

USPOREDBA REZULTATA U TESTOVIMA VERTIKALNOG PROFILA SILA-BRZINA PROVEDENIH SA RAZLIČITIM OBLIKOM OPTEREĆENJA

Lukin, Mario

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:117:352610>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-05**



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 jedrenje)

Mario Lukin

**USPOREDBA REZULTATA U TESTOVIMA
VERTIKALNOG PROFILA SILA-BRZINA
PROVEDENIH SA RAZLIČITIM OBLIKOM
OPTEREĆENJA**

Diplomski rad

Mentor:

doc. dr. sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, siječanj 2023.

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

Mentor:

doc. dr. sc. Vlatko Vučetić

Student:

Mario Lukin

USPOREDBA REZULTATA U TESTOVIMA VERTIKALNOG PROFILA SILA-BRZINA PROVEDENIH SA RAZLIČITIM OBLIKOM OPTEREĆENJA

Sažetak

Često korišteni testovi u dijagnostici sportaša su testovi vertikalne skočnosti, test odnosa sile-brzine jedan je od njih. Sastoji se od više skokova od kojih su neki sa opterećenjem i nastoji utvrditi oslanja li se sportaš prilikom skoka više na njegove sposobnosti proizvodnje sile ili na sposobnosti proizvodnje brzine. Test se najčešće provodi sa opterećenjem u obliku olimpijske šipke koja se drži na ramenima. Postoji sve više dokaza koji prednost u skokovima s opterećenjem daju trap (hexagonal) šipci, zbog takvih prednosti cilj istraživanja bio je usporediti rezultate testa provedenog s olimpijskom i trap šipkom, i provjeriti pouzdanost testiranja s trap šipkom test-retest metodom. U istraživanju je sudjelovalo 14 studenata Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u dobi od $22,93 \pm 1,07$ godina, tjelesne visine $184,77 \pm 7,89$ i tjelesne mase $82,57 \pm 8,73$. Provedena su tri testiranja jednakog protokola jednom sa olimpijskom šipkom i dva puta sa trap šipkom. Rezultati testa u varijablama maksimalne teoretske sile, maksimalne teoretske brzine, maksimalne snage, indeksa omjera sile i brzine i postotka odstupanja od optimalnog profila uspoređena su T-testom za olimpijsku šipku i prvo testiranje sa trap šipkom, a korelacijom kod prvog i drugog testiranja sa trap šipkom. Rezultati statističke obrade ukazuju na to da se testiranje sa olimpijskom i trap šipkom značajno razlikuju i da su ispitanici postizali više skokove sa trap šipkom. Koeficijentom korelacije u test-retest metodi nije utvrđena značajna povezanost u svim varijablama testa sa trap šipkom. Iako su postignuti rezultati veći sa trap šipkom ne možemo joj dati prednost u testiranju jer su sva mjerenja testa namijenjena na njegovo provođenje sa olimpijskom šipkom i nije utvrđena velika pouzdanost kod testa sa trap šipkom.

Ključne riječi: Trap šipka, Hexagonal šipka, Hex šipka, Testiranje vertikalnog profila sila-brzina, Vertikalni skok

Summary

Often used tests in the diagnosis of athletes are vertical jump tests, the force-velocity test is one of them. It consists of several jumps, some of which are loaded, and tries to determine whether the athlete relies more on his strength production abilities or on his velocity production abilities during the jump. The test is most often conducted with a load in the form of an Olympic bar held on the shoulders. There is more and more evidence that trap (hexagonal) bars have an advantage in weighted jumps, due to such advantages, the goal of the study was to compare the results of the test conducted with the Olympic and trap bar, and to check the reliability of testing with the trap bar using the test-retest method. 14 students of the Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, age 22.93 ± 1.07 , body height 184.77 ± 7.89 and body weight 82.57 ± 8.73 participated in the research. Three tests of the same protocol were performed, once with the Olympic bar and twice with the trap bar. The test results in the variables of maximum theoretical force, maximum theoretical speed, maximum power, force-speed ratio index and percentage of deviation from the optimal profile were compared by T-test for the Olympic bar and the first test with the trap bar, and by correlation between the first and second tests with the trap bar. The results of the statistical processing indicate that the Olympic and trap bar tests are significantly different and that the subjects achieved higher jumps with the trap bar. The correlation coefficient in the test-retest method did not establish a significant connection in all the variables of the trap bar test. Although the results achieved are higher with the trap bar, we cannot give it an advantage in testing because all the measurements of the test are intended for its implementation with the Olympic bar and no high reliability has been established in the test with the trap bar.

Key words: Trap bar, Hexagonal bar, Hex bar, Vertical force-velocity profile testing, Vertical jump

Sadržaj

1	Uvod.....	6
2	Ciljevi i hipoteze	9
3	Metode istraživanja	10
3.1	Uzorak ispitanika	10
3.2	Opis protokola	10
3.3	Mjerni instrumenti	13
3.4	Varijable	13
3.5	Metode obrade podataka.....	15
4	Rezultati	16
5	Rasprava.....	20
6	Zaključak.....	23
7	Literatura.....	24

1 Uvod

Dijagnostika stanja sportaša jedna je od temeljnih radnji prije planiranja i programiranja trenažnog procesa, zbog toga joj treneri pridodaju veliku važnost. Postoje različiti dijagnostički postupci za mnoštvo različitih motoričkih i funkcionalnih sposobnosti, pa tako postoji mnogo testova za testiranje vertikalnog skoka. Vertikalni skok smatra se jednim od nužnih motoričkih znanja za uspjeh u mnogim sportovima (Rodríguez-Rosell i sur., 2017) pa je to i razlog zašto je često istraživano, a najčešće u obliku skoka iz čučnja i skoka sa pred pripremom. Razvojem tehnologije i nekih novih znanstvenih spoznaja vertikalni skok više se ne svrstava samo pod eksplozivnu snagu nego se počinje pričati o njemu kao kombinaciji više motoričkih sposobnosti.

Frost i suradnici (2010) su koncentričnu mišićnu akciju opisali kao kombinaciju sile i brzine koje su u obrnuto proporcionalnom odnosu te njihov rezultat povezuju sa snagom. U daljnjim istraživanjima na tu temu Jarić (2015) u svom radu opisuje obrnuto proporcionalan i linearan odnos sile i brzine u više zglobnim vježbama, također opisuje odnos snage i brzine kao paraboličan. Promjena utjecaja tih veličina na visinu odraza može se primijetiti s promjenom vanjskog opterećenja, ako je vanjsko opterećenje veće, u visini odraza više će sudjelovati proizvedena sila (Marković i Jarić, 2007). Od tih triju veličina (sile, brzine i snage) ipak najveći utjecaj na visinu skoka ima maksimalna proizvedena snaga (Samozino i sur., 2012). Samozino i sur. (2008) postavili su temelje terenskog izračuna srednje sile, brzine i snage prilikom skoka iz čučnja na temelju podataka o masi tijela, visini skoka i udaljenosti od početne pozicije do trenutka odraza.

