Razlike u biomehaničkim pokazateljima dubinskih skokova s visine 20, 40 i 60 cm

Dukarić, Vedran

Master's thesis / Diplomski rad

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:117:991042

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme
i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Vedran Dukarić

Razlike u biomehaničkim pokazateljima dubinskih skokova s visine 20, 40 i 60 cm

Mentor:

izv.prof.dr.sc. Ljubomir Antekolović

Zagreb, kolovoz 2016.

RAZLIKE U BIOMEHANIČKIM POKAZATELJIMA DUBINSKIH SKOKOVA S VISINE 20, 40 I 60 CM

Sažetak

Istraživanje je provedeno na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu sa ciljem utvrđivanja razlika u biomehaničkim pokazateljima dubinskih skokova. Uzorak ispitanika činilo je 20 sportaša prosječne starosti 22,3 ± 7,2 godina, tjelesne mase 79,4 ± 7,3 kg i tjelesne visine 181,6 ± 7,2 cm. Dobivenim rezultatima određeni su deskriptivni pokazatelji (Min, Maks, AS, SD), a Wilcoxonovim testom ranga utvrdile su se statističke značajne razlike unutar varijabli na pojedinoj visini saskoka. Utvrđena je statistički značajna razlika u trajanju kontakta s podlogom između visina 40/60 cm, odnosno rezultati saskoka sa 60 cm trajali su u prosjeku dulje od onih sa 40 cm. Nadalje, izmjereni rezultati pokazali su veliko razlikovanje visine skoka između saskoka sa platforme visine 20/40 te 40/60 cm. Povećanje visine platforme proporcionalno je povećavalo i visinu skoka. Ostale varijable nisu pokazale značajne razlike. Trajanje ekscentrične i koncentrične kontrakcije te kut amortizacije u koljenu u prosjeku nije variralo s obzirom na povećanje visine saskoka.

Ključne riječi: dubinski skok, pliometrijska kontrakcija, biomehanika

DIFFERENCES IN BIOMECHANICS PARAMETERS OF DROP JUMPS PERFORMED FROM 20, 40 AND 60 CM

Summary

The research has been realized on Faculty of Kinesiology in Zagreb with goal of determining differences in biomechanics parameters of drop jumps. Sample has been made of 20 athletes average age 22,3 ± 7,2 years, weight 79,4 ± 7,3 kg and height 181,6 ± 7,2 cm.

The results were analyzed with application of method of descriptive statistics (Min, Max, Mean, SD) and compared with Wilcoxon rang test which gave significant differences in certain variables on each drop jump height.

Significant statistical difference in ground contact time were obtained between 40/60 cm drop jump height, apropos results from 60 cm lasted on average longer from those with 40 cm. Furthermore, measured results showed high difference in jump height between drop jumps from 20/40 & 40/60 height. Increasing drop jump height resulted in increased jump height. Other variables did not show significant differences. Duration of eccentric, concentric contraction and angle of knee flexion did not vary in average regarding to increase of drop height.

Key words: drop jump, plyometrics, biomechanics

SADRŽAJ:

1. UVOD 5

1.1. Pliometrija 6
1.2. Dubinski skokovi 7
2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA 12

3. PROBLEM I CILJ ISTRAŽIVANJA 14

4. METODE RADA 15

4.1. Uzorak ispitanika 15
4.2. Uzorak varijabli 15
4.3. Metode prikupljanja podataka 16
4.3.1. Optojump 16
4.3.2. Gyko 16
4.4. Metode obrade podataka 17
4.4.1. Deskriptivna statistika 18
4.5. Opis testa 18
5. REZULTATI 19

5.1. Analiza deskriptivnih podataka 19
5.2. Analiza K-S testa normaliteta distribucije 24
5.3. Analiza Wilcoxonovog testa 25
6. RASPRAVA 27

7. ZAKLJUČAK 29

8. LITERATURA 30

1. UVOD

U suvremenom treningu razvoj kondicijskih sposobnosti neizostavan je dio za maksimiziranje potencijala sportaša. Dobro pripremljen sportaš je sposoban dugo vremena trenirati, natjecati se i održavati visok intenzitet situacijskih zahtjeva sa malim rizikom od ozljeda. Veliki dio priprema usmjeren je na razvoj eksplozivne snage. "To je tip snage koji omogućava sportašu da da maksimalno ubrzanje vlastitu tijelu, nekom predmetu ili partneru. Manifestira se u aktivnostima tipa bacanja i suvanja, skokova, udaraca i sprinta "(Milanović, 2013). Od različitih manifestacija eksplozivne snage u znanosti i praksi često se proučava eksplozivna snaga tipa skočnosti. Takva vrsta snage najviše se razvija uz pomoć pliometrijske metode treninga. Skoro svaka sportska aktivnost sadrži pliometrijsku kontrakciju odnosno ciklus u kojem skraćivanju mišića prethodi njegovo istezanje. Mnoge pliometrijske vježbe pridonose razvoju sposobnosti sportaša, ali one koje se smatraju najboljima su dubinski skokovi. Od svojih početaka ova vježba provodila se sa različitih visina te sa vertikalnim i horizontalnim smjerom odraza. Danas se ova vrsta vježbe redovito koristi u treningu pa prema tome zahtjeva i provedbu istraživanja o utjecajima saskoka na tijelo sportaša, rizičnost od ozljeđivanja te podatke o biomehaničkim parametrima kako bi se moglo preciznije manipulirati sa visinom saskoka, a samim time i intenzitetom vježbe.

Pravilnom primjenom dubinskih skokova moguće je utjecati na razvoj eksplozivne snagu, brzine reakcije, povećanje skladištenja kinetičke energije te smanjiti rizik od ozljeđivanja. Prije same primjene ove vježbe sportaš kao i njegov trener moraju biti sigurni da su prethodno zadovoljeni svi metodički principi te da je sportaš maksimalno spreman na opterećenja koja se događaju prilikom izvedbe dubinskih skokova.

1.1. PLIOMETRIJA

Riječ pliometrija dolazi od grč. *plythein* što bi značilo "povećati" i "izometrija" što se odnosi na vrstu kontrakcije prilikom provedbe ove metode (Verhoshansky, 2012).
"Pliometrija je metoda treninga jakosti i snage koja se temelji na primjeni vježbi ciklusa istezanja i skraćivanja (SSC - stretch – shortening cycle) u svrhu maksimiziranja proizvedene mišićne sile" (Marković, 2013). Ova vrsta kontrakcije pojavljuje se u većini sportova i predstavlja vrlo velik faktor uspješnosti. Sposobnost mišića da se izduži te zatim u velikoj brzini skrati omogućuje sportašu brže, više i jače reagiranje u pojedinoj situaciji.
Prema Marković (2013) postoje dvije vrste SSC pokreta: spori (trajanje SSC < 250 ms) i brzi (trajanje SSC >250 ms).

Spori SSC sastoji se od 3 faze:

- Ekscentrična faza (istezanje mišića)
- Tranzicijska faza (prijelaz između vrsti kontrakcija)
- Koncentrična faza (skraćivanje mišića).

Brzi SSC sastoji se od 4 faze:

- Pripremna faza (pred-aktivacija mišića)
- Ekscentrična faza
- Tranzicijska faza
- Koncentrična faza.

Primjetno je da se kod brzog SSC-a nalazi još jedna dodatna akcija – pripremna faza. Ova faza vremenski se događa prije samog kontakta sa podlogom ili s nekim objektom, odnosno traje neposredno prije početka izduživanja mišića. Navedena faza za cilj ima pripremanje mišićnog i zglobnog sustava za nadolazeći podražaj. Takva priprema omogućuje manji rizik od ozljede ali i bržu reakciju jer se mišići aktiviraju prije samog kontakta.

1.2. DUBINSKI SKOKOVI

Dubinski skokovi kao jedna od najboljih vježbi pliometrijske metode nastaje 60-ih godina 20. stoljeća u Rusiji. Tvorac ove vježbe je Yuri Verhoshansky koji je dubinske skokove primjenjivao tijekom rada sa sportašima u trenažnom procesu, a kasnije ih je koristio kao predmet mnogih istraživanja.

