

ANALIZA RAZLIKA IZMEĐU DVA PROTOKOLA ZA ODREĐIVANJE VERTIKALNOG PROFILA SILE I BRZINE KOD ŽENA

Starčević, Karla

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:669465>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje akademskog naziva: magistar kineziologije u edukaciji i kondicijska priprema sportaša)

Karla Starčević

**ANALIZA RAZLIKA IZMEĐU DVA
PROTOKOLA ZA ODREĐIVANJE
VERTIKALNOG PROFILA SILE I BRZINE KOD
ŽENA**

(diplomski rad)

Mentor:

doc. dr. sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, rujan, 2022.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ovo tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

doc.dr.sc. Vlatko Vučetić

Student:

Karla Starčević

ANALIZA RAZLIKA IZMEĐU DVA PROTOKOLA ZA ODREĐIVANJE VERTIKALNOG PROFILA SILE I BRZINE KOD ŽENA

Sažetak

Vertikalnim profilom sile i brzine utvrđujemo nedostatak sile ili brzine u vertikalnim skokovima odstupanjem od optimalnog profila kako bi mogli preciznije utvrditi što nedostaje sportašu kod njegovih skokova. U ovome radu prikazane su razlike između protokola za određivanje sile ili brzine izvedene s šipkom na ramenima i s bučicama sa strane tijela. U ovome radu pokušalo se dati odgovore ima li razlike u odrađivanju dva ista profila s različitim načinima opterećenja. Uzorak ispitanika se sastojao od 18 studentica Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Istraživanje je provedeno u Sportsko dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta. Mjerenje vertikalne visine skoka provedeno je na platformi za mjerenje sile KiJump (Kistler, Švicarska, a za obradu podataka je korišten sustav MARS), a rezultati su izračunati u proračunskoj excel tablici. Analizirane su razlike između teoretske maksimalne sile, teoretske maksimalne brzine, maksimalne snage, indeksa omjera razlike između optimalnog i dobivenog profila te postotak odstupanja od optimalnog profila, dobivena je razlika između svih varijabli osim u varijabli maksimalna snaga. Rezultati su ukazali na statističku značajnu razliku između dva profila, no, dobiveni rezultati nisu prikazali istosmjerno profiliranje kod izvođenja profila sa šipkom u odnosu na izvođenje s bučicama. S obzirom da je ovo prvo istraživanje u kojem su korištene bučice kao alat u izvođenju vertikalnih skokova kod određivanja vertikalnog profila odnosa sile i brzine potrebno je provesti još nekoliko istraživanja u kojima bi mogli još preciznije utvrditi vertikalne profile odnosa sile i brzine.

Ključne riječi: vertikalni profil odnosa sile i brzine, razlika, bučice, šipka, studentice

ANALYSIS DIFFERENCE BETWEEN TWO VERTICAL FORCE VELOCITY PROTOCOL ON FEMALE STUDENTS

Summary

Considering the popularity of the vertical force velocity profile, this thesis presents the differences between the two force velocity profile performed with a bar on the shoulders and with dumbbells on the side of the body. The study focuses on finding the difference in performing two same profiles with different load modes. The sample consisted of 18 female students of the Faculty of Kinesiology, University of Zagreb (age 22.8 ± 2.2 , body height 166.6 ± 6.3 , body mass 62 ± 6.8 , fat percentage 18.7 ± 5.4). The research was conducted in the Sports Diagnostic Center at the Faculty of Kinesiology. The measurement of vertical jump height was measured on the KiJump (1D MARS system) force measurement platform, and the results were calculated in an excel spreadsheet. A statistically significant difference was found between maximum force, maximum velocity, the ratio index of the difference between optimal and obtained profile and percentage of deviation from the optimal profile. On the other hand, there was no statistically significant difference for the maximum power. The results showed a statistically significant difference between the two profiles, but we did not get what was expected, which is that the deficiencies in force and velocity will be in the same direction with dumbbells and with the bar. Performing a force velocity profil with dumbbells is much more practical than with a barbell, but it is insufficiently researched and reliable to be able to determine athletes' lack of force or velocity.

Key words: vertical force velocity profile, difference, bar, dumbbells. students

Sadržaj

1. Uvod	5
2. Ciljevi i hipoteze	8
3. Metode istraživanja	9
3.1. Uzorak ispitanika	9
3.2. Opis protokola testiranja	9
3.3. Opis mjernih instrumenata	13
3.4. Uzorak varijabli	14
3.5 Metode obrade podataka	15
4. Rezultati	16
5. Rasprava	21
6. Zaključak	24
7. Literatura	25

1. Uvod

Problem koji su autori vertikalnog profila sile i brzine htjeli razriješiti je taj da su izmislili profil kojima možemo preciznije planirati i programirati treninge jer sami skokovi bez pripreme i skokovi s pripremom (eng. *Squat Jump* i *Countermovement Jump*) ne daju dovoljno informacija s kojim se može planirati trening. Standardni skokovi koji se najčešće testiraju su skok bez pripreme (eng. *Squat Jump*) i skok s pripremom (eng. *Countermovement Jump*). Kod ova dva skoka imamo dva načina iskorištavanja energije: skok bez pripreme u kojem koristimo samo koncentričnu fazu te skok s pripremom u kojem koristimo i ekscentričnu (elastična energija) fazu zbog toga ta dva skoka daju različite rezultate (Van Hooren & Zolotarjova, 2017). U oba skoka sudjeluju iste skupine mišića, ali s različitom aktivacijom te je dokazano da sama elastična energija koja je izražena u skoku s pripremom može proizvesti veću aktivaciju mišićnih skupina (Donahue i ostali, 2021). Nema definiranih vrijednosti koje određuju koliko bi trebala biti razlika između skokova samo je dokazano da nije dobra premala razlika ili isti skokovi zbog neiskorištavanja elastične energije u mišićima, a nije dobra ni prevelika razlika jer bi to značilo da su mišići opušteni i ne mogu proizvesti veliku silu (Van Hooren & Zolotarjova, 2017). Vertikalni profil određivanja sile i brzine određuje nedostatak sile ili brzine u vertikalnim skokovima na temelju čega se radi planiranje i programiranje treninga (engl. *Force Velocity Profile – FV – profile*).

Vertikalni profil sile i brzine je baziran na odnosu sile i brzine u izvođenju maksimalne izvedbe donjih ekstremiteta. (Morin & Samozino, 2016). Profiliranjem se utvrđuje deficit u sili ili brzini kod izvođenja vertikalnih skokova ili maksimalnih horizontalnih ubrzanja (Morin & Samozino, 2016). U većini sportova balistički pokreti (pomicanje centra mase tijela u što kraćem vremenu ili savladavanje vanjskog opterećenja u što kraćem vremenu) su bitan faktor u programiranju treninga kao što su u atletici u skokovima i bacanjima, borilačkim sportovima i dizačkim disciplinama kao što su trzaj, nabačaj i izbačaj. Sportaš mora odraditi kretnju što brže i eksplozivnije kako bi izvedba bila učinkovita odnosno visina skoka (Pierre Samozino i ostali, 2010).

Dovesti sportaševe sposobnosti na najvišu razinu treniranosti je cilj svakog trenera, a kako bi to postigao mora utvrditi njegove nedostatke. Zbog toga vertikalni profil odnosa sile i brzine puno primjenjiviji od samog testiranja standardnih skokova za procjenu eksplozivne snage tipa skočnosti.

Što je bitnije u izvođenju balističkih pokreta, sila ili brzina? Odgovor na to pitanje je oboje jer pogotovo kod vertikalnih skokova za proizvodnju što veće sile u fazi odraza potrebna je što veća brzina (Samozino i ostali, 2012). Prednost određivanja vertikalnih profila je što možemo odrediti za svakog sportaša njegov individualan profil te planirati i programirati treninge za svakog sportaša posebno. (P. Samozino i ostali, 2014). Kada sportašu nedostaje sila u skokovima planiranje treninga snage donjih ekstremiteta uvelike poboljšava maksimalnu izlaznu snagu s time i visinu skokova (Cormie, McCaulley, i ostali, 2007).