Odnos sile i brzine te njihov utjecaj na vertikalnu komponentu skoka opisivali su autori u radu s teorijskim pristupom (Samozino i sur., 2010). U tom radu zaključili su kako visina skoka ovisi o tri mehaničke karakteristike: maksimalne teoretske sile (F_0), maksimalne teoretske brzine (v_0) i udaljenosti potiskivanja tijela (udaljenost u kojoj se masa tijela ubrzava, a traje od pozicije u čučnju do prestanka kontakta s podlogom). Visina skoka proporcionalna je mehaničkom radu na udaljenosti potiskivanja ili snazi proizvedenoj u trenutku odvajanja od tla, što nam govori da maksimalna visina skoka ovisi o sposobnostima donjih ekstremiteta za proizvodnju rada ili snage. Samozino i sur. (2012) navode kako su F_0 , v_0 (vrijednosti koje u praksi nije moguće postići) i maksimalna snaga (P_{max}) tri varijable koje najbolje predstavljaju mehaničke sposobnosti donjih ekstremiteta. Visina skoka ne ovisi samo o maksimalnoj proizvedenoj snazi nego i o profilu sila-brzina, što predstavlja odnos sile i brzine proizvedene prilikom skoka. Ako je kod ispitanika taj odnos optimalan skok će biti veći uz

jednak Pmax u odnosu na ispitanika kojemu taj odnos nije optimalan (Samozino i sur., 2013). Najveća korist profila sila-brzina očituje se u tome što je puno lakše odabrati vrstu treninga koju će primjenjivati sa sportašem, zbog toga jer rezultat u testu direktno ukazuje na to što sportašu „nedostaje“ sile ili brzine. Ako sportaš u testu ima deficit sile, može to poboljšati sa treningom sile (jakosti), isto vrijedi i za brzinu, to će mu pomoći da brže napreduje u povećanju visine skoka (Jiménez-Reyes i sur., 2017).

Problem koji se javlja kod testa sila – brzina je taj što ga puno trenera i znanstvenika testira na različiti način. Samozino i Morin jedni su od najviše cijenjenih autora u tom području, oni provode testiranja na način da kao vanjsko opterećenje koriste olimpijsku šipku, a skokovi se izvode u obliku skoka bez pripreme. Na taj način testiranja se provode u većini znanstvenih istraživanja (Marcote-Pequeño i sur., 2019; Simpson i sur., 2021; Stavridis i sur., 2019; Zubčić i Vučetić, 2022), postoji i podosta istraživanja koja koriste skok sa pred pripremom (Fernández-Galván i sur., 2021; García-Pinillos i sur., 2021). Neki znanstvenici koriste drukčiji oblik vanjskog opterećenja, od njih najviše je istraživana smith mašina (Baena-Raya i sur., 2020; García-Ramos i sur., 2018; Hervéou i sur., 2018; Jiménez-Reyes i sur., 2017). Postoje radovi u kojima su ta dva protokola uspoređivana (Pérez-Castilla i sur., 2020; Valenzuela i sur., 2021), rezultati testova se značajno razlikuju i daju prednost smith mašini, u preciznosti prilikom mjerenja skokova s opterećenjem.

Zadnjih godina sve popularniji alat u treningu postaje trap šipka ili hexagon šipka (šipka koja se drži u rukama i ide oko tijela u obliku šesterokuta), ona ima mnoge prednosti u odnosu na klasičnu olimpijsku šipku. U skokovima sa opterećenjem ispitanici sa trap šipkom postižu veće vrijednosti sile, snage i brzine nego u skokovima sa olimpijskom šipkom. (Swinton i sur., 2012). Lockie i Lazar (2017) su uspoređivali različite vježbe u izvođenju sa trap i sa olimpijskom šipkom. Navode kako su sportaši postizali veće rezultate sa trap šipkom u vježbama mrtvog dizanja i skokova sa opterećenjem. Također navode da su rezultati sa trap šipkom imali veću povezanost sa sport specifičnim testovima ragbijaša (sprint na 10 i 20m) te da je koristan alat kod sportaša sa fizičkim ograničenjima. Weakley i sur., (2021) su uspoređivali rezultate trenažnog procesa sa trap šipkom, te oni nakon trenažnog procesa od četiri tjedna daju prednost trap šipci u treningu skokova s opterećenjem u odnosu na olimpijsku šipku, zbog većeg povećanja visine odraza.

Rezultati ovih istraživanja navode nas na razmišljanje može li se provesti testiranje vertikalnog profila sila-brzina sa trap šipkom. To će biti tema ovog diplomskog rada, u radu će se uspoređivati rezultati iz testa sila-brzina provedenog sa olimpijskom šipkom i sa trap šipkom. Pretraživanjem literature nije nađen niti jedan rad koji je provodio testiranje ovog profila sa trap šipkom, pa će u radu biti provjerena i pouzdanost testiranja test-retest metodom.

2 Ciljevi i hipoteze

Primarni cilj ovog istraživanja je utvrditi postoji li statistički značajna razlika u rezultatima profila sila-brzina prilikom provedbe testiranja sa olimpijskom šipkom u odnosu na trap šipku kod studenata Kineziološkog fakulteta Sveučilištu u Zagrebu. Postavljene hipoteze:

H1 – postoji statistički značajna razlika između teoretske maksimalne sile (F_0) dobivene testiranjem vertikalnog profila sila-brzina s olimpijskom šipkom i trap šipkom.

H2 – postoji statistički značajna razlika između teoretske maksimalne brzine (v_0) dobivene testiranjem vertikalnog profila sila-brzina s olimpijskom šipkom i trap šipkom.

H3 – postoji statistički značajna razlika između maksimalne snage (P_{max}) dobivene testiranjem vertikalnog profila sila-brzina s olimpijskom šipkom i trap šipkom.

H4 – postoji statistički značajna razlika između indeksa omjera sile i brzine (S_{fv}) dobivene testiranjem vertikalnog profila sila-brzina s olimpijskom šipkom i trap šipkom.

H5 – postoji statistički značajna razlika između postotka odstupanja od optimalnog odnosa sile i brzine (F_{vimb}) dobivene testiranjem vertikalnog profila sila-brzina s olimpijskom šipkom i trap šipkom.

Sekundarni cilj istraživanja bio je utvrditi pouzdanost testiranja sa trap šipkom test-retest metodom, odnosno povezanost između rezultata u prvom i drugom testiranju sa trap šipkom. Postavljene hipoteze:

H6 – postoji statistički značajna povezanost između teoretske maksimalne sile (F_0) u prvom i drugom testiranju vertikalnog profila sila-brzina s trap šipkom.

H7 – postoji statistički značajna povezanost između teoretske maksimalne brzine (v_0) u prvom i drugom testiranju vertikalnog profila sila-brzina s trap šipkom.

H8 – postoji statistički značajna povezanost između maksimalne snage (P_{max}) u prvom i drugom testiranju vertikalnog profila sila-brzina s trap šipkom.

H9 – postoji statistički značajna povezanost između indeksa omjera sile i brzine (S_{fv}) u prvom i drugom testiranju vertikalnog profila sila-brzina s trap šipkom.

H10 – postoji statistički značajna povezanost između postotka odstupanja od optimalnog odnosa sile i brzine (F_{vimb}) u prvom i drugom testiranju vertikalnog profila sila-brzina s trap šipkom.

3 Metode istraživanja

3.1 Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika se sastojao od 14 studenata Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u dobi od 19 do 25 godina (Tablica 1). Svi ispitanici su prije testiranja bili upoznati sa ciljem i svrhom istraživanja te sa mogućim rizicima po njih. Svaki ispitanik je dobrovoljno pristao sudjelovati u istraživanju.

Tablica 1 ispitanici

Varijabla	Rezultat
Dob (godine)	22,93 ± 1,07
Visina (cm)	184,77 ± 7,89
Masa (kg)	82,57 ± 8,73

3.2 Opis protokola

Testovi vertikalnog profila sila-brzina provedena su u Sportsko dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta, testiranja je uvijek vodio isti mjerilac (autor). Sva testiranja provedena su unutar mjesec dana. Ispitanici su dolazili u tri navrata (jednom s olimpijskom šipkom i dva puta sa trap šipkom), a njihov redoslijed bio je nasumičan. Također ispitanici su trebali doći odmorni i nisu smjeli napraviti trening koji bi mogao utjecati na izvedbu dva dana prije testiranja.