Dubinske skokove dijele se na dubinsko-visinske i dubinsko–daljinske skokove ovisno o cilju treninga ili predmeta istraživanje. Tijekom ovog istraživanja koristili su se isključivo dubinsko-visinski skokovi kojima je cilj bio da se nakon doskoka sportaš u što kraćem vremenu odraz usmjeri u vis. Jedan takav dubinski skok može se opisati kroz nekoliko faza:

1. Faza slobodnog pada
2. Faza predaktivacije
3. Ekscentrična faza
4. Faza amortizacije
5. Koncentrična faza.

Faza slobodnog pada

Faza slobodnog pada započinje u trenutku kada ispitanik napusti platformu odnosno objekt sa kojeg izvodi saskok. Tijekom trajanja ove faze na sportaša djeluje gravitacijska sila koja ga privlači prema tlu. Povećanjem visine saskoka povećava se i brzina kojom tijelo sportaša dolazi prema podlozi pa se može reći da se povećava opterećenje koje sportaš mora savladati.

Faza predaktivacije

Faza predaktivacije događa se u trenutku kada tijelo sportaša slobodno pada. Predaktivacija muskulature potkoljenice omogućava sportašu kvalitetniju, bržu i manje stresnu amortizaciju prilikom saskoka. Tijekom ove faze najviše se aktiviraju m. tibialis anterior te mišići ruku i ramena za pravovremeni zamah.

Antekolović (2006) je u svom istraživanju putem EMG signala zaključio kako je priprema u smislu predaktivacije muskulature neposredno prije doskoka izuzetno važna kako bi se izveo dobar skok.

Ekscentrična faza

Ekscentrična faza traje od trenutka kada stopalo dotakne podlogu bilo kojim svojim dijelom i traje do trenutka krajnje amortizacije odnosno kada započinje koncentrična faza.
Ekscentrična vrsta kontrakcije je ona u kojoj mišići pokušavaju usporiti tijelo u njegovoj postignutoj inerciji te smanjiti silu koja se stvara prilikom kontakta. Uz deceleraciju, ekscentrična kontrakcija kao dio pliometrijske aktivnosti služi kao priprema za prijelaz u izometrični, a potom u koncentrični način mišićnog rada.

Specifičnost prijelaza iz ekscentrične u koncentričnu kotrakciju je ta da se taj prijelaz događa u vrlo kratkom vremenu i gotovo je nemoguće u realnom vremenu uvidjeti tu tranzicijsku točku. Neki od autora (Verhoshansky, 2012; Chu & Myer, 2013) usporedili su ovaj režim rada sa radom amortizera kako bi lakše predočili njegovu ulogu prilikom različitih kineziooloških aktivnosti. Bez mogućnosti upijanja sile i usporavanja kretanja tijelo sportaša bi pri velikim opterećenjima dolazilo do raznih negativnih lokomotornih oštećenja. U stranoj literaturi ova faza naziva se i fazom punjenja (*loading phase*). Ona može biti izazvana djelovanjem tjelesne mase vlastitog tijela, nekog drugog objekta ili kao posljedica djelovanja gravitacijske sile.

Tijekom ekscentrične kontrakcije, određen dio sile koja se upije prilikom kontakta pretvara se u elastičnu energiju koju je moguće iskoristiti u daljnjem tranzicijskom i koncentričnom radu. Uskladištena energija može se iskoristiti u vrlo kratkom vremenu, odnosno ako se odmah iz ekscentričnog režima nastavlja u koncentrični režim mišićnog rada. Ukoliko se ta energija ne iskoristi odmah, ona se oslobađa u obliku toplinske energije unutar mišića.

Tranzicijska faza

Prema Chu & Myer (2013) tranzicijska faza traje kraće od 0,01 sekunde kod sportaša koji se bave isključivo eksplozivnim aktivnostima kao što su skakači i sprinteri.
Aktivnost u kojoj dolazi do zastoja u tranzicijskoj fazi ili je ta faza vrlo spora, postignuta kinetička energija se oslobađa kao toplina i aktivnost se više ne može nazvati pliometrijskom jer se povlastice SSC ciklusa u potpunosti gube.

Wilson i suradnici (1991) izmjerili su da dolazi do smanjenja pohranjene elastične energije tijekom tranzicijske faze trajanja dulje od 25 milisekundi (ms). Trajanje ove faze nemoguće je odrediti putem metode opažanja, dakle ona je vrlo kratkog trajanja i potrebno je koristiti određene mjerne instrumente za dobivanje rezultata.

Kod sprintera i skakača ova faza izuzetno je bitna jer je cilj brži prijelaz iz faze istezanja u fazu skraćivanja mišića bez gubitka kinetičke energije. Zato je potrebno dalje istražiti utjecaje ove faze prilikom provedbe dubinskih skokova i ostalih trenažnih vježbi za razvoj eksplozivne snage.

Koncentrična faza

Nakon tranzicijske faze slijedi koncentrična akcija prilikom koje dolazi do iskorištavanja uskladištene elastične energije i generiranja sile mišića. Koncentrična faza još se naziva i faza pražnjenja jer se oslobađa prethodno uskladištena kinetička energija.
Tijekom ove faze dolazi do skraćivanja mišića i tetiva. Sportaš iskorištava pohranjenu energiju i stvara veliku silu djelovanjem vlastitih mišića. Ova aktivnost završava u trenutku kada zadnji dio tijela završi sa svojim kontaktom s podlogom ili predmetom ovisno o aktivnosti koja se provodi.

"Povezanost mišića tokom prijelaza iz svake od ovih akcija (ekscentrična, izometrična, koncentrična) je ono što određuje povlastice dobivene od ciklusa istezanja – skraćivanja" (Chu, Myer, 2013).

Prema Markoviću (2013) svako trajanje kontakta s podlogom koje je dulje od 250 ms pripada u kategoriju sporog SSC, što bi značilo da se prilikom izvedbe skoka određena količina kinetičke energije gubi putem toplinske energije. Brzi SSC je onaj gdje kontakt sa podlogom traje kraće od 250 ms te je moguće iskoristiti sav elastični potencijal mišićno – tetivnog sustava.

Bowermann, Freeman i Gambetta (1999) kažu kako je "brzina istezanja mišića važnija od duljine, što se mišić brže produži, veća će biti napetost."

Neki od osnovnih metodičko-didaktičkih principa pliometrijskog treninga (prema Čoh, 2003):

- Sportaš mora ispunjavati osnovne kriterije biološke, kalendarske, psihičke i fizičke zrelosti. Pliometrijski trening se preporučuje tek nakon 14. godine a i onda pod određenim uvjetima
- Trening pliometrije zahtijeva određen nivo osnovne kondicijske pripremljenosti, naročito opće snage i brzine
- Utvrditi kakve se kretne strukture i njihove kombinacije najčešće pojavljuju u njihovoj sportskoj disciplini (linearne, vertikalne ili lateralne)
- Površina gdje se izvode skokovi mora djelomično apsorbirati udarce. Previše mekana podloga također nije preporučljiva, jer produžuje ekscentričnu fazu (fazu amortizacije), što sprečava iskorištenje refleksa istezanja (engl. stretch reflex)
- Frekvencija pliometrijskog treninga u jednom tjednu (mikrociklusu) može biti 1 do 2, najviše 3 treninga. U jednom treningu preporučuje se 80 do 100 skokova (kontakta stopala s podlogom) za početnike, 100 do 120 skokova za sportaše srednje razine i 120 do 140 skokova za vrhunske sportaše
- Između dva treninga pliometrije mora biti odmor od 2 do 4 dana, ovisno o sportskoj disciplini. Kraća regeneracija od optimalne može za posljedicu imati pretreniranost ili ozljede
- Trening pliometrije od sportaša zahtijeva apsolutnu mentalnu koncentraciju u svakom ponavljanju
- Kod doziranja pliometrijskog treninga postavlja se pitanje optimalne dubine skokova. Preporučuje se dubina skokova od 40 do 120 cm. Kod većih dubina skokova postoji velika mogućnost ozljeda stopala, skočnog i koljenskog zgloba, zgloba kuka te kralješnice. Kod dubina većih od 120 cm, zbog velikog pritiska sile reakcije podloge narušava se ispravna tehnika izvođenja skokova

Principi provedbe pliometrijskih vježbi ali i bilo kojih drugih zahtjevnih vježbi uvijek su usmjereni prema progresiji od jednostavnijih prema složenijima odnosno od izvedbe u olakšanim uvjetima prema situacijskim i na kraju otežanim uvjetima. Uzevši u obzir da je ova vježba motorički zahtjevna te da ima veliki utjecaj na sposobnosti sportaša potrebno se pridržavati određenih pravila kojima će se najbrže i najsigurnije postići krajnji rezultat. Čoh je u svom radu naveo osnovne metodičko – didaktičke principe. U daljnjem tekstu navedeni su još neki principi koji se smatraju bitnim u provedbi pliometrijske metode treninga.