Individualizacija vertikalnog profiliranja je ključ kod planiranja treninga. U radu Samozina i suradnika podijeljeni su sportaši u 5 grupa: nedostatak sile, nedostatak brzine i optimalna grupa, kontrolna grupa i nedefinirana grupa (Jiménez-Reyes i ostali, 2017). Nakon 9 tjedana specifičnih treninga po grupama s ciljem poboljšanja sposobnosti ponovno su radili profiliranja i utvrđene su velike promjene kod 2 grupe, a to su naravno one kojima je nedostajalo brzine i onima kojima je nedostajalo sile u skokovima jer su radili specifično na tim nedostacima. Dok kod ostalih grupa nije bilo specifične razlike (Jiménez-Reyes i ostali, 2017).

Kod odbojkašica gdje su testirali 3 protokola za određivanje sile i brzine: vertikalni, horizontalni i bench press protokol analizirali su kolika je povezanost s brzinom smeča i servisa. Utvrđena je povezanost između dviju varijabli maksimalne sile (F_0) i maksimalne brzine (V_0) kod svih profila s koeficijentom povezanosti od 0,53-0,84 i pogreškom $p < 0,05$ (Baena-Raya i ostali, 2021).

Kod biciklista uspoređena je sila i snaga proizvedenu na bicikl ergometru s postignutom u određivanju vertikalnog profila sile i brzine te su došli do visoke korelacije u sili i snazi proizvedene na biciklu i dobivene profiliranjem. (Gross & Gross, 2019).

U nekim dosadašnjim istraživanjima prikazano je određivanje FV profila sa šipkom i s trap šipkom te su dobili relevantne razlike u odnosu snage. Dobili su značajno različite rezultate u snazi, sili i brzini, pogotovo kod izvođenja skokova na 20% 1RM, bili su viši nego kod izvođenja skokova s trap barom. Rezultati dovode do zaključka da je kod izvođenja skokova sa šipkom na ramenima teže proizvesti veću silu, brzinu i snagu iz razloga što su ramena udaljenija od centra mase tijela dok su kod izvođenja vertikalnih skokova s trap barom ona bliža te je zbog toga lakše proizvesti veću brzinu, silu i snagu kod vertikalnih skokova. (Zontangos & Anderson, 2004)

Postoje optimalna opterećenja s kojim možemo proizvesti najveću izlaznu snagu. U ovome radu promatrana je izlazna snaga s trap barom na 0, 10%, 20% i 40% tjelesne mase te su došli do

zaključka da je najveća izlazna snaga proizvedena na 10% i 20% opterećenja od 1RM kod vertikalnih skokova (Turner i ostali, 2015).

To ne znači da je za sve sportaše optimalna proizvodnja snage na 10%-20%, sve ovisi o sportu i njihovim specifikacijama, ali sve studije pokazuju da što je veće opterećenje to je manja izlazna snaga, brzina i sila što je i očekivano. (Cormie, Mccaulley, i ostali, 2007). Čak neke studije pokazuju da je optimalno opterećenje za maksimiziranje izlazne snage tijekom vertikalnih skokova vlastito tijelo, maksimalni dinamički učinak (Pazin i ostali, 2013). Također mala opterećenja kod vertikalnih skokova poboljšavaju rezultate u testovima brzine i agilnosti što nam daje još jedan dokaz koliko skokovi s opterećenjem mogu poboljšati brzinu izvođenja pokreta ako se radi s optimalnim opterećenjem (McBride i ostali, 2002).

Samim tim što u vertikalnim skokovima donji ekstremiteti izvode pokret s ciljem pomicanja centra mase tijela iz početne pozicije do maksimalne visine vrlo je bitno koji način opterećenja koristimo. Ukupan mehanički rad se definira kao razlika energije između ove dvije točke i na temelju mase tijela ispitanika. (Pierre Samozino i ostali, 2008)

Problem koji se postavlja u ovom istraživanju je može li se proizvesti ista silu, brzina i snaga različitim načinom opterećenja, u ovom slučaju sa šipkom i s bučicama. Analizirajući dva različita profila izvedena s istom kilažom opterećenja ali različitim načinom opterećenja istraživane su razlike u svim navedenim parametrima.

Nema dovoljno provedenih istraživanja sa ženama kod određivanja vertikalnog profila sile i brzine te je zbog toga bilo teže odrediti s kojom težinom će ispitanice skakati. Pronađen je samo jedan relevantan rad sa sportašicama koje treniraju balet, u kojem su postoci opterećenja isti kao i u ovom istraživanju (Álvarez i ostali, 2020). Ovaj problem je dodatno otežao samo istraživanje jer je prije samog istraživanja trebalo odraditi dodatno testno mjerenje kojim je utvrđeno s kojim postocima će ispitanice odrađivati skokove. Može se usporediti izvedba s bučicama i s trap barom, jer je slična pozicija izvođenja skokova gdje su ramena nešto niža i bliža centru mase tijela, dok su sa šipkom udaljenija.

1. Ciljevi i hipoteze

Primarni cilj ovog rada je utvrditi postoji li statistički značajna razlika između dva različita profila određena s dva različita načina opterećenja kod studentica Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Hipoteze kojima je utvrđen primarni cilj:

- H1 – postoji statistički značajna razlika između maksimalne sile (F) određene u izvođenju vertikalnog profila izvedenog s bučicama i izvedenog sa šipkom
- H2 – postoji statistički značajna razlika između maksimalne brzine (v) određene u izvođenju vertikalnog profila izvedenog s bučicama i izvedenog sa šipkom
- H3 - postoji statistički značajna razlika između maksimalne snage (P_{max}) određene u izvođenju vertikalnog profila izvedenog s bučicama i izvedenog sa šipkom

Sekundarni cilj je prikazati postoji li razlika u profiliranju vertikalnog profila odnosa sile i brzine s bučicama te može li se profil odrađivati s bučicama. Hipoteze kojima je utvrđen sekundarni cilj:

- H4 – postoji statistički značajna razlika između indeksa omjera sile i brzine (Svf) određene u izvođenju vertikalnog profila izvedenog s bučicama i izvedenog sa šipkom
- H5 - postoji statistički značajna razlika između postotka odstupanja od optimalnog odnosa sile i brzine (FV_{imb}) određene u izvođenju vertikalnog profila izvedenog s bučicama i izvedenog sa šipkom

2. Metode istraživanja

2.1. Uzorak ispitanika

U ovom istraživanju sudjelovalo je 18 studentica Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu – Tablica 1. Studentice su bile upoznate s istraživanjem na svojim predavanjima na fakultetu te su upućene u protokol na koji su se same dobrovoljno javile za ovaj diplomski rad. Svaka studentica je prije istraživanja bila usmeno obaviještena te su im pojašnjeni potencijalni rizici sudjelovanja u studiji.

Tablica 1. Podaci o ispitanicama (N=18)

	AS±SD	MIN	MAX
Dob (god)	22,8 ± 2,2	19,0	26,0
TV (cm)	166,6 ± 6,3	153,7	179,5
TM (kg)	62,0 ± 6,8	45,2	73,0
PM (%)	18,7 ± 5,4	12,5	33,3

Legenda: **AS** – aritmetička sredina, **SD** – standardna devijacija, **TV**=tjelesna visina, **TM**=tjelesna masa, **PM**=postotak masti, **MIN** – minimalne vrijednosti, **MAX** – maksimalne vrijednost

2.2. Opis protokola testiranja

Testiranje je obavljeno u Sportsko dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Svaka ispitanica je trebala dva puta doći na testiranje u minimalnom razmaku od 48 sati i maksimalnom razmaku od 4 dana kako bi se eliminirao utjecaj zamora. Također ispitanice su zamoljene da prije svakog testiranja ne rade trening koji bi mogao utjecati na njihove rezultate te da odaberu termine u kojima će biti potpuno odmorne za testiranje te su dolazile uvijek u isto doba dana. Raspored izvođenja šipka-bučice bio je randomiziran.

