

# Povezanost mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela i rukometnog izbačaja

---

Miliša, Leon

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:117:103737>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-08**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

**Leon Miliša**

**Povezanost mehaničkog profila sile i brzine gornjeg  
dijela tijela i rukometnog izbačaja**

**diplomski rad**

**Zagreb, rujan, 2023.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Zagrebu  
Kineziološki fakultet  
Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

**Naziv studija:** Kineziologija; **smjer:** Kineziologija u edukaciji i Kondicijskoj pripremi sportaša

**Vrsta studija:** sveučilišni

**Razina kvalifikacije:** integrirani prijediplomski i diplomski studij

**Studij za stjecanje akademskog naziva:** sveučilišni magistar kineziologije u edukaciji i kondicijskoj pripremi sportaša

**Znanstveno područje:** Društvene znanosti

**Znanstveno polje:** Kineziologija

**Vrsta rada:** Znanstveno-istraživački rad

**Naziv diplomskog rada:** je prihvaćena od strane Povjerenstva za diplomске radove Kineziološkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2022./2023. dana 28. travnja 2023

**Mentor:** dr. sc. Marin Dadić, pred.

**Pomoć pri izradi:** Karla Starčević, mag. cin.

### **Povezanost mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela i rukometnog izbačaja**

Leon Miliša, 0034085199

#### **Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:**

- |                                       |                      |
|---------------------------------------|----------------------|
| 1. dr. sc. Marin Dadić, pred.         | Predsjednik - mentor |
| 2. izv. prof. dr. sc. Luka Milanović  | član                 |
| 3. izv. prof. dr. sc. Katarina Ohnjec | član                 |
| 4. doc. dr. sc. Vlatko Vučetić        | zamjena člana        |

**Broj etičkog odobrenja:** 47/2023.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Kineziološkog fakulteta, Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

## BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

**University of Zagreb**  
**Faculty of Kinesiology**  
Horvacanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

**Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Education and Physical Conditioning of Athletes**

**Type of program: University**

**Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate**

**Acquired title: University Master of Kinesiology in Education and Physical Conditioning of Athletes**

**Scientific area: Social sciences**

**Scientific field: Kinesiology**

**Type of thesis: Scientific-researchwork**

**Master thesis:** has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year 2022/2023 on April 28, 2023.

**Mentor:** Marin Dadić, PhD, Lecturer

**Technical support:** Karla Starčević, mag.cin

### **Relation between upper body force - velocity profile and handball throw velocity**

*Leon Miliša, 0034075199*

#### **Thesis defence committee:**

- |                                                 |                            |
|-------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. <i>Marin Dadić</i> , PhD, Lecturer.          | chairperson-<br>supervisor |
| 2. <i>Luka Milanović</i> , PhD, associate prof. | member                     |
| 3. Katarina Ohnjec, PhD, associate prof.        | member                     |
| 4. Vlatko Vučetić, PhD, assistant prof.         | substitute member          |

**Ethics approval number: 47/2023.**

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited** in Library of the Faculty of Kinesiology,  
Horvacanski zavoj 15, Zagreb

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 ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

---

dr.sc. Marin Dadić, pred.

Student:

---

Leon Miliša

## **Povezanost mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela i rukometnog izbačaja**

### **Sažetak**

Rukometni šut je jedan od važnih aspekata rukometne igre koji direktno određuje uspješnost igrača u napadu, a za uspješnu izvedbu rukometnog šuta ključna je jakost i eksplozivnost gornjeg dijela tijela. Određivanje mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela predstavlja način za dijagnostiku potencijalnih deficita sportaša te se može koristiti za ispravno usmjeravanje trenajnog procesa za optimalan razvoj eksplozivnosti. Cilj ovog rada je utvrđivanje povezanosti profila sile i brzine gornjeg dijela te rukometnog šuta iz mjesta te iz trokoraka. Prethodna istraživanja koja su provedena na sličan način na rukometašima i odbojkašima pokazala su visoku razinu povezanosti parametara profila sile i brzine te specifičnih pokreta bacanja odnosno udarca. U istraživanje bilo je uključeno 14 aktivnih rukometaša studenata Sveučilišta u Zagrebu, koji su proveli testiranja procjene mehaničkog profila sile i brzine pomoću izvedbe vježbe potiska s klupe tijekom koje je pomoću akcelerometra mjerena brzina šipke nakon čega je izmjerena brzina rukometnog šuta iz mjesta te zaleta pomoću radara. Nakon statističke analize rezultata nije utvrđena značajna povezanost između pokazatelja mehaničkog profila sile i brzine te rukometnog šuta iz mjesta kao i iz zaleta.

Ključne riječi: mehanički profil sile i brzine, rukometni šut, eksplozivnost gornjeg dijela tijela, povezanost

## **Relation between upper body force-velocity profile and handball throw velocity**

### **Summary**

Handball throw is one of the critical elements of the handball game, which directly affects the efficiency of a player in attack, and the key to the successful execution of a handball throw is upper body explosivity. Upper body force-velocity profile is a type of diagnostics used to determine various deficiencies in an athlete's development and, therefore, used to form high-quality explosiveness training. This paper aimed to determine the relation of upper body force-velocity profile and handball throwing velocity from a 7m throw and a throw with a three-step run-up. Previous studies on this topic showed a significant correlation between handball and volleyball players' upper body force-velocity profile and sport-specific movement of throwing and hitting. In this research, 14 active handball players, all University of Zagreb students, were included, whose upper body force-velocity profiles were examined using bench press exercise during which the velocity of the bar was measured; after that, the handball throw velocity was also measured using a radar gun. Statistical analysis showed no statistically significant correlation between the upper body force profile and the handball throw velocity during the standing 7-meter throw and the throw with a run-up.