Marković (2013) navodi osnovne principe pliometrijskog treninga:

- Progresija u pliometrijskom treningu – dugoročan proces (~5-6 godina)
- Započeti prije puberteta s učenjem i usavršavanjem tehnike skokova
- Odabir vježbi nakon faze učenja – zahtjevi pojedinog sporta (kineziološka analiza)
- Pliometrijski trening umjerenog i visokog intenziteta provoditi uvijek na početku treninga
- Pliometrijskom treningu treba prethoditi temeljito zagrijavanje
- Pliometrijski trening provoditi odmoran
- Pliometrijske vježbe unutar treninga provoditi prije vježbi jakosti s utezima te vježbi izdržljivosti
- Vježbe sporog SSC manje su intenzivne od vježbi brzog SSC
- Pliometrijske skokove izvoditi bez dodatnog opterećenja
- Pri odabiru pliometrijskih skokova i određivanju njihovog broja voditi računa o tjelesnoj masi vježbača.

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Smatra se da su dubinski skokovi najbolja pliometrijska metoda za razvoj eksplozivne snage tipa skočnosti. Mnogi su radovi koji su testirali utjecaje pliometrijskog treninga te utjecaje dubinskih skokova na povećanje eksplozivne snage tipa skočnosti.

Bobbert (1990) u svom radu navodi kako tehnika skokova uvelike utječe na mehanički izlaz mišića, te da su daljnja istraživanja potrebna za utvrđivanje biomehaničkih pokazatelja dubinskih skokova.

Često se postavlja pitanje koje su to visine sa kojih treba izvoditi saskoke? Mnogi radovi uspoređivali su parametre sa određenih visina saskoka. U svom istraživanju Lees & Fahmi (1994) testirali su 30 muškaraca koji su izvodili dubinske skokove sa 12, 24, 36, 46, 58, 68 cm. Rezultati koji su izmjereni pokazali su najbolje vrijednosti maksimalne vertikalne sile, maksimalne vertikalne brzine i visine centra mase nakon saskoka sa 12 cm. Podaci koji su autori odobiveni pokazuju. No prilikom utvrđivanja trenažne visine saskoka mora se uzeti u obzir trenutna kondicijska pripremljenst sportaša i njegova sposobnost brzog i eksplozivnog odraza. Prema tome autori zaključuju da svaki pojedinac ima svoju optimalnu visinu saskoka sukladno njegovim sposobnostima što znači da visina saskoka prati trend visine sportske forme.

Walsh i suradnici (2004) testirali su 15 muških sportaša u izvedbi dubinskih skokova sa 20, 40, 60 cm. Skokovi su izvođeni na pojedinoj visini sve dok ispitanik nije uspio imati što kraće vrijeme kontakta s podlogom. Rezultati su podjeljeni u 5 grupa, a zaključak je da su rezultati pokazali kako tehnika skoka ima veću ulogu nego visina skoka u upravljanju važnim parametrima saskoka i odraza.

Povećanje intenziteta u provedbi dubinskih skokova moguće je postići povećanjem visine platforme sa koje se izvodi saskok ili postavljanjem dodatnog opterećenja u smislu povećanja mase tijela. Makaruk & Sacewicz (2010) u svom istraživanju proučavali su saskoke sa 20, 40, 60 cm koji su se provodili vlastitom težinom te sa 5% i 10% dodatnog opterećenja u odnosu na tjelesnu masu. Rezultati su pokazali da je promjena visine saskoka učinkovitiji način za manipuliranje intenziteta nego promjena mase tijela.

Bassa i sur. (2012) proučavali su utjecaj visine saskoka kod treniranih i netreniranih dječaka i djevojčica starosti 9-11 godina. Ispitanici su izvodili saskoke sa visina 10, 20, 30, 40 i 50 cm. Nisu utvrđene razlike u visini skoka i trajanju kontakta. Ovakav trend rezultata u kojem nema razlika autori objašnjavaju kao nemogućnost pretpubertetne djece da

iskorištavaju pohranjeni elastični potencijal. Prema tome preporuča se da se primjenjuju samo manje visine saskoka u pliometrijskom treningu kako bi se smanjio rizik od ozljeđivanja.

Čoh i sur. (2015) istraživali su izvedbu dubinskih skokova na uzorku troskokašica. Izvodili su se saskoci sa 25 i 45 cm. Usporedbom prosječnih vrijednosti dobiveni su bolji rezultati saskoka sa 45 cm. Saskok sa visine od 45 cm pokazao je manje vrijednosti trajanja kontakta s podlogom u odnosu na saskok sa visine 25 cm. Također došlo je do značajnog povećanja trajanja tranzicijske faze što negativno utječe na efikasnost skoka.

U svom radu o efektima pliometrijskog treninga (Booth & Rhonda, 2016) naveli su mnoge pozitivne učinke kao što je postizanje boljih vremena u trčanjima dionica 5 – 40 metara, povećanje maksimalne mišićne jakosti i snage te prevencija od ozljeda zbog poboljšanja mehanizama doskoka, smanjenja sila reakcije podloge te boljih omjera između prednjih i stražnjih mišića natkoljenice.

3. PROBLEM I CILJ ISTRAŽIVANJA

Vježbe dubinskih skokova često se primjenjuju u atletskom i kondicijskom treningu bez konkretnih pokazatelja zahtjevnosti za sportaše koje donosi saskok s različitih visina. Provedba dubinskih skokova bez znanja o utjecaju, brzinama i silama tijekom izvedbe mogu predstavljati pogrešku u programiranju trenažnog procesa. Vrijednosti biomehaničkih parametara odraza nakon saskoka s visina 20, 40 i 60 cm koji će se izmjeriti u ovom istraživanju mogu pomoći trenerima u dizajniranju pliometrijskog treninga. Svaka visina saskoka ima svoje specifičnosti i zato je potrebno prethodno ispitati sve zakonitosti koje se događaju prilikom provedbe ove vježbe.

Cilj istraživanja je utvrditi razlike između biomehaničkih pokazatelja odraza nakon saskoka s visine 20, 40 i 60 cm.

4. METODE RADA

4.1. UZORAK ISPITANIKA

U istraživanju je sudjelovalo 20 treniranih sportaša bez trenutnih zdravstvenih problema. Svi ispitanici prethodno su se u trenažnom procesu susretali s pliometrijskom metodom. Protokol i provedba istraživanja odobrena je od strane Etičkog povjerenstva Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Tablica 1. *Osnovni deskriptivni pokazatelji starosti (g), visine (cm) i mase (kg)*

Varijable	Min	Maks	AS	SD
Starost (g)	19	27	22,3	2,0
Visina (cm)	172	194	181,6	7,2
Masa (kg)	65	93	79,4	7,3

Legenda: Min=minimalna vrijednost, Maks=maksimalna vrijednost, AS=aritmetička sredina, SD=standardna devijacija.

4.2. UZORAK VARIJABLI

Uzorak varijabli koje su promatrane su visina skoka, trajanje kontakta s podlogom, kut amortizacije, trajanje koncetrične i ekscentrične kontrakcije. Varijable su izabrane prema kriteriju trenutne popularnosti u znanstvenoj okolini te u skladu sa mogućnostima mjernih instrumenata.

