku da su UNI skokovi intenzivniji od BI skokova.

Vršna sila reakcije podloge (Fmax)

Kod UNI skokova su utvrđene prosječno 39 % veće vrijednosti vršne sile reakcije podloge od BI skokova u *sagitalnoj ravnini (Fmax_S)*, 28 % veće vrijednosti u *vertikalnoj ravnini (Fmax_V)* te 31 % veće *rezultantne* vrijednosti *(Fmax_R)* (slika 12). Te su se razlike pokazale značajne dok 20 % veća vrijednost vršne sile reakcije podloge u frontalnoj ravnini kod UNI skokova naspram BI skokova nije statistički značajna. Prosječni rezultati ovog istraživanja utvrđeni u varijabli vršne vertikalne sile reakcije podloge su na razini dosadašnjih istraživanja kod istih ili sličnih skokova (tablica 18).

Tablica 18. Usporedba rezultata vertikalne vršne sile reakcije podloge nekih skokova iz dosadašnjih istraživanja s ovim istraživanjem

skok	Fmax_V (TT)	autor/i i godina
SJ	1,05	Bobbert i van Zandwijk, 1999.
	1,54	Jensen i Ebben, 2007.
	1,26	Baković, 2016.
CMJ	1,15	Bobbert i sur., 1986.
	1,80	Jensen i Ebben, 2007.
	1,26	Baković, 2016.
DJ (30-60 cm)	3,2 – 7,0	Bobbert i sur., 1986.
	4,0 – 6,9	Pain, 2014.
	9,0	Wilhelm, 1974.
	7,0 – 9,3	Baković, 2016.
Pike	1,8	Jensen i Ebben, 2007.
	1,3	Baković, 2016.
Tuck	1,9	Jensen i Ebben, 2007.
	1,3	Baković, 2016.

Legenda: Fmax_V = vertikalna vršna sila reakcije podloge, SJ = skok iz čučnja, CMJ = skok s predpripremom, DJ (30-60) = dubinski skokovi s visine od 30 do 60 cm,

Bračič i sur. (2010) su na uzorku od 12 vrhunskih atletičara sprintera utvrdili oko 33 % veću vrijednost vršne sile reakcije podloge dominantne noge kod UNI u odnosu na BI vertikalni skok s mjesta (CMJ), dok je u ovom istraživanju kod istog skoka sa sličnim uzorkom ispitanika utvrđena slična razlika od 35 %. Jensen i Ebben (2007) su na uzorku od 6 sportaša oba spola (atletičari, odbojkaši i hrvači) utvrdili 42 % veću vertikalnu vršnu silu reakcije podloge kod unilateralnog CMJ skoka u odnosu na isti BI skok. U sličnom skoku je Challis (1998) na uzorku od sedam zdravih tjelesno aktivnih žena utvrdio značajnu razliku od 22 % veće vertikalne vršne sile reakcije podloge kod UNI skoka. Razlike u rezultatima se vjerojatno mogu objasniti različitim uzorkom ispitanika. Kod dubinskih UNI i BI skokova s visina od 15 i 30 cm Pain (2014) je istraživao razlike u bilateralnom deficitu kod dvije skupine ispitanika: kvalitetnih sportaša kod kojih dominira snaga i kvalitetnih sportaša kod kojih dominira izdržljivost. Utvrdio je značajne razlike u bilateralnom deficitu između dviju skupina ispitanika te da UNI skokovi u obje skupine imaju od 16 do 32 % veću vrijednost vertikalne vršne sile reakcije podloge. Uvidom u literaturu može se zaključiti da UNI skokovi proizvode veću prosječnu vertikalnu vršnu silu reakcije podloge od 16 do 42 %. Najčešće su te razlike utvrđene na jednom ili svega nekoliko uglavnom vertikalnih skokova. U ovoj je disertaciji utvrđena prosječna razlika od 28 % veće vertikalne vršne sile reakcije podloge kod

UNI skokova. Dakle, može se zaključiti da je prosječni rezultat u sredini dosadašnjih spoznaja, ali s reprezentativnim uzorkom od 118 BI skokova i 77 UNI skokova.

Jedna od novosti ove disertacije je utvrđivanje do sada najvećeg iznosa vršne vertikalne sile reakcije podloge (preko 12 TT) kod unilateralnih maksimalnih horizontalnih skokova koje koriste atletičari skakači i sprinteri u svojem treningu. Ta se vježba izdvojila kao najintenzivnija ne samo kod unilateralnih skokova, nego općenito. Kod BI skokova, najviša vertikalna vršna sila veća od 10 TT (> 5 TT po jednoj nozi) zabilježena je kod povezanih vertikalnih skokova u mjestu ako se izvode kontaktom s podlogom putem pune površine stopala. Zanimljivo je istaknuti kako je najviša vertikalna vršna sila reakcije podloge izmjerena kod onih skokova koji se izvode kontaktom cijele površine stopala s podlogom. O vrsti kontakta stopala s podlogom kod skokova će biti nešto riječi kasnije.

U *sagitalnoj* ravnini, razlika između UNI i BI skokova također je statistički značajna. Konkretno, 39 % veća je prosječna vršna sila reakcije podloge kod UNI skokova naspram BI skokova. To je nešto veća razlika od one u vertikalnoj ravnini. Razlog tome je zasigurno i najviša vertikalna vršna sila reakcije podloge od 5,87 TT koja je izmjerena u grupi skokova u horizontalnom kretanju. O tome će biti više riječi u raspravi po kriteriju smjera kretanja.

Prema saznanjima autora, samo je u jednom radu mjerena horizontalna komponenta vršne sile reakcije podloge (sagitalna ravnina) kod istovjetnog UNI i BI skoka. Kossow i sur. (2014) su istraživali kinetičke karakteristike u tri ravnine između pliometrijskih vježbi koje imaju horizontalnu komponentu. Za istraživanje su uzeli deset tjelesno aktivnih muškaraca koji nisu aktivni sportaši te osam često korištenih pliometrijskih sadržaja s horizontalnom komponentom gibanja. Iz njihovih se rezultata može izračunati 39 % veća sagitalna vršna sila reakcije podloge kod UNI skoka udalj s mjesta u odnosu BI skok udalj s mjesta. U ovoj je disertaciji također izmjerena sagitalna vršna sila reakcije podloge kod sličnih varijanti skokova, a utvrđena razlika iznosi 25 %. Veće razlike između ta dva istraživanja nisu uočene u vertikalnoj, nego samo u sagitalnoj ravnini. To se vjerojatno može objasniti različitom tehnikom izvedbe UNI skoka udalj s mjesta. Naime, ispitanici ovog istraživanja su vrlo dobro upoznati s tehnikom unilateralnog skoka udalj s mjesta jer su tu vježbu redovito koristili u svome treningu, dok su ispitanici u istraživanju Kossowa i sur. bili zdravi netrenirani muškarci bez tako značajnog prethodnog iskustva u izvedbi ovakvih skokova.

Gradijent sile (RFD)

Na slici 12 se mogu vidjeti statistički značajne grupne razlike u gradijentu sile samo u *vertikalnoj ravnini (RFD_V)* i *rezultantno (RFD_R).* Kod BI skokova je utvrđena 22 % manja vrijednost u RFD_V te 23 % manja vrijednost u RFD_R od UNI skokova.

Uspoređujući rezultate ove disertacije s dostupnom literaturom može se kazati da su vrijednosti utvrđene u ovom istraživanju slične onima u dosadašnjim istraživanjima koja su se odnosila na iste ili slične skokove. Kossow i sur. (2014) su u ranije spomenutom istraživanju utvrdili da je RFD_V kod BI skoka udalj s mjesta oko 10 % manji od vrijednosti zabilježenih kod UNI skokova. U ovoj je disertaciji kod sličnih skokova ta razlika iznosila 13 %.

Iz ranije spomenutog istraživanja Jensena i Ebbena (2007) može se izračunati 41 % niža vrijednost vršnog vertikalnog gradijenta sile po jednoj nozi kod bilateralnih CMJ u odnosu na unilateralne CMJ. Iz drugog ranije navedenog istraživanja Jarvisa, Graham-Smitha i Comforta (2014) se kod istih varijanti CMJ skokova može izračunati 16 % niža vrijednost vršnog vertikalnog gradijenta sile kod bilateralnih CMJ. U ovoj je disertaciji kod istih skokova ta razlika iznosila 17 %. Cappa i Behm (2011) su primjerice utvrdili suprotne vrijednosti. U njihovom su istraživanju razlika između UNI i BI horizontalnih skokova preko prepona značajno veće vrijednosti zabilježene kod BI skokova. Razlog tome je sigurno i značajno dulje trajanje UNI skokova preko prepona. Pittenger, McCaw i Thomas (2002) su istraživali vertikalne sile reakcije podloge prilikom unilateralnog i bilateralnog preskakanja vijače kod djece od 10-11 godina. Autori su također utvrdili značajne razlike u trajanju odraza i gradijentu sile u vertikalnoj ravnini *(RFD_V)*. Zaključili su da gradijent sile nije dovoljno često kvantificiran prilikom analize dječje tjelesne aktivnosti te ponovili važnost i ulogu gradijenta sile za iniciranje procesa vezanog za gustoću kostiju. Važno je napomenuti da su vrijednosti vršnog vertikalnog gradijenta sile u mnogim istraživanjima veće kod BI skokova, ali se mora uzeti u obzir da ta vrijednost nije normalizirana po jednoj nozi. Preračunata po jednoj nozi vrijednost uglavnom bude značajno manja nego kod UNI varijante istog skoka. Također je bitno napomenuti da ovo vrijedi samo za skokove u mjestu (vertikalno) i s mjesta (horizontalno). Razlike u vršnom vertikalnom gradijentu sile između UNI i BI skokova su vrlo malo istraživane i s vrlo malim uzorkom skokova, ali rezultati uglavnom utvrđuju veće vrijednosti kod UNI skokova. U ovoj je disertaciji u toj varijabli utvrđena statistički značajna

prosječna razlika između UNI i BI skokova od 22 %, ali po prvi puta na reprezentativnim uzorcima takvih skokova. Ovi će rezultati zasigurno pomoći u razumijevanju razlika u gradijentu sile između unilateralnih i bilateralnih skokova.

Impuls sile (FI)

Analizom relativnih razlika prikazanih u slici 12 mogu se vidjeti statistički značajne razlike u impulsu sile samo u vertikalnoj ravnini (FI_V) i to s najznačajnijom relativnom razlikom od tri kinetičke varijable. Naime, utvrđen je 41 % manji vertikalni impuls sile kod BI skokova u odnosu na UNI skokove. To je posebno značajno jer impuls sile kao mjera opterećenja ima najveću pouzdanost od ove tri kinetičke varijable. U sagitalnoj i frontalnoj ravnini nisu utvrđene statistički značajne razlike između UNI i BI skokova.

Prema saznanjima autora, nema istraživanja koja su proučavala razlike u impulsu sile između UNI i BI skokova. Moguće ih je pronaći u samo jednom ranije spomenutom istraživanju. Bračič i sur. (2010) su utvrdili 38 % manje vrijednosti vertikalnog impulsa sile kod bilateralnih CMJ u odnosu na unilateralne CMJ. U ovoj je disertaciji kod istih skokova ta razlika iznosila 48 %.

U nekim su prethodnim istraživanjima utvrđene statistički značajne razlike u trajanju odraza između UNI i BI skokova tako što su UNI skokovi značajno duljeg trajanja *(Challis, 1998; Cappa i Behm, 2011)*. No, u ovoj disertaciji na reprezentativnim uzorcima ustanovljeno je nešto dulje prosječno trajanje odraza kod UNI skokova (0,505 naspram 0,499 s), ali ta razlika nije statistički značajna. Ona može biti značajna uspoređujući mali broj često korištenih i istraživanih unilateralnih i bilateralnih vertikalnih skokova u mjestu, ali kada se ti uzorci značajno povećaju, razlika prestaje biti značajna. Postoje značajne razlike u trajanju odraza, no riječ je isključivo o skokovima s promjenama smjera kretanja ili vrsti mišićnog rada. O tome će biti više govora kasnije u samim raspravama po tim kriterijima.

S obzirom na najveću relativnu prosječnu razliku od 41 % može se zaključiti da impuls sile najviše pridonosi razlici između UNI i BI skokova. Takvi rezultati nisu iznenađujući s obzirom na činjenicu da je za značajnost razlike u impulsu sile, uz razlike u vršnoj sili i vršnom gradijentu sile, bitno upravo to što razlika u trajanju odraza nije značajna.

U ovom su istraživanju utvrđene razlike između UNI i BI skokova u kinetičkim varijablama između 22 i 41 %, ali je važno napomenuti da su te razlike utvrđene po prvi puta na reprezentativnom uzorku skokova (n = 195). Naime, razlike između UNI i BI skokova su do sada bile istraživane uglavnom u vertikalnom smjeru i s vrlo malim brojem vrsta skokova.

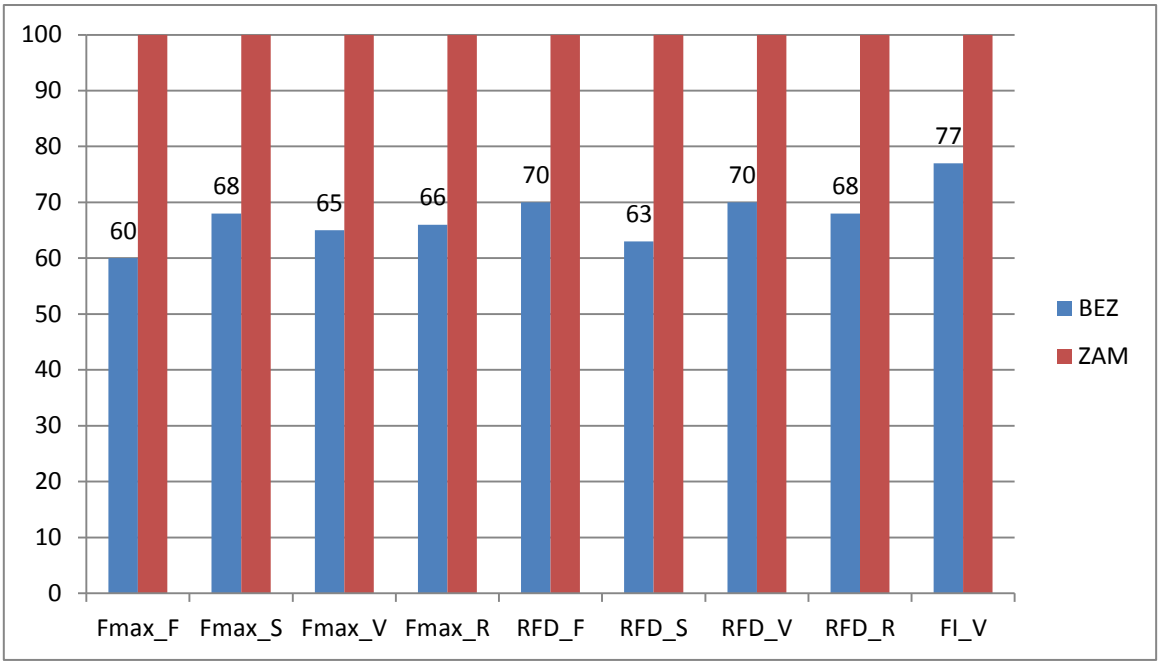
Rezultati ove disertacije uglavnom potvrđuju dosadašnje spoznaje. Zajednički zaključak za sve dosadašnje studije jest da je fenomen bilateralnog deficita ključan faktor kojim se mogu objasniti razlike između UNI i BI skokova i pokreta u cjelini, osobito kod eksplozivnih pokreta. Velika većina ljudske lokomocije kroz godine se odnosila na unilateralne pokrete nogu s ciljem propulzije mase tijela *(Challis, 1998).* Ovi rezultati proširuju spoznaje dosadašnjih istraživanja koje pokazuju da bilateralni deficit ima utjecaj na mišićni rad, koordinaciju i proizvodnju sile. Ustanovljeno je da kinetičke varijable koje imaju dokazano visoku pouzdanost mogu uspješno diskriminirati UNI i BI grupe skokova. Posebno ih diskriminiraju varijable u vertikalnoj ravnini. U horizontalnoj ravnini značajno ih diskriminira samo vršna sila reakcije podloge, dok u frontalnoj ravnini značajnih razlika nema. Najveće su relativne razlike utvrđene u vertikalnom impulsu sile i horizontalnoj vršnoj sili reakcije podloge.

Prema saznanjima autora, do danas je istraživano 8 do 10 vertikalnih skokova u mjestu te 4 do 5 horizontalnih skokova (s mjesta i u kretanju). U ovom su se istraživanju u vertikalnom smjeru s mjesta usporedile kinetičke varijable kod 33 vrste skokova (8 UNI i 25 BI), dok je ukupno obrađeno 77 UNI i 118 BI skokova. Upravo zbog reprezentativnog uzorka skokova i u različitim modalitetima (mišićni rad, smjer, zamah rukama) ovo istraživanje je doprinijelo dodatnom razumijevanju razlika između unilateralnih i bilateralnih skokova te fenomena bilateralnog deficita. Osim toga, praktična implikacija ovih rezultata jest pomoć u smislu progresije opterećenja u skokovima. Općenito se može konstatirati da progresija opterećenja kreće od bilateralnih skokova u mjestu i s mjesta preko unilateralnih skokova u mjestu i s mjesta, zatim bilateralnih skokova u kretanju i s promjenama smjera do najintenzivnijih unilateralnih skokova u kretanju i s promjenama smjera.

5.3. BIOMEHANIČKO VRJEDNOVANJE SKOKOVA PREMA KRITERIJU ZAMAHA RUKAMA

Glavni nalaz ovog istraživanja potvrđuje spoznaje dosadašnjih istraživanja i tvrdnju da su skokovi sa zamahom rukama (ZAM) intenzivniji od skokova bez zamaha rukama (BEZ). To znači da skup odabranih kinetičkih varijabli može statistički značajno diskriminirati grupu ZAM od grupe BEZ skokova. Statistički su značajno više vrijednosti utvrđene kod ZAM skokova u 9 od 12 istraživanih varijabli.