Prvi dio mjerenja sastojao se od prikupljanja kinantropoloških mjera koje su potrebne za izračun profila sila-brzina, a to su: masa tijela (MT), dužina opružene noge (DN) i visina kukova pri izvedbi skoka (Hi). Masa tijela mjerena je na istoj platformi na kojoj su kasnije izvođeni skokovi. Dužina opružene noge mjerena je u ležećem položaju s antropometrom, od baze (okomite površine koju su dodirivali prsti u plantarnoj fleksiji) do criste illiace. Visina kukova pri izvedbi skoka mjerena je u položaju polučučnja na način da je u zglobu koljena ispitanika bilo 90°, a visina je iznosila udaljenost od baze do criste illiace. Nakon izmjerene tjelesne mase ispitanika izračunata su opterećenja s kojima će se izvoditi testiranje, ona su iznosila 30%, 40%, 50% i 60% njegove tjelesne mase.

Zagrijavanje ispitanika bilo je jednako prilikom svakog dolaska, izvodili su ga svaki put prije početka testiranja. Sastojalo se od vježbi razgibavanja, jakosti i skokova u trajanju od otprilike 10 minuta. Vježbe su prikazane u Tablici 2.

Tablica 2 Vježbe zagrijavanja

Vježbe zagrijavanja	
Opće razgibavanje	1-2 min
Stražnji most Spuštanje na jednoj nozi, podizanje na dvije	5 puta svaka noga 2 serije
Čučanj Spuštanje na jednoj nozi, podizanje na dvije	5 puta svaka noga 2 serije
Pojedinačni skokovi	5 skokova
Skokovi s pred pripremom	5 skokova
Skokovi bez pripreme Naglasak na tehniku	5 skokova
Skokovi bez pripreme Naglasak na visinu skoka	5 skokova

Prije početka testiranja ispitanici su upoznati sa tri upute koje su dobivali od mjerioca. „Stani na platformu“ uputa je značila da uzmu uteg (ako je skok s opterećenjem) i stanu na platformu. Na uputu „Pripremi“ spuštali bi se u čučanj od 90 stupnjeva. „Hop“ je značilo da ispitanik može skočiti. Prije svakog skoka platforma je kalibrirana. Dubina spuštanja bila je korigirana sa elastičnom trakom do koje su se ispitanici morali spustiti, u slučaju da su se spustili previše ili premalo ponovili bi skok. Visina trake bila je jednaka kod svih mjerenja i sa olimpijskom i sa trap šipkom.

Testiranje se sastojalo od 15 skokova, po tri skoka sa pet različitih opterećenja. Raspored opterećenja bio je od najmanjeg do najvećeg:

1. Skok bez dodatnog opterećenja
2. Skok sa dodatnim opterećenjem od 30% TM
3. Skok sa dodatnim opterećenjem od 40% TM
4. Skok sa dodatnim opterećenjem od 50 % TM
5. Skok sa dodatnim opterećenjem od 60% TM

Skok se izvodio u obliku skoka bez pripreme što znači da se nakon zauzete pozicije u polučučnju ispitanici nisu smjeli dodatno spuštati prije skoka. Takva greška kontrolirana je platformom na kojoj se provodilo mjerenje. Od svakog opterećenja zabilježena su tri valjana skoka, a za izračun profila sila-brzina se uzimala najbolja vrijednost, ako skok nije bio valjan (zbog tehnike izvedbe ili nečeg drugog), ponovljen je. Skok bez pripreme se izvodi na način da nakon spuštanja u zadanu poziciju, ispitanik se ne smije dodatno spustiti kako ne bi koristio ciklus istezanja i skraćivanja mišića. Zbog toga nakon spuštanja u poziciju znak za skok („Hop“) slijedio je tek nakon 1-2 sekunde. Ispitanici su imali dvije minute odmora između svakog skoka kako bi se oporavili i pripremili za sljedeći.

Dodatno opterećenje bilo je u dva oblika sa olimpijskom šipkom i sa trap šipkom. Prilikom izvedbe skokova sa olimpijskom šipkom ispitanici su šipku uzimali sa stalaka i držali je na ramenima iza glave, te bi je nakon izvedbe vratili na stalke. Kod skokova sa trap šipkom podizali bi šipku sa poda i držali je u rukama opruženim uz tijelo. U skokovima koji su se izvodili bez dodatnog opterećenja ruke su bile na kukovima. Protokol je bio posve jednak za olimpijsku šipku i za trap šipku, redosljed testiranja bio je nasumičan. Određen je bacanjem novčića zbog toga da bi motoričko učenje imalo minimalan utjecaj na rezultat u testu. Podatci dobiveni testiranjem upisivani su u tablicu programa Microsoft Office Excele 2016 autora JB Morina koja je dostupna na sljedećoj web adresi:

https://www.researchgate.net/publication/320146284_JUMP_FVP_profile_spreadsheet

Upisivani su podatci o visini skoka koje platforma izračunava na temelju vremena provedenog u letu, također za izračun profila sila-brzina trebalo je upisati prije spomenute mjere o masi tijela, dužini opružene noge i visini kukova pri izvedbi skoka. Nakon upisivanja rezultata u tablicu dobiju se podatci o maksimalnoj teoretskoj sili (F_0), maksimalnoj teoretskoj brzini (v_0) i maksimalnoj snazi (P_{max}) za određeni skok, na temelju tih podataka iz

svih skokova dobije se rezultat iz profila sila-brzina za skok sa 90° i sa 30° stupnjeva u koljenu. Rezultat je prikazan u mjernoj jedinici postotka na način da 100% znači da ispitanik svoju maksimalnu snagu u vertikalnom skoku proizvodi kad skače bez dodatnog opterećenja, što predstavlja optimalan odnos sile i brzine. Uz podatak o profilu ispitanika u tablici je prikazan i podatak o optimalnom profilu kako za skok od 90° tako i za skok od 30° stupnjeva u koljenu. U ovom radu uzimani su podaci samo za skok od 90° u koljenu.

3.3 Mjerni instrumenti

Prilikom mjerenja korištena su dva mjerna instrumenta. Prvi je antropometar naziva GPM model 101, korišten je za mjerenje varijabli: tjelesna visina, dužina noge, visina kukova pri izvedbi skoka. Drugi mjerni instrument bila je Kistlerova platforma za mjerenje sile reakcije podloge, model KiJump 1D (Kistler, Švicarska). Ona mora biti povezana sa računalom, odnosno softverom MARS na računalu. Preko tog softvera komunicira se sa platformom, daje joj se naredbe i on prikazuje rezultate. Za svakog ispitanik u softver su uneseni podaci o dobi, visini i masi, za mjerenje korištena je opcija „Squat jump“ (skok bez pred pripreme). Nakon izvedbe skoka, dodatno spuštanje u poziciji čučnja kontrolirano je grafom koji prikazuje silu pritiska na platformu. Ali za izračun profila sila-brzina korišteni su samo podaci o visini skoka.