Keywords: upper body force-velocity profile, handball throw, upper body explosivity, correlation

## Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Cilj i hipoteze</b> .....	<b>12</b>
<b>3. Metode rada</b> .....	<b>13</b>
3.1. Uzorak ispitanika .....	13
3.2. Opis protokola testiranja.....	14
3.3. Opis mjernih instrumenata .....	17
3.4. Uzorak varijabli.....	18
3.5. Metode obrade podataka .....	18
<b>4. Rezultati</b> .....	<b>19</b>
<b>5. Rasprava</b> .....	<b>22</b>
<b>6. Zaključak</b> .....	<b>25</b>
<b>7. Literatura</b> .....	<b>26</b>



## 1. Uvod

Rukomet je timski sport sa izrazitim kontaktima i velikim brojem skokova, sprintova, bacanja, bočnih kretanja i blokiranja. Svi ovi čimbenici uz taktičku složenost čine rukometnu igru izrazito kompleksnu za svakog igrača neovisno o poziciji i zahtjeva vrhunsku kondicijsku spremnost. Igrači ponavljajući izvode maksimalne i submaksimalne kretnje bez potpunog oporavka između njih tijekom jedne rukometne utakmice (Gorostiaga i suradnici, 2006).

Ključni dio rukometne tehnike je rukometni šut, koji direktno utječe na efikasnost igrača u napadu, jer brža izvedba rukometnog šuta otežava obrambenim igračima i vratarima da isti blokiraju. Jedan od važnijih elemenata za uspješnu izvedbu rukometnog šuta jesu jakost i eksplozivnost gornjeg dijela tijela (Gorostiaga i suradnici, 2006).

Postoje različiti kondicijski programi koji pozitivno utječu na unaprjeđenje brzine šuta kod rukometaša, od programa treninga s vanjskim opterećenjem, ekscentričnog treninga pa do specifičnog rukometnog treninga. Iako svaki trenažni program može individualno kod određenih sportaša izazvati napredak u smislu poboljšanja brzine izbačaja, trening sa vanjskim opterećenjem se generalno pokazao jednim od najučinkovitijih, sa potiskom s klupe (eng. *Bench press*) kao istaknutom vježbom (Hermassi i suradnici, 2011) (Petruzela i suradnici, 2023). Postoji česta dvojba među kondicijskim, pa i rukometnim trenerima i sportašima da li u treningu koristiti maksimalna i submaksimalna opterećenja te time unaprjeđivati maksimalnu jakost odnosno raditi na proizvodnji sile, ili koristiti manja opterećenja no sa eksplozivnom izvedbom te time djelovati na povećanje brzine (Petruzela i suradnici, 2023).

Jedan od načina kako doskočiti ovom problemu je primjenom testa mehaničkog profila sile i brzine, te mjerenjem brzine izvođenja pokreta tijekom samog treninga. Određivanje mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela predstavlja način za utvrđivanje razine eksplozivnosti gornjih ekstremiteta, te deficita u području razvoja sile ili brzine gornjeg dijela tijela koja utječe na eksplozivnost, te se samim time koristi za usmjeravanje trenažnog procesa (Chelly i suradnici, 2010).

Trening baziran na brzini izvođenja (eng. *Velocity-based training, VBT*) se koristi za prikupljane preciznih i objektivnih podataka za programiranje treninga s opterećenjem. Korištenje brzine izvođenja kao pokazatelja ima mnoge prednosti, jedna od njih je određivanje optimalnog opterećenja prema postotku od 1RM (*Repetitio maximum*) prema poznatoj činjenici da povećanjem opterećenja opada brzina izvođenja sve do trenutka maksimalnog

povećanja opterećenja te opadanja brzine na onu razinu koja označava opterećenje maksimalne voljne izvedbe odnosno 1RM, time možemo lakše procijeniti tu razinu opterećenja. Osim toga poznato je da postoji gotovo linearan odnos između brzine i intenziteta izvođenja vježbe na različitim postocima od 1RM, što je potvrđeno sa različitim vježbama te submaksimalnim opterećenjima (Weakley, i sur., 2021). Također opadanje brzine izvođenja pokreta tijekom jednog ili niza treninga može biti pokazatelj umora, pretreniranosti ili čak podtreniranosti u slučaju nedostatka napretka. Svi ovi pokazatelji mogu biti korisni alati za planiranje i programiranje treninga sa vanjskim opterećenjem. Naposljetku pružanje sportašima informaciju o brzini tijekom samog treninga pozitivno utječe na kompetitivnost i motivaciju sportaša za trening (Mann i suradnici, 2015).

Za razliku od procjene mehaničkog profila sile i brzine ( tzv. *F-V profile* , od eng. *Force - velocity profile*) donjeg dijela tijela, koji se ispituje pomoću skoka, odnosno čučanj skoka (eng. *Squat jump*) te skoka sa pripremom (eng. *Countermovement jump CMJ*), koji su predmet brojnim znanstvenim radovima; (Samozino i suradnici, 2014) (Jiménez-Reyes i suradnici, 2017). F-V profil gornjeg dijela tijela nije u tolikoj mjeri do sada ispitivan i korišten. Za određivanje mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela koriste se različite metode, jedna od njih je pomoću akcelerometra prilikom izvedbe potiska s klupe koja se i koristila u provedbi ovog istraživanja dok su drugi istraživači čak primjenjivali i prilagođeni ciklo ergometar za ovu svrhu (Chelly i suradnici, 2010).

Rahmani i suradnici (2018) istraživali su učinkovitost balističkog potiska s klupe u procjeni Fv profila gornjeg dijela tijela, korišten je alternativni izračun pomoću mase tijela, duljine potiska te visine bacanja šipke koja se pokazala valjanom u usporedbi sa profilom procijenjenim akcelerometrom, te se pokazao pouzdanim sa ponavljanim mjerenjima.

García-Ramos i suradnici (2016) godine su analizirali razlike između tradicionalne (šipka se prilikom potiska mora usporiti pri kraju pokreta) i balističke izvedbe (šipka se prilikom potiska ubrzava cijelom putanjom) potiska sa ravne klupe (tzv. bench press) s aspekta odnosa sile i brzine gornjeg dijela tijela. Obje izvedbe bench pressa su pokazale veliku razinu povezanosti i međusobno gotovo potpuno linearan odnos u varijablama sile i brzine. Razlike između njih u varijabli sile su bile trivijalne, zakrivljenost krivulje sile i brzine je pokazala srednje velike razlike dok su pokazatelji brzine i snage pokazali veće razlike. Ovi rezultati su bili očekivani s obzirom na sami način izvedbe vježbe te znatno veće ubrzanje šipke kod balističke izvedbe. Varijable sile i snage su pokazale visoku pouzdanost, dok su varijable brzine te zakrivljenosti krivulje sile i brzine pokazale nešto nižu pouzdanost. Rezultati ovog

istraživanja su pokazali da je za procjenu mehaničkog profila sile i brzine jednako uspješni potisci s klupe u tradicionalnoj i balističkoj izvedbi.