U varijablama koje se odnose na **vršnu silu reakcije podloge** *(Fmax)* kod ZAM skokova su utvrđene značajno veće vrijednosti od BEZ skokova u sve tri ravnine i rezultantno (*Fmax_F, Fmax_S, Fmax_V* i *Fmax_R*). U varijabli koja se odnosi na **vršni gradijent sile** *(RFD)* su kod ZAM skokova također utvrđene značajno veće vrijednosti u svim ravninama i rezultantno (*RFD_F, RFD_S, RFD_V* i *RFD_R*), a što se tiče **impulsa sile** *(FI)* značajna je razlika utvrđena samo u *vertikalnoj (FI_V)* ravnini (slika 13). Te su se razlike pokazale značajne dok su vrijednosti i razlike impulsa sile u frontalnoj i sagitalnoj ravnini vrlo male i nisu statistički značajne. Grafički prikaz rezultata je na temelju postotnih omjera u odnosu na najveće vrijednosti u varijablama iz tablice 9.



Slika 13. Relativne razlike između BEZ i ZAM skokova u mehaničkim varijablama u kojima je utvrđena statistički značajna razlika

Budući su skokovi fundamentalni ljudski pokreti koji zahtijevaju koordinaciju gornjih i donjih udova tijela, važno je istražiti utjecaj zamaha rukama prilikom skakanja. Svega nekoliko se dosadašnjih studija bavilo proučavanjem uloge ruku prilikom skakanja. To se najvećim dijelom odnosi na vertikalne skokove u mjestu (SJ, CMJ) i dubinske skokove (DJ) *(Harman i sur., 1990; Feltner i sur., 1999; Lees, Vanrenterghem i De Clerq, 2004)*, jedno istraživanje vezano za skok udalj s mjesta *(Ashby i Heegaard, 2002)* te jedno istraživanje o izoliranom doprinosu zamaha ruku vertikalnom rasterećenju podloge *(Rađenović, 2014)*. Bez obzira na dosadašnja istraživanja, detaljno objašnjenje mehanizama zbog kojih ruke utječu na veću početnu brzinu općeg centra mase tijela još uvijek nisu do kraja objašnjeni. Stoga je Ebben (2011) iznio pretpostavku da su skokovi sa zamahom rukama intenzivniji od skokova bez zamaha rukama. Rezultati ovog istraživanja će doprinijeti boljem razumijevanju mehanizama kojim ruke poboljšavaju ljudske skakačke performanse.

Vršna sila reakcije podloge (Fmax)

Kod BEZ skokova su utvrđene prosječno između 32 i 40 % manje vrijednosti od ZAM skokova u varijablama koje se odnose na vršnu silu reakcije podloge. Najveća relativna razlika od 40 % je utvrđena u vršnoj sili u *frontalnoj ravnini (Fmax_F)*, zatim 35 % u *vertikalnoj ravnini (Fmax_V)*, 34 % *rezultantno (Fmax_R)*, te 32 % *sagitalnoj ravnini (Fmax_S)* (slika 13).

U ovoj su disertaciji utvrđene vrijednosti koje idu u prilog dosadašnjim istraživanjima i Ebbenovoj pretpostavci na temelju tih istraživanja. Statistički su značajno više vrijednosti utvrđene kod ZAM skokova u gotovo svim kinetičkim varijablama. No, prije nego se prijeđe na raspravu o utjecaju zamaha rukama na vršnu vertikalnu silu važno je istaknuti istraživanje Rađenovića (2014). Autor je istraživao povezanost izoliranog pokreta ruku na opći centar mase tijela te odnosa akceleracije-deceleracije zamaha rukama na vertikalnu komponentu sile reakcije podloge. Iako je poznato da noge naravno najviše doprinose vertikalnoj sili reakcije podloge kod vertikalnog skoka *(van Ingen Schenau, Bobbert i Rozendal, 1987)*, Rađenović je utvrdio iznenađujuće velike vrijednosti vertikalnog rasterećenja podloge koje ruke mogu ostvariti izoliranim radom od ostatka tijela. Na uzorku od 30 muškaraca koji vješto koriste zamahe rukama u svojim sportovima (po 10 odbojkaša, atletičara i gimnastičara) izmjerio je

prosječno rasterećenje od oko 3000 N, a maksimalno preko 5100 N što normalizirano prema ispitanicima tog eksperimenta iznosi prosječno 3,8 TT, odnosno maksimalno preko 6,5 TT. Zaključio je da su brzina zamaha rukama i masa ruku najvažniji prediktori vertikalnog rasterećenja podloge.

Uspoređujući rezultate ove disertacije s dosadašnjim istraživanjima može se ustvrditi da su vrijednosti slične. Primjerice, Harman i sur. (1990) su izračunali vrijednosti vertikalne vršne sile reakcije podloge kod SJ skoka bez zamaha rukama od 1,06 TT i sa zamahom 1,15, dok su za iste skokove u ovom istraživanju utvrđene vrijednosti od 1,25 i 1,28 TT. Slični su rezultati utvrđeni i kod CMJ skokova bez i sa zamahom rukama, 1,16 i 1,18 naspram 1,25 i 1,26 TT u ovom istraživanju (tablica 19).

Tablica 19. Usporedba tri istraživanja u srednjim vrijednostima vertikalne vršne sile reakcije podloge (Fmax_V) kod dvije vrste skokova

	Fmax_V (TT)		
Autor i sur., godina	McCaulley i sur., 2007.	Harman i sur, 1990.	Baković, 2016.
SJ bez zamaha	1,18	1,07	1,25
SJ sa zamahom	*	1,15	1,26
CMJ bez zamaha	1,28	1,16	1,25
CMJ sa zamahom	*	1,18	1,28

*Legenda: TT = tjelesna težina, SJ = koncentrični vertikalni skok iz čunja, CMJ = vertikalni skok s predpripremom, * = varijabla nije korištena u istraživanju*

U ovoj su disertaciji utvrđene nešto veće vrijednosti vertikalne vršne sile reakcije podloge što se može pripisati razlici između ispitanika. Kod Harmana i suradnika (1990) ispitanici su bili tjelesno aktivni muškarci, dok su u ovom eksperimentu ispitanici bili vrhunski atletičari koji zasigurno efikasnije koriste zamah rukama. U prilog toj tezi mogu se svrstati i rezultati u Rađenovićevom istraživanju na temelju kojih je utvrdio da atletičari efikasnije koriste zamah rukama od odbojkaša i gimnastičara. Bobbert i sur (1986) su s ciljem biomehaničke analize CMJ i dubinskih skokova koristili 13 muških sportaša-rukometaša. Iz tog se istraživanja može izračunati vertikalna vršna sila reakcije podloge od približno 1,20 TT kod CMJ bez zamaha rukama. Takve razlike između rekreativaca i atletičara se mogu smatrati očekivane.

Ashby i Heegaard (2002) su istraživali ulogu zamaha rukama kod skoka udalj s mjesta te su utvrdili vrijednosti vertikalne vršne sile reakcije podloge i od 1,15 TT sa zamahom i 1,12 TT bez zamaha rukama. U ovom su istraživanju kod istih varijanti skokova utvrđene vrijednosti od 1,09 kod ZAM i 1,12 TT kod BEZ skokova (tablica 20).

Tablica 20. Usporedba srednjih vrijednosti vertikalne vršne sile reakcije podloge (Fmax_V) u skoku udalj s mjesta kod nekoliko dosadašnjih istraživanja

	Fmax_V (TT)	
Autor i sur., godina	*SKOK SA ZAMAHOM (ZAM)*	*SKOK BEZ ZAMAHA (BEZ)*
Aguado i sur., 1997.	1,13	*
Horita i sur., 1991.	1,08	*
Izquierdo i sur., 1998.	1,15	*
Ashby i Heegaard, 2002.	1,15	1,12
Baković, 2016.	1,09	1,12

*Legenda:TT = tjelesna težina, * = varijabla nije mjerena u istraživanju*

Razlog zašto su u ovom istraživanju veće vrijednosti vertikalne vršne sile reakcije podloge kod BEZ skokova u odnosu na ZAM skokove udalj s mjesta, za razliku od navedenog istraživanja je vjerojatno u ispitanicima. Naime, kod Ashbya i Heegaarda ispitanici su bila tri netrenirana muškarca, dok su u ovom istraživanju ispitanici bili osmero vrhunskih i iskusnih atletičara vrlo dobro upoznatih sa skokom udalj s mjesta. Oni su zbog upotrebe ruku i dobrog poznavanja tehnike skoka udalj s mjesta mogli usmjeriti odraz pod manjim kutom u odnosu na podlogu nego kod odraza bez korištenja zamaha rukama. Tako su u mogućnosti stvoriti manju vertikalnu silu reakcije podloge i na taj način povećati horizontalnu komponentu sile. Manji kut odraza zbog zamaha ruku (59,7°) u odnosu na kut kada nema zamaha rukama (63°) su utvrdili Ashby i Heegaard u navedenom istraživanju.

Ubrzanje rukama prema gore kod vertikalnih skokova preko ramena utječe na povećavanje pritiska na podlogu *(Harman i sur., 1990).* To usporava kontrakciju velikih mišića ekstenzora nogu te im tako omogućava stvaranje veće sile reakcije podloge i većeg impulsa sile. Kada ruke naglo uspore gibanje na kraju zamaha, preko ramena djeluju na ubrzanje ostatka tijela te tako omogućavaju mišićima ekstenzorima nogu bržu kontrakciju u kasnijem dijelu faze skraćivanja. Dakle, ubrzavanje ruku te njihovo naglo usporavanje omogućavaju ekstenzorima nogu sporiju kontrakciju u prvom dijelu faze skraćivanja, a zatim bržu kontrakciju i veću proizvodnju sile u drugom dijelu. Ovaj mehanizam je važan za tehničke

elemente u mnogim sportovima, no bilo bi netočno zaključiti da pozitivan efekt upotrebe ruku na visinu skoka treba uvijek biti korišten. U atletskim disciplinama kao što su skok udalj ili uvis, gdje je cilj ostvariti svaki centimetar skoka ili u brojnim elementima sportske gimnastike (primjerice elementi na preskoku ili parteru), jasno da je upotreba zamaha rukama sastavni dio tehnike i pospješuje performanse. Međutim, postoje mnoge situacije u kojima sportaši ne koriste zamah ruku kod skakanja zbog manipuliranja loptom ili nekim drugim rekvizitom. Čak i kada su ruke slobodne, zamah nije uvijek poželjan pokret zbog duljeg vremena koje je potrebno za odraz. Tako je primjerice u nekim sportskim situacijskim uvjetima efikasnije skočiti u brzi blok kod smeča u odbojci ili presijecanja dodavanja u košarci kada su ruke prethodno već u uzručenju. Ta je tvrdnja ispravna samo pod pretpostavkom da je sportaš u stanju skočiti dovoljno visoko bez upotrebe zamaha rukama.

Vršni gradijent sile (RFD)

U varijablama koje se odnose na vršni gradijent sile, slične su relativne razlike između ZAM i BEZ skokova. Kod BEZ skokova su utvrđene prosječno između 30 i 37 % manje vrijednosti od ZAM skokova. Najveća relativna razlika od 37 % je utvrđena u vršnom gradijentu sile u *sagitalnoj ravnini (RFD_S)*, zatim 32 % *rezultantno (RFD_R)*, te po 30 % u *vertikalnoj (RFD_V)* i *frontalnoj ravnini (RFD_F)* (slika 13).

Prema saznanjima autora, do sada nije bilo istraživanja koje je uključivalo vršni gradijent sile kao mjeru intenziteta opterećenja prilikom izvedbe skokova sa zamahom i bez zamaha rukama. Za usporedbu rezultata može poslužiti istraživanje Cappe i Behma (2011) koji su na uzorku 13 sportaša (12 ragbijaša i 1 nogometni golman) istraživali razlike između CMJ skoka i različitih skokova preko prepona. Iz njihovih se rezultata može izračunati normalizirana vrijednost od 5,96 TT/s kod CMJ skoka sa zamahom rukama. U ovoj je disertaciji prosječan rezultat kod istog skoka iznosio 6,51 TT/s.

S obzirom da su razlike između ZAM i BEZ skokova u vršnom gradijentu sile gotovo identične razlikama u vršnoj sili, može se zaključiti da ruke istim mehanizmom djeluju na brzinu prirasta sile i na ukupnu veličinu te sile. Ranije je objašnjeno kako ubrzavanje ruku te njihovo naglo usporavanje omogućavaju ekstenzorima nogu sporiju kontrakciju u prvom

dijelu faze skraćivanja, a zatim bržu kontrakciju i veću proizvodnju sile u drugom dijelu. Dakle, zamah ruku u skokovima omogućava veću silu i gradijent sile na početku koncentrične faze.

Impuls sile (FI)

Sa slike 13 se može vidjeti da su statistički značajne razlike između BEZ i ZAM skokova u impulsu sile utvrđene samo u vertikalnoj ravnini (FI_V). Kod BEZ skokova je izračunat 23 % prosječno manji vertikalni impuls sile od ZAM skokova. U sagitalnoj i frontalnoj ravnini nisu utvrđene značajne razlike.

Prema saznanjima autora samo su Harman i sur. (1990) koristili impuls sile kao jednu od mjera kojom su utvrđivali efekte zamaha rukama kod 2 vrste ZAM i BEZ vertikalnih skokova (SJ i CMJ). Rezultati se mogu usporediti s rezultatima izmjerenima kod istih varijanti skokova u ovoj disertaciji (tablica 21).

Tablica 21. Usporedba dva istraživanja u srednjim vrijednostima vertikalnog impulsa sile (FI_V) kod dvije vrste skokova

	FI_V (TT*s)	
Autor i sur., godina	Harman i sur, 1990.	Baković, 2016.
SJ bez zamaha	0,25	0,31
SJ sa zamahom	0,28	0,34
CMJ bez zamaha	0,38	0,58
CMJ sa zamahom	0,39	0,67

Legenda: TT = tjelesna težina, SJ = koncentrični vertikalni skok iz čunja, CMJ = vertikalni skok s predpripremom

Razlike među rezultatima impulsa sile kod ovih istraživanja se mogu objasniti kao i rezultati kod vršne sile reakcije podloge. Ranije je spomenuto kako atletičari efikasnije koriste zamah rukama od gimnastičara i odbojkaša. Stoga se prosječno više vrijednosti rezultata u ovoj disertaciji vjerojatno mogu pripisati različitim ispitanicima. Kod Harmana i sur. ispitanici su bili tjelesno aktivni muškarci, dok su u ovom eksperimentu ispitanici bili vrhunski atletičari. S obzirom da je impuls sile vrlo pouzdana mjera definirana kao količina

gibanja, kod ovakvih vertikalnih skokova on određuje i konačni rezultat, konkretno visinu skoka. Veće su vrijednosti kod atletičara zabilježene u svim varijantama skokova dok je najveća razlika utvrđena kod CMJ skokova sa zamahom rukama. To znači da su atletičari efikasnije koristili oba raspoloživa mehanizma koja mogu pospješiti efikasnost odraza, a to su u ovom slučaju zamah rukama i SSC pokret koji kod koncentričnog skoka iz čučnja nije prisutan.

Uvidom u istraživanja koja su se bavila ulogom zamaha rukama prilikom skakanja mogu se pronaći 3 moguća razloga zašto su skokovi sa zamahom rukama intenzivniji od skokova bez zamaha rukama. Zasigurno je jedan od razloga zašto su u skokovima bez zamaha rukama niže vrijednosti u kinetičkim varijablama održavanje ravnoteže prilikom skakanja. Stoga se zbog „nesigurnosti i straha“ mnogi ljudi suzdržavaju od maksimalnih odraza dok su ruke izolirane od pokreta. Drugi je razlog vezan uz prvi, a odnosi se na korisnost pokreta ruku prilikom skakanja u vidu mogućeg smanjenja sile reakcije podloge prilikom doskoka i potencijalne destabilizacije, odnosno održavanja ravnoteže u fazi leta i prilikom doskoka *(Shetty i Etnyre, 1989).* Treći i vjerojatno najvažniji razlog se odnosi na biomehanički mehanizam zbog kojeg su skokovi sa zamahom efikasniji od skokova bez zamaha rukama. Naime, ruke doprinose brzini odraza 10 – 12 % kod vertikalnog (CMJ) skoka *(Luhtanen i Komi, 1976; Payne, Slater i Telford, 1968)*. No, riječ je o većoj brzini općeg centra mase tijela na kraju odraza koja je uzrokovana kompleksnom serijom događaja koji u prvoj fazi skoka omogućavaju rukama stvaranje energije koja se preko ramena prenosi na ostatak tijela. Ta se energija iskorištava za: a) povećanje kinetičke i potencijalne energije ruku na kraju odraza, b) pohranjivanje i oslobađanje energije u mišićno-tetivnom sustavu oko zglobova kuka, koljena i gležnja te c) „povlačenje“ cijelog tijela preko ramena u smjeru zamaha *(Lees, Vanrentghem i De Clerq, 2004).*

Ovo istraživanje je utvrdilo da zamah rukama povećava vršnu silu reakcije podloge i vršni gradijent sile u sve tri ravnine te impuls sile u vertikalnoj ravnini. Rezultati potvrđuju biomehanički mehanizam kojim ruke pospješuju skokove. Prema saznanjima autora, do danas je istraživano samo tri vrste skokova sa zamahom i bez zamaha rukama. Riječ je o dvije vrste vertikalnih skokova uvis (SJ i CMJ) te o skoku udalj s mjesta. U ovoj je disertaciji obuhvaćeno 41 vrsta skoka bez zamaha i 154 vrste skokova sa zamahom rukama.

Upravo zbog reprezentativnog uzorka skokova i u različitim modalitetima (mišićni rad, smjer, zamah rukama) ovo istraživanje će doprinijeti dodatnom razumijevanju mehanizama kojima ruke pospješuju skokove. Može se konstatirati da se kod unilateralnih skokova javljaju slični mehanizmi zbog rada zamašne noge pa tako utječu na veće mehaničke izlaze, nego kod bilateralnih skokova. Osim toga, praktična implikacija ovih rezultata jest pomoć u smislu progresije opterećenja u skokovima. Sa stajališta progresije opterećenja i metodike poučavanja skokova može se konstatirati da je skokove bez zamaha rukama uputno raditi bilateralno i u mjestu te kod svih varijanti skokova koji se izvode samo koncentričnim mišićnim režimom rada. Upotreba ruku kod istih skokova znači povećanje opterećenja. Sve unilateralne skokove, kao i sve skokove u kretanju i s promjenama smjera uputno je izvoditi sa zamahom rukama, najprije zbog sigurnosti te zbog veće efikasnosti takve izvedbe.