U prvom dolasku, ispitanicama su izmjerene osnovne morfološke varijable visine, mase i sastava tijela. Zatim je izmjerena duljina noge u potpunoj ekstenziji stopala i koljena te dubina

spuštanja u čučanj. Dubina spuštanja kod svakog skoka regulirana je elastičnom trakom do koje su se ispitanice morale spustiti. Dubina spuštanja određena je na način da kut između natkoljenice i potkoljenice mora biti 90 stupnjeva. Prije samog testiranja proveden je protokol zagrijavanja za mjerenje koji se sastojao od razgibavanja, dinamičke fleksibilnosti: aktivna prednoženja – 10 ponavljanja svaka noga posebno, 2 serije, iskoraci naprijed – 5 ponavljanja svaka noga – 2 serije, iskoraci bočno – 5 ponavljanja svaka noga – 2 serije, duboki čučanj – 5 ponavljanja 2 serije. Aktivacija: 10 čučnjeva – 2 serije, čučanj skok – 5 ponavljanja – 2 serije, čučanj skok s težinom od 10% tjelesne težine ispitanice - 5 ponavljanja – 2 serije, čučanj skok s težinom od 20% tjelesne težine ispitanice – 5 ponavljanja – 2 serije, skok bez pripreme – 10 ponavljanja i skok bez pripreme s 10% tjelesne težine – 5 ponavljanja. Odmor između svih ponavljanja je bio 30s, a između serija 90s. Protokol zagrijavanja je trajao 15-20min ovisno o ispitanici. Pregledniji prikaz zagrijavanja prikazan je u tablici 2.

Tablica 2. Protokol zagrijavanja

PROTOKOL ZAGRIJAVANJA			
razgibavanje – cijelo tijelo po odabiru ispitanice			
	vježba	broj ponavljanja	broj serija
dinamičko istezanje	aktivna prednoženja	10L i 10D	2
	iskoraci naprijed	10L i 10D	2
	Iskoraci bočno	10L i 10D	2
	duboki čučanj	5	2
aktivacija mišića	čučnjevi	10	2
	čučanj skok	5	2
	čučanj skok s 10% težine	5	2
	čučanj skok s 20% težine	5	2
	skok bez pripreme	10	1
	skok bez pripreme s 10% težine	5	1

U prvom dolasku nakon zagrijavanja određena su opterećenja s kojima su izvedeni vertikalni skokovi. Prvi dolazak je uvijek odrađen sa šipkom na leđima iz razloga što je ispitanicama bila prirodniija šipka i skokovi sa šipkom nego s bučicama. Ispitanica skokove izvodi na platformi za mjerenje sile (KI Jump, Kistler – MARS - ov sustav) s težinama 0%, 10%, 20%, 30% i 40% od svoje tjelesne mase. Na svakoj težini odrađena su 3 maksimalna skoka, s tim da ako bi skok bio pogrešan taj bi skok bio ponavljen. Bitno je napomenuti da je kod ovih skokova bez pripreme (Squat Jump) izuzetno bitna tehnika izvođenja te svaki skok koji se izvede tehnički

pogrešno je bio ponovljen. Ovu grešku se pokušalo izbjeći već kroz zagrijavanje gdje su odrađeni ti skokovi i ispitanice su već onda bile upućene u tehniku i pozornost na same kukove koji u trenutku faze odraza ne smiju napraviti spuštanje nego idu iz čučnja direkt u vis gdje izoliramo samo koncentričnu fazu skoka.

Postoci s kojima su ispitanice odrađivale skokove:

1. Skok sa štapom od metle na leđima – 0%
2. Skok sa šipkom na leđima – 10% tjelesne mase
3. Skok sa šipkom na leđima – 20% tjelesne mase
4. Skok sa šipkom na leđima – 30% tjelesne mase
5. Skok sa šipkom na leđima – 40% tjelesne mase

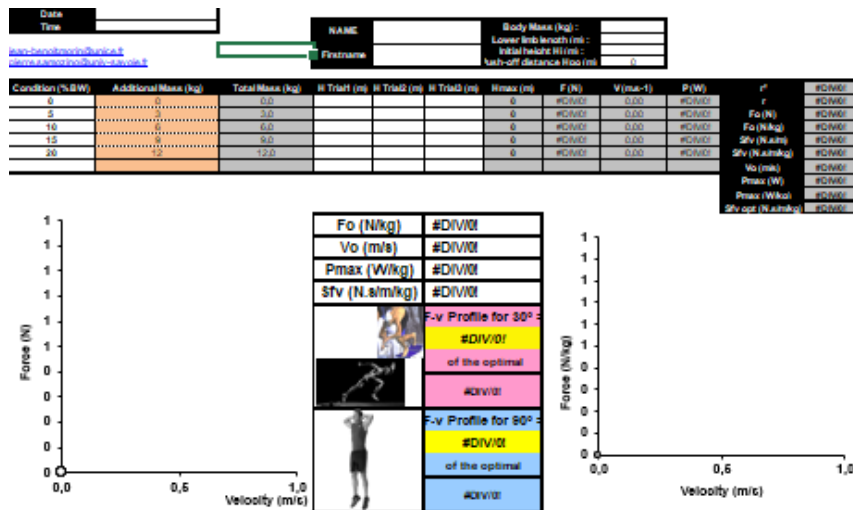
Kod prvih skokova odrađenih bez težine ispitanice su umjesto šipke imale na leđima štap od metle koji je težine 0,1kg kako bi imali što sličnije skokove skokovima sa šipkom te kako bi ispitanice lakše izvodile ostale skokove. Svi skokovi su izvedeni na sljedeći način: prije nego što ispitanica stane na platformu uzela bi određenu težinu i stala ispred platforme, na prvi znak mjerioca stala bi na platformu i smirila se, na drugi znak: pripremi – spustila bi se u poziciju čučnja te bi ondje zadržala 2 s i na treći znak: hop! bi skočila maksimalno u vis i doskočila natrag na platformu. Odmor između skokova bio je 60 s. Između težina odmor je bio 2 min. Ukupno trajanje prvog dolaska na mjerenje bilo je 75 min. Kada bi ispitanica izvela skok mjeritelj potvrdio tehnički dobar skok, upisao bi se u proračunsku excel tablicu (Slika 1) za odrađivanje vertikalnog profila sile i brzine koju možemo pronaći na web stranici: JB Morin, PhD – Sport Science.

Drugi dolazak na mjerenje trajao je 60 min iz razloga jer nije bilo potrebno mjerenje antropometrijskih karakteristika te ispitanice odmah kreću u zagrijavanje. Drugi put ispitanice su izvodile skokove s bučicama koje su držala sa strane tijela.

Postoci s kojima su ispitanice odrađivale skokove:

1. Skok s rukama na kukovima – 0%
2. Skok s bučicama pokraj tijela – 10% tjelesne mase
3. Skok s bučicama pokraj tijela – 20% tjelesne mase
4. Skok s bučicama pokraj tijela – 30% tjelesne mase
5. Skok s bučicama pokraj tijela – 40% tjelesne mase

Kod prvih izvedbi bez težine ruke su postavljale na kukove kako bi isključili mogući zamah rukama. Kod izvedbe skokova s bučicama dodatna pozornost mjerioca bila je na rukama, jer ispitanice nisu smjele koristiti ruke kao zamah u skokovima nego su one fiksirane uz tijelo i skok se izvodi isključivo nogama – posebna pozornost je u skokovima s manjom kilažom, dok s većom nije bilo problema zbog same težine koju je bilo teško držati u rukama.