Tablica 2. *Varijable biomehaničkih pokazatelja dubinskih skokova*

Naziv varijable	Mjerna jedinica	Kratica
Visina skoka	cm	H
Trajanje kontakta s podlogom	ms	Tc
Kut amortizacije	°	Kam
Trajanje koncentrične kontrakcije	ms	ConC
Trajanje ekscentrične kontrakcije	ms	EccC

4.3. METODE PRIKUPLJANJA PODATAKA

Istraživanje je provedeno u velikoj dvorani Kineziološkog fakulteta. Izabrano mjesto mjerenja bilo je prikladno zbog razine svjetlosti koja je potrebna za kvalitetan video prikaz. Podaci su prikupljeni uz pomoć optičkog sustava Optojump, odnosno pomoću njega dobiveni su rezultati trajanja kontakta s podlogom i visina skoka. Gyko uređaj koji je dodatak Optojump sustavu dao je informacije o trajanju ekscentrične i koncentrične faze odraza.
Za snimanje pokreta koristila se Panasonic FZ200 kamera sa brzinom snimanja 200 slika u sekundi.

4.3.1. Optojump

Optojump i Gyko mjerni sustavi proizvedeni su u Italiji od strane Microgate korporacije koja proizvodi zdravstvene i trenažne sustave.

Optojump je optički mjerni sustav koji se sastoji od prijenosnih i primajućih ćelija. Svaka optička ploča dugačka je 1m i sastoji se od 96 LED lampica. LED lampice sa ploča koje prenose signale neprestano komuniciraju sa onima koje primaju signale. Sustav bilježi bilo kakve prekide u komunikaciji između ploča i izračunava njihovo trajanje.

Optojump next ima mogućnost dobivanja brojčanih podataka, ali i više od toga zahvaljujući dvjema malim kamerama koje se postavljaju prema želji i omogućuju snimanje pokreta. Snimljeni isječci i dobiveni podaci spremaju se u središnju bazu na računalu. To omogućuje usporedbu brojčanih i snimljenih vrijednosti u bilo kojem trenutku za bilo koju izvedbu jednog ili više ispitanika (www.optojump.com; vlastiti prijevod).

Korištenjem ovog mjernog sustava dobivene su vrijednosti u sljedećim varijablama: trajanje kontakta s podlogom i visina skoka.

4.3.2. Gyko

Gyko je inercijski sustav koji omogućava dobivanje kinematičkih informacija bilo kojeg segmenta tijela tijekom izvođenja pokreta. Kada se koristi u izvedbi skokova u vis iz mjesta onda se postavlja u blizini centra težišta tijela. Tada je moguće mjeriti jakost donjih ekstremiteta direktno i to uz pomoć algoritama koji točno i uzastopno daju rezultate povezane

sa ekscentričnom i koncentričnom fazom kontrakcije mišića (www.optojump.com; vlastiti prijevod).

Primjenom ovog sustava dobivene su vrijednosti trajanja koncentrične i ekscentrične kontrakcije koje su nadalje bile obrađene putem statističkih metoda.



Slika 1. Prikaz Optojump mjernog sustava (www.optjump.com)

4.4. METODE OBRADE PODATAKA

Prikupljene vrijednosti o trajanju kontakta, visini skoka, te trajanju koncentrične i ekscentrične kontrakcije obrađene su u sustavu Optojump Next v.10.19.0. Kutevi amortizacije izračunati su u Kinovea v.08.15. sustavu za 2D analizu. U Microsoft Excel 2013 programu napravljena je deskriptivna statistika te se za daljnu obradu koristio IBM SPSS STATISTICS V.20 program za statističku analizu.

Kolomogorov-Smirnovljev test koristio se za utvrđivanje normaliteta distribucije. K-S testom normaliteta distribucije dobivene su vrijednosti koji ukazuju da dobivena distribucija nije slična normalnoj distribuciji te je za daljnu obradu bilo potrebno izabrati neku od neparametrijskih metoda. Metoda koja je korištena u daljnjoj obradi podataka je Wilcoxonov test ranga. Wilcoxonov test je neparametrijska metoda koja je alternativa za t-test za zavisne uzorke. Koristi se za uspoređivanje podataka dviju uparenih uzoraka. Također se koristi kada se pretpostavlja da u podacima nema normalne distribucije (Laerd statistics; vlastiti prijevod).

4.4.1. Deskriptivna statistika

Deskriptivnom analizom dobivenih podataka izračunati su osnovni deskriptivni parametri:

- Minimalne vrijednosti rezultata (Min)
- Maksimalne vrijednosti rezultata (Maks)
- Aritmetička sredina (AS)
- Standardna devijacija (SD).

4.5. OPIS TESTA

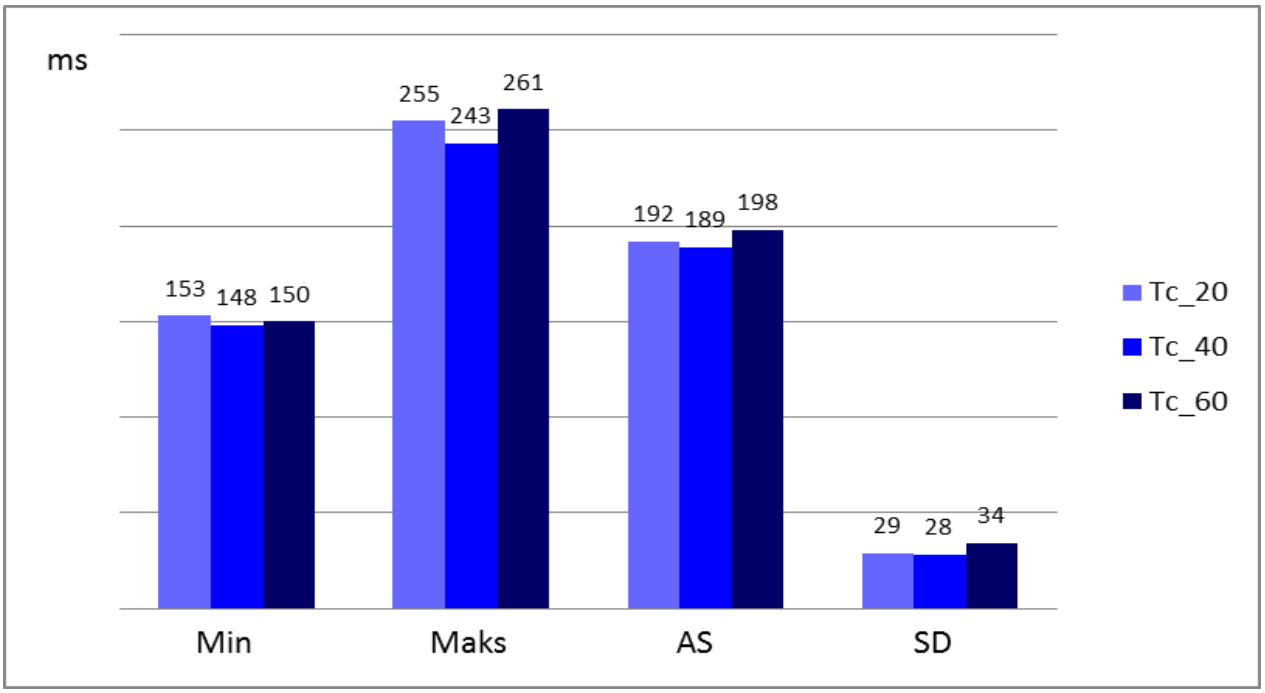
U provedbi ovog istraživanja koristila se vježba dubinski skokovi sa tri različite visina čiji je sastavni dio SSC rad mišića. Ispitanici su dobili upute da pokušaju skočiti što je moguće više a da se pri pokušaju maksimalno visokog skoka također što kraće zadrže na podlozi. Sportaši su izvodili saskoke sa 20, 40 i 60 cm. Na pojedinoj visini izvodila su se 3 saskoka. Prije početka testiranja ispitanici su proveli standardizirani protokol zagrijavanja koji se sastojao od: 4 min sporog trčanja, 8 vježbi škole trčanja, 1 min samostalnog istezanja i proba saskoka na svakoj visini.