Također Cosic i suradnici (2021) godine su uspoređivali utjecaje različitih razina opterećenja na pokazatelje F-V profila kod izvedbe balističkog potiska sa klupe, te su utvrdili da su odnosi između pokazatelja mehaničkog profila sile i brzine ostaju u linernom odnosu neovisno o opterećenju.

Pored usporedbe različitih načina izvedbe potiska s klupe, u istraživanjima ova se vježba koristila za procjenu takozvanog bilateralnog indeksa kojeg označavaju dva fenomena: prvi je bilateralni deficit koji opisuje pojavu manje ukupne sile bilateralne sile u odnosu na ukupni zbroj pojedinačnih unilateralnih sila svake strane tijela; dok je bilateralna facilitacija obrnuti pojam (Škarabot i suradnici, 2016) (González-Ramírez i suradnici, 2023). Ove pojave su ispitivane kod vrhunskih rukometaša pomoću potiska s klupe u povezanim varijablama sile, brzine i snage sa postupnim povećanjem opterećenja. Rezultati su pokazali visoku povezanost snage i brzine, dok je povezanost sa varijablom sile bila manje konstantna na različitim opterećenjima, što pokazuje da naposljetku snaga mnogo više ovisi o brzini nego o sili. Unatoč velikom varijabilitetu između ispitanika, većina njih je ispoljila određenu asimetriju koja je i očekivana s obzirom na prirodu rukometne igre, no niti u jednom slučaju ta asimetrija nije utjecala na vrijednost bilateralnog indeksa. Gledano prema pojedinačnim varijablama maksimalne sile, brzine i snage, kod posljednje te glavne promatrane varijable uočen je bilateralni deficit kod igrača koji se povećavao sa povećanjem opterećenja. Isto je uočeno i kod brzine dok je kod maksimalne sile bio izražena bilateralna facilitacija koja se nije značajnije mijenjala sa opterećenjem (González-Ramírez i suradnici, 2023).

Brzina izbačaja lopte u rukometu istraživana kod igrača i igračica na različitim razinama natjecanja te na različitim načinima izvedbe - iz mjesta, iz zaleta sa tla ili iz zaleta i skok šuta (Wagner i suradnici, 2011). Istraživanje je pokazalo značajnu korelaciju u preciznosti izbačaja neovisno o načinu izvedbe. Dok su se kod šuta s tla iz zaleta od tri koraka pokazale najveće vrijednosti brzine izbačaja u odnosu na druge tehnike (Wagner i suradnici, 2011). Zabilježene su također značajne razlike u brzini izbačaja između rukometaša i rukometašica u izvedbi rukometnog šuta iz mjesta sa linije od 7 metara; no nisu pronađene razlike u kinematičkoj analizi izbačaja iz čega bi se moglo zaključiti da ne postoje značajne razlike u tehnici izbačaja (Van Den Tillaar i Cabri, 2012). Također usporedba izvedbe rukometnog šuta različitim načinima između skupina rukometaša na različitim razinama natjecanja, pokazala je značajno veću varijabilnost u brzini izbačaja među rukometašima na nižim razinama te znatno manju

varijabilnost izvedbe kod vrhunskih rukometaša (Wagner, Pfusterschmied, Klous, von Duvillard i suradnici 2012).

Chelly i suradnici (2010) godine su ispitivali povezanost između rukometnog izbačaja sa tla nakon trokoraka, mišićne snage i jakosti gornjeg i donjeg dijela tijela te mišićnog volumena. Izmjerena je vršna snaga te mišićni volumen za gornji i donji dio tijela te maksimalna jakost gornjeg dijela tijela kroz 1RM izvedbu potiska s klupe te „pullover“ vježbe sa bučicom. Rezultati su pokazali veliku povezanost rezultata rukometnog izbačaja i vršne snage i sile gornjeg dijela tijela te srednju povezanost sa varijablama snage i sile donjeg dijela tijela što je potvrdilo važnost razvoja snage gornjeg ali i donjeg dijela tijela što je posebno izraženo prilikom šuta s tla koji je u ovom slučaju korišten za ispitivanje povezanosti; te daje važne smjernice za kondicijsku pripremu vrhunskih rukometaša.

Istraživači Marques i suradnici (2011) su također ispitivali povezanost sile, točnije stope proizvodnje sile, i brzine šipke prilikom koncentričnog potiska sa klupe sa rukometnim izbačajem iz zaleta. Rezultati koje su oni dobili su pokazali povezanost isključivo pri izvedbama sa manjim opterećenjima pri potisku s klupe; dok kod izvedbe pri većim opterećenjima nije vidljiva značajna povezanost.

Osim sa rukometašima istraživanja F-V profila gornjeg dijela tijela rađena su i na odbojkašima čiji servis i smeč u velikoj mjeri nalikuju rukometnom izbačaju. U istraživanju je ispitana povezanost F-V profila skoka, sprinta te balističkog potiska s klupe sa odbojkaškim servisom i smečom. Varijabla sile iz fv profila skoka, brzine iz sprinta te naposljetku varijabla sile iz potiska s klupe pokazala je visoku povezanost sa odbojkaškim smečom kao i sa servisom (Baena-Raya i suradnici, 2021).

## 2. Cilj i hipoteze

Cilj rada je utvrditi koji mehanički profil sile i brzine gornjeg dijela tijela određen pomoću izvedbe potiska sa klupe pokazuje najbolju povezanost sa brzinom lopte prilikom rukometnog izbačaja iz mjesta te iz zaleta od tri koraka.

Hipoteze koje proizlaze iz tog cilja su:

H1: Ispitanici kojima mehanički profil sile i brzine gornjeg dijela tijela izražava bolja brzinska svojstva u odnosu na silu pokazat će veću brzinu lopte kod rukometnog izbačaja

H2: Ispitanici kojima mehanički profil sile i brzine gornjeg dijela tijela ispoljava sklonost razvoju veće sile u odnosu na brzinu iskazat će veću brzinu lopte kod rukometnog izbačaja

### 3. Metode rada

#### 3.1. Uzorak ispitanika

Ukupni uzorak ispitanika u ovom istraživanju činilo je 14 studenata Sveučilišta u Zagrebu, svi aktivni rukometaši na različitim razinama sveučilišnih i klupskih natjecanja u Hrvatskoj. Svi ispitanici su se dobrovoljno javili za sudjelovanje u istraživanju te su prije provođenja istraživanja bili upućeni u plan provođenja, sami protokol testiranja te moguće rizike za ozljedu tijekom provedbe.