Slika 1. Prikaz proračunske tablice za određivanje vertikalnog profila sile i brzine



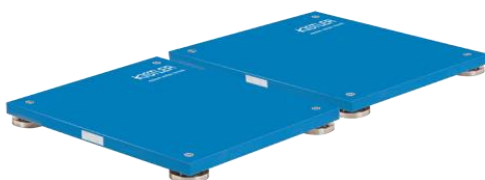
Slika 2. Prikaz razlike u početnim pozicijama dvaju protokola za određivanje vertikalnog profila odnosa sile i brzine

2.3. Opis mjernih instrumenata

U ovome istraživanju korišteno je nekoliko mjernih instrumenata, a to su:

1. Bioimpedancijska vaga za mjerenje sastava tijela TANITA MC – 780MA
2. Antropometar – GPM model 101
3. Platforma za mjerenje sile – KiJump 1D plate system type: 9229A

Platforma za mjerenje sile KiJump 1D, Kistler - MARS sastoji se od dvije prijenosne ploče što omogućuje odvojeno mjerenje vertikalne sile reakcije za svaku nogu-stopalo posebno. Ima dvije kamere kojima snimaju video velike brzine te se s njima može detaljno analizirati svaki skok. Softver za analizu podataka bilježi podatke te ih prikazuje u obliku grafičkog prikaza kako bi odmah bilo sve vidljivo. Platforma koristi Kistler MARS-ov sustav koji u sebi ima 11 testova. U ovom istraživanju korišten je Squat Jump (skok bez pripreme) test kojim se dobila visina skoka određenu vremenom provedenog u zraku te se na grafičkom prikazu vidio tehnički ispravan ili tehnički neispravan skok.



Slika 1 – prikaz platforme KiJump 1D 9229A – preuzeto sa:

<https://www.kistler.com/en/product/type-9229a/>

3.4.Uzorak varijabli

U tablici 3 prikazane su sve varijable koje su se mjerile u ovom istraživanju s pripadajućim mjernim jedinicama i punim nazivima. Varijable postotak masti(PM) i tjelesna masa(TM) mjerene su s vagom za procjenu postotka masti koja je navedena u opisu mjernih instrumenata. Varijable tjelesna visina(TV), dužina noge(DN), visina kukova u početnoj poziciji vertikalnih skokova(Hi) mjerene su antropometrom. Ostale varijable dobivene su na temelju unosa visine skokova u excel tablicu za određivanje vertikalnog profila sile i brzine. Kada ispitanica odradi sve skokove sa svim težinama dobiva se njezin profil u kojem su određene varijable teoretska maksimalna sila(F_0), teoretska maksimalna brzina(V_0), maksimalna proizvedena snaga(P_{max}), indeks omjera sile i brzine – šipka(S_{vf}), optimalan odnos sile i brzine(S_{vfopt}), odstupanje od optimalnog odnosa sile i brzine(FV_{imb}).

Tablica 3. Varijable korištene u istraživanju s punim nazivom i mjernim jedinicama

Kratice	Naziv varijable	mjerna jedinica
TV	tjelesna visina	m
DN	dužina noge	m
Hi	visina kukova u početnoj poziciji izvedbe skoka	m
TM	tjelesna masa	kg
PM	postotak masti	%
F_{0s}	teoretska maksimalna sila u koncentričnoj fazi skoka - šipka	N/kg
V_{0s}	teoretska maksimalna brzina u koncentričnoj fazi skoka - šipka	m/s
P_{maxs}	maksimalna snaga na temelju F-V odnosa - šipka	w/kg
S_{vfs}	indeks omjera sile i brzine - šipka	N.s/m/kg
S_{vfopts}	optimalni odnos sile i brzine - šipka	N.s/m/kg
FV_{imbs}	odstupanje od optimalnog odnosa sile i brzine - šipka	%
F_{0b}	teoretska maksimalna sila u koncentričnoj fazi skoka - bučice	N/kg
V_{0b}	teoretska maksimalna brzina u koncentričnoj fazi skoka - bučice	m/s
P_{maxb}	maksimalna snaga na temelju F-V odnosa - bučice	w/kg
S_{vfb}	indeks omjera sile i brzine - bučice	N.s/m/kg
S_{vfoptb}	optimalni odnos sile i brzine - bučice	N.s/m/kg
FV_{imbb}	odstupanje od optimalnog odnosa sile i brzine - bučice	%

3.5 Metode obrade podataka

Nakon što su svi rezultati uneseni u Excel – Microsoft office 2016., obrada podataka je izvršena u programu TIBCO Statistica 2021. Prvi korak u obradi podataka bio je određivanje osnovnih deskriptivnih podataka deskriptivnom statistikom te utvrđivanje normaliteta varijabli F_0 , V_0 , P_{max} , S_{vf} i FV_{IMB} Shapiro-Wilk testom za utvrđivanje normaliteta. Nakon utvrđivanje normaliteta varijable koje su normalno distribuirane obrađene su jednosmjernom statističkom metodom ANOVA za ponovljena mjerenja te su njome utvrđene razlike. Varijable koje nisu normalno distribuirane obrađene su neparametrijskom (Wilcoxovim testom) statistikom za uspoređivanje dviju zavisnih varijabli.

4. Rezultati

Tablica 4. Prikaz deskriptivnih pokazatelja korištenih varijabli

	AS ± SD	MIN	MAX	S_{KU}	K_U
F0š (N/kg)	29,40 ± 2,83	24,80	33,70	-0,05	-1,08
F0b (N/kg)	33,68 ± 3,24	28,00	41,80	0,57	1,00
V0š (N/kg)	2,14 ± 0,34	1,58	3,18	1,38	4,37
V0b (N/kg)	1,90 ± 0,26	1,63	2,50	0,81	-0,22
Pmaxš (W/kg)	15,56 ± 2,10	12,70	20,80	0,97	0,75
Pmaxb (W/kg)	15,91 ± 1,81	13,10	19,00	0,30	-1,15
Sfvš (N.s/m/kg)	-14,32 ± 2,99	-21,05	-8,23	-0,27	0,71
Sfv_b (N.s/m/kg)	-18,16 ± 3,33	-23,15	-11,90	0,32	-1,08
Sfvopt_š (N.s/m/kg)	-15,00 ± 0,72	-16,30	-14,00	-0,27	-1,13
Sfvopt_b (N.s/m/kg)	-14,88 ± 0,75	-16,20	-13,70	-0,03	-1,17
FVimb_š (%)	94,61 ± 20,38	55,00	145,00	0,54	1,30
FVimbb (%)	121,83 ± 22,38	77,00	155,00	-0,26	-0,70

Legenda: **AS** – aritmetička sredina, **MIN** – minimalne izmjerene vrijednosti, **MAX** – maksimalne izmjerene vrijednosti, **SD** – standardna devijacija, **S_{KU}** – skewness – mjera asimetričnosti distribucije, **K_U** – kurtosis – mjera spljoštenosti distribucije

Tablica 5. Prikaz normaliteta varijabli određenih Shapiro – Wilkovim testom

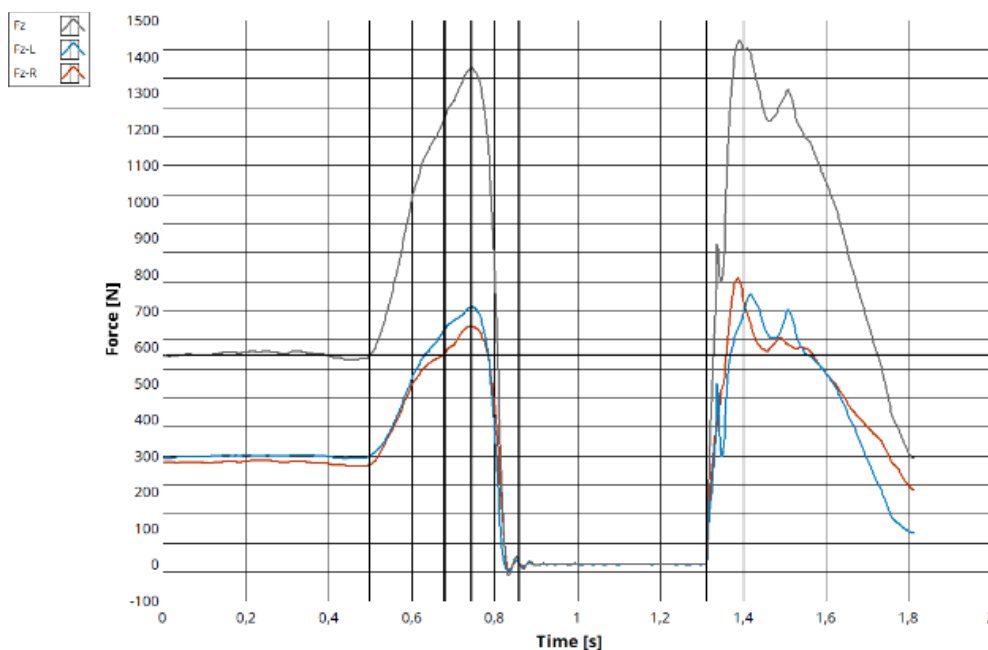
	w - šipka	p – šipka	w - bučice	p - bučice
F0 (N/kg)	0,94	0,26	0,96	0,59
V0 (N/kg)	0,88	0,02	0,89	0,04
Pmax (W/kg)	0,93	0,21	0,93	0,20
Sfv(N.s/m/kg)	0,99	0,99	0,94	0,35
Fvimb (%)	0,97	0,82	0,96	0,64