Slika 2. Vježba dubinski skok s povišenja 40 cm

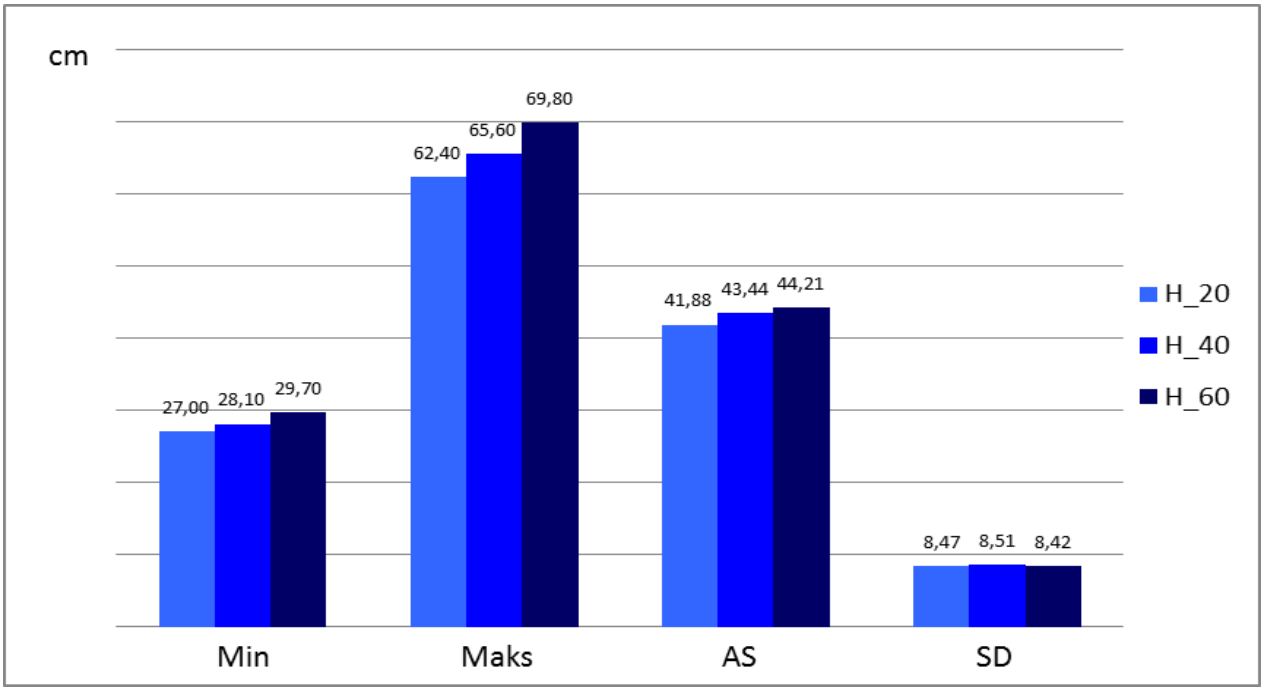
5. REZULTATI

5.1. ANALIZA DESKRIPTIVNIH PODATAKA



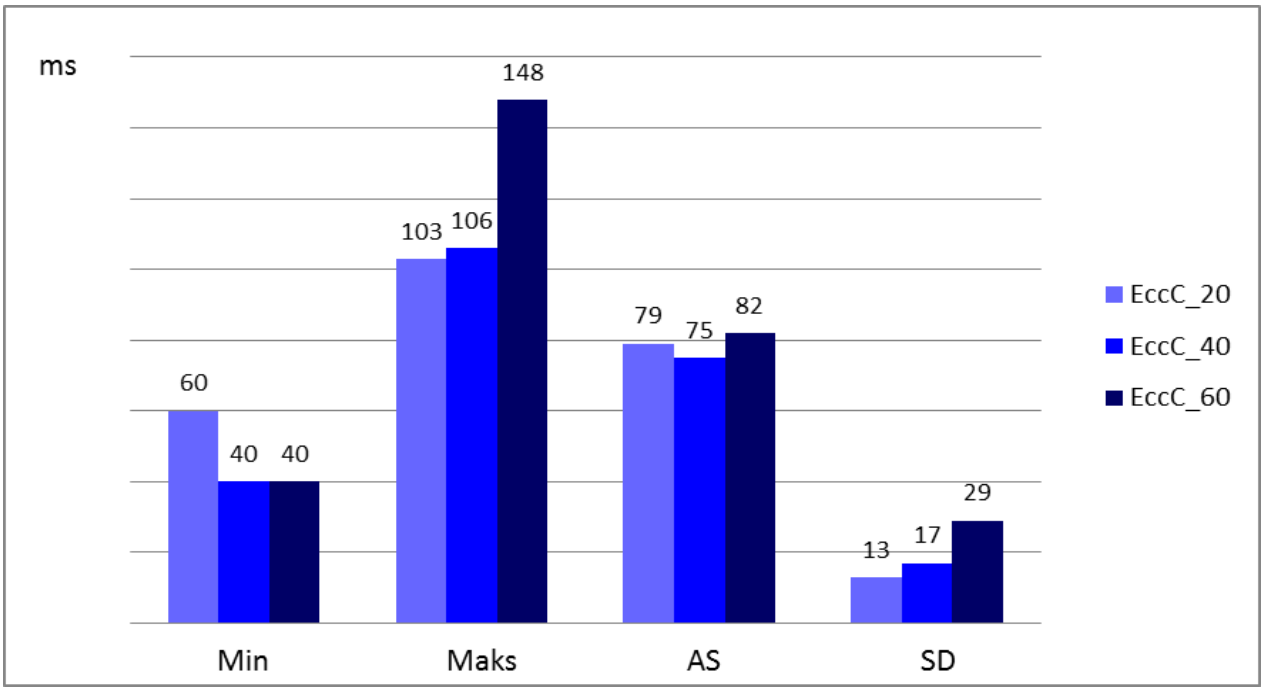
Graf 1. Deskriptivni pokazatelji trajanja kontakta s podlogom prilikom saskoka sa 20, 40 i 60cm

U grafu 1. prikazane su prosječne vrijednosti trajanja kontakta s podlogom. U priloženom grafu može se uvidjet da je trajanje kontakta s podlogom bilo slično na svim visinama te da su prosječne vrijednosti bile unutar brzog SSC. Iako su prosječne vrijednosti unutar brzog SSC, maksimalne vrijednosti pokazuju da neki od ispitanika nisu uspjeli ostvariti odraz u kraćem vremenu od 250 ms.



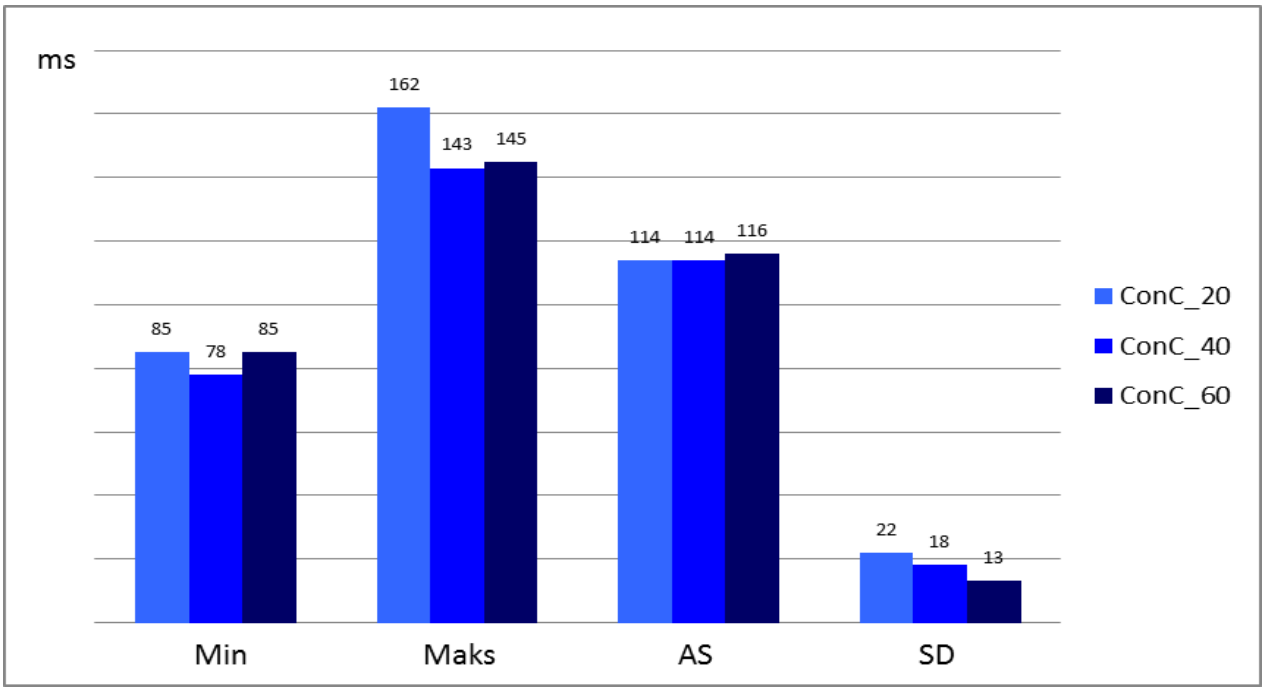
Graf 2. Deskriptivni pokazatelji visine skoka nakon saskoka i odraza sa 20, 40 i 60 cm