*Tablica 1 Deskriptivni pokazatelji dobi, visine i mase ispitanika*

	AS ± SD	MIN	MAX
Dob	22,6 ± 1,91	20,0	25,0
Visina	181,7 ± 6,23	172,0	193,0
Masa	82,5 ± 7,54	70,0	97,0

*Legenda AS - Aritmetička sredina, SD - Standardna devijacija, MIN - najmanja vrijednost MAX - najveća vrijednost*

### 3.2 Opis protokola testiranja

Testiranja su obavljena na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu, u teretani te sportskoj dvorani fakulteta. Svi ispitanici su prvo izvodili testiranje mehaničkog profila sile i brzine u teretani te nakon toga testiranje brzine izbačaja u sportskoj dvorani. Između testiranja je postojao period odmora od najmanje 48h, te je svakom ispitaniku bilo preporučeno da ne izvodi treninge s vanjskim opterećenjem, posebice one koje dominantno utječu na gornje ekstremitete najmanje 24h prije testiranja. Osim toga upućeni su da se suzdrže od konzumiranja ergogenih sredstava u istom periodu. Svi ispitanici su na početku testiranja bili upoznati sa protokolom testiranja kao i sa mogućim rizicima.

Testiranje mehaničkog profila sile i brzine se sastojalo od dva dijela, prvi dio je obuhvaćao mjerenje maksimalne volje sile, odnosno najveće težine koju svaki ispitanik može podići (1RM) u vježbi potisak sa ravne klupe, dok se drugi dio sastojao od mjerenja brzine izvođenja potiska sa ravne klupe na različitim postocima od ranije izračunate maksimalne težine.

Prije izvođenja mjerenja svaki ispitanik je proveo standardizirano zagrijavanje, koje je sastojalo od vježbi dinamičkog istežanja, te statičke i dinamičke aktivacije gornjih ekstremiteta.

*Tablica 2 Opis protokola zagrijavanja - teretana*

Naziv vježbe	Svrha	Opterećenje	Broj ponavljanja /vrijeme izvođenja
Razgibavanje ramena elastičnom gumom	Mobilnost	Elastična guma	10 pon
Držanje girje u predručjenju	Statička aktivacija ramena	Girja 8 kg	30sec svaka ruka
Sklekovi na klupici	Dinamička aktivacija	Tjelesna težina	10 ponavljanja
Izbačaj medicinke sa prsa na klupici	Dinamička aktivacija	Medicinka 5kg	4 ponavljanja

Nakon zagrijavanja uslijedila prvi dio testiranja bio je usmjeren na procjenu 1RM u vježbi potisak sa klupe, te se početna težina dobivala po dobivenom rezultatu. Nakon toga se dodavalo vanjsko opterećenje, u početku po 10 kg, kasnije po približavanju maksimalne težine po 5 ili 2,5 kg se povećavala prethodna težina. Ispitanici su početnu težinu podizali 3 puta, svaka slijedeća težina se izvodila jedan put. Između svakog podizanja opterećenja izvodila se pauza od 3 minute. U trenutku kada ispitanik na može podići postavljenu težinu

tada prethodna podignuta težina se određuje kao maksimalna za tu osobu. Prije pristupanja daljnjem testiranju mehaničkog profila sile i brzine određena je pauza od 5 minuta u kojoj se ispitanik odmarao te upoznao sa daljnjim tijekom testiranja; za vrijeme čega je maksimalna težina zabilježena u Excel tablicu te su izmjereni postoci od upravo dobivene maksimalne težine

Nakon odrađivanja prvog dijela testiranja te pauze ispitanik prelazio na dio testiranja koji se odnosio na procjenu mehaničkog profila sile i brzine, odnosno mjerenje brzine kretanja šipke na slijedeći način:

1. Mjerenje brzine izvođenja eksplozivnog potiska šipke sa prsa na 30% opterećenja od 1RM
2. Mjerenje brzine izvođenja eksplozivnog potiska šipke sa prsa na 40% opterećenja od 1RM
3. Mjerenje brzine izvođenja eksplozivnog potiska šipke sa prsa na 50% opterećenja od 1RM
4. Mjerenje brzine izvođenja eksplozivnog potiska šipke sa prsa na 60% opterećenja od 1RM
5. Mjerenje brzine izvođenja eksplozivnog potiska šipke sa prsa na 70% opterećenja od 1RM

Na svakom od ovih opterećenja ispitanici su izvodili 4 ponavljanja na slijedeći način: ispitanik je prvo spuštao šipku sa zadanim opterećenjem na prsa, kratko je zadržavao do znaka ispitivača kada se vrše 4 eksplozivna potiska, izvodeći u prvom ponavljanju samo fazu podizanja odnosno koncentričnu fazu dok u ostala 3 ponavljanja izvodi i podizanje i spuštanje šipke odnosno i koncentričnu i ekscentričnu fazu pokreta. Između svakog podizanja opterećenja slijedila je pauza od 3 minute. Zabilježena brzina potiska prilikom svakog podizanja je zapisana u Excel tablicu.

Nakon drugog dijela testiranja koji je uključivao procjenu mehaničkog profila sile i brzine, treći dio se odnosio na mjerenje brzine rukometnog izbačaja u dvorani. Prije izvedbe rukometnog šuta također se provodilo standardizirano zagrijavanje koje je uključivalo vježbe mobilnosti, dinamičke aktivacije i specifične pripreme tijela za daljnje testiranje.



Tablica 3 Opis protokola zagrijavanja- dvorana

Naziv	Svrha	Opterećenje	Broj ponavljanja/vrijeme
Razgibavanje ramena elastičnom gumom	Mobilnost	Elastična guma	10 pon.
Unutrašnja rotacija ramena	Dinamička aktivacija	Elastična guma	10 pon.
Vanjska rotacija ramena	Dinamička aktivacija	Elastična guma	10 pon.
Imitacija šutiranja sa gumom	Specifična priprema	Elastična guma	10 pon.
Rukometno dodavanje u paru	Specifična priprema	/	1 min.