3.4 Varijable

Varijable u ovom istraživanju možemo podijeliti u nekoliko grupa. Prve su one koje su korištene za iskazivanje deskriptivnih statistike ispitanika: dob (dob), tjelesna visina (TV), tjelesna masa (TM). Zatim varijable koje su korištene za izračunavanje profila sila-brzina: dužina noge (DN), visina kukova pri izvedbi skoka (Hi) i ponovno tjelesna masa (TM). Varijable koje su dobivene testiranjem s olimpijskom šipkom: maksimalna teoretska sila (F_{0O}), maksimalna teoretska brzina (v_{0O}), maksimalna snaga (P_{maxO}), indeks omjera sile i brzine (Sf_{vO}), optimalan odnos sile i brzine (Sf_{voptO}) i postotak odstupanja od optimalnog profila (F_{vimbO}). Varijable dobivene testiranjem s trap šipkom prvi put: maksimalna teoretska sila (F_{0T1}), maksimalna teoretska brzina (v_{0T1}), maksimalna snaga (P_{maxT1}), indeks omjera sile i brzine (Sf_{vT1}), optimalan odnos sile i brzine (Sf_{voptT1}) i postotak odstupanja od

optimalnog profila (F_{vimbT1}). I varijable dobivene testiranje trap šipkom drugi put: maksimalna teoretska sila (F_{0T2}), maksimalna teoretska brzina (v_{0T2}), maksimalna snaga (P_{maxT2}), indeks omjera sile i brzine (Sf_{vT2}), optimalan odnos sile i brzine (Sf_{voptT2}) i postotak odstupanja od optimalnog profila (F_{vimbT2}). Sve kratice varijabli prikazane su u Tablici 3.

Tablica 3 Kratice varijabli

Kratice varijabli		
Kratice	Naziv	Mjerna jedinica
Dob	Dob	Godine
TV	Tjelesna visina	m
TM	Tjelesna masa	kg
DN	Dužina noge	m
Hi	Visina kukova pri izvedbi skoka	m
F_{0O}	Maksimalna teoretska sila – Olimpijska šipka	N/kg
v_{0O}	Maksimalna teoretska brzina – Olimpijska šipka	m/s
P_{maxO}	Maksimalna snaga – Olimpijska šipka	W/kg
Sf_{vO}	Indeks omjera sile i brzine – Olimpijska šipka	N.s/m/kg
Sf_{voptO}	Optimalan odnos sile i brzine – Olimpijska šipka	N.s/m/kg
F_{vimbO}	Postotak odstupanja od optimalnog profila – Olimpijska šipka	%
F_{0T1}	Maksimalna teoretska sila – Trap šipka 1. put	N/kg
v_{0T1}	Maksimalna teoretska brzina – Trap šipka 1. put	m/s
P_{maxT1}	Maksimalna snaga – Trap šipka 1. put	W/kg
Sf_{vT1}	Indeks omjera sile i brzine – Trap šipka 1. put	N.s/m/kg
Sf_{voptT1}	Optimalan odnos sile i brzine – Trap šipka 1. put	N.s/m/kg
F_{vimbT1}	Postotak odstupanja od optimalnog profila – Trap šipka 1. put	%
F_{0T2}	Maksimalna teoretska sila – Trap šipka 2. put	N/kg
v_{0T2}	Maksimalna teoretska brzina – Trap šipka 2. put	m/s
P_{maxT2}	Maksimalna snaga – Trap šipka 2. put	W/kg
Sf_{vT2}	Indeks omjera sile i brzine – Trap šipka 2. put	N.s/m/kg
Sf_{voptT2}	Optimalan odnos sile i brzine – Trap šipka 2. put	N.s/m/kg
F_{vimbT2}	Postotak odstupanja od optimalnog profila – Trap šipka 2. put	%

3.5 Metode obrade podataka

Statistička analiza napravljena je u softveru Statistica 14.0, na početku su za sve varijable izračunati deskriptivni pokazatelji: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), najmanja (min) i najveća vrijednost (max), mjera asimetrije (Sku) i mjera spljoštenosti (Ku) krivulje. Prije uspoređivanja rezultata varijabli provjerena je normalnost distribucije Shapiro-Wilk testom. Za daljnju obradu korišteni su rezultati profila sila-brzina dobiveni iz testiranja sa olimpijskom šipkom i prvog testiranja sa trap šipkom, te su oni uspoređivani Studentovim T-testom za zavisne uzorke, kod normalno distribuiranih varijabli i Wilcoxonovim testom sume rangova kod varijabli koje nisu bile normalno distribuirane. Pouzdanost trap šipke provjeravana je korelacijom za normalno distribuirane varijable i Spermanovom korelacijom za varijable koje nisu normalno distribuirane, uspoređivali su se podatci iz prvog i drugog testiranja s trap šipkom.

4 Rezultati

Rezultati istraživanja prikazani su u sljedećim tablicama. Deskriptivni pokazatelji su prikazani u Tablici 4 i opisuju varijable dobivene testiranjem vertikalnog profila sila-brzina. Normalnosti distribucija tih varijabli prikazani su u Tablici 5, crvenom bojom naznačene su varijable koje nisu normalno distribuirane ($p < 0,05$). U tablicama 6 i 7 prikazani su rezultati t-testa i korelacije, također su crvenom bojom naznačeni rezultati koji su statistički značajni ($p < 0,05$).

Tablica 4 Deskriptivni pokazatelji

	Mjerna jedinica	AS	Min	Max	Raspon	SD	Sku	Ku
F0 _O	N/kg	28,66	25,40	33,60	8,20	2,77	0,62	-1,24
V0 _O	m/s	2,77	2,20	3,86	1,66	0,43	1,23	1,84
Pmax _O	W/kg	19,66	16,60	25,30	8,70	2,28	0,86	1,78
Sfv _O	N.s/m/kg	-10,66	-15,23	-6,79	8,44	2,31	-0,23	-0,31
Sfvopt _O	N.s/m/kg	-13,94	-15,10	-12,80	2,30	0,57	-0,14	0,60
Fvimb _O	%	75,86	50,00	106,00	56,00	14,75	0,25	0,07
F0 _{T1}	N/kg	35,35	24,10	50,10	26,00	6,93	0,50	0,23
v0 _{T1}	m/s	2,47	1,73	3,96	2,23	0,61	1,23	1,35
Pmax _{T1}	W/kg	21,04	16,70	26,00	9,30	2,79	0,28	-0,86
Sfv _{T1}	N.s/m/kg	-15,17	-25,35	-6,09	19,26	5,62	-0,34	-0,41
Sfvopt _{T1}	N.s/m/kg	-13,84	-15,10	-12,70	2,40	0,64	0,04	0,28
Fvimb _{T1}	%	122,43	48,00	199,00	151,00	43,02	0,49	-0,25
F0 _{T2}	N/kg	37,17	25,50	54,00	28,50	7,31	0,68	0,89
v0 _{T2}	m/s	2,42	1,65	4,39	2,74	0,71	1,73	4,11
Pmax _{T2}	W/kg	21,54	16,80	28,00	11,20	3,04	0,52	-0,01
Sfv _{T2}	N.s/m/kg	-16,96	-30,59	-5,80	24,79	6,83	-0,47	-0,16
Sfvopt _{T2}	N.s/m/kg	-13,86	-15,00	-12,80	2,20	0,52	-0,20	1,45
Fvimb _{T2}	%	122,36	43,00	227,00	184,00	49,99	0,68	0,16

AS – aritmetička sredina, Min – najmanja vrijednost, Max – najveća vrijednost, SD – standardna devijacija, Sku – Skewness, Ku – Kurtosis

Tablica 5 Normalnost distribucije

	W – O	p – O	W – T1	p – T1	W – T2	p – T2
F0	0,87	0,05	0,97	0,95	0,97	0,83
v0	0,89	0,09	0,88	0,06	0,85	0,02
Pmax	0,91	0,20	0,95	0,63	0,96	0,79
Sfv	0,98	0,95	0,97	0,88	0,97	0,85
Sfvopt	0,96	0,73	0,97	0,82	0,96	0,71
Fvimb	0,97	0,91	0,97	0,90	0,95	0,54

W – Shapiro-Wilk test, p – pogreška, O – olimpijska šipka, T1 – trap šipka prvi test, T2 – trap šipka drugi put