Visina skoka je pokazatelj koji je bitan u sportovima gdje je potrebno visoko skočiti kako bi se postigao određen rezultat. U grafu 2. moguće je uvidjeti da su se minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti rezultata progresivno povećavale. Povećanje visine skoka rezultiralo je većim vrijednostima visine skoka.



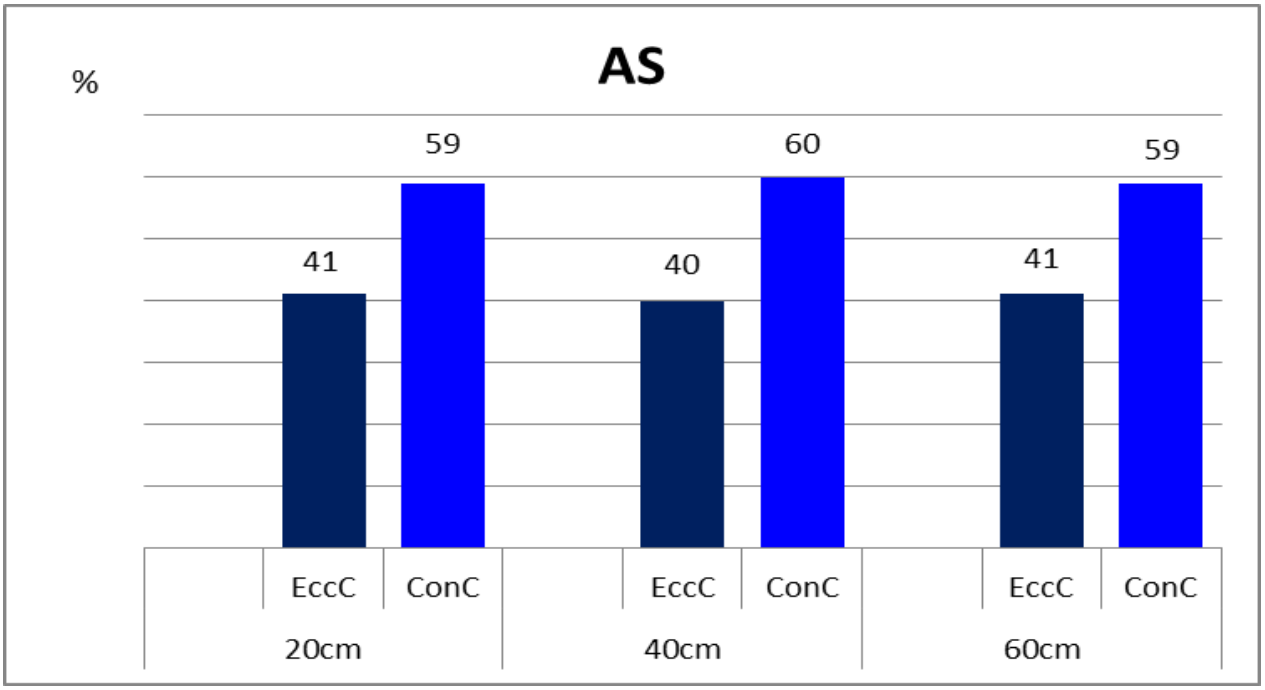
Graf 3. Deskriptivni pokazatelji trajanja ekscentrične kontrakcije tijekom faze amortizacije nakon saskoka sa 20, 40 i 60cm

Srednje vrijednosti trajanja ekscentrične kontrakcije nisu pokazala veća odstupanja. Ova akcija kao i trajanje koncentrične kontrakcije vrlo su kratke i vrijednosti su izražene u ms. Prva dva saskoka nisu pokazali promjene u vrijednostima, dok je saskok sa 60 cm trajao dulje u odnosu na njih. U smislu progresije istraživanja trebalo bi istražiti što se sa vrijednostima događa nakon saskoka sa viših visina.

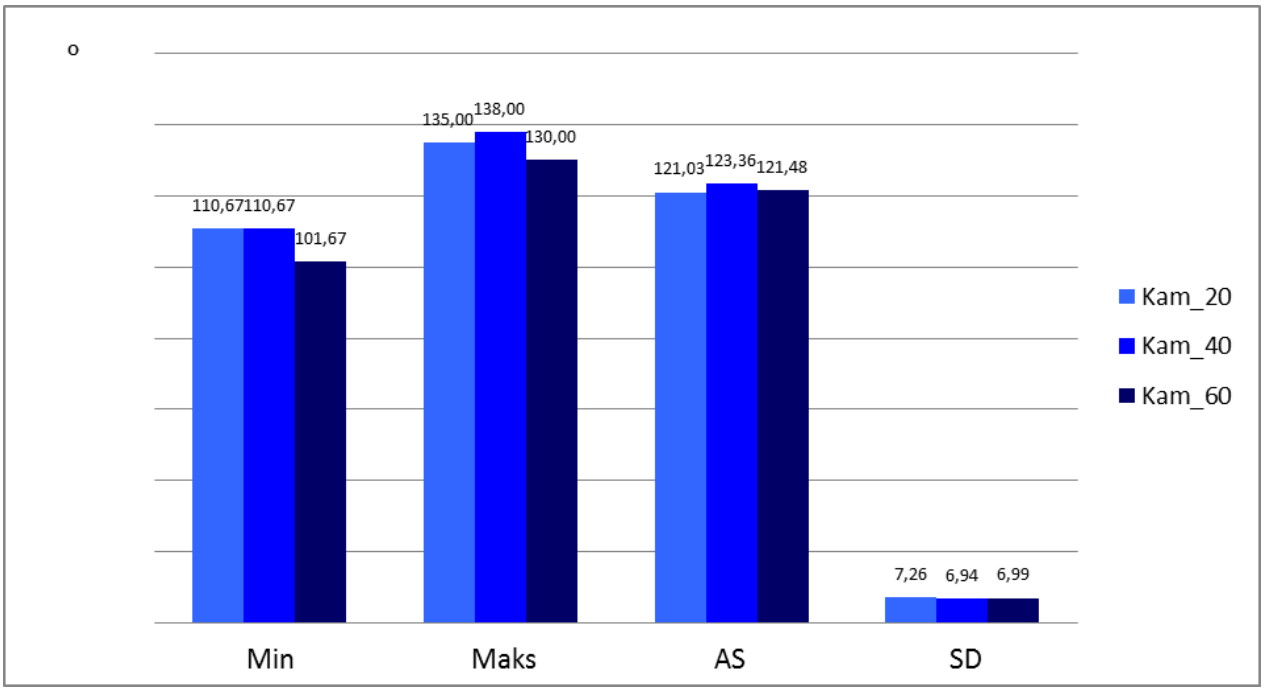


Graf 4. Deskriptivni pokazatelji trajanja koncentrične kontrakcije tijekom faze odraza nakon saskoka sa 20, 40 i 60cm

Koncentrična kontrakcija u prosjeku traje 4 ms dulje u odnosu na ekscentričnu kontrakciju. Prosječne vrijednosti pokazale su da nema razlike u promjeni brzine trajanja ove akcije postepenim povećanjem opterećenja.