Nakon zagrijavanja ispitanici su izvodili 3 rukometna šuta iz mjesta sa linije od 7 metara. Svi ispitanici su koristili istu rukometnu loptu veličine 3 bez korištenja rukometnog ljepila, te su bili upućeni da gađaju sredinu vrata dok je ispitivač stajao iza gola sa radarom mjereći svaki pokušaj te odmah dajući povratnu informaciju o rezultatu. Između svakog šuta postojala je pauza od najmanje 15 sekundi; te je nakon 3 upućena šuta uslijedila duža pauza od 3 minute. Nakon pauze ispitanici su izveli još dodatna 3 rukometna šuta sa tla iz zaleta od tri koraka. Ispitanici su imali mogućnost izvođenja zaleta od 3 koraka proizvoljnim načinom, samo su bili upućeni da zalet završe ponovno do linije od 7 metara, te da šutiraju u sredinu gola kao i u prethodnim pokušajima. Nakon svakog izvođenja ispitanici su bili informirani o rezultatu te je on zapisan u Excel tablicu.

### 3.3. Opis mjernih instrumenata

Za provedbu ovog istraživanja korišteno je nekoliko mjernih instrumenata

1. Akcelerometar - Microgate Gyko
2. Radar – Stalker ATS II
3. Antropometar (Gneupel Prazisionsmechanik Bachenbulach Switzerland)
4. Body composition analyser ( TANITA Corporation, Tokyo, Japan)

Akcelerometar Microgate Gyko predstavlja napredni uređaj za mjerenje ubrzanja, kutne brzine te magnetno polje i time omogućava prikupljanje kinematičkih podataka o bilo kojem dijelu tijela prilikom pokreta, te mjeri kroz 3 dimenzije jer posjeduje 3D akcelerometar koji mjeri linearno ubrzanje, 3D žiroskop koji mjeri kutnu brzinu te 3D magnetometar koji mjeri magnetno polje kojem je uređaj izložen. U dosadašnjim istraživanjima se ovaj uređaj pokazao valjanim i pouzdanim za mjerenje brzine šipke kod potiska s klupe (Jorge i suradnici, 2019) .



*Slika 1 Mjerni uređaj Akcelerometar Microgate Gyko, preuzeto sa: <https://training.microgate.it/en/products/training-portable-lab/optojump-and-gyko>*

### 3.4. Uzorak varijabli

Sve varijable uključene u istraživanju zajedno sa odgovarajućim mjernim jedinicama i kraticama prikazane su u tablici 4. Tjelesna visina ispitanicima je mjerena pomoću antropometra, dok je tjelesna masa mjerena TANITA uređajem. Ključna varijabla za procjenu profila sile i brzine je brzina šipke mjerena prilikom potiska s klupe koja je izmjerena pomoću akcelerometra povezanog na šipku. Naposljetku brzina rukometnog šuta iz mjesta kao i iz zaleta zabilježena je pomoću radara.

*Tablica 4 Prikaz korištenih varijabli*

Naziv varijable	Kratica	Mjerna jedinica
Tjelesna visina	TV	m
Tjelesna masa	TM	kg
Brzina šipke (potisak sa klupe)	Vbp	m/s
Brzina rukometnog šuta s mjesta	V7m	km/h
Brzina rukometnog šuta iz zaleta	V9m	km/h

### 3.5. Metode obrade podataka

Svi podaci su zapisani i prikupljeni u tablice u programu Excel, te nakon toga obrađeni u programu Statistica. Prvi postupak je bio određivanje deskriptivnih pokazatelja svih varijabli, te normaliteta distribucije. U slijedećem koraku analizirali su se rezultati svakog ispitanika u varijabli brzine šipke kod potiska s klupe sa različitim opterećenjima, te su se pomoću aritmetičke sredine rezultati doveli na jednu vrijednost. Daljnji dio obrade podataka činilo je određivanje medijan svih rezultata u ranije spomenutoj varijabli pomoću koje je svi ispitanici podijeljeni u dvije skupine: skupina brzine (“velocity”) ukoliko je rezultat ispitanika bio iznad medijana ili u grupu sile (“force”) ako je vrijednost bila ispod. Posljednji korak je predstavljao utvrđivanje koeficijenta korelacije između profila sile i brzine te brzine rukometnog šuta iz mjesta, te iz zaleta pojedinačno.

#### 4. Rezultati

U tablici 5 prikazani su rezultati deskriptivne analize varijabli: brzine rukometnog šuta iz mjesta (v7m), te iz zaleta (v9m); te brzine šipke prilikom izvođenja potiska sa klupe na 30% 1RM (vbp1); na 40% 1RM (vbp2); na 50% 1RM (vbp3); na 60% 1RM (vbp4) te na 70% 1RM (vbp5).

*Tablica 5 Rezultati deskriptivne analize*

Varijabla	AS $\pm$ SD	MIN	MAX	Raspon
v7m	75,97 $\pm$ 3,99	69	84,6	15,6
v9m	83,02 $\pm$ 4,58	72,8	89,9	17,1
vbp1	1,34 $\pm$ 0,25	0,63	2	1,37
vbp2	1,04 $\pm$ 0,26	0,62	1,57	0,95
vbp3	1,00 $\pm$ 0,26	0,53	1,63	1,1
vbp4	0,75 $\pm$ 0,21	0,32	1,22	0,9
vbp5	0,69 $\pm$ 0,29	0,28	1,53	1,25

*Legenda AS- Aritmetička sredina; SD - Standardna devijacija; MIN - najmanji rezultat; MAX - najveći rezultat*

Sve promatrane varijable su pokazale normalnu distribuciju po Kolmogorov – Smirnovu (vbp,  $p = 0,31$ ; v7m,  $p = 0,73$ ; v9m,  $p=0,40$ ). Pojedinačni rezultati svakog pojedinačnog ispitanika u varijablama brzine šipke kod potiska sa klupe (vbp), te pripadajuća oznaka profila sile i brzine određena pomoću mediana grupe kao i prosječne brzine rukometnog šuta s mjesta (v7m), te iz zaleta (v9m) prikazane su u tablici 6.