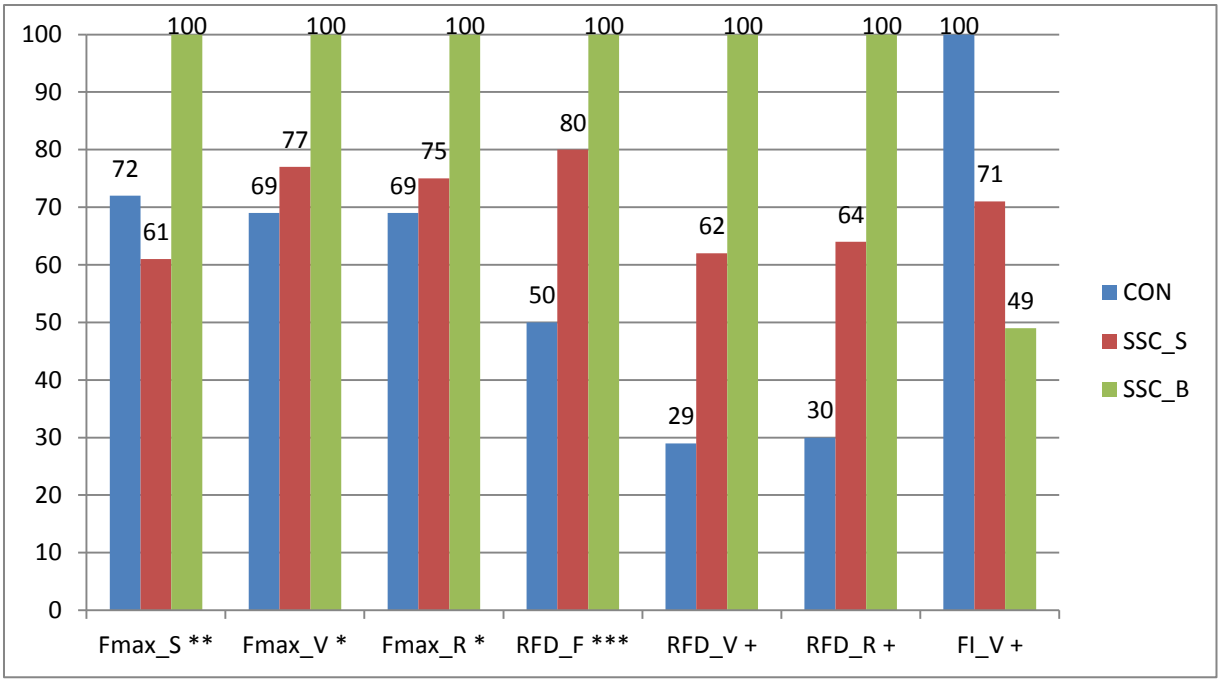
5.4. BIOMEHANIČKO VRJEDNOVANJE SKOKOVA PREMA KRITERIJU REŽIMA RADA MIŠIĆA

Glavni nalaz ovog istraživanja podržava dosadašnje spoznaje i tvrdnje da se skokovi sa ekscentrično-koncentričnim mišićnim radom (SSC) značajno razlikuju od skokova s koncentričnim mišićnim radom (CON). Također, rezultati ukazuju da je dvije grupe SSC skokova (SSC_S i SSC_B) moguće uz pomoć kinetičkih varijabli značajno razlikovati. Takvi rezultati potvrđuju osnovnu istraživačku hipotezu da skup odabranih kinetičkih varijabli može statistički značajno razlikovati grupe skokova klasificirane temeljem mišićnog režima rada. (slika 14).

Nalazi univarijatne analize varijance ukazuju da se grupe skokova značajno razlikuju u tri varijable **vršne sile reakcije podloge** *(Fmax)*. Statistički su značajno utvrđene više vrijednosti kod SSC_B grupe od CON i SSC_S grupa u *vertikalnoj ravnini (Fmax_V)* i *rezultantno (Fmax_R),* dok su u *sagitalnoj ravnini (Fmax_S)* značajne još i razlike između dvije SSC grupe skokova (slika 14).

U varijabli koja se odnosi na **vršni gradijent sile** *(RFD)* rezultati su nešto drugačiji. Značajne su sve međusobne razlike u *vertikalnoj (RFD_V)* ravnini i *rezultantno (RFD_R),* dok se u *frontalnoj (RFD_F)* ravnini značajno razlikuju SSC_B i CON skokovi. Dakle, u vršnoj sili i vršnom gradijentu sile, grupa SSC_B skokova ima najviše vrijednosti, zatim SSC_S grupa, dok grupa CON skokova ima prosječno najniže vrijednosti (osim u Fmax_S gdje su rezultati nešto veći od SSC_S grupe, ali razlika nije statistički značajna) (slika 14).

Što se tiče **impulsa sile** *(FI),* utvrđeni se rezultati razlikuju od druga dva skupa kinetičkih varijabli. Naime, i ovdje su sve međusobne razlike značajne, no obrnuti je redoslijed prosječnih rezultata. Najveće prosječne vrijednosti su zabilježene kod CON grupe skokova, zatim niže kod SSC_S grupe, te najniže kod SSC_B grupe skokova (slika 14). Grafički prikaz rezultata je na temelju postotnih omjera u odnosu na najveće vrijednosti u varijablama iz tablice 11.



Slika 14. Relativne razlike između CON, SSC_S i SSC_B skokova u mehaničkim varijablama kod kojih je utvrđena statistički značajna grupna razlika

Značajne razlike:
* = *SSC_B od CON i SSC_*
** = *SSC_B od SSC_S*
*** = *SSC_B od CON*
\+ = *značajne sve međusobne razlike*

Prema ovom je kriteriju klasificiranje na grupe skokova učinjeno na temelju znanstveno ustanovljenim mišićnim režimima rada koji se biomehanički razlikuju. Ranije je spomenuto kako je odraz, odnosno skok moguće izvoditi na temelju dvije vrste mišićnog rada: koncentrični (CON) i ekscentrično-koncentrični (SSC) rad. Na temelju značajnih biomehaničkih razlika SSC rad se dodatno može podijeliti na još dvije podgrupe: a) ekscentrično-koncentrični odraz dulji od 0,250 s (SSC_S) i b) ekscentrično-koncentrični odraz kraći od 0,250 s (SSC_B) *(Schmidtbleicher, 1992).* Varijabla *trajanje kontakta stopala s podlogom (Tcont)* je korištena za klasificiranje skokova u dvije od tri grupe: spori ekscentrično-koncentrični režim rada (SSC_S) koji je dulji od 0,250 s i brzi ekscentrično-koncentrični režim rada (SSC_B) koji je kraći od 0,250 s. Sukladno tome rezultati pokazuju da je prosječno trajanje odraza kod SSC_B grupe najkraće (AS = 0,210 ± 0,029 s). Dulje trajanje odraza je kod SSC_S grupe (AS = 0,488 ± 0,259 s) dok je prosječno najdulje kod CON grupe (AS = 0,924 ± 0,578 s). Sve su međusobne razlike statistički značajne (p = 0,000).

Bobbert i suradnici (1996) su nabrojali 5 mogućih razloga koji bi mogli objasniti razliku u efikasnosti između SSC i CON gibanja, utvrđenih na skokovima koji predstavljaju ta dva režima mišićnog rada. Riječ je o skoku iz čučnja (SJ) kao temeljnom predstavniku CON grupe mišićnog rada i skoku sa predpripremom (CMJ) kao temeljnom predstavniku SSC grupe mišićnog rada. Prema njima prvi mogući razlog je u tehnici izvođenja pokreta, odnosno u nedovoljnom poznavanju pokreta skoka uvis s mjesta bez SSC gibanja. Naime, kada se izvode motorički zadaci kao što su skokovi ili bacanja, za čovjeka je tipičan, odnosno prirodan početak gibanja u suprotnom smjeru od ciljanog, tj. SSC mišićni rad. Vrlo se često prilikom mjerenja CON pokreta ispitanici moraju dodatno uvježbavati kako bi eliminirali i najmanji dio gibanja općeg centra mase tijela prema dolje. Posljedica toga je i neadekvatna kontrola pokreta, odnosno biomehanički (kinematički, kinetički i elektromiografski) obrazac koji se može okarakterizirati kao SSC rad. Kao drugi razlog su naveli nemogućnost mišića da prilikom SJ (CON) proizvedu toliko visoku razinu sile uoči koncentrične faze kao kod CMJ (SSC). Treći se razlog odnosi na pohranu i iskorištavanje elastične energije u mišićno-tetivnom sustavu. Četvrti je razlog aktivacija spinalnog refleksa prilikom SSC rada, a peti se odnosi na efikasniju iskoristivost kontraktilnih mehanizama mišića. Autori su u tom istraživanju utvrdili 6,25 % veću visinu leta općeg centra mase tijela kod CMJ nego kod SJ. Zaključili su da je količina rada u zglobovima (gležanj, koljeno i kuk) zbog većih momenata sila u njima na početku ekstenzije veća kod CMJ, nego kod SJ.

Mnoge su studije proučavale biomehaničke razlike između CON i SSC rada, pa tako i skokova izvedenih s ta dva mišićna režima rada. Više je puta utvrđeno da čovjek može skočiti više prilikom CMJ nego SJ skoka *(Harman i sur, 1990; Bobbert i sur, 1996)*. Veći mehanički izlaz je utvrđen kod SSC u odnosu na CON pokrete *(Bosco i sur, 1982; Bosco i sur, 1987)*. Doprinos SSC mehanizma omogućava mišićima veću razinu aktivacije i sile prije skraćivanja, kvalitetnije iskorištavanje elastične energije iz mišićno-tetivnog sustava, veću iskoristivost refleksne potencijacije (spinalni refleks) te potencijacije kontraktilnog aparata. Zbog tih su mehanizama mišići u stanju proizvesti veću vršnu silu reakcije podloge i vršni gradijent sile te samim time veći mehanički izlaz.

Vršna sila reakcije podloge (Fmax)

Ranije je spomenut veći mehanički izlaz kod CMJ u odnosu na SJ vertikalni skok. No, uvidom u literaturu moguće je vidjeti da se u varijabli vršne vertikalne sile reakcije podloge *(Fmax_V)* rezultati razlikuju. Primjerice, McCaulley i sur. (2007) su utvrdili da je vršna vertikalna sila reakcije podloge značajno veća kod CMJ i dubinskih skokova u usporedbi s koncentričnim skokom iz čučnja (SJ). S druge strane, Jensen i Ebben (2007), te Harman i sur (1990) su utvrdili da postoji razlika, ali da nije statistički značajna. U ovom istraživanju nisu uočene veće vrijednosti vršne sile reakcije podloge u sve tri ravnine kod CMJ u odnosu na SJ, nego podjednake bez značajnih razlika (tablica 22).

Tablica 22. Usporedba vrijednosti u vršnoj vertikalnoj sili reakcije podloge (Fmax_V) u SJ i CMJ skokovima kod različitih autora

Autor/i i god	Fmax_V (TT)			
	SJ		CMJ	
	ZAM	*BEZ*	*ZAM*	*BEZ*
Bobbert i van Zandwijk, 1999.	-	1,05	-	-
Cappa i Behm, 2011.	-	-	1,37	-
McCulley i sur., 2007.	-	1,2*	-	1,35
Jensen i Ebben, 2007.	-	1,54	1,86	-
Harman i sur., 1990.	1,15	1,06	1,18	1,16
Baković, 2016.	1,28	1,26	1,25	1,26

*Legenda: SJ = skok iz čučnja, CMJ = skok s predpripremom, ZAM = sa zamahom rukama, BEZ = bez zamaha rukama, * = statistički značajna razlika između SJ i CMJ, - = nije istraživano u studiji*

Razlike u utvrđenim vrijednostima kod različitih autora se mogu pripisati različitim ispitanicima. Harman i sur. te McCulley i sur. su koristili tjelesno aktivne muškarce, ali ne vrhunske sportaše, dok su Jensen i Ebben koristili kvalitetne atletičare, odbojkaše i hrvače. Podjednake vrijednosti vertikalne vršne sile reakcije podloge koje su postigli Harmanovi ispitanici ne znače da su podjednako skakali kao ispitanici iz ove disertacije. Veća visina skoka kod ispitanika ove disertacije očituje se kroz veći vertikalni impuls sile (FI_V) koji je iznosio 0,34 i 0,67 TT*s za SJ i CMJ, dok su kod Harmana i suradnika u istim skokovima izmjerene vrijednosti 0,28 i 0,39 TT*s.

Harman i sur. (1990) su između CMJ i SJ skokova utvrdili razlike od 3 do 9 % u vršnoj vertikalnoj sili reakcije podloge, a Jensen i Ebben (2007) 18 %. Rezultati ove disertacije potvrđuju dosadašnja saznanja da nema značajne razlike u vršnoj vertikalnoj sili između CMJ i SJ skokova. Ta su dva skoka do sada najčešće uzimani kao predstavnici CON i SSC mišićnog rada. No važno je napomenuti da se CMJ s obzirom na trajanje odraza svrstava u SSC_S grupu. Slični rezultati su ovoj disertaciji utvrđeni na reprezentativnim uzorcima CON grupe skokova (n = 34) i SSC_S grupe (n = 117) skokova. SSC_S grupa ima za 11 % veću prosječnu vršnu silu (3,45 TT) od CON grupe (3,09 TT), ali na reprezentativnom uzorku skokova ta razlika nije statistički značajna (slika 14). No, rezultati su pokazali da se SSC_B grupa (n = 44) skokova ipak značajno razlikuje od CON i SSC_S grupa skokova u vršnoj sili reakcije podloge (sagitalna i vertikalna ravnina te rezultantno). Prosječne vrijednosti u CON i SSC_S grupama skokova su 31 % odnosno 23 % niže od SSC_B skokova. Bobbert i sur (1986) su na uzorku 13 rukometaša radili biomehaničku analizu dubinskih skokova u odnosu na CMJ. Ustanovili su da je njihove ispitanike potrebno razvrstati u dvije podgrupe koje na različite načine izvode dubinske skokove. Jednu su grupu nazvali „counter“, što bi u ovoj disertaciji bila SSC_S grupa te u toj grupi nije bilo značajne razlike u vršnoj vertikalnoj sili reakcije podloge između CMJ i DJ. Drugu su grupu nazvali „bounce“ što bi u ovoj disertaciji bila SSC_B grupa koja je proizvela 47 % veću vršnu vertikalnu silu kod dubinskih skokova. „Bounce“ grupu je razlikovalo značajno kraće trajanje kontakta stopala s podlogom (0,17 s) od „counter“ grupe (0,28 s). U novijoj studiji Cappa i Behm (2011) su na uzorku 13 sportaša (12 ragbijaša i 1 nogometni golman) istraživali razlike između CMJ skoka, te UNI i BI skokova preko prepona na različitim visinama. Utvrdili su značajne razlike u trajanju odraza te proizvodnji vršne sile reakcije podloge između UNI i BI skokova. Naime, UNI skokovi su imali prosječno trajanje odraza između 0,256 i 0,262 s ovisno o visini prepona, dok su kod BI skokova prosječna trajanja odraza iznosila između 0,177 i 0,209 s. Ranije je spomenuto da je 0,250 s granica u trajanju odraza koja dijeli dva SSC mišićna režima rada.

Rezultati ove disertacije su potvrdili opravdanost klasifikacije skokova u tri grupe te da prilikom SSC režima rada mišići mogu proizvesti značajno veću vršnu silu reakcije podloge. U vertikalnoj ravnini SSC_B skupina skokova je proizvela prosječno između 23 i 31 % veću vršnu silu od CON i SSC_S skupina, dok značajnosti razlika među tim skupinama doprinose i 28 do 39 % veće vrijednosti u sagitalnoj ravnini. Nema značajnih razlika samo u frontalnoj ravnini. No, važno je istaknuti kako značajno veću silu proizvode samo skokovi koji pripadaju brzoj ekscentrično-koncentričnoj grupi skokova (SSC_B) kod kojih odraz traje

manje od 0,250 s. Takvi se rezultati vjerojatno mogu objasniti efikasnijim iskorištavanjem refleksne i kontraktilne potencijacije te elastične energije pohranjene u mišićno-tetivnom sustavu.

Vršni gradijent sile (RFD)

Nalazi univarijatne analize varijance su pokazali da se u varijablama koje se odnose na vršni gradijent sile, značajno razlikuju sve tri grupe međusobno u *vertikalnoj ravnini (RFD_V)* i *rezultantno (RFD_R)*. Značajne su razlike utvrđene i u *frontalnoj ravnini (RFD_F)*, ali samo između SSC_B i CON grupa (slika 14).

Prosječni rezultati vršnog gradijenta sile u vertikalnoj ravnini i rezultantno su kod SSC_B grupe oko 70 % veći od CON grupe, dok su oko 37 % veći od SSC_S grupe skokova. U frontalnoj su ravnini razlike nešto manje. 20 % manje vrijednosti su utvrđene kod SSC_S grupe što se nije ispostavilo statistički značajno, dok je značajna razlika od 50 % niže prosječne vrijednosti kod CON grupe skokova (slika 14).

Prema saznanjima autora, nema mnogo istraživanja koja su istraživala razlike između različitih vrsta skokova prema kriteriju mišićnog rada. Najčešće se to odnosi na već ranije spomenute CMJ i SJ *(Asmussen i Bonde-Petersen, 1974; Bobbert i sur., 1986; Harman i sur., 1990; McCaulley i sur., 2007; Jensen i Ebben, 2007; McBride, McCaulley i Cormie, 2008)*. Nema istraživanja koja su koristila vršni gradijent sile kao jednu od mjera za razlikovanje takvih vrsta skokova. Jensen i Ebben (2007) su koristili prosječni gradijent sile te utvrdili značajno manje vrijednosti u vertikalnom gradijentu kod SJ skoka u odnosu na CMJ, dubinske skokove, skokove udalj s mjesta i „tuck“ skokove. Vrijednosti zabilježene u vršnom vertikalnom gradijentu sile u ovoj disertaciji su na razini vrijednosti dva istraživanja iz kojih je moguće preračunati vrijednosti u normalizirane po tjelesnoj masi i jednoj nozi. Cappa i Behm (2011) su zabilježili vrijednost od 5,96 TT/s, Bobbert i sur. (1986) 6,64 TT/s, a vrijednost zabilježena u ovoj disertaciji iznosi 6,51 TT/s. Utvrđeni se rezultati mogu povezati s ranije predstavljenim rezultatima vezanim za maksimalnu silu. Spomenuta je kvalitetnija iskoristivost refleksne i kontraktilne potencijacije te elastične energije pohranjene u mišićno-tetivnom sustavu. Ti mehanizmi dolaze još više do izražaja kada je riječ o brzini stvaranja

sile, odnosno gradijentu sile. Značajne razlike u proizvodnji maksimalne sile su se kretale od 23 do 39 %, dok su razlike u gradijentu sile još značajnije izražene u korist SSC_B grupe skokova (između 36 i 71 %). Zanimljivo je istaknuti kako su kod gradijenta sile utvrđene značajne razlike u vertikalnoj ravnini i rezultantno kao i kod vršne sile. No, kod vršne sile su značajne razlike utvrđene još u sagitalnoj ravnini, a kod vršnog gradijenta sile u frontalnoj ravnini. Razlog tome se vjerojatno može pronaći u tehnici izvedbe i broju skokova koje je moguće dominantno izvoditi u sagitalnoj ili frontalnoj ravnini. Primjerice, kod skokova u kretanju u sagitalnoj ravnini veći je varijabilitet u proizvodnji sile (5,87 ± 2,40 TT), nego kod skokova u kretanju u frontalnoj ravnini (3,70 ± 0,76 TT). Kod gradijenta sile, rezultati su drugačiji zbog trajanja odraza. Naime, skokovi kod kojih se proizvodi prosječno najveća vršna sila u frontalnoj ravnini su skokovi koji se izvode s promjenama smjera u toj ravnini. Kod njih je zabilježeno i prosječno znatno kraće trajanje odraza nego kod skokova u kretanju u sagitalnoj ravnini pa je to zasigurno i razlog utvrđivanja značajne razlike u vršnom gradijentu sile u frontalnoj ravnini. O ovome će biti više riječi u posljednjoj raspravi po kriteriju smjera kretanja.