Graf 5. Omjer koncentrične i ekscentrične kontrakcije



Graf 6. Deskriptivni pokazatelji kuta amortizacije nakon saskoka sa 20, 40 i 60cm

U grafu 5. prikazane vrijednosti kuta amortizacije pokazale su da svi ispitani sportaši zadržavaju krajnju točku amortizacije oko 120°. Minimalne vrijednosti kuta nisu se spuštale ispod 100˚, dok je maksimalna vrijednost kuta amortizacije bila 138˚.

5.2. ANALIZA K-S TESTA NORMALITETA DISTRIBUCIJE

Tablica 3. *K-S test normaliteta distribucije*

	Kolmogorov- Smirnovljev		
	D	**Ss**	**Zn.**
tct_dj20	0,17	20	0,13
H_dj20	0,20	20	0,03
eccC_dj20	0,22	20	0,01
conC_dj20	0,17	20	0,14
kkam_dj20	0,10	20	0,20*
tct_dj40	0,16	20	0,17
H_dj40	0,22	20	0,02
eccC_dj40	0,14	20	0,20*
conC_dj40	0,18	20	0,08
kkam_dj40	0,09	20	0,20*
tct_dj60	0,19	20	0,05
H_dj60	0,20	20	0,04
eccC_dj60	0,28	20	0,00
conC_dj60	0,21	20	0,02
kkam_dj60	0,15	20	0,20*

*Legenda: D=najveće odstupanje empirijske i relativne kumulativne frekvencije, Ss=stupnjevi slobode, Zn.=značajnost (*normalno distribuirani rezultati).*

K-S test normaliteta distribucije pokazao je značajna odstupanja distribucije varijabli od normalne distribucije. Samo 4 od 15 varijabli pokazale su povezanost sa normalnom distribucijom dok ostale varijable odstupaju od normalne distribucije.

Temelj dobivenih rezultat K-S testa izabrana je neparametrijska metoda uspoređivanja varijabli putem Wilcoxonovog testa ranga.

5.3. ANALIZA WILCOXONOVOG TESTA

Tablica koja je dobivena Wilcoxonovim testom pokazuje razlike unutar jedne varijable na različitim visinama saskoka. Glavne vrijednosti koje treba gledati u krajnjem rezultatu jesu Z-vrijednosti i njen nivo značajnosti Asymp. Sig. Kada je nivo značajnosti jednak ili manji od 0,05 može se zaključiti da je razlika između rezultata značajna. Uz pomoć Z-vrijednosti izračunata je snaga utjecaja odnosno veličina razlike između varijabli putem formule

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

r – snaga utjecaja; Z – standardizirana vrijednost rezultata; N – broj ispitanika

Snaga utjecaja određena je prema Cohenovom kriteriju (Field, 2009):

- 0,1 = mali utjecaj
- 0,3 = srednji utjecaj
- 0,5= veliki utjecaj.

Tablica 4. *Wilcoxonov test ranga i Cohenov kriterij utjecaja*

	Z	Stat.znač.	Su	Cohenov kriterij utjecaja
Tc/ dj 40-60	-2,40	0,02	0,54	Veliki utjecaj
H/ dj 20-40	-2,66	0,01	0,59	Veliki utjecaj
H/ dj 20-60	-2,43	0,02	0,54	Veliki utjecaj

Legenda: Z=standardizirana vrijednost rezultata, Stat.znač=statistička značajnost rezultata, Su=snaga utjecaja, Cohenov kriterij utjecaja (mali, srednji, veliki utjecaj)

6. RASPRAVA

Svrha ovog istraživanja bilo je utvrđivanje biomehaničkih pokazatelja dubinskih skokova kao jedne od vježbe koja se u velikoj mjeri koristi u kondicijskoj pripremi sportaša prilikom razvoja eksplozivne snage tipa skočnosti. Mjerene su vrijednosti trajanja kontakta s podlogom, visina skoka, trajanje koncentrične i ekscentrične kontrakcije te kut amortizacije.

Deskriptivni pokazatelji trajanja kontakta s podlogom u prosjeku su bili 0,189-0,198 ms ovisno o visini saskoka. Prema Markoviću (2013) te vrijednosti pripadaju brzom SSC. Brzina odraza svoju ulogu ima u mnogim sportovima gdje je potrebna brza reakcija, postizanje maksimalne brzine ili generiranje sile u što kraćem vremenu. Minimalni rezultati ispitanika u varijabli trajanje kontakta s podlogom postignuti su na saskoku sa 40 cm (0,148 ms), dok su maksimalne postignute vrijednosti bile granične između sporog i brzog SSC.
Rezultati ovog istraživanja pokazali su statistički značajne razlike između varijabli trajanje kontakta sa podlogom saskoka sa 40 i 60 cm. Za očekivati je da će se trajanje kontakta sa podlogom postepeno povećavati kako se povećava i visina saskoka no primjetno je da između trajanja kontakta na visinama 20 i 60 cm nema zamjetno velike razlike. To je moguće objasniti na način da saskok sa 20 cm ne predstavlja veliko opterećenje za sportaša te se bez velikih poteškoća i napora može izvesti odraz od tla, dok saskok sa 60 cm predstavlja veliko opterećenje zbog dužeg slobodnog pada, djelovanja gravitacijske sile i veće brzine prilikom doskoka. Iako saskok sa 60 cm predstavlja veliki intenzitet, sportaši u fazi leta imaju mnogo više vremena za predaktivaciju mišićnih skupina potkoljenica što im prilikom doskoka omogućava bržu i efikasniju fazu amortizacije. Trajanje kontakta s podlogom kod saskoka sa 20 i 40 cm također se razlikuju ali ne toliko da bi se ta razlika mogla nazvati statistički značajnom.

Visina skoka je bitna u sportovima gdje je potrebno visoko skočiti kako bi se postigao pozitivan rezultat (npr. košarka, odbojka, rukomet). Minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti pokazale su progresiju u rezultatima. Povećanje visine platforme kao ishod imalo je povećanje visine skoka. Ovakav trend rezultata moguće je objasniti utjecajem veće sile i brzine kod postepeno sve viših saskoka. Povećanje sile i brzine omogućuje mišićno-tetivnom sustavu pohranjivanje veće elastične energije koja je zaslužna za bolji odraz, a samim time i viši skok. Rezultati dobiveni mjerenjem pokazali su statistički značajne razlike između visina saskoka sa 20 i 40 cm te između 20 i 60 cm. Također postoje razlike u visini saskoka sa 40 i 60 cm ali ne značajne.

Visina skoka postepeno se povećavala kako se povećavala i visina saskoka.

Duljina trajanja ekscentrične kontrakcije bila je u prosjeku najveća kod saskoka sa 60 cm. To se ponovno može opisati utjecajem veće sile i brzine koje uvjetuju duži put stvaranja elastične energije tijekom ekscentričnog režima rada. Koncentrična kontrakcija u prosjeku je trajala dulje od ekscentrične te nije pokazala varijabilitet rezultata između visina saskoka. U grafu 5. prikazan je omjer ove dvije vrste kontrakcija na različitim visinama saskoka. Čoh & Kampmiller (2002) izmjerili su 7 sprinterki te dobili omjere koncentrične (62%) i ekscentrične (38%) tijekom kontakta stopala s podlogom. Ovi omjeri ukazuju na kraće vrijeme trajanja ekscentrične kontrakcije tijekom sprinta u odnosu na dubinske skokove. Kraće vrijeme trajanja u sprinterskoj aktivnosti uzrokovana je jednonožnim kontaktom u odnosu na dubinske skokove gdje se kontakt s podlogom izvodi s obje noge. Kod ostalih izmjerenih varijabli nema statističkog značajnog razlikovanja. Razlike unutar ekscentrične i koncentrične kontrakcije nisu velike ponajviše zato što se te akcije odvijaju u ms i male su promjene u njihovim vrijednostima. Kada bi usporedili ove dvije kontrakcije prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da koncentrična kontrakcija prilikom svakog odraza ima približno jednake vrijednosti, ali vrijednosti ekscentrične kontrakcije puno više variraju na pojedinoj visini saskoka što znači da je sposobnost mišića da se prethodno istegne i pohrani dio elastične energije značajnija u krajnjem rezultatu.