Legenda: **w** – koeficijent prikaza normaliteta Shapiro – Wilko testom, **p** – pogreška, *distribucija nije normalna

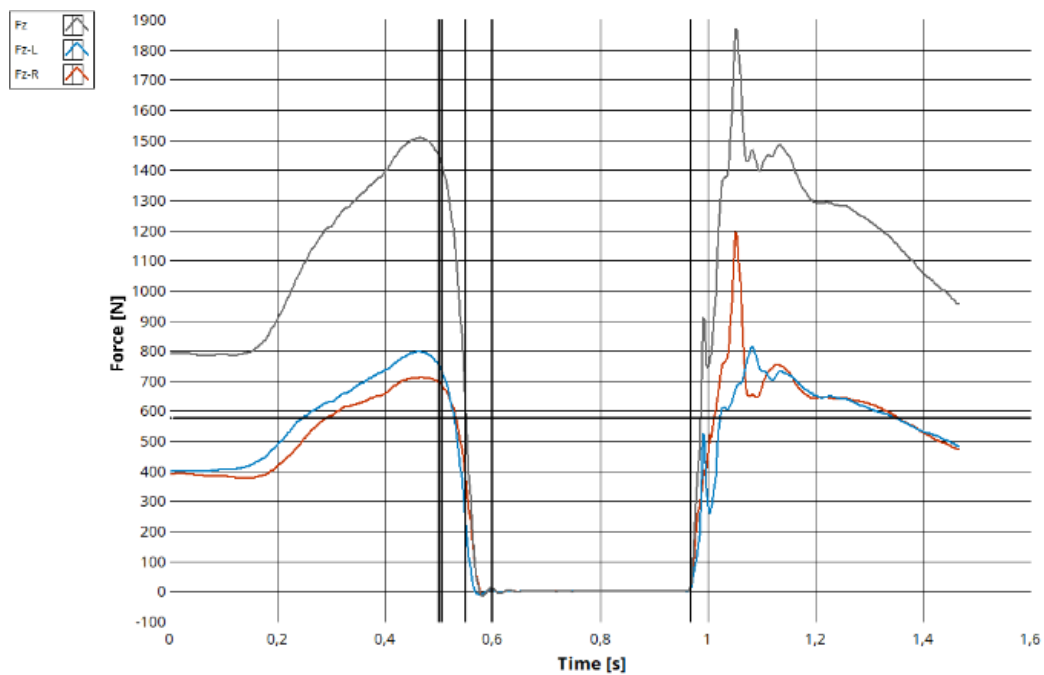
Tablica 6. Prikaz analize razlika dobivenih ANOVOM i Wilcoxonovim testom

	ŠIPKA	BUČICE	F	p	Z
F0 (N/kg)	29,4 ± 2,8	33,7 ± 3,1	27,5	0,000*	
V0 (m/s)	2,1 ± 0,3	1,9 ± 0,3		0,006*	2,7
Pmax (W/kg)	15,6 ± 2,0	15,9 ± 1,8	1,72	0,207	
Svf (N.s/m/kg)	14,3 ± 2,9	18,2 ± 3,2	23,4	0,000*	
Fvimb (%)	94,6 ± 19,8	121,8 ± 21,8	22,8	0,000*	

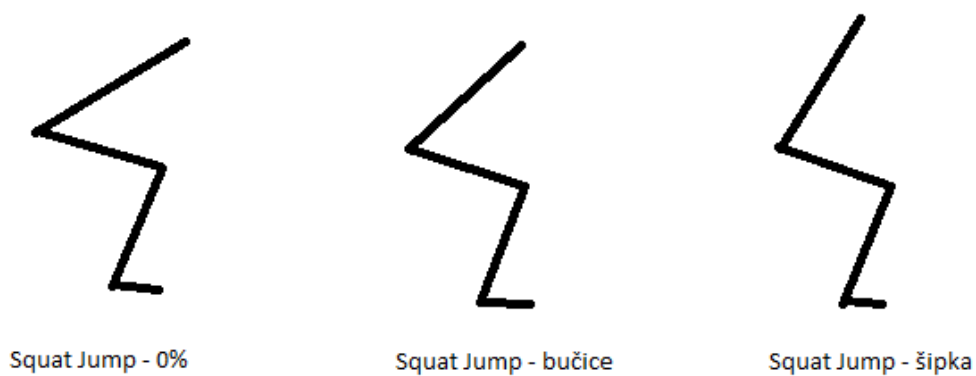
Legenda: F – , p – statistička značajnost uz pogrešku, *postoji statistički značajna razlika, Z – koeficijent Wilcoxonovog testa



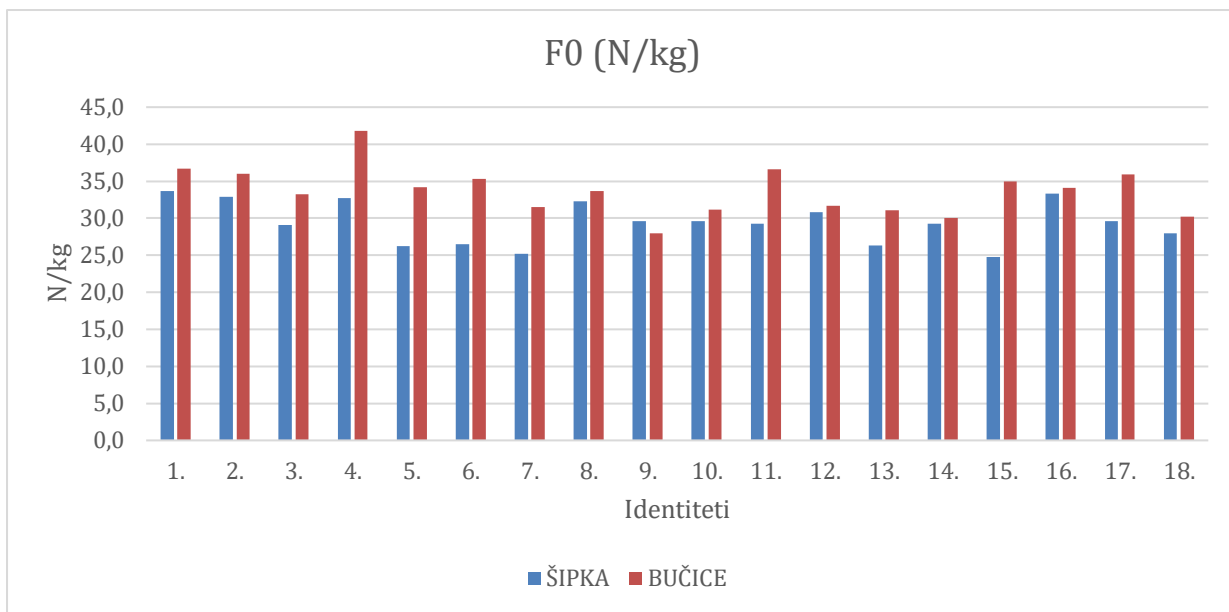
Slika 4. Grafički prikaz sila prilikom izvođenja skoka bez pripreme izvedenog bez opterećenja