Impuls sile (FI)

Prema saznanjima autora, nema istraživanja koja su za razlike između različitih vrsta skokova prema kriteriju mišićnog rada koristila mjeru impulsa sile. Stoga se rezultati ove disertacije ne mogu usporediti s dosadašnjim istraživanjima.

U varijabli impuls sile (FI) značajne su razlike utvrđene samo u vertikalnoj ravnini. No, na prvi pogled rezultati se čine iznenađujući. Značajno najveći prosječni impuls sile je ostvaren kod CON skokova, dok su SSC_S i SSC_B skokovi ostvarili 29 %, odnosno 51 % niže vrijednosti (slika 14). No, s obzirom da je impuls sile površina ispod krivulje sila-vrijeme, to je parametar koji najviše određuje daljinu ili visinu skoka. Svi CON (n = 34) skokovi su izvođeni maksimalnim intenzitetom s mjesta uvis, udalj ili lateralno sa ciljem što daljeg ili što višeg skoka. Za razliku od toga, uzorci skokova u SSC_S (n = 117) i SSC_B (n = 44) skupinama su bili veći. Mnogi od tih skokova su imali i druge zahtjeve kao što su maksimalna brzina odraza ili brzina promjene smjera u nekoj ravnini. Takvi su zahtjevi negativno utjecali na visinu ili daljinu skoka. Na isti se način može opisati značajnost razlike

između SSC_S i SSC_B skokova jer SSC_B imaju značajno kraće vrijeme trajanja odraza što je vrlo bitna komponenta impulsa sile. Ovi rezultati potvrđuju ranije navedene tvrdnje koje govore da bez obzira što impuls sile najbolje opisuje ukupno gibanje i ima nešto bolju test-retest pouzdanost od sile reakcije podloge i gradijenta sile, ova se mjera nipošto ne smije uzimati samostalno sa ciljem opisivanja ukupnog opterećenja (pogotovo mehaničkog stresa) kod skokova.

Na kraju se može zaključiti da SSC pokret (pogotovo brzi SSC_B) omogućava ekstenzorima nogu sporiju kontrakciju u prvom dijelu skraćivanja, a u konačnici veću vršnu silu reakcije podloge i vršni gradijent sile. Ovaj mehanizam je važan za tehničke elemente u mnogim sportovima, no bilo bi netočno zaključiti da pozitivan doprinos SSC pokreta na visinu ili daljinu skoka treba biti uvijek korišten. U atletskim disciplinama kao što su skok udalj ili uvis, gdje je cilj ostvariti svaki centimetar skoka, jasno da je upotreba svih mehanizama koji mogu pridonijeti rezultatu poželjna. S druge strane, spori SSC pokret zahtijeva više vremena za izvedbu. Stoga, u mnogo je situacija u sportovima potrebno skakati bez brzog SSC mehanizma. Ranije je spomenuto kako je često primjerice u košarci, odbojci ili nekim drugim timskim sportovima par centimetara visine skoka poželjno žrtvovati kako bi se pokret izveo brže ili postavio bolje u prostoru u odnosu na protivnika. Isto tako će sportaši koristiti spori SSC mehanizam ako žele skočiti što više (smeč u odbojci).

Rezultati ovog istraživanja mogu pomoći praktičarima u odabiru skakačkih sadržaja s obzirom na cilj treninga ili progresiju opterećenja. Ukoliko je cilj konačna efikasnost odraza u smislu visine ili daljine skoka, a da pri tome nema značajne brzine kretanja sportaša, onda su SSC_S sadržaji najprikladniji. Ako je prisutna veća brzina kretanja, onda su prikladniji SSC_B sadržaji. Što se tiče progresije opterećenja, može se kazati da su CON skokovi najmanje intenzivni te ih treba koristiti sa ciljem metodičkog poučavanja skakanja kod mlađih sportaša ili na početku korištenja skokova u procesu rehabilitacije nakon ozljeda. Skokovi koji pripadaju SSC_S grupi se mogu smatrati manje intenzivnim i manje stresnim te se za njih može reći da su u sredini po intenzitetu opterećenja, dok su najintenzivniji i pogotovo najviše stresni SSC_B skokovi. No, i ovakva uputa mora sadržavati dodatne parametre koji određuju ukupno opterećenje. Naravno da je broj skokova jedan od njih, ali vrlo je bitna i visina saskoka kod primjerice dubinskih skokova. Također je vrlo bitno uzeti u obzir i brzinu kretanja općeg centra mase tijela u kombinaciji s njegovom visinom leta kod skokova u kretanju i s promjenama smjera.

5.5. BIOMEHANIČKO VRJEDNOVANJE SKOKOVA PREMA KRITERIJU SMJERA KRETANJA

Prema kriteriju smjera kretanja, glavni nalazi ovog istraživanja u potpunosti potvrđuju temeljnu istraživačku hipotezu, odnosno da kinetičke varijable statistički značajno razlikuju skupine skokova klasificirane temeljem ovog kriterija. Univarijatnom analizom varijance je ustanovljeno da svaka od 11 kinetičkih varijabli može značajno razlikovati jednu ili više skupina skokova (tablica 16). Osim toga, skupine se značajno razlikuju i temeljem trajanja kontakta stopala s podlogom. S obzirom da nisu sve varijable statistički značajno diskriminirale grupe skokova na temelju prethodna tri kriterija, može se reći da kinetičke varijable temeljem ovog kriterija najbolje diskriminiraju grupe skokova.

Ranije je napomenuto da su dosadašnja istraživanja kvantificirala intenzitet opterećenja kod pliometrijskih sadržaja uglavnom u vertikalnom smjeru. S obzirom da se primjerice horizontalni pliometrijski sadžaji vrlo često koriste u praksi, a efekti pliometrijskih sadržaja su biomehanički specifični i s obzirom na ravnine u kojima se izvode *(Brughelli i sur, 2008)*, bitno je stoga objektivno utvrditi intenzitet opterećenja i razlike u intenzitetu kod većeg broja skokova u svim ravninama. Iako su horizontalni skokovi u interesu istraživača, većina tih radova se odnosi na atletski skok udalj ili troskok *(Bosco, Luhtanen i Komi, 1975; Hay, 1993; Lees, Graham-Smith i Fowler, 1993; Čoh, 1995)*. Naime, s obzirom na trenutno poznatu tehnologiju (platforme za mjerenje sile reakcije podloge) i najzastupljenije istraživačke uvjete (laboratoriji) vrlo je teško kvalitetno izmjeriti opterećenja kod skokova s velikom horizontalnom brzinom kretanja. Ograničenja su nedostatak prostora i tehnički zahtjevi za ispitanike (preciznost odražavanja sa platforme u velikoj horizontalnoj brzini). Za potrebe ovog istraživanja korištena je velika sportska dvorana i dvije platforme pozicionirane u sredini prostora, u razini podloge (slika 11 u poglavlju 3). Takav raspored omogućio je kinetička mjerenja velikog broja skokova u horizontalnom kretanju za koje se pretpostavljalo da su vrlo intenzivni i tehnički zahtjevni te do sada nisu bili istraživani.

Od skokova u kretanju do sada su najviše istraživani skokovi udalj s mjesta *(Horita, Kitamura i Kohno, 1991; Aguado, Izquierdo i Montesinos, 1997; Izquierdo i sur., 1998; Ridderikhoff, Batelaan i Bobbert, 1999; Ashby i Heegaard, 2002; Kossow i sur., 2014)*. No, znatno je manji broj istraživanja koja se odnose na razlike u opterećenju kod različitih horizontalnih skokova. Cappa i Behm (2011) su istraživali kinetičke razlike između UNI i BI skokova preko prepona

u kretanju. Samo su Kossow i suradnici (2014) utvrđivali intenzitet kod nešto većeg broja (n = 9) horizontalnih pliometrijskih sadržaja.

Vršna sila reakcije podloge (Fmax)

Ridderikhoff, Batelaan i Bobbert (1999) su na 5 tjelesno aktivnih studenata istraživali povezanost skoka udalj s mjesta sa skokom uvis s mjesta (CMJ). Zaključili su kako se za skok udalj s mjesta koriste isti mehanizmi kao i kod skoka uvis, ali po principu kojeg su nazvali „rotacija-ekstenzija“. Taj se princip odnosi na promjenu nagiba tijela u odnosu na podlogu (rotacija) neposredno prije odraza (ekstenzija). Tako se dobije povećanje udaljenosti projekcije općeg centra mase tijela u odnosu na točke oslonca koje omogućuje horizontalni odraz. Rezultati iz tog istraživanja mogu poslužiti za usporedbu s rezultatima ove disertacije u nekim kinetičkim varijablama. Primjerice, kod CMJ su utvrdili oko 10 % veću vrijednost u vertikalnoj vršnoj sili reakcije podloge, dok ta razlika u ovoj disertaciji iznosi oko 11 %. Iz tablice 23 se može vidjeti da su vrijednosti izmjerene u ovoj disertaciji na razini vrijednosti drugih istraživača.

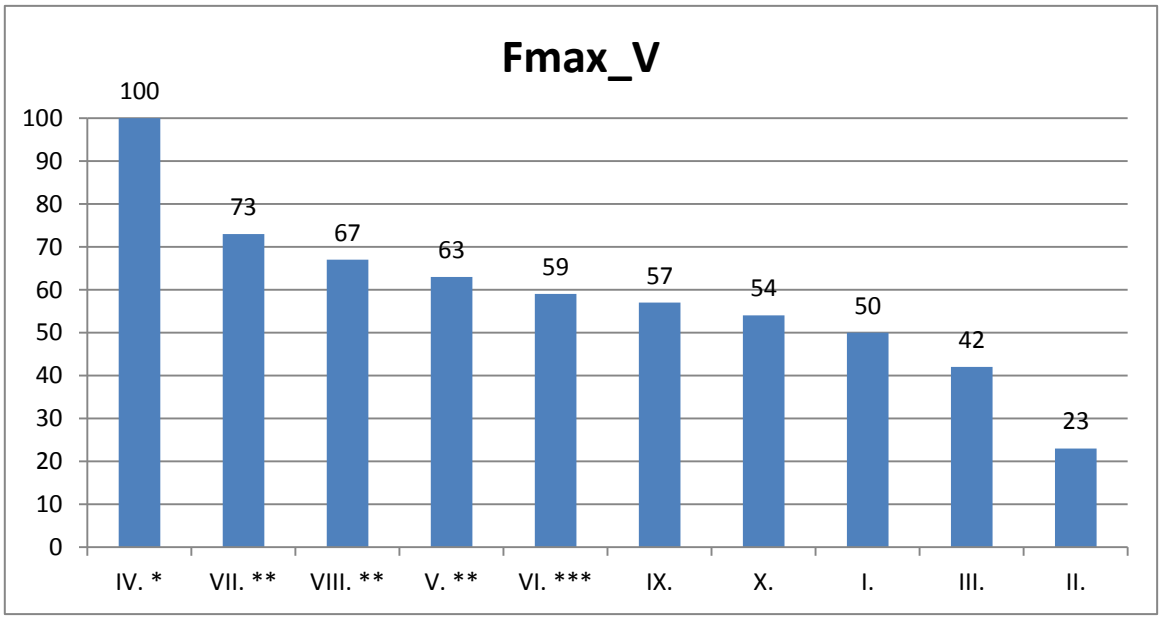
Tablica 23. Usporedba vrijednosti u vršnoj sili reakcije podloge prilikom skoka udalj s mjesta kod različitih autora

Varijabla (TT)	**Autor/i, godina**					
	Ashby i Heegaard, 2002	*Aguado i sur, 1997*	*Horita i sur, 1991*	*Izquierdo i sur, 1998*	*Kossow i sur, 2014*	*Baković, 2016*
Fmax_V	1,15	1,14	1,08	1,15	1,05	1,09
Fmax_S	0,42	0,32	0,64	*	0,40	0,34

*Legenda: TT = tjelesnih težina, Fmax_V = vršna vertikalna sila reakcije podloge, Fmax_S = vršna horizontalna sila reakcije podloge * = nije mjereno u istraživanju*

U varijabli *vršne vertikalne sile reakcije podloge (Fmax)* najveće su vrijednosti zabilježene kod skokova skupine IV (skokovi u horizontalnom kretanju) koja se značajno razlikuje od svih ostalih skupina osim skupine VII (s „cik-cak“ promjenama smjera).

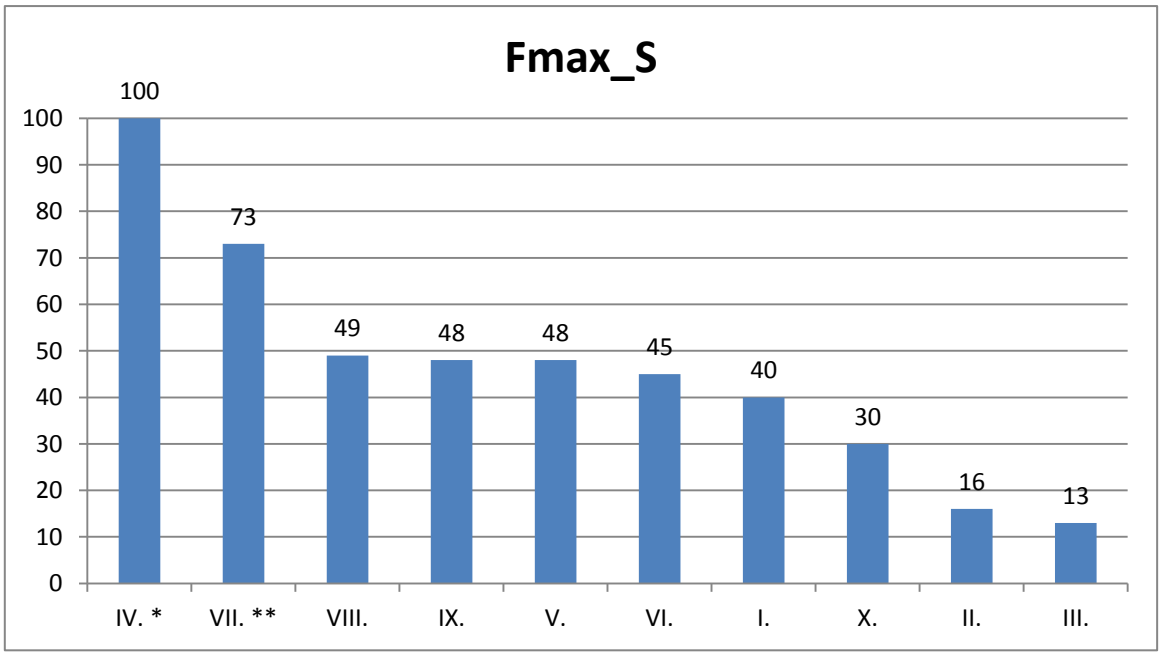
Primjerice vertikalni skokovi s mjesta (grupa I) u prosjeku imaju čak 50% nižu vršnu vertikalnu silu reakcije podloge od vrijednosti skupine IV. Općenito su u grupama skokova u kretanju po nekoj ravnini ili s promjenom smjera prosječno veće vrijednosti vršne vertikalne sile od skokova koji se izvode u mjestu ili s mjesta. Horizontalna brzina kretanja općeg centra mase tijela je vjerojatno ključan faktor po pitanju produkcije velike vertikalne sile reakcije podloge. Upravo su skokovi IV skupine izvođeni s najvećom horizontalnom brzinom kretanja (npr. skokovi preko prepona, „bounce“ skokovi s noge na nogu, „bounce“ jednonožni skokovi, specifične horizontalne vježbe koje koriste atletičari skakači). Naravno da se kod takvih skokova ne smije zanemariti maksimalna visina općeg centra mase tijela s koje se doskače na platformu, a koja nije izmjerena. Značajne su razlike utvrđene i između većine grupa skokova s promjenama smjera kretanja (skupine VI, VII i VIII) naspram skupina II i III (skupine skokova koji su se izvodili s mjesta u sagitalnoj ili frontalnoj ravnini) (slika 15). Grafički prikaz rezultata je na temelju postotnih omjera u odnosu na najveće vrijednosti u varijablama iz tablica 15a i 15b.



Slika 15. Relativne razlike i značajnosti između grupa skokova u varijabli vršne vertikalne sile reakcije podloge (Fmax_V)

Legenda: I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak“ promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini
Značajnost razlike: = sa svim skupinama osim sa VII, ** = sa skupinama II i III, *** = sa skupinom II*

Što se tiče vršne sile reakcije podloge u *sagitalnoj ravnini (Fmax_S),* najveće su vrijednosti očekivano utvrđene kod skokova skupine IV (skokovi u horizontalnom kretanju) te se oni ponovno značajno razlikuju od svih grupa osim grupe VII (s „cik-cak“ promjenama smjera). Skupina VII se još značajno razlikuje od skupina II i III. U ovoj su varijabli očekivano niske vrijednosti kod skokova koji se izvode u frontalnoj ravnini (skupine III i X), no iznenađujući su niski prosječni rezultati kod skokova skupine II (s mjesta horizontalno) u kojima je prosječna vrijednost samo 16 % od vrijednosti skupine IV (slika 16). Takvi se rezultati mogu objasniti manjom brzinom kretanja općeg centra mase tijela koja značajno utječe na proizvodnju vršne sile reakcije podloge. Skokovi skupine II su izvođeni s mjesta te se kod njih ne javlja velika vertikalna ekscentrična sila koja se pojavljuje prilikom doskoka kod skokova u kretanju. Ponovno se može zaključiti da je brzina kretanja općeg centra mase tijela ključan faktor i u proizvodnji horizontalne kao i vertikalne sile reakcije podloge. Grafički prikaz rezultata je na temelju postotnih omjera u odnosu na najveće vrijednosti u varijablama iz tablica 15a i 15b.