Tablica 6 Prosječne vrijednosti rezultata svakog pojedinačnog ispitanika te pripadajući profil sile i brzine

N	vbp	F-V	v7m	v9m
1	1,14	V	74,23	85,10
2	1,16	V	78,00	86,80
3	1,16	V	76,30	80,77
4	0,88	F	71,23	75,13
5	0,79	F	73,57	83,27
6	0,94	F	77,73	81,23
7	1,15	V	75,60	83,77
8	0,98	V	71,77	75,87
9	0,93	F	80,30	89,53
10	0,88	F	81,30	87,97
11	0,96	V	77,13	84,37
12	0,91	F	82,23	86,57
13	0,72	F	70,53	77,27
14	1,02	V	73,60	84,60
Median	0,95			

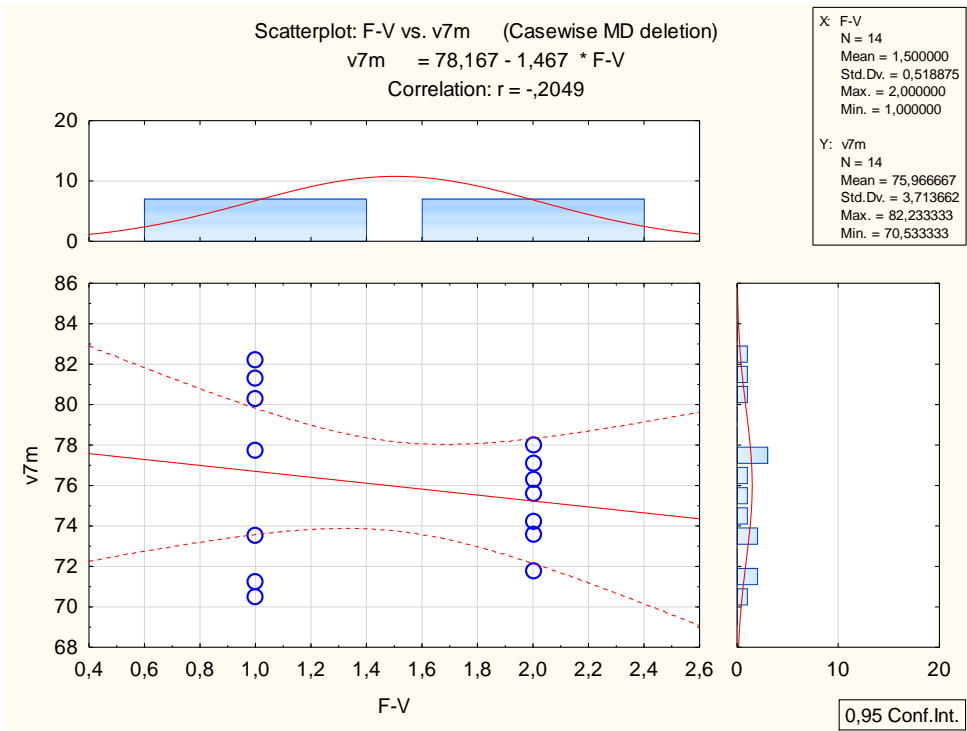
Legenda F-V - mehanički profil sile i brzine; F - profil sa naglašenom komponentom sile, V - profil sa naglašenom komponentom brzine

U tablici 7 prikazani su rezultati ispitivanja korelacija između varijabli, te je značajna korelacija prikazana crvenom bojom.

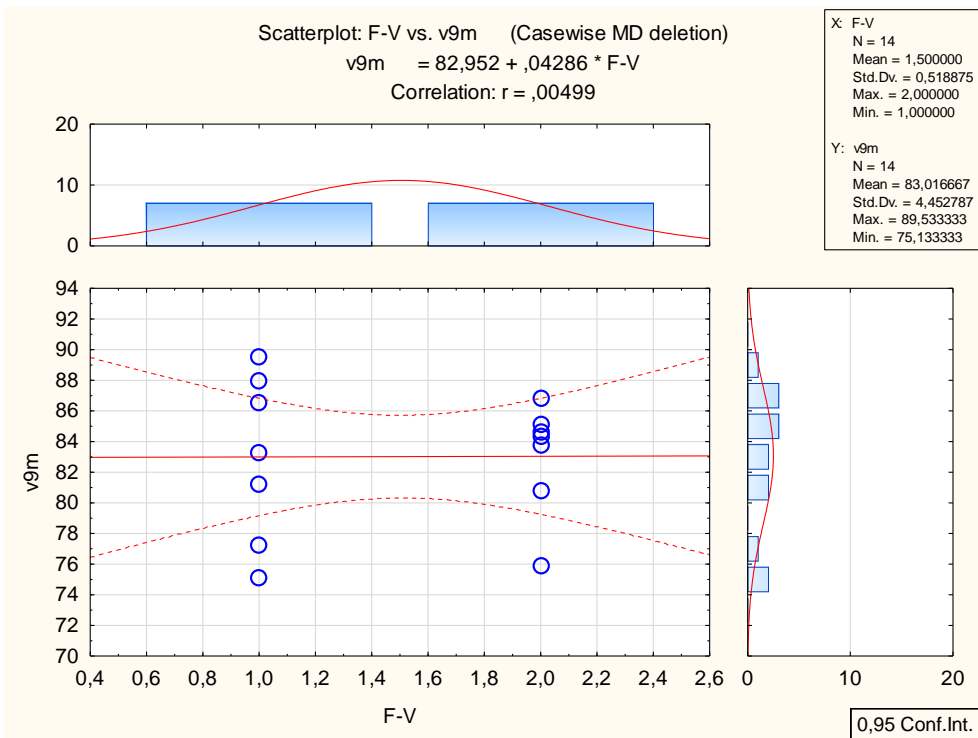
Tablica 7 Prikaz Pearsonovog koeficijenta korelacije između varijabli

r	vbp	F-V	v7m	v9m
vbp	1	0,804	0,1623	0,253
F-V	0,804	1	-0,2049	0,005
v7m	0,1623	-0,2049	1	0,8029
v9m	0,253	0,005	0,8029	1

Slike 2 i 3 prikazuju korelacijski graf sa varijablama mehaničkog profila sile (F-V) i brzine rukometnog šuta iz mjesta (v7m), te iz zaleta (v9m)



Slika 2 Prikaz korelacijske matrice F-V profila i šuta s mjesta



Slika 3 Prikaz korelacijske matrice između F-V profila i šuta iz zaleta

## 5. Rasprava

Cilj ovog rada jeste bilo utvrđivanje povezanosti između mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela kod rukometaša te brzine izvedbe rukometnog šuta iz mjesta kao i iz zaleta. Rezultati nisu pokazali statistički značajnu povezanost između profila sile i brzine te izvedbe rukometnog šuta iz mjesta sa linije od 7m i iz zaleta.