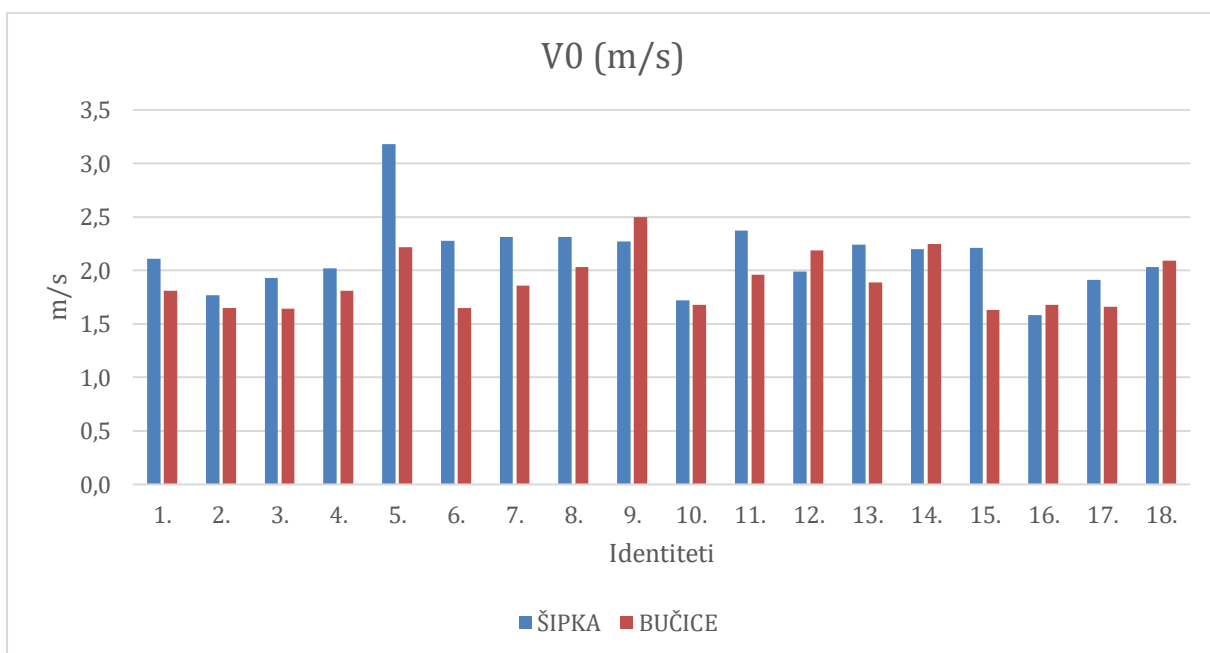
Slika 5. Grafički prikaz sila prilikom izvođenja skoka bez pripreme izvedenog s opterećenjem od 40% od tjelesne mase ispitanice



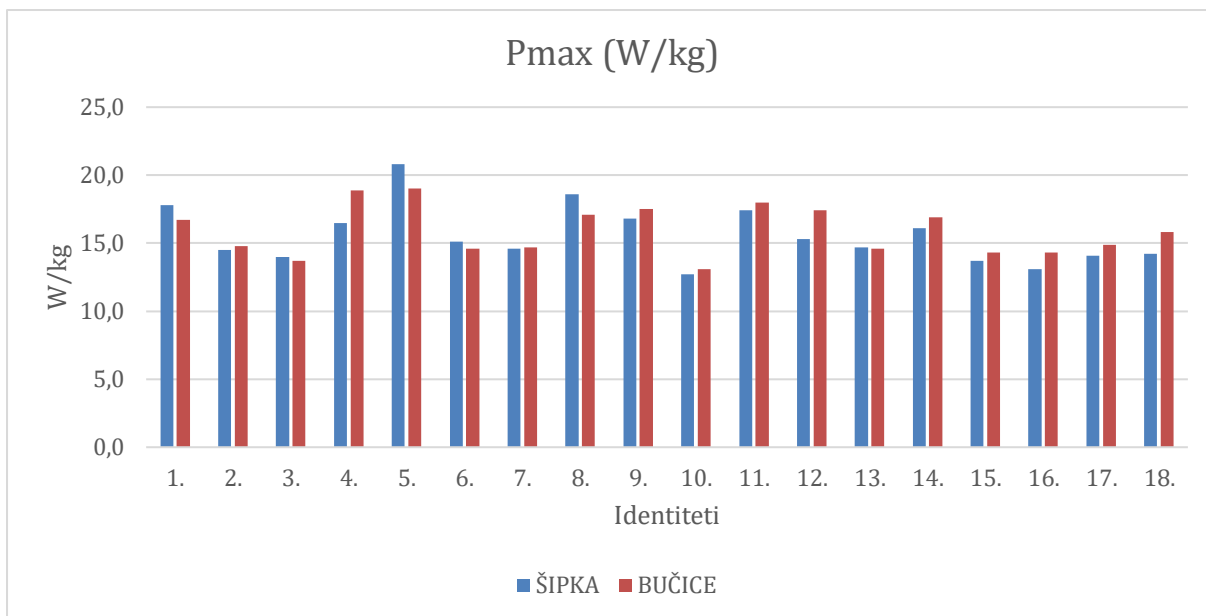
Slika 6. Shematski prikaz pozicije trupa bez opterećenja, s bučicama i sa šipkom



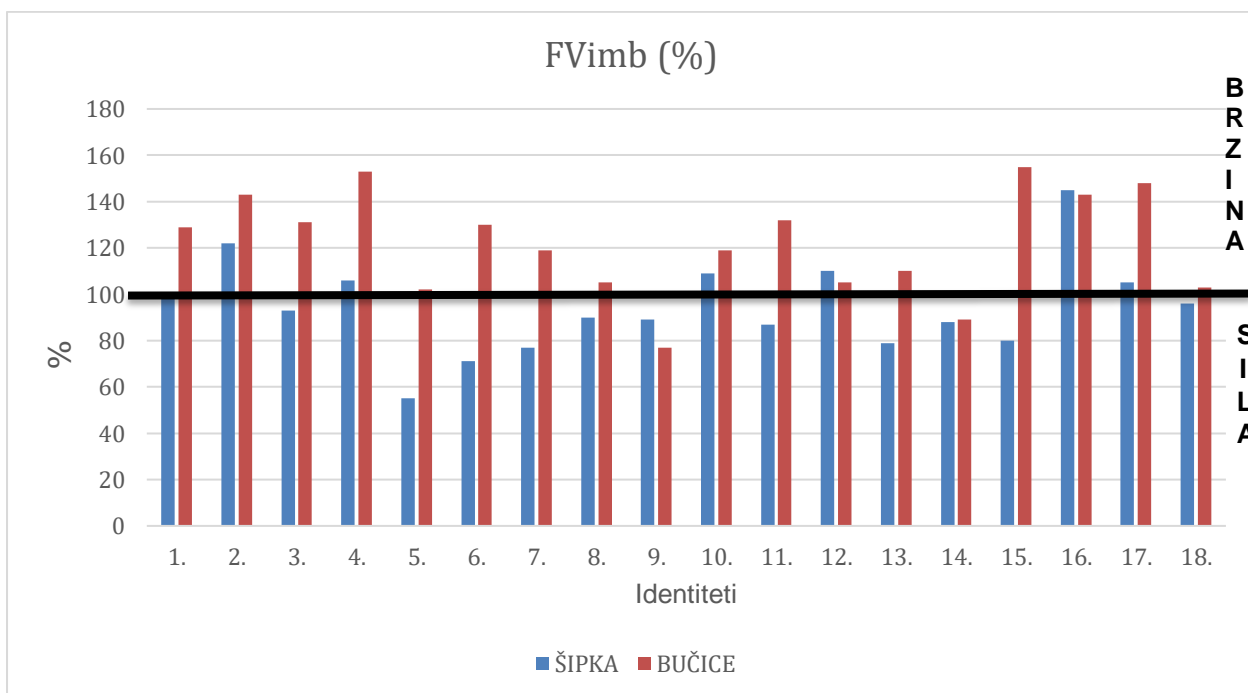
Slika 7. Grafički prikaz maksimalne sile proizvedene kod svih ispitanica sa šipkom i s bučicama