Tablica 6 T - test

	O – AS	O – SD	T1 – AS	T1- SD	t	p	Z
F0	28,66	2,77	35,35	6,93		0,00	3,20
v0	2,77	0,43	2,47	0,61	2,67	0,02	
Pmax	19,66	2,28	21,04	2,79	-2,54	0,02	
Sfv	-10,66	2,31	-15,17	5,62	3,57	0,00	
Sfvopt	-13,94	0,57	-13,84	0,64	-1,63	0,13	
Fvimb	75,86	14,75	112,43	43,02	-3,66	0,00	

O – olimpijska šipka, T1 – trap šipka prvi test, AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, t – t vrijednost, p – pogreška, Z – rezultat Wilcoxonovog testa sume rangova

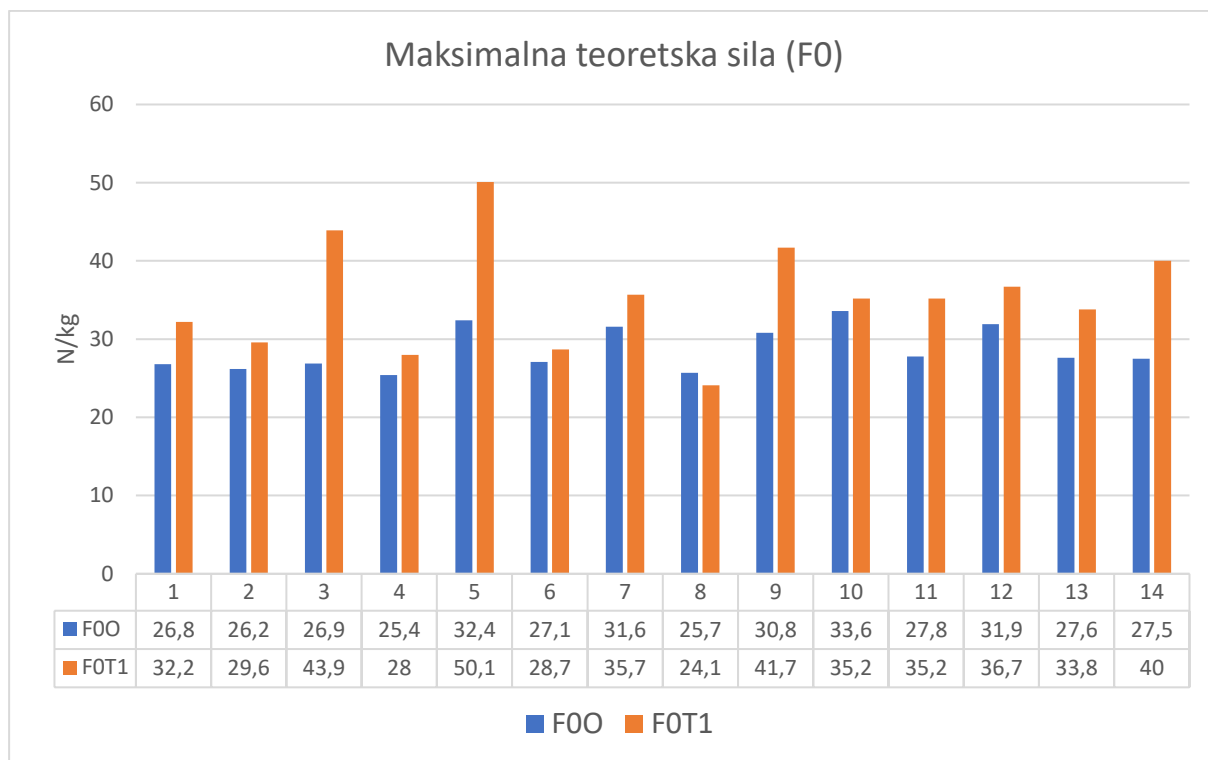
Tablica 7 Korelacija

	T1 – AS	T1 – SD	T2 – AS	T2- SD	r2	p	SR
F0	35,35	6,93	37,17	7,31	0,25	0,07	
v0	2,467	0,61	2,42	0,71		0,00	0,95
Pmax	21,04	2,79	21,54	3,04	0,20	0,11	
Sfv	-15,17	5,62	-16,96	6,83	0,56	0,00	
Sfvopt	-13,84	0,64	-13,86	0,52	0,78	0,00	
Fvimb	112,43	43,02	122,36	49,99	0,50	0,00	

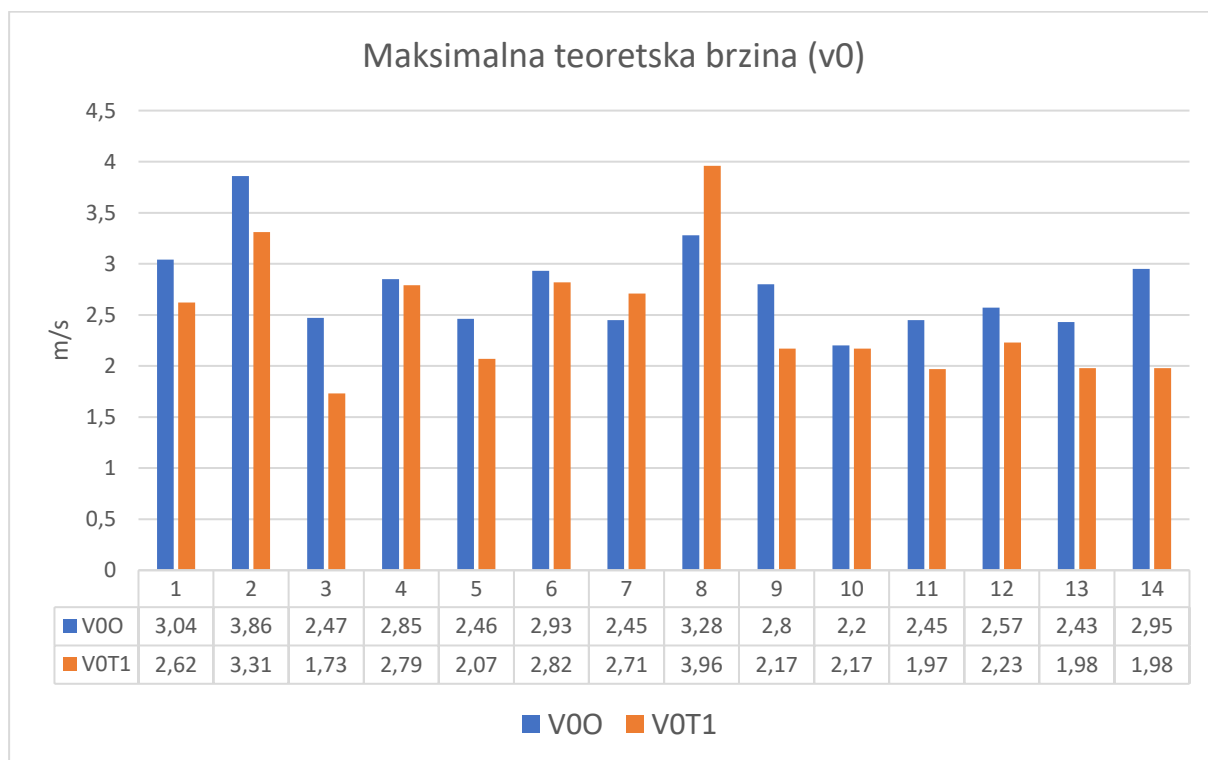
T1 – trap šipka prvi test, T2 – trap šipka drugi test, AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, r2 – koeficijent korelacije, p – pogreška, SR – koeficijent Spermanove korelacije