Procjena mehaničkog profila sile i brzine je već duže poznat alat za dijagnostiku te ispravno planiranje i programiranje treninga s opterećenje, također korištenje podatka o brzini izvedbe prilikom treninga sa opterećenjem je često korišten podatak za ispravno usmjeravanje treninga sportaša u različitim sportovima koji ima mnoge dokazane prednosti za ostvarivanje većeg napretka u treningu, sprječavanje pretreniranosti i ozljeda te pozitivnog utjecaja na motiviranost sportaša. (Weakley, i dr., 2021) Rukomet kao jedan od sportova u kojem je izrazito naglašena važnost eksplozivnosti gornjeg dijela tijela zbog velikog broja bacanja koja imaju presudan značaj za izvedbu svakog rukometaša kao i ekipe u cjelini može u velikoj mjeri koristiti od uporabe treninga baziranog na brzini izvođenja (eng. *velocity based training*) kao i procjene mehaničkog profila sile i brzine za utvrđivanje deficita svakog pojedinog igrača, da li u aspektu brzine ili proizvodnje sile (Petruzela i drugi, 2023). No, utvrđivanje mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela kroz različite potiske ili bacanje nije u tolikoj mjeri zastupljeno u dosadašnjim povedenim istraživanjima kao što je to dosada obrađeno za donji dio tijela koje je i u većoj mjeri korišteno u praksi. U tom smislu je ovo istraživanje jedno od rijetkih koji se bavi temom procjene mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela te povezanošću iste sa rukometnim bacanjem.

Za ovo istraživanje korištene su mjere brzine izvedbe vježbe tradicionalnog potiska sa klupe kao načina za procjenu profila sile i brzine gornjeg dijela tijela. Dosadašnja istraživanja su koristila različite metode za procjenu iste, od balističkog potiska sa klupe pa sve do ciklo ergometra prilagođenog za aktivaciju gornjeg dijela tijela. U istraživanju korišteni tradicionalni potisak sa klupe se u istraživanju kojeg su proveli García-Ramos, i suradnici (2016) godine pokazao jednako valjanim za procjenu parametara sile i brzine gornjeg dijela tijela kao i potisak sa klupe izveden u balističkoj izvedbi. Iako je balistička izvedba potiska pokazala veće vrijednosti u ubrzanju šipke, obje izvedbe su pokazale visoku razinu povezanosti te gotovo linearan odnos u varijablama sile i brzine. Prethodno istraživanje je potvrdilo opravdanost korištenja tradicionalnog potiska sa klupe za ovo istraživanje jer bih također nadodao da pored dokazane valjanosti i pouzdanosti utvrđene ranijim istraživanjem pruža veću sigurnost same

provedbe te manji rizik od potencijalnog ozljeđivanja ispitanika tijekom izvođenja, što je naravno važan čimbenik za uzeti u obzir.

U prethodnim istraživanjima su korištene različite metode za prikupljanje samih podataka u parametrima sile i brzine od korištenja alternativnih metoda koje se koriste izračunima mase tijela ispitanika, duljine potiska te visine izbačaja za procjenu brzine koja se pokazala također valjanom u usporedbi sa korištenjem akcelerometra koji je korišten u provedbi ovog istraživanja (Rahmani i suradnici, 2018). Akcelerometar korišten za procjenu brzine izvedbe potiska sa klupe je Gyko Microgate akcelerometar koji se također pokazao valjanim i pouzdanim u dosadašnjim istraživanjima u usporedbi sa drugim uređajima no tijekom provedbe ovog istraživanja je pokazao određene nedostatke prilikom korištenja na način da nije uspio registrirati brzinu izvođenja potiska kod određenih ponavljanja koje može biti uzrokovano manjim promjenama u izvedbi potiska kod ispitanika što je svakako otežalo provedbu samog istraživanja te je u određenoj mjeri moglo utjecati i na same rezultate (Jorge i suradnici, 2019).

Istraživanje Chelly i suradnici (2010) je najsličnije ovom radu, gdje su istraživači na profesionalnim rukometašima ispitivali povezanost rukometnog izbačaja s tla nakon trokoraka te mišićne snage i jakosti gornjeg i donjeg dijela tijela te mišićnog volumena. U istraživanju je korištena vršna snaga te mišićni volumen za gornji dio tijela kao i maksimalna jakost kroz ispitivanje 1RM izvedbe potiska s klupe te vježbe „pulllover“ sa bučicom. Rezultati istraživanja su dokazali veliku povezanost rezultata rukometnog izbačaja i vršne snage i sile gornjeg dijela tijela te srednju povezanost sa varijablama snage i sile donjeg dijela tijela što je potvrdilo važnost razvoja cijelog tijela za uspješnu izvedbu rukometnog bacanja. Za razliku od istraživanja od Chelly i suradnika u ovom istraživanju nisu pronađene značajne povezanosti između varijabli profila sile i brzine, koja je u velikoj mjeri povezana sa varijablom snage, te rukometnog šuta. Značajna povezanost nije pronađena niti sa izvedbom rukometnog šuta iz mjesta, niti iz trokoračnog zaleta korištenog u ranije navedenom istraživanju. Štoviše značajke mehaničkog profila sile i brzine su pokazale blagu negativnu korelaciju, odnosno vrijednost Pearsonovog koeficijenta sa brzinom izvedbe rukometnog šuta iz mjesta sa linije od 7m, no niti ta negativna korelacija se nije naposljetku pokazala statistički značajnom. Isti rezultat korelacije zapažen je i prilikom usporedbe izračunatog prosjeka brzina provedbe eksplozivnog potiska sa klupe sa brzinom rukometnog šuta u oba načina izvedbe.