Slika 16. Relativne razlike i značajnosti između grupa skokova u varijabli vršne sagitalne sile reakcije podloge (Fmax_S)

Legenda: I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak“ promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini

Značajnost razlike:

* *sa svim skupinama osim sa VII*

** *sa skupinama II i III*

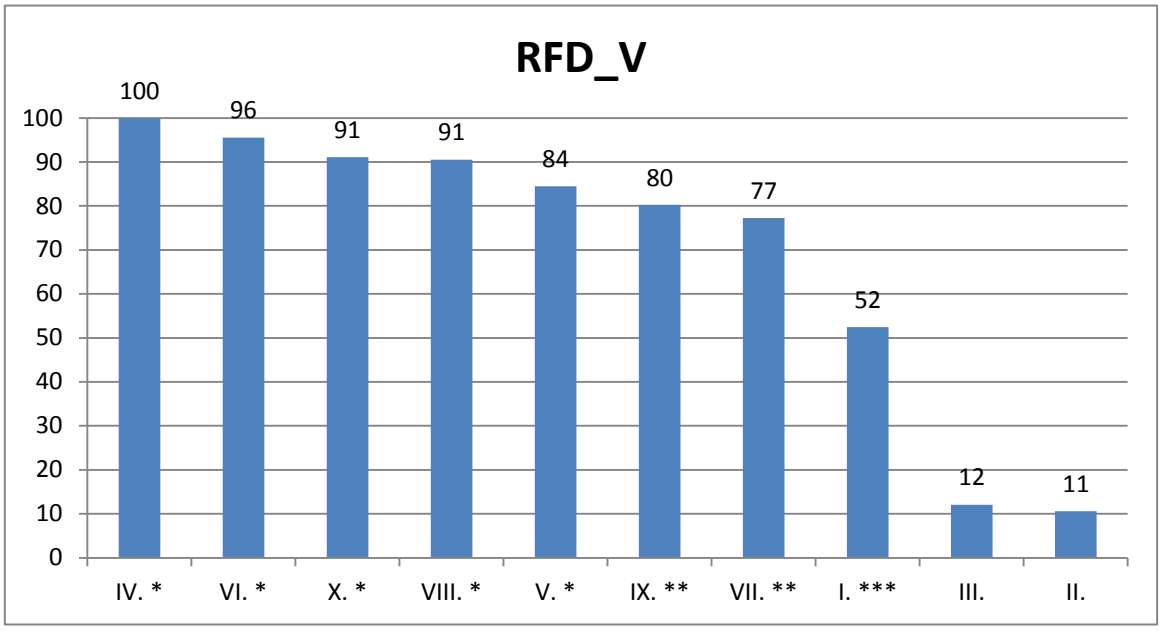
Vrijednosti vršne sagitalne sile reakcije podloge utvrđene u ovom istraživanju se djelomično mogu usporediti s dosadašnjim istraživanjima. Naime, Kossow i sur (2014) su u svome istraživanju na 10 zdravih, tjelesno aktivnih muškaraca uključili skokove preko prepona na visini od 45 cm te dobili vrijednost od 0,93 TT u vertikalnoj ravnini. Nisu naveli horizontalni razmak između prepona. Cappa i Behm (2011) su na 13 muških sportaša (ragbijaši) detaljnije obradili skokove preko prepona koje se ispitanici izvodili na visinama od 40 do 80 cm s 50 cm razmaka između prepona te su utvrdili vrijednosti vršne vertikalne sile reakcije podloge od 2,50 do 2,75 TT po jednoj nozi. U ovom su istraživanju također mjereni parametri skokova preko prepona na visini od 30 cm, ali s uputom ispitanicima da se odraze maksimalno visoko, te sa značajno većim horizontalnim razmakom od 150 cm. Utvrđene su veće vrijednosti od 3,55 do 3,68 TT vjerojatno zbog veće horizontalne brzine općeg centra mase tijela. Usporedbom vremena kontakta stopala s podlogom mogu se uočiti i neke druge razlike. Naime, kod Cappe i Behma je za najveću visinu prepona kod svih ispitanika izračunato prosječno trajanje odraza od 0,209 ± 0,032 s, dok su ispitanici u ovoj disertaciji na približno sličnoj visini odraza postigli prosječno trajanje od 0,180 ± 0,050 s. Razlika je vjerojatno u uzorku ispitanika, odnosno ragbijaši kod Cappe i Behma naspram atletičara u ovom eksperimentu. Cappa i Behm su u svom istraživanju mjerili i unilateralne skokove preko prepona na visini od oko 35 cm sa razmakom od 50 cm između prepona. Tako su dobili prosječno trajanje odraza od 0,262 ± 0,031 s, te vršnu vertikalnu silu od 3,02 TT naspram 0,240 ± 0,041 s i 5,03 TT u ovoj disertaciji. Razlike u trajanju odraza ukazuju na različite tehnike izvedbe skokova. Atletičari su više koristili SSC_B (engl. „bounce“) mehanizam, dok su ragbijaši koristili SSC_S (engl. „counter“) mehanizam. Ranije su objašnjene mehaničke razlike između tih grupa skokova.

U varijabli koja se odnosi na *vršnu silu reakcije podloge u frontalnoj ravnini (Fmax_F)* očekivano najveći rezultati su u skupinama skokova koji se izvode u toj ravnini (III, V i X) te VIII (promjena smjera kretanja iz sagitalne u frontalnu ravninu). Najveće vrijednosti i značajno odstupanje od većine ostalih skupina skokova su očekivano utvrđene u skupini X (promjene smjera u frontalnoj ravnini – lijevo-desno). Skupina III koja se odnosi na skokove s mjesta u frontalnoj ravnini se ne razlikuje značajno od skupine lateralnih skokova s promjenama smjera (X). Općenito su najniže prosječne vrijednosti svih kinetičkih varijabli izmjerene u frontalnoj ravnini. Skokovi s mjesta u frontalnoj ravnini se ne razlikuju značajno od skokova u kretanju kao što je to slučaj kod sagitalne i vertikalne ravnine. Brzina kretanja u

frontalnoj ravnini ne može biti velika kao u sagitalnoj te zato nema toliko značajnu ulogu u proizvodnji vršne sile reakcije podloge.

Gradijent sile (RFD)

Rezultati univarijatne analize varijance su utvrdili da se u varijabli gradijenta sile u vertikalnoj ravnini (RFD_V) značajno najviše razlikuju skupine skokova II i III. U te dvije skupine koje se odnose na skokove s mjesta u sagitalnoj i frontalnoj ravnini su utvrđeni značajno manji prosječni rezultati od većine drugih skupina. Najviše vrijednosti su ponovno utvrđene kod skokova skupine IV, odnosno kod svih skupina koje su u kretanju (slika 17).



Slika 17. Relativne razlike i značajnosti između grupa skokova u varijabli vršnog gradijenta sile u vertikalnoj ravnini (RFD_V)

Legenda: I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini

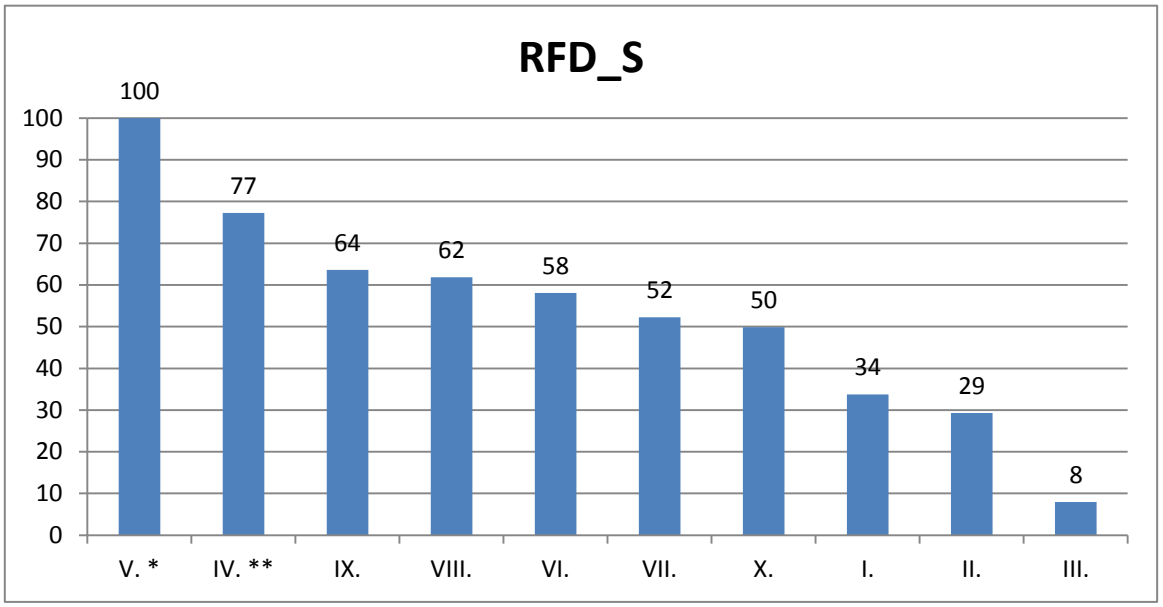
Značajnost razlike:

* *sa skupinama I, II i III,*

** *sa skupinama II i III,*

*** *sa skupinom II*

Skupina I koja se odnosi na vertikalne skokove s mjesta ima značajno veću prosječnu vrijednost od skupine II, dok je razlika sa skupinom III vrlo blizu granice značajnosti ($p = 0.078$). Takvi se rezultati ponovno mogu objasniti brzinom općeg centra mase tijela. Naime, od 33 vrste skokova iz I skupine, 14 vrsta su bili višekratni vertikalni skokovi kod kojih su za obradu odabrani parametri drugog ili trećeg odraza. Dakle, to su bili skokovi kod kojih je opći centar mase tijela imao veću početnu visinu od jednokratnih skokova te samim time i veću negativnu vertikalnu brzinu. To se može usporediti s povećavanjem visine saskoka kod dubinskih skokova za koje su neki autori utvrdili da utječe na povećanje vršne sile reakcije podloge. Horizontalna i vertikalna brzina općeg centra mase tijela utječu na ekscentričnu komponentu odraza i veličinu sile, što direktno znači i utjecaj na gradijent sile.



Slika 18. Relativne razlike i značajnosti između grupa skokova u varijabli vršnoga gradijenta sile u sagitalnoj ravnini (RFD_S)

Legenda: I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini

Značajnost razlike:

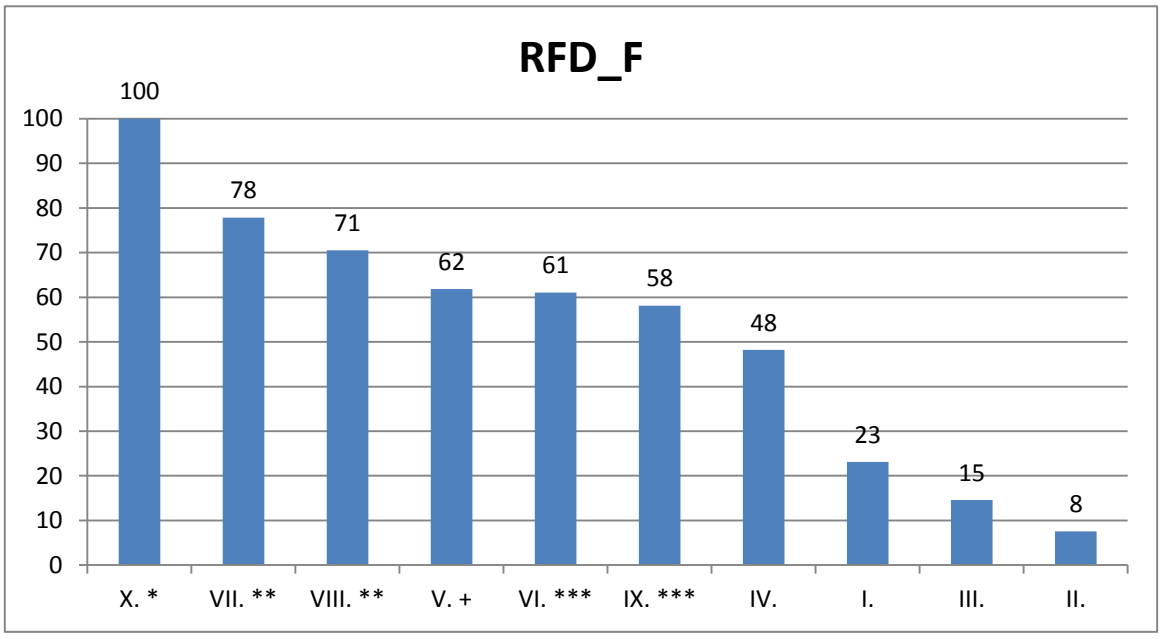
* *sa skupinama I, II, III i X*

** *sa skupinama I i III*

Najviši i značajno različiti *vršni gradijent sile u sagitalnoj ravnini (RFD_S)* u odnosu na neke druge skupine su izmjereni kod skupina IV i V. Skokovi skupine V su lateralni skokovi u kretanju, dakle u frontalnoj ravnini. Rezultati su na prvi pogled iznenađujući, ali se vjerojatno mogu objasniti specifičnim zahtjevima ravnoteže i stabilnosti kod lateralnog skakanja, pogotovo kod primjerice „tuck" visoko intenzivnih skokova. Za održavanje

ravnoteže i smjera kretanja potrebno je izgleda u kratkom vremenskom intervalu apsorbirati veliku količinu sile reakcije podloge koja se javlja u sagitalnoj ravnini. Ovi su rezultati posebno značajni sa stajališta prevencije ozljeda i progresije opterećenja u procesu oporavka nakon ozljeda koljena ili skočnog zgloba. Skokovi skupine IV (u horizontalnom kretanju) imaju očekivano značajno više vrijednosti od skupina skokova s mjesta (II i III). Razlika nije značajna jedino u odnosu na skupinu I koja je također u mjestu, ali s mogućnošću višekratnih skokova koji ponovno imaju zahtjeve stabilnosti i ravnoteže (slika 18).

Kod vršnoga gradijenta sile u frontalnoj ravnini (RFD_F) očekivano najveći prosječni rezultat ima grupa skokova X (promjene smjera u frontalnoj ravnini). Ona se značajno razlikuje od svih grupa skokova u mjestu (I), s mjesta u kretanje (II i III) i u horizontalnom (sagitalnom) kretanju (IV). Rezultati su očekivani, no sa stajališta prevencije od ozljeda bitno je istaknuti da su horizontalni skokovi u kretanju imali 25 do 40 % veću prosječnu vrijednost od skokova iz skupina s mjesta. To znači da su veliki zahtjevi u apsorbiranju sile u frontalnoj ravnini prilikom skakanja u sagitalnoj. Takva razlika nije statistički značajna, ali opet ističe važnost stabilizacije i ravnoteže prilikom skakanja (slika 19).



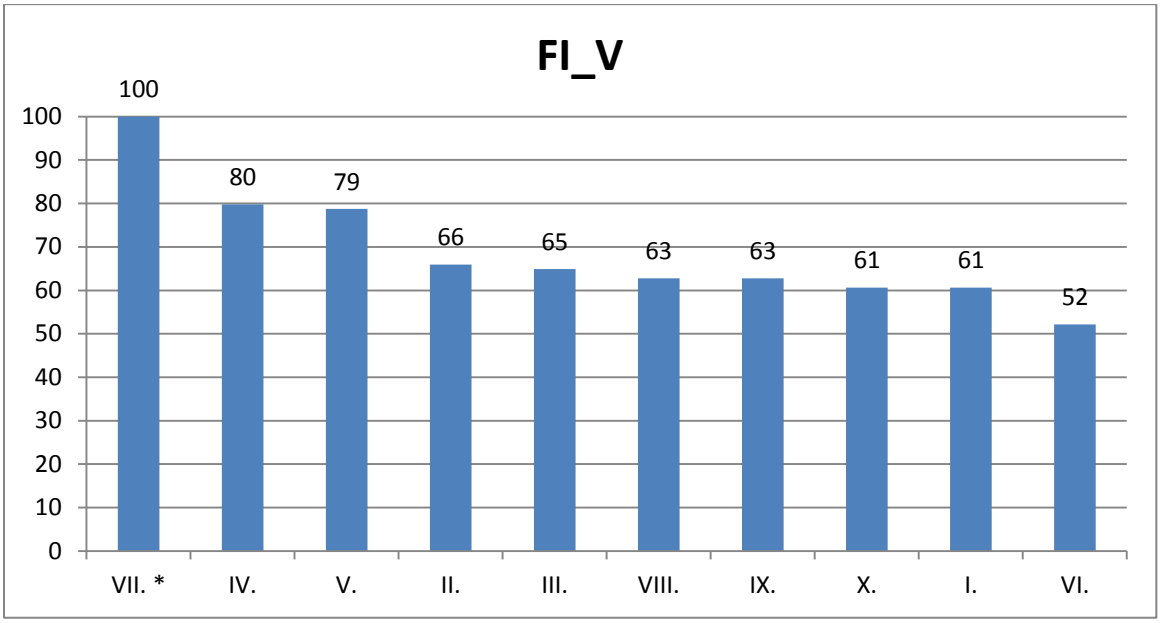
Slika 19. Relativne razlike i značajnosti između grupa skokova u varijabli vršnog gradijenta sile u frontalnoj ravnini (RFD_F)

Legenda: I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini

*Značajnost razlike: * sa skupinama I, II, III i IV, ** sa skupinama I, II i III, *** sa skupinom II, + sa skupinama I i II*

Impuls sile (FI)