Kut amortizacije je kut u koljenu koji se određuje tijekom tranzicijske faze odnosno prijelaza i ekscentrične u koncentričnu kontrakciju. Srednje vrijednosti kuta amortizacije bile su na svim visinama od 121-123°. Mala razlika u promjeni kuta značila bi da se progresijom opterećenja kut amortizacije nije razlikovao. Ostojić (2011) je u svom istraživanju o utjecaju sunožnih skokova preko prepona izmjerila kut amortizacije koji se progresivno povećavao kako se povisivala visina prepona. Usporedbom dubinskih skokova i skokova preko prepona nalazimo na sličnu kretnu strukturu sa jednakim ciljem, ali različitim krajnjim rezultatom. Kut amortizacije u koljenom zglobu pokazao je varijabilnost između visina saskoka ali te vrijednosti nisu pokazale značajne promjene.

7. ZAKLJUČAK

Temeljem rezultata ovog istraživanja moguće je reći da su razlike između biomehaničkih pokazatelja saskoka izuzetno bitne u pogramiranju treninga. Poznavanje trajanja kontakta s podlogom, visine skoka te trajanje ekscentrične i koncentrične kontrakcije mogu dati bolje rezultate na kraju nekog trenažnog procesa. U sprinterskom trčanju trajanje kontakta je oko 100 ms. Prema Moravec (1988), Carl Lewis i Ben Johnson postizali su vrijednosti trajanja kontakta od 80-134 ms. Prema prethodno navedenom cilj tijekom provedbe dubinskih skokova treba biti da se postigne što kraće vrijeme kontakta s podlogom. Visina skoka bitna je u mnogim timskim sportovima kako bi se nadmašio protivnik. Rezultati koju su dobiveni ukazali su na povećanje visine skoka povećanjem visine platforme sa koje se saskače. Dakle progresija u povećanju visine skoka trebala bi ići u smjeru postepenog i kontroliranog povećanja visine saskoka. U budućim istraživanjima treba uvidjeti što se događa sa biomehaničkim pokazateljima saskoka sa većih visina i da li ima smisla provoditi takve metode u trenažnom procesu. Kod nekolicine ispitanika provedba dubinskih skokova na 60 cm izazvala je sporije trajanje kontakta, manju visinu skoka te je ekscentrična kontrakcija bila sporija što ukazuje da mišićno-tetivni sustav nije bio u mogućnosti jednako kvalitetno podnijeti opterećenje kao na visinama 20 i 40 cm. Daljnja provedba treninga na većim visinama mogla bi biti rizična po zdravlje za sportaše koji nisu spremni za svladavanje takvog opterećenja.

Dakle uvidom u ove podatke treneri i sportaši dobivaju vrijednosti biomehaničkih pokazatelja koje se događaju prilikom provedbe dubinskih saskoka sa različitih visina. Rezultati istraživanja prikazuju razlike u varijablama prilikom progresije u smislu povećanja visine saskoka.

Prilikom primjene ove trenažne metode treba u obzir uzimati ne samo kinetičke i kinematičke pokazatelje, već se treba pridržavati i metodičko-didaktičkih principa kako bi provedba bila u potpunosti sigurna sa maksimalnim utjecajem na sportaševe sposobnosti. Također treba izvoditi kretnje koje se koriste u vlastitoj disciplini kako bi utjecaj vježbe imao povezanost sa situacijskom primjenom.

8. LITERATURA

1. Antekolović, Lj., Kasović, M., Marelić, N. (2006). *Biomehaničko vrednovanje dubinskih skokova u pripremi skakač u dalj. Hrvatski Športskomedicniski Vjesnik*, 21(1), str. 12-19.

2. Bassa, E., Patikas, D., Panagiotidou, A., Papadopoulou, S., Pylianidis, T., Kotzmanidis, C. (2012). *The effect of dropping height on jumping performance in trained and untrained prepubertal boys and girls*. *Journal of Strenght and Conditionong Research*, 26 (8), 2258-2264.

3. Bobbert, F.M. (1990). *Drop Jumping as a Training Method for Jumping Ability*
Sports Medicine, 9(1), str. 7-22.

4. Booth, M. A., Orr, R. (2016). *Effects of Plyometric Training on Sports Performance. Strength & Conditioning Journal:* February 2016, 38(1), str. 30–37.

5. Bowermann, W.J., Freeman, W.H., Gambetta, V. (1999). *Atletika.* Zagreb: Gopal.

6. Carr, A.G. (1999). *Fundamentals of Track and Field – 2nd edition*. University of Victoria. Human Kinetics.

7. Chu, D.A., Myer, G.D. (2013). *Plyometrics*. Human kinetics.

8. Čoh, M. (2003). *Metodika i dijagnostika razvoja skočnosti u kondicijskoj pripremi sportaša.* Ljubljana: Fakultet za šport, Sveučilište u Ljubljani.

9. Čoh, M., Matjačić, Z., Peharec, S., Bačić, P., Rausavljević, N., Maćkala, K. (2015). *Kinematic, Dynamic and EMG Analysis of Drop Jumps in Female Elite Triple Jump Athletes*. Collegium Antropologicum 39 (1), 159–166.

10. Čoh, M., Kampmiller, T. (2002). *Kinematic and dynamic parameters of the sprinting stride.* Ljubljana: Faculty of Sport, Institute of Kinesiology.

11. Dizdar, D. (2006). *Kvantitativne metode.* Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

12. Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS.* London: SAGE Publications Ltd.

13. Leard statistics (2013). *Wilcoxon Signed-Rank Test using SPSS Statistics.* /on line/. S mreže skinuto 13. srpnja 2016. s: https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/wilcoxon-signed-rank-test-using-spss-statistics.php

14. Lees, A., Fahmi, E. (1994). *Optimal drop heights for plyometric training. Ergonomics,* 37(1), str. 141-148.

15. Makaruk, H., Sacewicz T. (2010). *The effect of drop height and body mass on drop jump intensity. Biology of Sport*, vol. 28, str. 63-67.

16. Marković, G. (2008). *Jakost i snaga u sportu: definicija, determinante, mehanizmi prilagodbe i trening.* U I. Jukić, D. Milanović, C. Gregov (ur,), *Zbornik radova kondicijska priprema sportaša*, Zagrebački velesajam i Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 22.-23. veljače 2008. (str. 15-22). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilište u Zagrebu.

17. Marković, G. (2013). *Znanstvene i praktične osnove primjene pliometrijskog treninga*. Atletski seminar (prezentacija). Zagreb: Hrvatski atletski savez.

18. Milanović, D. (2013). *Teorija treninga*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilište u Zagrebu.

19. Moravec, P., Ruzicka, J., Susanka, P., Dostal, E., Kodejs, M., Nosek, M. (1988). *The 1987 International Athletic Foundation/ IAAF Scientific Project Report: Time analysis of the 100 Metres events at the II World Championships in Athletics. New Studies in Athletics,* 3 (3), 61-96.

20. Ostojić, I. (2011). *Kinematički i dinamički pokazatelji sunožnih skokova preko prepona različitih visina.* (Diplomski rad). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilište u Zagrebu.

21. Radcliffe, J., Farentinos, R.C. (2003). *Pliometrija.* Zagreb: Gopal

22. Verhoshansky, N. (2012). *Shock method and plyometrics*. Central Virginia Sport Performance. Retrieved from www.verhoshansky.com.

23. Verhoshansky, V.Y. (2006). *Special strenght training.* A practical manual for coaches. Retrieved from www.verhoshansky.com.

24. Walsh, M., Arampatzis, A., Shade, F., Brugemann, G.P. (2004). *The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force. The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), str. 561-566.

25. Wilson, G.J., Elliot, B.C., Wood, G.A. (1991). *The effect on Performance of Imposing a Delay during a Stretch – Shorten Cycle Movement. Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(3), str. 364-370.