Grafovi prikazuju rezultate ispitanika u testu s olimpijskom šipkom i prvom testu s trap šipkom u varijablama: F0, v0, Pmax, Fvimb. U grafu F0 (Slika 1) može se vidjeti kako je 13 od 14 ispitanika postiglo veće rezultate u varijabli F0 kod testiranja sa trap šipkom. Graf v0 (Slika 2) pokazuje je da 11 od 14 ispitanika postiže veće rezultate u varijabli v0 kod testiranja sa olimpijskom šipkom. U grafu Pmax (Slika 3) podatci pokazuju da 10 od 14 ispitanika postižu veće rezultate, 3 ispitanika manje, a 1 ispitanik isti rezultat u rezultatima s trap šipkom u odnosu na olimpijsku šipku. Graf Fvimb (Slika 4) prikazao je da od 14 ispitanika njih 13

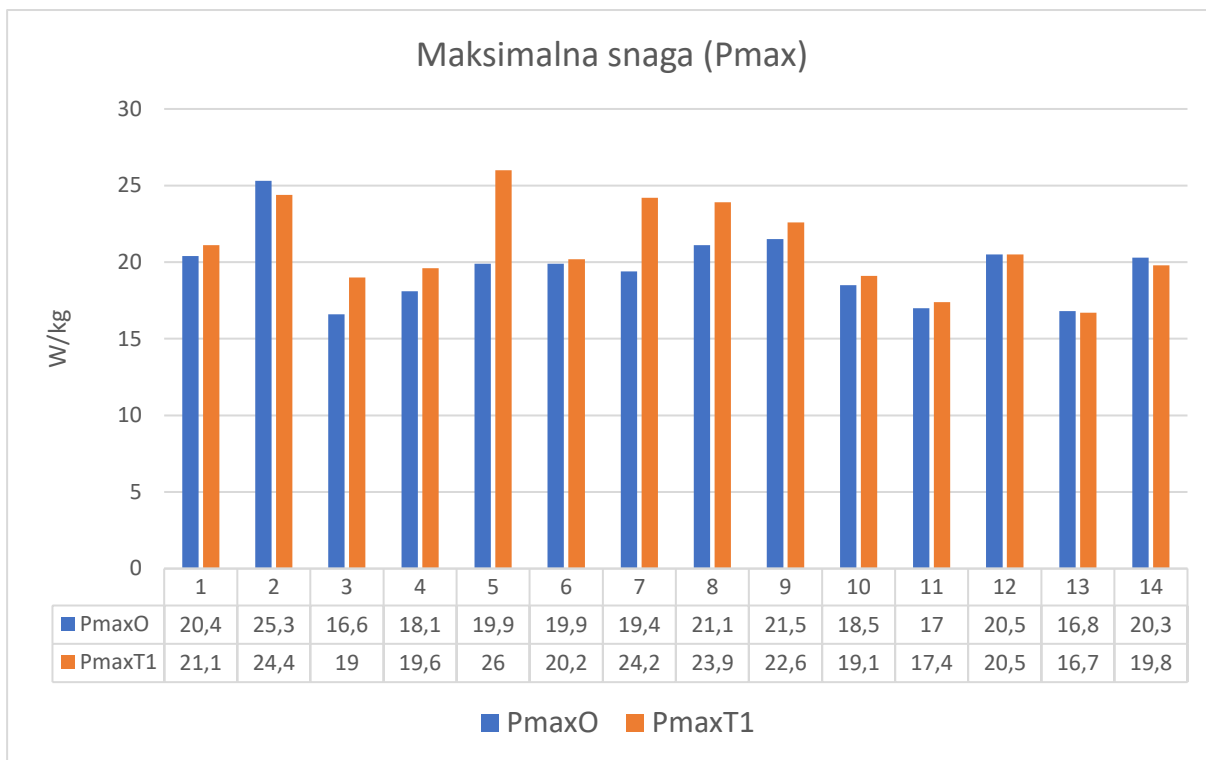
imalo je veći postotak u varijabli Fvimb kod testiranja sa trap šipkom. Od 14 čak njih 7 kod testiranja s olimpijskom šipkom imali su profil dominantno brzine ($F_{vimb} < 100$), a u testiranju s trap šipkom profil im je bio dominantno sile ($F_{vimb} > 100$).



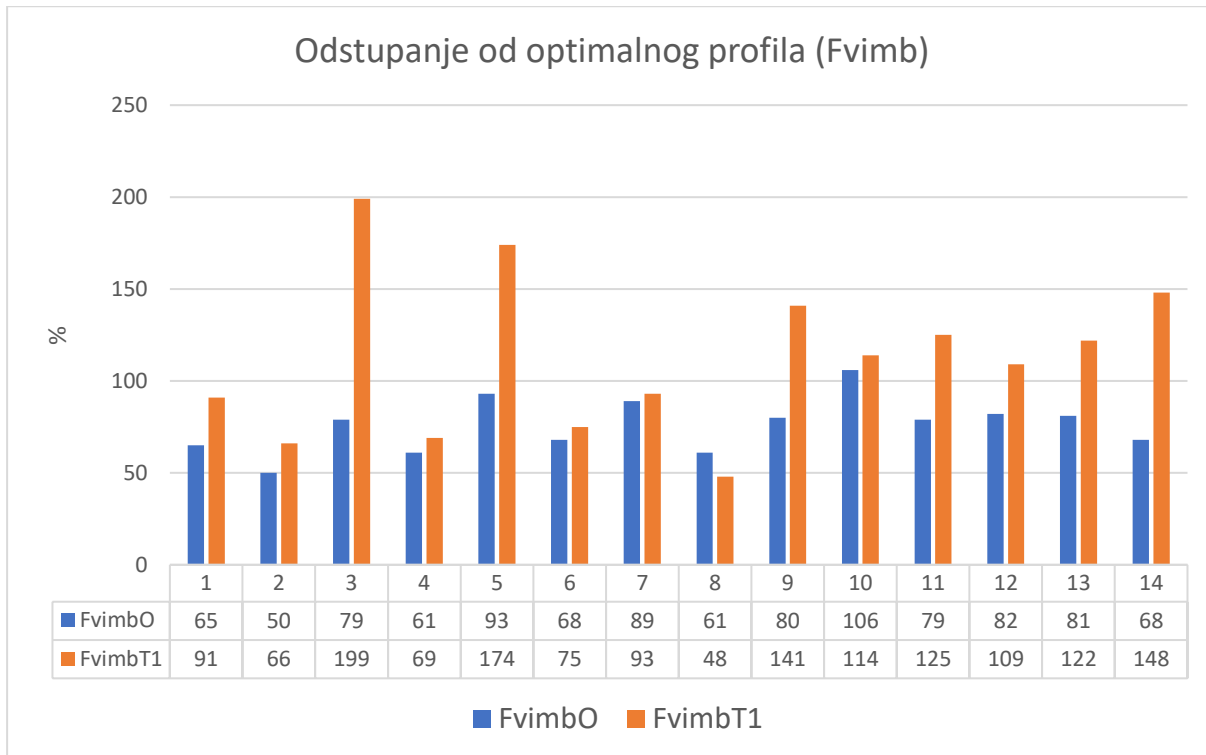
Slika 1.



Slika 2



Slika 3



Slika 4

5 Rasprava

Hipoteze su u ovom istraživanju podijeljene na dva dijela, one primarne kojima uspoređujemo rezultate testiranja vertikalnog profila sila-brzina testiranog sa olimpijskom i trap šipkom, i one sekundarne kojima provjeravamo pouzdanost testiranja sa trap šipkom test-retest metodom. Sve primarne hipoteze su potvrđene, odnosno rezultati u varijablama F_0 , v_0 , S_{fv} , P_{max} , F_{vimb} statistički se značajno razlikuju u testiranju s olimpijskom i testiranju s trap šipkom. Te su vrijednosti uspoređivane i s grafovima (osim S_{fv}) iz njih možemo iščitati da su ispitanici većinom imali veće vrijednosti u varijablama F_0 , P_{max} , F_{vimb} dobivenih testiranjem s trap šipkom. Dok su u varijabli v_0 veće vrijednosti postizali sa testiranjem olimpijskom šipkom. Izračun profila sila-brzina uvelike ovisi o visini skoka sa opterećenjem, da bi ispitanik skočio što više s opterećenjem treba proizvesti veću silu. Što znači da će onda i njegov profil sile-brzine biti dominantno na strani sile. S druge strane ako ispitanik ima niže skokove s opterećenjem njegov će profil naginjati onome s deficitom sile, odnosno dominantnim brzine.