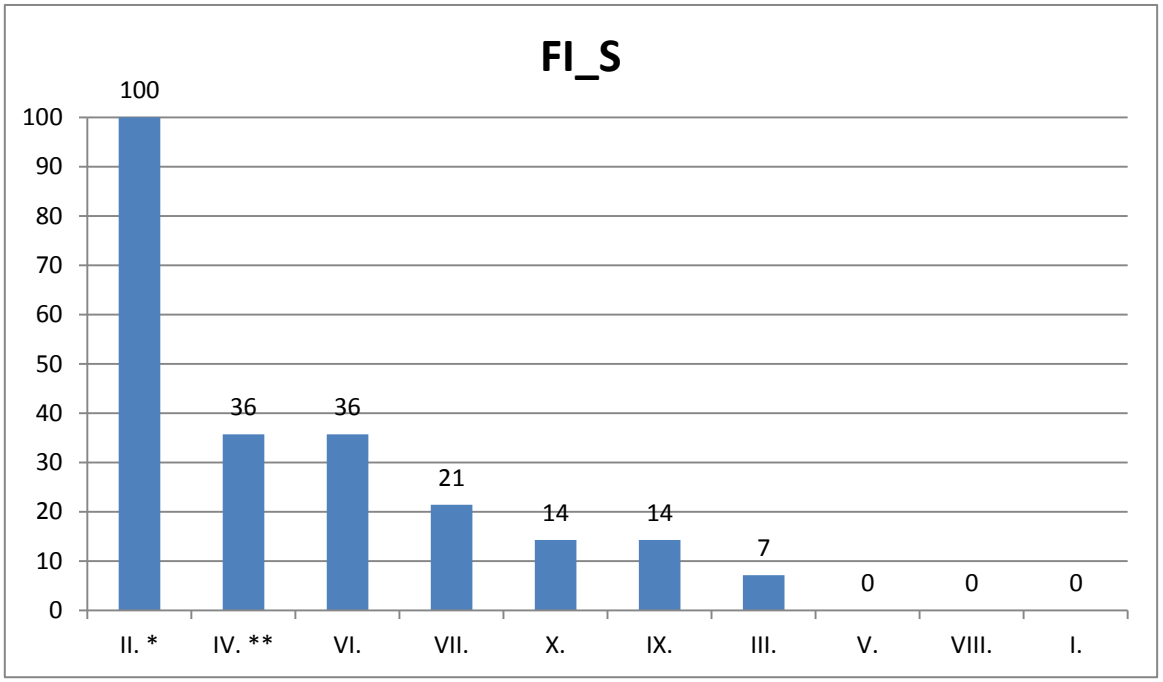
Impuls sile kao mjera kojom se žele diskriminirati skupine skokova prema kriteriju smjera kretanja ima manju diskriminacijsku moć od varijabli vršne sile reakcije podloge i vršnog gradijenta sile. Naime, puno je manji broj međusobnih razlika među grupama skokova utvrđenih na temelju varijabli impulsa sile. Najveći prosječni *impuls sile u vertikalnoj ravnini (FI_V)* je utvrđen kod skokova iz skupine VII (sa „cik-cak“ promjenama) koji se značajno razlikuje jedino od grupa I i VI. Grupa VI (promjene smjera u sagitalnoj ravnini – naprijed-natrag) je imala prosječno najkraće trajanje odraza (0,262 s) dok je grupa VII imala prosječno najdulje trajanje odraza (0,754 s). Tako značajna razlika u trajanju odraza je zasigurno utjecala na značajnost razlike u impulsu sile. Prosječna vrijednost vertikalnog impulsa sile grupe I je 39 % manja nego kod grupe VII što se ispostavilo statistički značajno iako je na približno jednakoj razini s ostalim skupinama koje se ne razlikuju značajno. Interesantno je da je veći prosječni vertikalni impuls zabilježen kod skokova iz skupina II i III (s mjesta u kretanje) nego kod skupine I (s mjesta vertikalno) (slika 20). Razlog tome je vjerojatno opet u trajanju odraza. Naime, skupine II i III su jedine uz skupinu VII kod kojih je prosječno trajanje odraza bilo veće od 0,700 s, dok je kod skupine I iznosilo manje od 0,500 s.



Slika 20. Relativne razlike i značajnosti između grupa skokova u vertikalnom impulsu sile (FI_V)

Legenda: I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak“ promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini
*Značajnost razlike: * sa skupinama I i VI*

Najveći impuls sile u *sagitalnoj ravnini (FI_S)* je izmjeren kod grupe II (horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad) i to značajno veći od grupe IV (u horizontalnom kretanju) koja je najveće vrijednosti ostvarivala u vertikalnoj i sagitalnoj vršnoj sili reakcije podloge te vršnom sagitalnom gradijentu sile. Relativna razlika iznosi 64 %. Skupina II ima prosječno trajanje odraza 0,731 s i s vrlo niskom prosječnom vrijednosti sagitalne vršne sile reakcije podloge od 0,15 TT, dok grupa IV ima prosječno trajanje odraza 0,498 s i sagitalne vršne sile 0,91 TT. Izgleda da je razlika u trajanju odraza značajnije utjecala na impuls sile od razlike u veličini sile (slika 21).



Slika 21. Relativne razlike i značajnosti grupnih razlika u impulsu sile u sagitalnoj ravnini (FI_S)

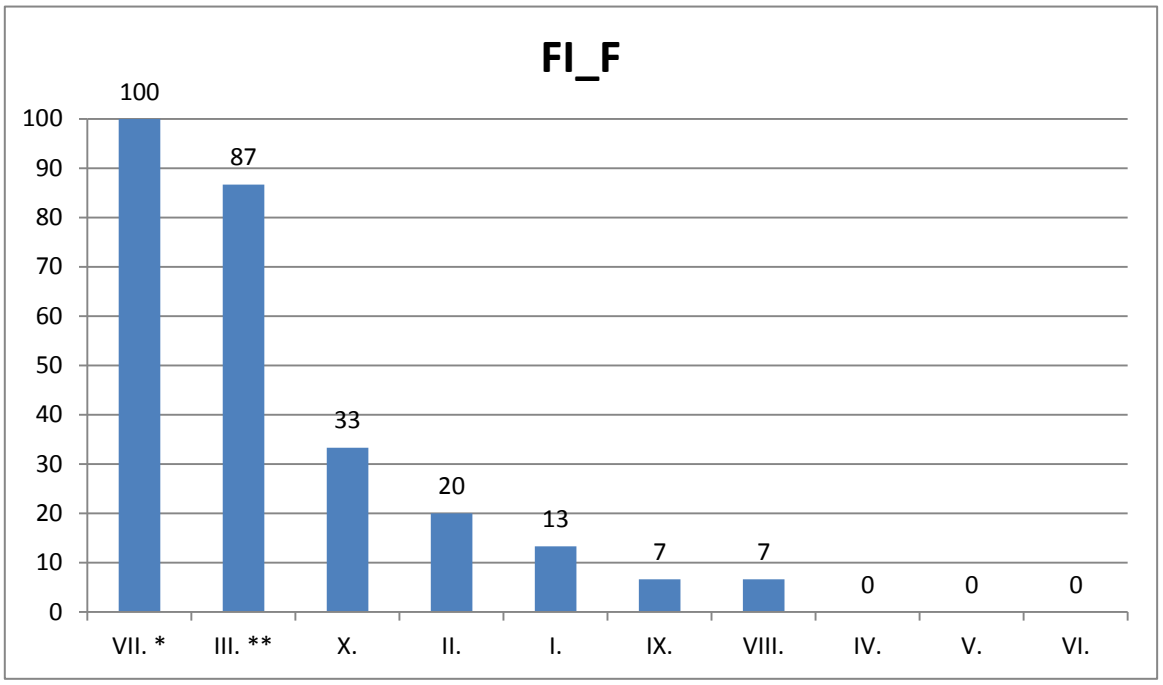
Legenda: I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak" promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini

Značajnost razlike:

* *od svih ostalih skupina*

** *od skupina VI, VII, IX i X*

Rezultati impulsa sile u *frontalnoj ravnini (FI_F)* se na sličan način mogu objasniti kao i u sagitalnoj ravnini. Najveću prosječnu vrijednost i značajno veću od svih ostalih grupa skokova imala je grupa VII (sa „cik-cak“ promjenama smjera). Drugu najveću vrijednost i značajno različitu od svih ostalih grupa imala je očekivano grupa III (lateralni skokovi s mjesta) (slika 22). Skupine VII i III su vezane uz frontalnu ravninu, ali s duljim prosječnim trajanjem odraza (iznad 0,700 s).



Slika 22. Relativne razlike i značajnosti grupnih razlika u impulsu sile u frontalnoj ravnini (FI_F)
Legenda: I = vertikalno s mjesta, II = horizontalno s mjesta prema naprijed ili unazad, III = lateralno s mjesta ulijevo ili udesno, IV = u horizontalnom kretanju prema naprijed ili unazad, V = u lateralnom kretanju ulijevo ili udesno, VI = s promjenama smjera u sagitalnoj ravnini (naprijed-natrag), VII = s dijagonalnim „cik-cak“ promjenama smjera, VIII = s promjenama smjera iz horizontalnog kretanja u lateralno, IX = s promjenama smjera iz lateralnog kretanja u horizontalno, X = s promjenama smjera u frontalnoj ravnini
Značajnost razlike:
** od svih ostalih skupina,*
*** od skupina IV, V i VI*

Na temelju rezultata koji se odnose na impuls sile može se zaključiti da on kao diskriminativna mjera drugačije diskriminira skupine skokova temeljem kriterija smjera kretanja od druga dva skupa kinetičkih varijabli. Naime, u kriterijima lateralnosti, zamaha rukama i režima mišićnog rada, impuls sile je značajno razlikovao skupine skokova samo u vertikalnoj ravnini. S druge strane, vršna sila reakcije podloge i vršni gradijent sile su značajno razlikovale grupe skokova u više ravnina. Vrijeme trajanja odraza je izgleda ključan

faktor koji je utjecao na diskriminativnu sposobnost ove varijable. Iako je na početku rasprave impuls sile bio opisan kao moguće najbolja mjera opterećenja s najvećom pouzdanosti, to generalno nije točno. Previše je pod utjecajem jedne komponente (trajanje kontakta stopala s podlogom) zbog koje se gube informacije o specifičnom mehaničkom stresu kojeg mogu dati sila reakcije podloge i gradijent sile. Zato je bitno ponoviti tvrdnju da sve kinetičke varijable imaju sposobnost diskriminiranja skokova s ciljem određivanja razine intenziteta, ali ih treba promatrati kombinirano, a ne samostalno.

Sa stajališta progresije opterećenja, generalno se može konstatirati da su skokovi intenzivniji ako se izvode u kretanju. Što je veća brzina i visina općeg centra mase tijela prilikom doskoka kod skokova u kretanju, to će skokovi biti intenzivniji. Jednokratni skokovi u mjestu i s mjesta su najmanje intenzivni. Zatim slijede višekratni skokovi u mjestu, da bi se skokovi u kretanju i s promjenama smjera mogli smatrati najintenzivnijim. Njihov intenzitet ovisi o horizontalnoj i vertikalnoj brzini općeg centra mase tijela prilikom doskoka. Kod takvih se skokova javlja velika vertikalna sila reakcije podloge u ekscentričnoj fazi. Kao što se kinetičke mjere trebaju kombinirano uzimati u obzir prilikom određivanja ukupnog opterećenja kod skokova, tako se skokovi temeljem kriterija smjera kretanja dodatno trebaju razmatrati s ostalim kriterijima – lateralnost, režim rada mišića i korištenje zamaha rukama. Jedino takav cjelovit pristup rangiranju skokova prema intenzitetu opterećenja je dovoljno kvalitetan i pouzdan.

5.6. OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA I PERSPEKTIVE

Ograničenjem ovog istraživanja u prvom planu se može smatrati veliki broj skokova kojeg su ispitanici izvodili u sedam eksperimentalnih dana te moguću pojavu umora zbog toga. Eksperimentalni nacrt je rađen temeljem broja skokova, njihove zahtjevnosti izvedbe, procjene intenziteta te prema broju odraza prilikom jednog eksperimentalnog dana. Naime, ispitanici su prosječno izvodili oko 140 odraza po jednom mjerenju. Taj se broj povećavao do 200 kada se uključe odrazi u zagrijavanju te eventualna ponavljanja prilikom mjerenja. Kontrola umora se prije svega odnosila na dovoljan oporavak između ponavljanja (1-3 min) te ravnomjerna raspodjela skokova prema procijenjenom intenzitetu. Osim toga, nakon dva uzastopna eksperimentalna dana, ispitanici su dobili jedan dan odmora. No, najvažniji faktor kontrole umora su bili sami ispitanici koji su vrlo iskusni u provedbi skakačkih treninga i samo-procjeni umora. Atletičari skakači prilikom jednog skakačkog treninga izvode približno 200 do 300 odraza. Bitno je napomenuti da se veliki broj tih odraza odnosi na unilateralne skokove u horizontalnom kretanju za koje se temeljem rezultata ove disertacije može reći da spadaju u sami vrh opterećenja. Tako intenzivni skokovi su bili najmanje zastupljeni i raspodijeljeni ravnopravno po eksperimentalnim danima. Dakle, pretpostavka je da ukupno opterećenje po ispitaniku tijekom provedbe mjerenja nije izazvalo značajan umor koji bi utjecao na njihovu izvedbu. U prilog tome se mogu uzeti i rezultati posljednja dva eksperimentalna dana u kojima su ispitanici ostvarivali prosječno veće rezultate od ispitanika drugih istraživanja u onim skokovima koji su se mogli usporediti. Ta prosječna relativna razlika između ovih ispitanika i ispitanika drugih istraživača je bila približno jednaka razlici u prvim eksperimentalnim danima.

Nešto veće ograničenje ovog istraživanja se odnosi na one skokove koje ispitanici nisu rutinski provodili u svojim treninzima (primjerice skokovi s promjenama smjera). Tu je zasigurno do izražaja mogao doći efekt učenja takvih znanja. Svi su ispitanici dobili jedan do tri probna pokušaja za svaki skok kojeg nisu rutinski provodili do tada. Broj probnih pokušaja je ovisio o kompleksnosti izvedbe skoka. Za jednostavnije su dobili po jedan probni pokušaj, dok su za one kompleksnije skokovi dobili do tri probna pokušaja. Broj probnih pokušaja je bio standardiziran kako bi se smanjile moguće razlike nastale zbog efekta učenja.

Kao jedno od većih ograničenja je nedostatak segmentalne kinetike koja bi zasigurno doprinijela kvalitetnijem diskriminiranju skokova. Informacije o opterećenju pojedinih zglobova sigurno dodatno mogu objasniti razlike u opterećenjima pojedinih skokova ili skupina skokova. Bitno je istaknuti da je prilikom izrade eksperimentalnog nacrta i provedbe samog mjerenja korišten kinematički sustav uz pomoć kojeg bi se utvrdila segmentalna kinetika. No, analizom kinematičkih signala ustanovljeno je da korištena tehnologija nije dovoljno osjetljiva te da ne može dati dovoljno pouzdane informacije. Razlog tome je veliki gubitak informacija reflektirajućih markera postavljenih na referentne anatomske točke zbog velike brzine kretanja. Stoga je naknadno odlučeno da se segmentalna kinetika neće koristiti prilikom obrade rezultata ove disertacije.

Segmentalnu kinetiku bi sigurno u budućim istraživanjima ovog tipa trebalo koristiti kako bi se dodatno razumjele razlike između pojedinih skokova i grupa skokova. Informacije o opterećenju pojedinih zglobova koji sudjeluju u odrazu su zasigurno vrijedne te ih treba uzeti u obzir. Osim toga, elektromiografija je u uvodu rasprave spomenuta kao jedan od pristupa mjerenju intenziteta opterećenja kod skokova. Stoga bi elektromiografija također pridonijela razumijevanju tih razlika te bi i takav kombinirani pristup trebalo koristiti u budućim istraživanjima.

Ovo je istraživanje biomehanički vrjednovalo skokove na temelju četiri kriterija. U budućnosti bi trebalo diskriminirati skokove i na temelju još jednog kriterija za kojeg se ispostavilo u nekim istraživanjima da ima utjecaja na kinetičke parametre kod skokova, ali svoje uporište ima i u praksi. Riječ je o kriteriju kontakta stopala s podlogom. Već su u nekim istraživanjima utvrđene razlike na nekoliko vrsta skokova ako se izvode na prednjem dijelu stopala ili na punoj površini stopala. U praksi se mnogi skokovi izvode i preko stražnjeg dijela (preko pete). Vrlo je vjerojatno da bi kinetičke varijable (a moguće i EMG varijable te segmentalna kinetika) mogle diskriminirati skokove na temelju kriterija kontakta stopala s podlogom.

Jedna od preporuka za buduća istraživanja jest veći uzorak i drugačije vrste ispitanika. U reprezentativnijim uzorcima ispitanika bi se mogle valjano utvrditi i razlike po spolu. U ovoj su studiji ispitanici bili vrhunski atletičari i atletičarke od kojih su se zahtijevale maksimalne performanse. Korisno bi bilo slično istraživanje provesti na netreniranim zdravim ispitanicima, zatim rekreativcima te sportašima iz drugih sportova (primjerice sportaši snage ili izdržljivosti).

6. ZAKLJUČAK I PRAKTIČNA PRIMJENJIVOST REZULTATA

U ovoj su disertaciji istraživane vrijednosti u kinetičkim varijablama koje opisuju pojedine vrste skokova klasificirane s obzirom na sljedeće zadane kriterije: smjer kretanja, lateralnost, korištenje zamaha rukama i režim mišićnog rada. Cilj je bio utvrditi hoće li se grupe skokova klasificirane na temelju zadanih kriterija značajno razlikovati u kinetičkim varijablama koje se odnose na vrijednosti vršne sile reakcije podloge, vršnoga gradijenta sile i impulsa sile. Uzorak ispitanika činilo je osmero hrvatskih atletičara (5 muškaraca i 3 žene) od kojih se šestero bavi skakačkim, a dvoje sprinterskim atletskim disciplinama. Ispitanici su bili ili su trenutno aktualni članovi hrvatske nacionalne atletske selekcije s iskustvom nastupanja na brojnim i velikim međunarodnim natjecanjima. Takvi su ispitanici odabrani iz razloga što atletičari skakači i sprinteri kroz svoj trenažni proces imaju veliko iskustvo u izvedbi brojnih skakačkih sadržaja. Naučeni su izvoditi skakačke sadržaje u visokom intenzitetu te tehnički vrlo kvalitetno i konzistentno. Također su iskustveno upoznati s različitim modalitetima izvedbe skakačkih sadržaja. Ispitanici su tijekom mjerenja izveli 159 različitih vrsta skokova koji su za potrebe planiranja i organizacije eksperimenta prvenstveno klasificirani temeljem smjera kretanja. No, ukupan broj skakačkih entiteta u obradi podataka je bio 195 zbog normaliziranja opterećenja po jednoj nozi. Na taj se način broj entiteta povećao za 36 zbog zasebnih i različitih rezultata prednje i stražnje noge kod bilateralnih asimetričnih skokova te unutrašnje i vanjske noge kod bilateralnih skokova s promjenama smjera. Zbog toga se mjerenje provodilo uz pomoć dvije platforme za mjerenje sile reakcije podloge.