Slika 8. Grafički prikaz maksimalne brzine proizvedene kod svih ispitanica sa šipkom i s bučicama



Slika 9. Grafički prikaz maksimalne proizvedene snage kod svih ispitanica sa šipkom i s bučicama



Slika 10. Grafički prikaz odstupanja od optimalnih profila kod svih ispitanica sa šipkom i s bučicama

5. Rasprava

Na temelju 5 postavljenih hipoteza potvrđene su 4 hipoteze koje su postavljene u ovome radu. Kao što je prikazano na slikama 7 i 8 dobivena je statistički značajna razlika u sili i brzini kod izvođenja profila s bučicama te su time potvrđene prve dvije hipoteze. Samim tim što je bližim opterećenjem centru težišta tijela moguće proizvesti veću silu i brzinu pokazalo se i u ovome istraživanju da je s bučicama postignuta veća sila i brzina kod izvođenja vertikalnih skokova s opterećenjem. Samim tim što je dobivena sila i brzina veća dobivena je i statistički značajna razlika između indeksa omjera optimalnog profila od dobivenog (S_{vf}). Četvrta hipoteza je povezana s petom jer ovise jedna o drugoj te je tako dobivena statistički značajna razlika između postotka odstupanja između optimalnog (FV_{imb}). Jedina hipoteza koja nije potvrđena je ta da postoji statistički značajna razlika između snage (P_{max}) u vertikalnom profilu sile i brzine. Iz priložene tablice 6 se po aritmetičkoj sredini vidi da je snaga proizvedena s bučicama nešto veća nego sa šipkom, ali nije statistički značajno veća.

U tablici 6 proizvedena sila je veća s bučicama, s time je i proizvedena brzina veća s bučicama. Što je veće ubrzanje to je postignuta i veća sila. Blizina opterećenja centru mase tijela daje veće ubrzanje i proizvedenu silu, u ovom slučaju s bučicama pokraj tijela proizvedena je veća sila s većim ubrzanjem nego što je to postignuto sa šipkom postavljenom na ramenima. Tehnički gledano skokovi iz različitih pozicija trupa daju različite rezultate baš iz tog razloga pozicioniranja opterećenja dalje ili bliže centru mase tijela. (Zontangos & Anderson, 2004)

Shematski prikaz 1 nam daje sliku kolike su stvarne razlike u pozicioniranju trupa kod izvedbe Squat Jumpa bez opterećenja, sa šipkom i s bučicama kao što je već objašnjeno prije. Na slikama 5 i 6 prikazan je skok jedne ispitanice s bučicama, odnosno bez opterećenja (Slika 5) i s opterećenjem od 40% (Slika 6) na kojima možemo vidjeti da je proizvedena sila veća s opterećenjem te je tehnika skoka s opterećenjem lošija i neujednačenija.

Glavnu pažnju u svim rezultatima treba posvetiti varijabli FV_{imb} koja nam direktno prikazuje odstupanja u vertikalnim profilima odnosa sile i brzine. Utvrđena je statistički značajna razlika između dva protokola u ovoj varijabli. No, dolazimo do glavnog problema interpretacije rezultata ove varijable. Prosjek varijable $FV_{imb}(\%)$ s bučicama iznosi: $94,6 \pm 19,8$, a kod šipke $121,8 \pm 21,8$. Varijabla se definira na način da ako je postotak manji od 100% ispitanica je u deficitu sa silom u vertikalnim skokovima, a ako je postotak veći od 100% znači da je ispitanica u deficitu s brzinom u vertikalnim skokovima.

Kod izvedbe vertikalnog profila sa šipkom izmjereno je 7 profila koje su u deficitu s brzinom, a 11 profila koje su u deficitu sa silom. Zato je i aritmetička sredina manja od 100, jer ima više ispitanica koje su u deficitu sa silom kako je gore pojašnjeno. Kod izvedbe vertikalnog profila sa bučicama izmjereno je 16 profila s deficitom u brzini, a samo 2 izmjerena profila koja su deficitna u sili, zato je i aritmetička sredina veća od 100%. Nije bila moguća razlika analiza u dvije grupe sile i brzine baš iz ovog razloga što nisu dobiveni isti podaci, to jest nisu sve ispitanice koje su bile u deficitu u brzini kod izvedbe sa šipkom bile i deficitne u brzini kod izvedbe s bučicama. Zanimljivo je to što su ispitanice s bučicama proizvele nešto više brzine, a deficitarne su u brzini. Naime, profiliranjem je određeno odstupanje u smjeru sile ili brzine te su ispitanice s bučicama izvodile skokove brže nego sa šipkom, ali su im profili deficitni u brzini, što na prvu zvuči nemoguće i može doći do nejasnih rezultata. No, kada se analiziraju sve potrebne varijable u profilima i kada se utvrde razlike između brzina dvaju profila može se utvrditi zašto je došlo do takvih rezultata. U ovom slučaju se ne smije uzeti u obzir samo statistička značajnost razlike nego i sama aritmetička sredina i kolika je zapravo ta razlika i ima li povezanosti s time što je brzina veća a deficit je u brzini. Profiliranje se radi na temelju proizvedene sile u svim skokovima i na temelju visine u tim skokovima te ako je nedovoljnom brzinom proizvedena veća sila to znači da je deficit u brzini i da treba poraditi na toj komponenti.

Na slikama 7, 8, 9 i 10 možemo vidjeti razlike u svim varijablama kod izvođenja sa šipkom i s bučicama kod svih 18 ispitanica. Razlog tome je taj što su postigle puno veću silu u skokovima s bučicama s obzirom na šipku – razlika je čak 4,3 N/kg, dok je razlika u brzini samo 0,2 m/s. Samim tim što je opterećenje u bučicama bliže centru mase tijela ispitanice su proizvele veću silu i veću snagu, ali nedovoljno brzo. Brzina izvođenja velike sile s opterećenjem nije realizirana onakvom kakvom je očekivana, odnosno kakva bi trebala biti te je zato većina profila u deficitu s brzinom. Nije bitno samo jesu li ispitanice brže izvodile skokove s bučicama nego i koliko brže su ih izvele. Na temelju tih konstatacija možemo postaviti neke razloge zbog čega se to moglo dogoditi.

Postoji dva moguća razloga koji su doveli do takvih rezultata:

1. Nedovoljno poznavanje izvođenja tehnike Squat Jumpa – skokova bez pripreme – samim tim dolazimo do problema da ispitanice tijekom istraživanja uče tehniku te svakim dolaskom napreduju – motoričko učenje.
2. Prvo susretanje sa skokovima s opterećenjem i koordinacija skokova – pogotovo s bučicama sa strane tijela. Samim tim što se bližim opterećenjem težištu mase tijela može proizvesti veća sila i snaga ne znači da je jednostavnije skakati i kontrolirati sam pokret. Bučice nisu dva spojena elementa, nego dva zasebna utega na svakoj strani posebno i samim tim je otežana kontrola. Puno faktora utječe na to kao što su: razina neravnoteže između mišića jedne i druge strane tijela, nedovoljna kontrola samih opterećenja.

Kod odraza u vertikalnim skokovima kinetička se energija pretvara u potencijalnu, odnosno dobro iskorištena kinetička energija je zbroj potencijalne koje zajedno djeluju na ubrzanje centra mase tijela (Bobbert & van Ingen Schenau, 1988). Isto tako povećanjem razdoblja tijekom kojeg mišić stvara silu dolazi do stvaranja veće sile i visine skokova te je zato jako bitna početna pozicija u ovom profiliranju koja mora biti kod svih jednako namještena na 90 stupnjeva odnosa potkoljenice i natkoljenice (Domire & Challis, 2007).