Iz rezultata ovog istraživanja vidimo da su ispitanici više skakali s opterećenjem u obliku trap šipke, zbog toga jer je F_{0T1} ($AS=35,35 \pm 6,93$) veći i značajno se razlikuje od F_{0O} ($AS=28,66 \pm 2,77$). Poznato je da snaga ovisi o sili i brzini pa je lako zaključiti da će ispitanici ako imaju veću proizvedenu silu imati i veću proizvedenu snagu. P_{maxT1} ($AS=21,04 \pm 2,79$) se također značajno razlikuje od P_{maxO} ($AS=19,66 \pm 2,28$), pogledamo li rezultate grafova i aritmetičku sredinu varijabli, vidjet ćemo da je kod većine ispitanika P_{max} veći kod testiranja sa trap šipkom.

Što se tiče varijable S_{fv} ona pokazuje indeks omjera sile i brzine, uz pomoć nje možemo uspoređivati sportaše, neovisno o njihovim sposobnostima za proizvodnju snage (što je nemoguće samo sa F_0 , v_0 i P_{max}) (Samozino i sur., 2012). Rezultati istraživanja govore da se ispitanici značajno razlikuju u varijablama S_{fvO} ($AS=-10,66 \pm 2,31$) i S_{fvT1} ($AS=-15,17 \pm 5,62$). Ali taj indeks nam sam po sebi ne govori puno, pogotovo ne za praktičnu primjenu, jer ne znamo idu li ispitanici u smjeru dominantnih u sili ili dominantnih u brzini. Da bi to doznali treba nam varijabla S_{fvopt} , odnosno trebamo S_{fv} usporediti s S_{fvopt} . U rezultatima možemo vidjeti kako je to jedina varijabla koja se statistički značajno ne razlikuje, to jest i u testiranju sa olimpijskom šipkom i u testiranju sa trap šipkom dobili smo sličan optimalan vertikalni profil sile-brzine ($AS-S_{fvoptO}=-13,94 \pm 0,57$, $AS-S_{fvoptT1}=-13,84 \pm 0,64$). Kad usporedimo S_{fv} i S_{fvopt} dobijemo varijablu F_{vimb} koja pokazuje odstupanje ispitanikovog profila od optimalnog. (Samozino i sur., 2012).

Rezultati T-testa također pokazuju da se ispitanici značajno razlikuju i u varijablama F_{vimb0} ($AS=75,86 \pm 14,75$) i F_{vimbT1} ($AS=122,43 \pm 43,02$). Kao što je prije navedeno ako ispitanici skaču više sa opterećenjem, odnosno postižu više vrijednosti F_0 , vjerojatno je da će njihovi profili sile-brzine (F_{vimb}) biti na strani dominantnih u sili. To možemo vidjeti iz aritmetičkih sredina rezultata, ali i iz gafa (Slika 4) koji pokazuje da je čak 8 od 14 ispitanika imalo profil dominantan u sili ($F_{vimb}>100$) kod testiranja sa trap šipkom, a samo 1 od 14 je takav profil imao u testiranju s olimpijskom šipkom.

Rezultati testiranja se također statistički značajno razlikuju u varijablama v_{00} ($AS=2,77 \pm 0,43$) i v_{0T1} ($AS=2,47 \pm 0,61$), ali u ovom slučaju ispitanici veće rezultate postižu kod skoka sa olimpijskom šipkom. Rezultat toga dolazi iz načina izračuna profila, naime sila i brzina su obrnuto proporcionalno i linearno povezani. Dakle veću silu može se proizvesti uz manju brzinu i obrnuto. Ako su ispitanici imali više skokove s opterećenjem to znači da će nagib krivulje biti drugačiji i samim time kako ona raste na osi sile smanjivati će se na osi brzine. Pogotovo ako je inicijalni skok (skok bez opterećenja) jednak.

Utjecaj na visinu skoka s opterećenjem može biti različit na njega mogu utjecati fizička priprema ispitanika, motiviranost, prehrana, umor... ali i tehnika izvedbe skoka. Marković i Jarić (2007) navode kako davanje vanjskih opterećenja ispitaniku mijenja njegovu tehniku izvedbe skoka, te da bi studije koje su skokove izvodila na Smith mašini (opterećenje na leđima) trebalo preupitati zbog drugačije biomehaničke izvedbe skoka, što dovodi do lošijih rezultata. Također navodi da bi opterećenje trebalo biti bliže centru mase tijela. Takav slučaj mogao bi biti i u ovom istraživanju, jer se kod skoka sa trap šipkom opterećenje nalazi puno bliže centru mase tijela nego kod skoka sa olimpijskom šipkom, a iz rezultata vidimo da su ispitanici u skokovima sa trap šipkom postizali više vrijednosti. Što je slučaj i u skokovima sa pred pripremom. (Swinton i sur., 2012).

Sekundarni cilj istraživanja bio je ustanoviti pouzdanost testiranja vertikalnog profila sila-brzina test-retest metodom. U skladu s njime postavljeno je 5 hipoteza od kojih su 3 potvrđene. Potvrđene hipoteze su hipoteze su H_7 , H_9 i H_{10} one se odnose na varijable v_0 , S_{fv} i F_{vimb} . Tako je potvrđeno da su varijable v_{0T1} ($AS=2,47 \pm 0,61$) i v_{0T2} ($AS=2,42 \pm 0,71$) povezane uz Spermanov koeficijent korelacije od 0,95. Povezanost je također potvrđena u varijablama S_{fvT1} ($AS=-15,17 \pm 5,62$) i S_{fvT2} ($AS=-16,19 \pm 6,83$) uz koeficijent korelacije od 0,56. H_5 odnosila se na povezanost u varijablama F_{vimbT1} ($AS=122,43 \pm 43,02$) i F_{vimbT2} ($AS=122,36 \pm 49,99$) u tim varijablama koeficijent korelacije je 0,50. Korelacija između varijabli $S_{fvoptT1}$ ($AS=-13,86 \pm 0,64$) i $S_{fvoptT2}$ ($AS=-16,96 \pm 0,52$) iznosi 0,78. Korelacija u

varijablama F_0 i P_{max} kod rezultata testa vertikalnog profila sila-brzina sa trap šipkom u prvom i drugom testu nije statistički značajna. Stoga ne možemo potvrditi hipoteze H_6 i H_8 . Rezultati niske korelacije u varijablama P_{max} , S_{fv} , S_{fvopt} i F_{vimb} ovise o varijabli F_0 , to je zato jer se do izračuna tih vrijednosti dolazi kroz varijable F_0 i v_0 . Zašto rezultati u varijablama F_{0T1} i F_{0T2} nisu statistički značajno povezani teško je zaključiti. Moguće je da je zato jer su ti rezultati pod velikim utjecajem motoričkog učenja. Pa ovisno o brzini motoričkog učenja može se drugačije mijenjati rezultat.

Sva testiranja vertikalnog profila sila-brzina izvodila su se iz čučnja bez pripreme to je velika mana ovog testiranja, jer ispitanici nisu prije toga bili upoznati sa takvim skokom. Samim time postavlja se pitanje mogu li onda oni ostvariti svoj maksimalni rezultat u testu. Isto to pitanje može se postaviti kod izvođenja testiranja sa olimpijskom šipkom, rezultati pokazuju da su ispitanici sa trap šipkom skakali više sa istim opterećenjem. Iz čega možemo zaključiti da skok sa olimpijskom šipkom nije pokazao njihov maksimum.