Rezultati su potvrdili postavljenu temeljnu istraživačku hipotezu za svaki od korištenih kriterija klasifikacije skokova. Konkretno, kinetičke varijable izvedene iz sile reakcije podloge statistički značajno razlikuju pojedine skupine skokova, klasificirane temeljem odabranih kriterija. Ispostavilo se da svaka od jedanaest istraživanih kinetičkih varijabli može značajno razlikovati skupine skokova u barem jednom od odabranih kriterija. Varijable vršne sile reakcije podloge, vršnoga gradijenta sile i impulsa sile imaju prethodno dokazanu visoku pouzdanost te ovi nalazi potvrđuju važnost i korisnost primjene kinetičkih varijabli sile reakcije podloge u opisivanju, vrjednovanju i klasifikaciji skakačkih sadržaja.

U odnosu na postojeće spoznaje novost ovog istraživanja jest da je ovo prvo istraživanje koje je biomehanički vrjednovalo reprezentativan broj skakačkih sadržaja (n = 195), izvedenih od strane iskusnih i vještih sportaša-atletičara. Pored toga, ovo je, prema saznanjima autora, prvo istraživanje koje je utvrđivalo kinetičke razlike u grupama skokova, klasificiranih prema znanstveno i praktično utemeljenim kriterijima lateralnosti, korištenja zamaha ruku, režima rada mišića te smjera kretanja. Utvrđene su i kinetičke vrijednosti mnogih skokova koji do sada nisu istraživani. Tako je primjerice utvrđena do sada najveća vršna vertikalna sila reakcije podloge veća od 12 tjelesnih težina po jednoj nozi. Riječ je o maksimalnim unilateralnim horizontalnim skokovima s velikom horizontalnom brzinom kretanja i visinom općeg centra mase tijela u fazi leta koje koriste atletičari skakači u svom treningu.

Ograničenja ovog istraživanja se odnose na veliki broj istraživanih skokova koji su mogli izazvati umor kod ispitanika, zatim izvedba nekih skokova s kojima ispitanici nisu bili upoznati, nedostatak segmentalne kinetike i elektromiografije koji bi dodatno doprinijeli razumijevanju razlika u opterećenju između skupina skokova te relativno mali uzorak ispitanika.

Poznavanjem intenziteta različitih vrsta skokova lakše je planiranje i programiranje transformacijskog procesa u sportu i rehabilitaciji. Maksimizacija efekata pliometrijskih programa, kao i prevencija od ozljeda tijekom istih ovisi o logičkoj progresiji intenziteta vježbi. Zbog velikih razlika u intenzitetu između brojnih pliometrijskih sadržaja potreban je i veliki oprez prilikom odabira pojedinih sadržaja. Ovo istraživanje nudi objektivno kvantificiranje gotovo svih skakačkih sadržaja normalizirano prema težini tijela te po jednoj nozi. Programirani intenzitet u transformacijskim procesima treninga i rehabilitacije bi trebao biti biomehanički specifičan prema ciljevima. Primjerice, ako je trenažni ili rehabilitacijski cilj smanjiti medio-lateralnu nestabilnost, pliometrijske vježbe s progresivnim intenzitetom u frontalnoj ravnini bi se trebale provoditi. Rezultati ovog istraživanja pomažu u rangiranju pliometrijskih sadržaja po ravninama u kojima se izvode.

Rezultati ove studije ukazuju da bi se klasifikacija skokova po intenzitetu ubuduće trebala fokusirati na temelju dva kinetička kriterija: ***vršna sila reakcije podloge*** i ***vršni gradijent sile.*** Te dvije mjere zajednički najbolje opisuju intenzitet skokova. Primjerice, skokovi kod kojih je vršna vertikalna sila reakcije podloge manja od oko 2,5 TT s vršnim vertikalnim gradijentom sile manjim od oko 25 TT/s se mogu smatrati skokovima niskog

intenziteta. S druge strane, skokovi kod kojih je vršna vertikalna sila reakcije podloge veća od oko 4 TT s vršnim vertikalnim gradijentom sile većim od oko 40 TT/s se mogu smatrati skokovima visokog intenziteta. Najintenzivnijim skokovima se mogu smatrati skokovi kod kojih se javlja vršna sila reakcije podloge veća od oko 7 TT s gradijentom sile većim od 70 TT/s. Ekstremno visoko intenzivni skokovi su oni kod kojih je vršna sila reakcije podloge veća od 10 TT ili vršni gradijent sile veći od 100 TT/s. Radi se o normaliziranim vrijednostima po tjelesnoj težini i po jednoj nozi. Važno je napomenuti da se izostavljanjem jednog od ta dva kriterija ne može kvalitetno opisati ukupno mehaničko opterećenje niti rangirati skokove prema intenzitetu.

S praktičnog stajališta, rezultati ove studije pokazuju da je prilikom odabira skokova na temelju intenziteta potrebno voditi računa o vršnoj sili reakcije podloge u kombinaciji s vršnim gradijentom sile. No, osim toga, vrlo je važno i poznavanje modaliteta izvedbe skokova. Tako se primjerice može konstatirati da se većina skokova sa CON mišićnim režimom rada može smatrati skokovima nižeg intenziteta jer im je u prosjeku vršni gradijent sile manji od 20 TT/s. S druge strane, većina SSC_B skokova se mogu smatrati skokovima visokog intenziteta jer je kod njih prosječna vrijednost vršne sile reakcije podloge oko 4,5 TT s vršnim gradijentom sile većim od 60 TT/s. Drugi primjer jest većina skokova u horizontalnom kretanju za koje se može reći da su visoko intenzivni jer imaju prosječnu vršnu silu reakcije podloge veću od 5 TT s vršnim gradijentom sile većim od 50 TT/s. Nasuprot tome, većina skokova u mjestu i s mjesta se mogu smatrati skokovima niskog intenziteta zbog vršne sile reakcije podloge manje od 2,5 TT sa vršnim gradijentom sile manjim od 10 TT/s. Iznimka su višekratni vertikalni skokovi u mjestu koji se ustvari mogu smatrati dubinskim skokovima zbog prethodno ostvarene visine općeg centra mase tijela. No, i dubinski skokovi mogu pripadati skokovima niskog, srednjeg i visokog intenziteta. Ovisi o faktorima maksimalne visine općeg centra mase tijela, režima mišićnog rada i vrste kontakta stopala sa podlogom. S niže visine, ali s brzim SSC režimom mišićnog rada i prednjim kontaktom stopala s podlogom dubinski skok može biti vrlo intenzivan. Isto tako s veće visine, sporim SSC mišićnim režimom rada i kontaktom stopala preko pete dubinski skok može biti nisko intenzivan. Dakle, poznavanje vršnih vrijednosti sile reakcije podloge i gradijenta sile uz različitosti modaliteta izvedbe skokova (režim mišićnog rada, smjer kretanja, vrsta kontakta stopala s podlogom) omogućuje objektivno klasificiranje i odabir skokova na temelju intenziteta.

S praktičnog stajališta u smislu prevencije od ozljeda, ovo istraživanje je potvrdilo da se skokovi sa „cik-cak“ promjenama smjera mogu smatrati vrlo rizičnima. Rezultati su pokazali da se takvi skokovi ne razlikuju značajno od grupe skokova u horizontalnom kretanju za koje su utvrđene najveće vrijednosti u većini varijabli vršne sile reakcije podloge i vršnog gradijenta sile. Oni se također ne razlikuju značajno niti u vršnom gradijentu sile u frontalnoj ravnini od grupe skokova koja je ostvarila najveće vrijednosti u toj varijabli (skokovi sa promjenama smjera u frontalnoj ravnini). Osim toga, skokovi sa „cik-cak“ promjenama smjera su ostvarili najveći prosječni vertikalni impuls sile, što se može objasniti značajno duljim trajanjem odraza. Rizični skokovi su i visoko intenzivni lateralni skokovi u kretanju sa kratkim trajanjem odraza. Kod njih se osim velike vršne sile reakcije podloge u frontalnoj ravnini javlja relativno velika vršna sila i u sagitalnoj ravnini. To također ukazuje na važnost stabilizacije i ravnoteže te iziskuje poseban oprez kod izvedbe takvih skokova.

Informacije iz ovog istraživanja će pomoći u kreiranju programa koji su specifični prema pojedinim sportskim aktivnostima, cilju rehabilitacijskog procesa, prevenciji ozljeda i metodici poučavanja skakanja kod mlađih sportaša. Razlikovanje i rangiranje grupa skokova uz pomoć kinetičkog pristupa i prema odabranim kriterijima zasigurno mogu pomoći u praksi. Tako se generalno može kazati da intenzitet skokova raste s povećanjem brzine općeg centra mase tijela (horizontalne ili vertikalne). To znači da su intenzivniji skokovi u kretanju i s promjenama smjera kretanja od skokova u mjestu i s mjesta u kretanje. Intenzitet raste ako se sa bilateralnog načina skakanja prelazi na unilateralni, ako se zamah rukama koristi, ako se sa CON mišićnog režima rada prelazi na SSC režim, ako se sa sporog SSC režima prijeđe na brzi SSC mišićni režim rada. Tako su primjerice najmanje intenzivni bilateralni skokovi sa koncentričnim mišićnim režimom rada, izvođeni vertikalno u mjestu i bez zamaha rukama. S druge strane, najintenzivniji su unilateralni skokovi u horizontalnom kretanju sa velikom brzinom i visinom općeg centra mase tijela s koje se doskače na podlogu, te sa brzim SSC mišićnim režimom rada i korištenjem zamaha rukama.

7. LITERATURA

1. Aboodarda, S.J., Byrne, J.M., Samson, M., Wilson, B.D., Mokhtar, A.H. i Behm, D.G. (2014). Does performing drop jumps with additional eccentric loading improve jump performance? *Journal of strenght and conditioning research*. 28(8):2314-2323.
2. Aguado, X., Izquierdo, M. i Montesinos, J.L. (1997). Kinematic and kinetic factors related to the standing long jump performance. *Journal of human movement studies*. 32(4):157-169.
3. Anderson, F.C. i Pandy, M.G. (1993). Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *Journal of biomechanics*. 26:1413-1427.
4. Antekolović, Lj. (2002). *Biomehaničko vrednovanje vježbi dubinskih skokova u pripremi skakača u dalj*. (Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu). Zagreb: Kineziološki fakultet.
5. Asadi, A., Arazi, H., Young, W.B. i Saez de Villarreal, E. (2016). The effects of Plyometric Training on Change of Direction Ability: A Meta Analysis. *International journal of sports physiology and performance*.
6. Ashby, B.M. i Heegaard, J.H. (2002). Role of arm motion in the standing long jump. *Journal of biomechanics*. 35(12):1631-1637.
7. Asmussen, E. i Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta physiologica scandinavica*. 91:385-392.
8. Bates, N.A., Ford, K.R., Myer, G.D. i Hewett, T.E. (2013). Kinetic and kinematic differences between first and second landings of a drop vertical jump task: implications for injury risk assessments. *Clinical biomechanics*. 28(4):459-466.
9. Beachle, T.R. i Earle, R.W. (2008). Essentials of strength training and conditioning. 3rd edition. *NSCA - National strength and conditioning association*.
10. Bobbert, M.F., Mackay, M., Schinkelshoek, D., Huijing, P.A. i van Ingen Schenau, G.J. (1986). Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 54(6):566-573.
11. Bobbert, M.F. i Van Soest, A.J. (2001). Why do people jump the way they do? *Exercise and sport sciences reviews*. 29(3):95-102.
12. Bobbert, M.F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports medicine*. 9(1):7-22.
13. Bobbert, M.F. i van Zandwijk, J.P. (1999). Dynamics of force and muscle stimulation in human vertical jumping. *Medicine and science in sports and exercise*. 31(2):303-310.

14. Bobbert, M.F., Casius, L.R., Sijpkens, I.W. i Jaspers, R.T. (2008). Humans adjust control to initial squat depth in vertical squat jumping. *Journal of applied physiology*. 105(5):1428-1440.
15. Bodine, S.C., Roy, R.R., Eldred, E. i Edgerton, V.R. (1987). Maximal force as a function of anatomical features of motor units in the cat tibialis anterior. *Journal of neurophysiology*. 57(6):1730-1745).
16. Bosco, C., Luhtanen, P. i Komi, P.V. (1975). Kinetics and kinematics of take-off in the long jump. U P.V. Komi (ur.), *Proceedings of the Fifth International Congress of Biomechanics*, Volume V-B, (str. 174-180).
17. Bosco, C. i Komi, P.V. (1980). Influence of aging on the machanical behavior of leg extensor muscles. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 45(2-3):209-219.
18. Bosco, C., Ito, A., Komi, P.V., Luhtanen, P., Rahkila, P., Rusko, H. i Viitasalo, J. T. (1982). Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. *Acta physiologica scandinavica*. 114(4):543-550.
19. Bosco, C., Montanari, G., Tarkkai, I., Latteri, F., Cozzi, M., Iachelli, G., Faina, M., Colli, R., Monte, A., Rosa, M. i Ribacchi, R. (1987). The effect of pre-stretch on mechanical efficiency of human skeletal muscle. *Acta physiologica scandinavica*. 131(3):323-329.
20. Bottinelli, R., Schiaffino, S. i Reggiani, C (1991). Force-velocity relations and myosin heavy chain isoform compositions of skinned fibers from rat skeletal muscle. *Journal of physiology*. 437:655-672.
21. Bottinelli, R., Betto, R., Schiaffino, S. i Reggiani, C (1994). Unloaded shortening velocity and myosin heavy chain isoform composition in rat sceletal muscle fibres. *Journal of physiology*. 478(2):341-349.
22. Bračič, M., Supej, M., Peharec, S., Bačić, P. i Čoh, M. (2010). An investigation of influence of bilateral deficit on the counter-movement jump performance in elite sprinters. *Kinesiology*. 42(1):73-81.
23. Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G. i Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport. *Sports medicine*. 38:1045-1064.
24. Burgess, K.E., Connick, M.J., Graham-Smith, P. i Pearson, S.J. (2007). Plyometric vs isometric training influences on tendon properties and muscle output. *Journal of strenght and conditioning research*. 21(3):986-989.

25. Canepari, M., Rossi, R., Pellegrino, M.A., Bottinelli, R., Schiaffino, S. i Reggiani, C. (2000). Functional diversity between orthologous myosin with minimal sequence deversity. *Journal of muscle research and cell motility*. 21:375-382.
26. Cappa, D.F. i Behm, D.G. (2011). Training specificity of hurdle vs countermovement jump training. *Journal of strenght and conditioning research*. 25(10):2715-2720.
27. Cavagna, G.A. i Margaria, R. (1966). Mechanics of walking. *Journal of applied physiology*. 21(1):271-278.
28. Cavagna, G.A., Saibene, F.P. i Margaria, R. (1964). Mechanical work in running. *Journal of applied physiology*. 19(2):249-256.
29. Cavagna, G.A., Dusman, F. i Margaria, R. (1968). Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of applied physiology*. 24(1):21-32.
30. Challis, J. (1998). An investigation of the influence of bi-lateral deficit on human jumping. *Human movement science*. 17(3):307-325.
31. Chmielewski, T.L, Myer, G.D., Kauffman, D. i Tillman, S.M. (2006). Plyometric exercise in the rehabilitation of athletes: physiological responses and clinical application. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 36(5):308-319.
32. Chu, D.A. i Cordier, D.J. (2000). Plyometrics in rehabilitation. U T.S. Blenbecker (ur.), *Knee ligament rehabilitation*, (str. 321-327).
33. Čoh, M. (1995). *Biomehanična analiza skoka v daljino Gregorja Cankarja*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
34. Davies, G.J. i Malone, T. (1992). Open and closed kinetic chain exercises and their application to testing and rehabilitation. *Proceedings of the AOSSM National Meeting*. San Diego, CA, USA.
35. Davies, G.J. (1995). The need for critical thinking in rehabilitation. *Journal of sport rehabilitation*. 4:1-22.
36. Decker, A.J. i McCaw, S.T. (2012). Target heights alter the energetics of drop jumps when drop height is held constant. *Journal of strength and conditioning research*. 26(12):3237-42.
37. Di Giminiani, R. i Petricola, S. (2016). The power output-drop height relationship to determine the optimal dropping intensity and to monitor the training intervention. *Journal of strenght and conditioning research*. 30(1):117-125.
38. Driss, T., Vandewalle, H., Quievre, J., Miller, C. i Monod, H. (2001). Effects of external loading on power ouput in a squat jump on a force platform: a comparisonbetween

strenght and power athletes and sedentary individuals. *Journal of sports science*. 19(2):99-105.

39. Ebben, W.P., Blackard, D.O i Jensen, R.L. (1999). Quantification of medicine ball impact forces: Estimating effective training loads. *Journal of strenght and conditioning research*. 13:271-274.
40. Jensen, R.L. i Ebben, W.P. (2002). Effect of plyometric variations on jumping impulse. *Medicine and science in sports and exercise*. 34(5):S84.
41. Ebben, W.P., Fauth, M.L., Garceau, L.R. i Petushek, E.J. (2011). Kinetic quantification of plyometric exercise intensity. *Journal of strenght and conditioning research*. 25(12):3288-3298.
42. Ebben, W.P., Fauth, M.L., Kaufmann, C.E. i Petushek, E.J. (2010). Magnitude and rate of mechanical loading of a variety of exercise modes. *Journal of strenght and conditioning research*. 24(1):213-217.
43. Ebben, W.P., Simenz, C. i Jensen, R.L. (2008). Evaluation of plyometric intensity using electromyography. *Journal of strenght and conditioning research*. 22(3):861-868.
44. Ericksen, H.M., Gribble, P.A., Pfile, K.R i Pietrosimone, B.G. (2013). Different modes of feedback and peak vertical ground reaction force during jump landing: a systematic review. *Journal of athletic training*. 48(5):685-695.
45. Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N. i Buckenmeyer, P (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training and their combination on vertical jumping performance and leg strenght. *Journal of strenght and conditioning research*. 14(4):470-476.
46. Fauth, M.L., Petushek, E.J., Feldmann, C.R., Hsu, B.E., Garceau, L.R., Lutsch, B.N. i Ebben, W.P. (2010). Reliability of surface electromyography during maximal voluntary isometric contractions, jump landings, and cutting. *Journal of strength and conditioning research*. 24(4):1131-1137.
47. Feltner, M. E., Fraschetti, D. J. i Crisp, R. J. (1999). Upper extremity augmentation of lower extremity kinetics during countermovement vertical jumps. *Journal of sports sciences*. 17(6):449-466.
48. Flanagan, E.P. i Comyns, T.M. (2008). The use of contact time and the reactive strength index to optimize fast stretch-shortening cycle training. *Strength and conditioning journal*. 30(5):32-38.