Kako bi centar mase tijela projektirali u vis kod vertikalnih skokova među mišićima treba bit optimalna aktivacija te mišići aktivirani na jednoj strani tijela moraju biti u sinkronizaciji s mišićima na drugoj strani tijela. U ovom slučaju bučice otežavaju skokove jer uz koordinaciju samog tijela treba kontrolirati i bučice sa strane tijela. Disbalans u mišićima uvelike utječe na to, a također i samo poznavanje pokreta. Kako bi mogli izvoditi tehnički pravilno vertikalne skokove s velikim opterećenjima jedna o bitnih stavki je balans između mišića s jedne i druge strane tijela te pravilna aktivacija mišića kod vertikalnih skokova (Pandy & Zajac, 1991). Nijedna studentica prije ovog istraživanja nije nikada izvodila vertikalne skokove s bučicama kao opterećenje što uvelike utječe na samu izvedbu i na samo izvođenje i učenje pokreta.

6. Zaključak

Vertikalni profil odnosa sile i brzine je osmišljen za izvođenje vertikalnih skokova sa šipkom na leđima. Sve kalkulacije u tablicama su izrađene po tim mjerama i sva istraživanja koja su Samozino i Morin radili su radili s izvođenjem vertikalnih skokova sa šipkom na leđima. Ideja samog istraživanja je olakšati izvođenje profiliranja na način da se jednostavnijim opterećenjem(bučicama) postigne ista učinkovitost profiliranja. Ovaj način je nešto pristupačniji jer je lakše posjedovati bučice kao alat za izvođenje vertikalnih skokova nego šipku i utege, puno je jednostavnije za transport.

Glavna ideja istraživanja je postoji li statistički značajna razlika u određivanju dva vertikalna profila odnosa sile i brzine upravo iz tog razloga. Postavlja se pitanje mogu li se postići ista profiliranja kako bi olakšali izvođenje i kako bi profil bio još jednostavniji za izvođenje?

Statističkom analizom utvrđena je statistički značajna razlika između dva profila, no, dobiveni rezultati nisu prema očekivanjima, a to je da će nedostaci u sili i brzini biti u istom smjeru i s bučicama i sa šipkom. Kako je prikazano u raspravi rezultati variraju u oba profila. Utvrđena je statistički značajna razlika između 4/5 varijabli, ali ne može se zaključiti da su rezultati s bučicama bili lošiji nego sa šipkom baš iz tog razloga što dobivena odstupanja ne idu u istim smjerovima sile ili brzine u oba izvođenja sa šipkom i s bučicama. Razlika u varijablama teoretske maksimalne sile i teoretski maksimalne brzine postoji između šipke i bučica, prvenstveno je to razlog pozicioniranja trupa i udaljenosti opterećenja od centra mase tijela te tehnika izvođenja vertikalnih skokova.

S obzirom da je ovo prvo istraživanje u kojem su korištene bučice kao alat u izvođenju vertikalnih skokova kod određivanja vertikalnog profila odnosa sile i brzine potrebno je provesti još nekoliko istraživanja u kojima bi mogli još preciznije utvrditi vertikalne profile odnosa sile i brzine. Možda bi trebalo koristiti drugu populaciju ispitanika u smislu da budu profesionalni sportaši koji bi bili motiviraniji za odrađivanje testiranja ili pokušati drugačijim opterećenjima opteretiti ispitanike. Izvođenje vertikalnog profila odnosa sile i brzine s bučicama je puno praktičnije nego sa šipkom, ali nedovoljno istraživano i pouzdano kako bi njihime mogli utvrđivati sportašima nedostatak sile ili brzine. Preporuča se izvođenje vertikalnog profila sa šipkom kao što su izvorni autori radili kako bi dobili precizne podatke, a profiliranje s bučicama se može raditi ukoliko se još dodatno istraži profiliranje s bučicama i utvrdi njegova pouzdanost.

7. Literatura

- Baena-Raya, A., Soriano-Maldonado, A., Rodríguez-Pérez, M. A., García-De-Alcaraz, A., Ortega-Becerra, M., Jiménez-Reyes, P., & García-Ramos, A. (2021). The force-velocity profile as determinant of spike and serve ball speed in top-level male volleyball players. *PLoS ONE*, *16*(4 April), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249612>
- Bobbert, M. F., & van Ingen Schenau, G. J. (1988). Coordination in vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, *21*(3), 249–262. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(88\)90175-3](https://doi.org/10.1016/0021-9290(88)90175-3)
- Cormie, P., McCaulley, G. O., & McBride, J. M. (2007). Power versus strength-power jump squat training: Influence on the load-power relationship. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(6), 996–1003. <https://doi.org/10.1097/mss.0b013e3180408e0c>
- Cormie, P., Mccauley, G. O., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(2), 340–349. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000246993.71599.bf>
- Domire, Z. J., & Challis, J. H. (2007). The influence of squat depth on maximal vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, *25*(2), 193–200. <https://doi.org/10.1080/02640410600630647>
- Donahue, P. T., Wilson, S. J., Williams, C. C., Hill, C. M., & Garner, J. C. (2021). Comparison of Countermovement and Squat Jumps Performance in Recreationally Trained Males. *International journal of exercise science*, *14*(1), 462–472.
- Escobar Álvarez, J. A., Reyes, P. J., Pérez Sousa, M. Á., Conceição, F., & Fuentes García, J. P. (2020). Analysis of the Force-Velocity Profile in Female Ballet Dancers. *Journal of dance medicine & science : official publication of the International Association for Dance Medicine & Science*, *24*(2), 59–65. <https://doi.org/10.12678/1089-313X.24.2.59>
- Gross, M., & Gross, T. (2019). Relationship between cyclic and non-cyclic force-velocity characteristics in bmx cyclists. *Sports*, *7*(11), 1–13. <https://doi.org/10.3390/sports7110232>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, *7*(JAN), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>

- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *16*(1), 75–82.
[https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2002\)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2002)016<0075:TEOHVL>2.0.CO;2)
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(2), 267–272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
- Pandy, M. G., & Zajac, F. E. (1991). Optimal muscular coordination strategies for jumping. *Journal of Biomechanics*, *24*(1), 1–10. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(91\)90321-D](https://doi.org/10.1016/0021-9290(91)90321-D)
- Pazin, N., Berjan, B., Nedeljkovic, A., Markovic, G., & Jaric, S. (2013). Power output in vertical jumps: Does optimum loading depend on activity profiles? *European Journal of Applied Physiology*, *113*(3), 577–589. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2464-z>
- Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P., & Morin, J. B. (2014). Force-velocity profile: Imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International Journal of Sports Medicine*, *35*(6), 505–510.
<https://doi.org/10.1055/s-0033-1354382>
- Samozino, Pierre, Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, *41*(14), 2940–2945. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>
- Samozino, Pierre, Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2010). Jumping ability: A theoretical integrative approach. *Journal of Theoretical Biology*, *264*(1), 11–18.
<https://doi.org/10.1016/J.JTBI.2010.01.021>
- Samozino, Pierre, Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements-Altius: Citius or Fortius? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *44*(2), 313–322.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>
- Turner, T. S., Tobin, D. P., & Delahunt, E. (2015). Optimal Loading Range for the Development of Peak Power Output in the Hexagonal Barbell Jump Squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(6).
- Van Hooren, B., & Zolotarjova, J. (2017). The Difference between Countermovement and

Squat Jump Performances: A Review of Underlying Mechanisms with Practical Applications. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 2011–2020.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001913>

Zontangos, G., & Anderson, A. . (2004). OpenAIR @ RGU The Open Access Institutional Repository at Robert Gordon University. *Qualitative Market Research:An International Journal*, 7(3), 228–236.