6 Zaključak

Cilj svakog testiranja je doći do najboljeg rezultata ispitanika, odnosno da ispitanik postigne svoju maksimalnu izvedbu. To je tako i kod ovog testiranja, cilj je da ispitanici skoče što više, naravno uz uvjet da zadrže pravilnu tehniku izvedbe. Iz rezultata ovog istraživanja vidimo da su ispitanici više skočili sa opterećenjem u obliku trap šipke i samim time imali bolje rezultate u skoro svim varijablama. Što nas navodi na razmišljanje ima li testiranje sa olimpijskom šipkom smisla, ako s tim oblikom opterećenja ispitanici ne mogu postići svoju maksimalnu izvedbu?

Trap šipka ima mnoge svoje prednosti u odnosu na olimpijsku šipku. Najveća je ona u rezultatima testa, ali osim nje, provedba testiranja sa trap šipkom bila je mnogo lakša nego sa olimpijskom šipkom. Nisu bili potrebni stalci za uteg, ni ljudi koji bi pazili na ispitanika. Ispitanici su imali puno manje grešaka kod izvedbe skoka (ciklus istezanja-skraćivanja) i manje greška kod doskoka (održavanje ravnoteže). Provedena je neslužbena anketa sa ispitanicima u kojoj je većina (11 od 14) rekla da im je ugodnije skakati sa trap šipkom nego sa olimpijskom šipkom. Ipak trap šipka ima i neke nedostatke. Pokazalo se da testiranje sa trap šipkom pouzdano u jako maloj mjeri.

Iako su ispitanici postizali bolje rezultate kod skokova sa trap šipkom, sva mjerenja koja su rađena prilikom stvaranja testa profila sila-brzina rađena su na olimpijskoj šipci, pa takvi izračuni vjerojatno nisu valjani za trap šipku.

Kako bi dobili detaljnije rezultate treba rezultate testova usporediti sa nekim drugim mjernim instrumentima koji te varijable direktno mjere, a ne da ih izračunavaju iz formula. Ili dublje zaviriti u formule testa za izračun profila sila-brzina.

Također treba dodatno istražiti pouzdanost testa provedenog sa trap šipkom sa većim brojem ispitanika, te se preporuča istražiti osjećaj ispitanika kod skoka i vidjeti kakav oblik opterećenja njima više odgovara.

7 Literatura

- Baena-Raya, A., Sánchez-López, S., Rodríguez-Pérez, M. A., García-Ramos, A., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Effects of two drop-jump protocols with different volumes on vertical jump performance and its association with the force–velocity profile. *European Journal of Applied Physiology*, *120*(2), 317–324. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04276-6>
- Fernández-Galván, L. M., Boullosa, D., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñañiel, V., & Casado, A. (2021). Examination of the Sprinting and Jumping Force-Velocity Profiles in Young Soccer Players at Different Maturational Stages. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(9), 4646. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094646>
- Frost, D. M., Cronin, J., & Newton, R. U. (2010). A Biomechanical Evaluation of Resistance. *Sports Medicine*, *40*(4), 303–326. <https://doi.org/10.2165/11319420-000000000-00000>
- García-Pinillos, F., Bujalance-Moreno, P., Lago-Fuentes, C., Ruiz-Alias, S. A., Domínguez-Azpiroz, I., Mecías-Calvo, M., & Ramirez-Campillo, R. (2021). Effects of the Menstrual Cycle on Jumping, Sprinting and Force-Velocity Profiling in Resistance-Trained Women: A Preliminary Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(9), 4830. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094830>
- García-Ramos, A., Štirn, I., Padial, P., Argüelles-Cienfuegos, J., de la Fuente, B., Strojnik, V., & Feriche, B. (2018). The Maximal Mechanical Capabilities of Leg Muscles to Generate Velocity and Power Improve at Altitude. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(2), 475–481. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001592>
- Hervéou, T., Rahmani, A., Chorin, F., Frère, J., Ripamonti, M., & Durand, S. (2018). Force-velocity muscular profiles and jumping performances of soccer goalkeeper. *Science & Sports*, *33*(5), 307–313. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2017.10.008>
- Jaric, S. (2015). Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance Tasks. *International Journal of Sports Medicine*, *36*(09), 699–704. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1547283>
- 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*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>
- Lockie, R. G., & Lazar, A. (2017). Exercise Technique: Applying the Hexagonal Bar to Strength and Power Training. *Strength & Conditioning Journal*, *39*(5), 24–32. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000327>

- Marcote-Pequeño, R., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñañiel, V., González-Hernández, J. M., Gómez, M. Á., & Jiménez-Reyes, P. (2019). Association Between the Force–Velocity Profile and Performance Variables Obtained in Jumping and Sprinting in Elite Female Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(2), 209–215. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0233>
- Marković, G., & Jarić, S. (2007). Positive and Negative Loading and Mechanical Output in Maximum Vertical Jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39*(10), 1757–1764. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31811ece35>
- Pérez-Castilla, A., McMahon, J. J., Comfort, P., & García-Ramos, A. (2020). Assessment of Loaded Squat Jump Height With a Free-Weight Barbell and Smith Machine: Comparison of the Takeoff Velocity and Flight Time Procedures. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(3), 671–677. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002166>
- Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2017). Traditional vs. Sport-Specific Vertical Jump Tests: Reliability, Validity, and Relationship With the Legs Strength and Sprint Performance in Adult and Teen Soccer and Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(1), 196–206. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001476>
- Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P., & Morin, J.-B. (2013). Force-Velocity Profile: Imbalance Determination and Effect on Lower Limb Ballistic Performance. *International Journal of Sports Medicine*, *35*(06), 505–510. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1354382>
- Samozino, P., 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, P., 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, P., Rejc, E., di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J.-B. (2012). Optimal Force–Velocity Profile in Ballistic Movements—Altius. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *44*(2), 313–322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>
- Simpson, A., Waldron, M., Cushion, E., & Tallent, J. (2021). Optimised force-velocity training during pre-season enhances physical performance in professional rugby league

- players. *Journal of Sports Sciences*, 39(1), 91–100.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1805850>
- Stavridis, I., Smilios, I., Tsopanidou, A., Economou, T., & Paradisis, G. (2019). Differences in the Force Velocity Mechanical Profile and the Effectiveness of Force Application During Sprint-Acceleration Between Sprinters and Hurdlers. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00026>
- Swinton, P. A., Stewart, A. D., Lloyd, R., Agouris, I., & Keogh, J. W. L. (2012). Effect of Load Positioning on the Kinematics and Kinetics of Weighted Vertical Jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 906–913.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822e589e>
- Valenzuela, P. L., Sánchez-Martínez, G., Torrontegi, E., Vázquez-Carrión, J., Montalvo, Z., & Haff, G. G. (2021). Should We Base Training Prescription on the Force–Velocity Profile? Exploratory Study of Its Between-Day Reliability and Differences Between Methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(7), 1001–1007. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0308>
- Weakley, J. J. S., Till, K., Read, D. B., Leduc, C., Roe, G. A. B., Phibbs, P. J., Darrall-Jones, J., & Jones, B. (2021). Jump Training in Rugby Union Players: Barbell or Hexagonal Bar? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 754–761.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002742>
- Zubčić, D., & Vučetić, V. (2022). Influence of individualized training based on mechanical force-velocity profile on the bilateral vertical jump performance. *Kinesiology*, 54(1), 133–139. <https://doi.org/10.26582/k.54.1.14>