49. Flanagan, E.P., Ebben, W.P. i Jensen, R.L. (2008). Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps. *Journal of strenght and conditioning research*. 22(5):1677-1682.
50. Fowler, N. E. i Lees, A. (1998). A comparison of the kinetic and kinematic characteristics of plyometric drop-jump and pendulum exercises. *Journal of applied biomechanics*. 14:260-275.
51. Garnett, R.A.F., O'Donovan, M.J., Stephens, J.A. i Taylor, A. (1979). Motor unit organization of human medial gastrocnemius. *Journal of physiology*. 287:33-43.
52. Gollhoferl, A., Horstmann, G.A., Schmidtbleicher, D. i Schönthall, D. (1990). Reproducibility of electromyographic patterns in stretch-shortening type contractions. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 60(1):7-14.
53. Goss-Sampson, M.A., Alkureishi, R. i Price, M. (2002). Optimum contact time and the amortization phase in the bounce drop jump. *Journal of sports sciences*. 20:8-14.
54. Green, H.J. (1986). Muscle power: Fibre type – recruitment, metabolism and fatigue. U N.L. Jones, N. McCartney i A.J. McComas (ur.), *Human muscle power*. Champaign, IL: Human Kinetics.
55. Harman, E.A., Rosenstein, M.T., Frykman, P.N. i Rosenstein, R.M. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine and science in sports and exercise*. 22(6):825-833.
56. Harman, E.A., Rosenstein, M.T., Frykman, P.N., Rosenstein, R.M. i Kraemer, W.J. (1991). Estimation of human power from vertical jump. *Journal of applied sports science research*. 5:116-120.
57. Hay, G.G. (1993). Citius, altius, longius (faster, higher, longer): the biomechanics of jumping for distance. *Journal of biomechanics*. 26(1):7-21.
58. Hay, D., de Souza, V.A. i Fukashiro, S. (2006). Human bilateral deficit during a dynamic leg press movement. *Human movement science*. 25:181-191.
59. Heinonen, A., Sievänen, H., Kannus, P., Oja, P., Pasanen, M. i Vuori, I. (2000). High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporosis international*. 11(12):1010-1017.
60. Horita, T., Kitamura, K. i Kohno, N. (1991). Body configuration and joint moments analysis during standing long jump in 6-yr-old children and adult males. *Medicine and science in sports and exercise*. 23(9):1068-1077.
61. Ingen Schenau, G.J. van, Bobbert, M.F. i Rozendal, R.H. (1987). The uniqueaction of biarticular muscles in complex movements. *Journal of anatomy*. 35:101-117.

62. Izquierdo, M., Aguado, X., Ribas, T., Linares, F., Vila, L., Voces, J.A., Alvarez, A.I. i Prieto, J.G. (1998). Jumping performance, isometric force and muscle characteristics in non athletic young men. *Journal of human movement studies*. 35(3):101-117.
63. Jacobi, J.M. i Chilibeck, P.D. (2001). Bilateral and unilateral contractions: possible differences in maximal voluntary force. *Canadian journal of applied physiology*. 26(1):12-33.
64. Jaric, S. i Markovic, G. (2009). Leg muscles design: the maximum dynamic output hypothesis. *Medicine and science in sports and exercise*. 41(4):780-787.
65. Jaric, S. i Markovic, G. (2013). Body mass maximizes power output in human jumping: a strength-independent optimum loading behavior. *European journal of applied physiology*. 113(12):2913-2923.
66. Jarvis, M.M., Graham-Smith, P. i Comfort, P. (2014). A methodological approach to quantifying plyometric intensity. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*.
67. Jensen, R.L. i Ebben, W.P. (2002). Effects of plyometric variations on jumping impulse. *Medicine and science in sports and exercise*. 34(5):S84.
68. Jensen, R.L. i Ebben, W.P. (2007). Quantifying plyometric intensity via rate of force development, knee joint, and ground reaction forces. *The journal of strenght and conditioning research*. 21(3):763-767.
69. Kato, T., Terashima, T., Yamashita, T., Hatanaka, Y., Honda, A. i Umemura, Y. (2006). Effect of low-repetition jump training on bone mineral density in young women. *Journal of applied physiology*. 100(3):839-843.
70. Komi, P.V. (2000). *St*retch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of biomechanics*. 33(10):1197-1206.
71. Kossow, A.J., DeChiara, T.G., Neahous, S.M. i Ebben, W. P. (2014). Kinetic analysis of horizontal plyometric exercise intensity. *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
72. Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Yata, H., Tsunoda, N., Kanehisa, H. i Fukunaga, T.E. (2007). Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 39(10):1801-1810.
73. Kyrolainen, H., Avela, J., McBride, J.M., Koskinen, S., Andersen, J. L., Sipilä, S., T. Takala, E.S. i Komi, P.V. (2005). Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*. 15(1):58-64.

74. Laffaye, G., Wagner, P. i Tombleson, T. (2014). Countermovement jump height: gender and sport-specific differences in the force-time variables. *Journal of strenght and conditioning research.* 28(4):1096-1105.
75. Leontijević, B., Pazin, N., Božić, P.R., Kukolj, M., Ugarković, D. i Jarić, S. (2012). Effects of loading on maximal vertical jumps: selective effects of weight and inertia. *Journal of electromyography and kinesiology*. 22(2):286-293.
76. Lees, A., Graham-Smith, P. i Fowler, N. (1993). A biomechanical analysis of the last stride, touchdown and tekeoff characteristics of the men's long jump. *Journal of sport sciences*. 11(3):303-314.
77. Lees, A., Vanrenterghem, J. i De Clerq, D. (2004). Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. *Journal of biomechanics*. 37(12):1929-1940.
78. Lieber, R.L. (2002). *Sceletal muscle structure, function and plasticity: The physiological basis of rehabilitation*. Baltimore, MD: Lippincot Williams & Wilkins.
79. Luhtanen, P. i Komi, P.V. (1978). Segmental contribution to forces in vertical jump. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 38(3):181-188.
80. Mackelvie, K.J., McKay, H.A., Khan, K.M. i Crocker, P.R. (2001). A school-based exercise intervention augments bone mineral accrual in early pubertal girls. *Journal of pediatrics*. 139(4):501-508.
81. Mackelvie, K.J., Petit, M.A., Khan, K.M., Beck, T.J. i McKay, H.A. (2004). Bone mass and structure are enhanced following a 2-year randomized controlled trial of exercise in preburtal boys. *Bone*. 34(4):755-764.
82. Malisoux, L., Francaux, M., Nielens, H., Renard, P., Lebacq, J. i Theisen, D. (2006). Calcium sensitivity of human single muscle fibers following plyometric training. *Medicine and science in sports and exercise*. 38(11):1901-1908.
83. Marey, É.J. i Demenÿ, G. (1885). *Locomotion humaine: mécanisme du saut*. Gauthier-Villars.
84. Marey, E.J. i Demenÿ, M. (1885). Mesure du travail mécanique effectué dans la locomotion de l'homme. *Compte rendu de l'académie des sciences*. 19:905-909.
85. Marković, G. (2013). *Znanstvene i praktične osnove primjene pliometrijskog treninga*. Seminar za atletske trenere, prezentacija sa predavanja. Hrvatski atletski savez. Zagreb.
86. Marković, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height?A meta-analitical review. *British journal of sports medicine*. 41(6):349-355.
87. Marković, G. i Jarić, S. (2007). Is vertical jump height a body size-independent measure of muscle power? *Journal of sports science*. 25(12):1355-1363.

88. Marković, G. i Jarić, S. (2007b). Positive and negative loading and mechanical output in maximum vertical jumping. *Medicine and science in sports exercise*. 39(10):1757-1764.
89. Marković, G. i Mikulić, P. (2010). Neuro-musculosceletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine*. 40(10):859-895.
90. Marković, G., Jukić, I. i Milanović, D. (2007). Effects on sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of strenght and conditioning research*. 21(2):543-549.
91. Marković, G., Vuk, S. i Jarić, S. (2011). Effects of jump training with negative versus positive loading on jumping mechanics. *International journal of sports medicine*. 32(5):365-372.
92. McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A. i Newton, R.U. (1999). A comparison of strenght and power characteristicsbetween powerlifter, olympic lifter and sprinters. *Journal of strenght and conditioning research*. 13(1):58-66.
93. McCaulley, G.O., Cormie, P., Cavill, M.J., Nuzzo, J.L., Urbiztondo, Z.G. i McBride, J.M. (2007). Mechanical efficiency during repetitive vertical jumping. *European journal of applied physiology*. 101(1):115-123.
94. McNitt-Gray, J.L. (1991). Kinematics and impulse characteristics of drop landing from three heights. *International journal of sport biomechanics*. 7(2):201-224.
95. Medved, V. i Kasović, M. (1999). Korištenje mjerne platforme u registraciji dinamičkih karakteristika sportskih kretnih struktura. U Ž. Hraski i Br. Matković (ur.), *Zbornik radova Znanstveno-stručnog savjetovanja „trener i suvremena dijagnostika“*, 8. Zagrebački sajam športa 24. Do 28. veljače 1999. (str. 37-43).
96. Meylan, C.M., Cronin, J.B., Oliver, J.L., Hughes, M.M., Jidovtseff, B. i Pinder, S. (2015). The reliability of isoinertial force-velocity-power profiling and maximal strength assessment in youth. *Sports biomechanics*. 14(1):68-80.
97. Meylan, C.M., Nosaka, K., Green, J. i Cronin J.B. (2010). Temporal and kinetic analysis of unilateral jumping in the vertical, horizontal, and lateral directions. *Journal of sports sciences*. 28(5):545-54.
98. Myer, G.D., Ford, K.R., Brent, J.L. i Hewett, T.E. (2012). An integrated approach to change the outcome part I: neuromuscular screening methods to identify high ACL injury risk athletes. *Journal of strength and conditioning research*. 26(8):2265-2271.
99. Nedeljković, A., Mirkov, D.M., Marković, G. i Jarić, S. (2009). Test of muscle power output assess rapid movement performance normalized for body size. *Journal of strenght and conditioning research*. 23(5):1593-1605.

100. Nicol, C., Avela, J. i Komi, P.V. (2006). The stretch-shortening cycle: a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports medicine*. 36(11):977-999.

101. Padulo, J., Tiloca, A., Powell, D., Granatelli, G., Bianco, A. i Paoli, A. (2013). EMG amplitude of the biceps femoris during jumping compared to landing movements. *SpringerPlus*. 2:520.

102. Pain, M.T.G. (2014). Considerations for single and double leg drop jumps: bilateral deficit, standardizing drop height, and equalizing training load. *Journal of applied biomechanics*. 30(6):722-727.

103. Payne, A.H., Slater, W.J. i Telford, T. (1968). The use of a force platform in the study of athletic activities. A preliminary investigation. *Ergonomics*. 11(2):123-143.

104. Petit, M.A., McKay, H.A., MacKelvie, K.J., Heinonen, A., Khan, K. i Beck, T.J. (2002). A randomized school-based jumping intervention confers site and maturity-specific benefits on bone structural properties in girls: a hip structural analysis study. *Journal of bone and mineral research*. 17(3):363-372.

105. Pittenger, , V.M., McCaw, T. i Thomas, D.Q. (2002). Vertical ground reaction forces of children during one- and two-leg rope jumping. *Research quarterly for exercise and sport*. 73(4):445-449.

106. Potach, D.H. i Chu, D.A. (2000). Plyometric training. U T. Baechle i R. Earle (ur:), *Essentials of strenght training and conditioning*. Human Kinetics, Champaign, Illinois. (str. 427–470).

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

108. Prokopow, P., hay, D., Fukashiro, S i Himeno, R. (2005). Quantitative evaluation of the importance of coordination on jump achievements and kinematics in human vertical squat jump. *Japanese journal of biomechanics in sports and exercise*. 9:69-82.

109. Rađenović, O. (2014). *Vrjednovanje zamaha ruku u rasterećenju podloge pri kineziološkim aktivnostima.* (Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu), Zagreb: Kineziološki fakultet.

110. Ramírez-Campillo, R., Gallardo, F., Henriquez-Olguín, C., Meylan, C.M., Martínez, C., Álvarez, C., Caniuqueo, A., Cadore, E.L. i Izquierdo, M. (2015). Effect of vertical, horizontal, and combined plyometric training on explosive, balance, and endurance

performance of young soccer players. *Journal of strenght and conditioning research*. 29(7):1784-1795.

111. Ramírez-Campillo, R., Meylan, C., Alvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Cañas-Jamett, R., Andrade, D.C. i Izquierdo, M. (2014). Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *Journal of strenght and conditioning research*. 28(5):1335-1342.
112. Ridderikhoff, A., Batelaan, J.H. i Bobbert, M.F. (1999). Jumping for distance: control of the external force in squat jumps. *Medicine and science in sports and exercise*. 31(8):1196-1204.
113. Sáez de Villarreal, E., Requena, B. i Cronin, J.B. (2012). The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. *Journal of strenght and conditioning research*. 26(2):575-584.
114. Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P.E., Belli, A. i Morin, J.B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements-altius. *Medicine and science in sports and exercise*. 44(2):313-322.
115. Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power events. U P.V. Komi (ur.), *Strenght and power in sport*. Oxford: Blackwell. (str. 169-179).
116. Secher, N.H., Rorsgaard, S. i Secher, O. (1976). Contralateral influence on recruitment of type-1 muscle-fibers during maximum voluntary extension of legs. *Acta physiologica scandinavica*. 96(3):A20-A21.
117. Shetty, A.B i Etnyre, B.R. (1989). Contribution of arm movement to the force components of a maximum vertical jump. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 11:198-201.
118. Siff, M. i Verkoshansky, Y. (2009). *Supertraining*, (Sixt edition – expanded version). Rim, Italija: Ultimate athletic concepts.
119. Stone, M.H., Stone, M. i Sands, B. (2007). *Principles and practice of resistance training.* Champaign, IL: Human Kinetics.
120. Struminger, A.H., Lewek M.D., Goto, S., Hibberd, E. i Blackburn, J.T. (2013). Comparison of gluteal and hamstring activation during five commonly used plyometric exercises. *Clinical biomechanics*. 28(7):783-9.
121. Suchomel, T.J., Sato, K., DeWeese, B.H., Ebben, W.P. i Stone, M.H. (2016). Relationships between potentiation effects after ballistic half-squats and bilateral symmetry. *International journal of sports physiology and performance*. 11(4):448-454.

122. Suchomel, T.J., Sole, C.J. i Stone, M.H. (2016). Comparison of methods that assess lower-body stretch-shortening cycle utilization. *Journal of strenght and conditioning research.* 30(2):547-554.

123. Sugisaki, N., Kurokawa, S., Okada, J. i Kanehisa, H. (2014). Difference in the recruitment of hip and knee muscles between back squat and plyometric squat jump. *PLoS One.* 9(6):e 101203.

124. Sugisaki, N., Okada, J. i Kanehisa, H. (2013). Intensity-level assessment of lower body plyometric exercises based on mechanical output of lower limb joints. *Journal of sports sciences*. 31(8):894-906.

125. Suzović, D., Marković, G., Pašić, M. i Jarić, S. (2013). Optimum load in vertical jumps performed with and without muscle stretch-shortening cycle. *International journal of sports medicine*. doi:10.1055/s-0033-1337942.

126. Vainionpää, A., Korpelainen, R., Leppaluoto, J. i Jämsä, T. (2005). Effects of high-impact exercise on bone mineral density: a randomized controlled trial in premenopausal women. *Osteoporosis international*. 16(2):191-197.

127. Van Lieshout, K.G., Anderson, J.G., Shelburne, K.B., i Davidson, B.S. (2014). Intensity rankings of plyometric exercises using joint power absorption. *Clinical biomechanics*. 29(8):918-922.

128. Vandervoort, A.A., Sale, D.G. i Moroz, J. (1984). Comparison of motor unit activation during unilateral and bilateral leg extension. *Journal of applied physiology*. 56(1):46-51.

129. Verkhoshansky, J. (1964). *The shock method in the explosive strength development process.*

130. Verkhoshansky, J. (1961). *The triple jump forwarding 18 m.*

131. Verkhoshansky, J. (1966). *The barbell in the training of jumpers.*

132. Vuk, S., Marković, G. i Jarić, S. (2012). External loading and maximum dynamic output in vertical jumping: the role of training history. *Human movement science*. 31(1):139-151.

133. Wallace, B.J., Kernozek, T.W., White, J.M., Kline, D.E., Wright, G.A., Peng, H.T. i Huang, C.F. (2010). Quantification of vertical ground reaction forces of popular bilateral plyometric exercises. *Journal of strength and conditioning research*. 24(1):207-212.

134. Walsh, M., Arampatzis, A., Schade, F. i Peter-Bruggemann, G. (2004). The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force. *Journal of strength and conditioning research*. 18(3):561-566.
135. Watkins, P. (2009). The Stretch Shortening Cycle: A Brief Overview. U M.I. Duncan i M. Lyons (ur.), *Advances in strength and conditioning research*. Nova Science Publishers. New York.
136. Weeks, B.K., Young, C.M. i Beck, B.R. (2008). Eight months of regular in-school jumping improves indices of bone strenght in adolescent boys and girls: the POWER PE study. *Journal of bone and mineral research*. 23(7):1002-1011.
137. Wilhelm, K. (1974). Das Verhalten der menschlichen Achillesschne im Experiment bei statischer und dynamischer Belastung. *Research in experimental medicine*. 162(4):281-297.
138. Wilk, K.E., Voight, M.L., Keirns, M.A., Gambetta, V., Andrews, J.R. i Dillman, C.J. (1993). Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 17(5):225-239.
139. Wilt, F. (1975). Plyometrics: what it is and how it works. *Athletic journal*. 55(5):76.
140. Witzke, K.A. i Snow, C.M. (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine and science in sports and exercise*. 32(6):1051-1057.
141. Wu, Y.K., Lien, Y.H., Lin, K.H., Shih, T.T., Wang, T.G. i Wang, H.K. (2010). Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*. 20(1):e80-86.
142. Young, W.B., Wilson, G.J. i Byrne, C. (1999). A comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strenght qualities and jumping performance. *International journal of sports medicine*. 20(5):295-303.
143. Zatsiorskiy, V. (1966). *Problems of transfer of training in motor acts (Transfer of training problems in human motor activity performance).*