Osim sa rukometašima, slična istraživanja su provedena i na odbojkašima čija izvedba odbojkaškog servisa i smeča, koja u velikoj mjeri po biomehanici i načinu provedbe slični rukometnom izbačaju, je povezana sa profilom sile i brzine skoka, sprinta te naposljetku



najvažnije i balističkog potiska sa klupe (Baena-Raya i suradnici, 2021). U ovom istraživanju je također pronađena značajna povezanost specifične odbojkaške izvedbe servisa i smeša sa varijablama mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela kroz mjerenje potiska sa klupe kao i sa skokom i sprintom, što se također razlikuje od rezultata ovog istraživanja gdje nije pronađena korelacija (Baena-Raya i suradnici, 2021).

Jedina utvrđena statistički značajna povezanost je ona ispitana između rukometnog šuta iz mjesta sa linije od 7m sa istom izvedbom iz rukometnog trokoračnog zaleta, što je naravno očekivano i razumljivo da će ispitanici sa većom brzinom izvedbe rukometnog šuta iz mjesta mjerene istim radarom pokazivati i veću brzinu izvedbe istog rukometnog šuta iz zaleta (Wagner i suradnici, 2011) (Wagner, Pfusterschmied, Klous, von Duvillard i suradnici 2012).

Postoji više mogućih razloga zašto nije pronađena statistički značajna povezanost značajki mehaničkog profila sile i brzine sa brzinama izvedbe rukometnog šuta iz mjesta te iz zaleta. Jedna od njih može biti manjak iskustva samih ispitanika u eksplozivnoj izvedbi potiska s klupe. Naime iako su svi ispitanici aktivni sportaši koji su u trenažnom procesu te se natječu igrajući za klubove u ligama na različitim razinama njihovo prethodno iskustvo sa vježbom potiska sa klupe odnosi se ponajviše na sporiju izvedbu s ciljem razvoja jakosti, a manje na bržu izvedbu s ciljem razvoja eksplozivnosti. Prethodno veće iskustvo u eksplozivnoj izvedbi potiska s klupe bi potencijalno moglo dovelo do većeg razlikovanja između ispitanika te posljedično i drugačijih rezultata, što predstavlja i jedan od nedostataka ovog istraživanja.

Slijedeći razlog koji je mogao utjecati na ovakav rezultat je nepostojanje optimalnog profila sile i brzine za gornji dio tijela, koji primjerice postoji za profile sile i brzine donjeg dijela tijela procijenjenog pomoću skokova, s kojim bi se potencijalno mogao uspoređivati profil sile i brzine svakog pojedinačnog ispitanika, već je za potrebe ovog istraživanja izračunat median grupe u varijabli brzine šipke kod potiska s klupe te su prema toj brojci ispitanici raspoređeni u grupe sile („force“) ili brzine („velocity“). Kada bismo posjedovali optimalan profil onda bismo usporedbom ispitanika sa definiranim profilom potencijalno dobili precizniju podjelu ispitanika. Ovo svakako može biti korisna smjernica za buduća istraživanja.

S obzirom na dobivene rezultate možemo ustvrditi da nije ostvarena niti jedna od dvije predložene hipoteze, jer niti ispitanici kojima mehanički profil sile i brzine gornjeg dijela tijela izražava bolja brzinska svojstva kao ni ovi koji su pokazivali sklonost većem razvoju sile nisu pokazali međusobno veći transfer tih značajki i na brzinu šuta. Time se obje hipoteze odbacuju.

## 6. Zaključak

Rukomet je izrazito kontaktni sport sa velikim brojem bacanja, skokova, sprintova te promjena pravca; gdje se izmjenjuju intervali izvođenja ovih kretnji na maksimalnom i submaksimalnom intenzitetu što uz taktičku kompleksnost igre postavlja dodatni zahtjev na kondicijsku pripremljenost svakog igrača. Rukometni šut kao jedan od ključnih aspekata rukometne igre koji direktno određuje uspješnost u igri također zahtjeva razvoj eksplozivnosti gornjeg dijela tijela kao jednog od ključnih elemenata u izvođenju rukometnog bacanja. Postoje različiti načini kako pozitivno utjecati na razvoj eksplozivnosti gornjeg dijela tijela te posljedično i na rukometni šut. Jedan od korisnih alata za usmjeravanje i kontrolu treninga eksplozivnosti gornjeg dijela tijela jeste procjena mehaničkog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela.

Cilj ovog rada jeste utvrđivanje povezanosti između mehaničkog profila sile i brzine te brzine izvođenja rukometnog šuta iz mjesta te iz zaleta od tri koraka. Nakon provedbe mjerenja mehaničkog profila sile i brzine pomoću vježbe potiska s klupe te mjerenja brzine šuta radarom izvršena je statistička analiza. Rezultati analize nisu pokazali statistički značajnu korelaciju između pokazatelja profila sile i brzine te brzine izvedbe rukometnog šuta iz mjesta kao i iz zaleta. Dosadašnja istraživanja su pokazala drugačije rezultate na način da su istraživanja profila sile i brzine kod rukometaša pokazala visoku razinu povezanosti sa rukometnim šutom (Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010) te kod odbojkaša sa odbojkaškim servisom i smečom. (Baena-Raya, i dr., 2021)

Potencijalni razlozi te nedostaci ovog istraživanja zbog kojih su dobiveni ovakvi rezultati mogu se pronaći u neiskustvu ispitanika u eksplozivnom izvođenju potiska s klupe te izostanku optimalnog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela s kojim bi se mogao uspoređivati svaki pojedinačni profil ispitanika.

Dobiveni rezultati su doveli do zaključka da niti jedna od postavljenih hipoteza nije potvrđena jer nismo ustvrdili povezanost ispitanika sa izraženim brzinskim svojstvima niti one sa naglašenijom proizvodnjom sile prilikom potiska s klupe sa rukometnim šutom.

S obzirom da je ovo jedno od prvih ovakvih istraživanja preporuka za buduća istraživanja bi svakako išla u smjeru određivanja optimalnog profila sile i brzine gornjeg dijela tijela te određivanje utjecaja različitih trenažnih programa na poboljšanje mehaničkog profila sile i brzine te posljedično pozitivnog prijenosa na izvedbu u svim dominantno bacačkim sportovima.

## 7. Literatura

- Baena-Raya, A., Soriano-Maldonado, A., Manuel, R.-P. A., Antonio, G.-d.-A., Manuel, O.B., Pedro, J.-R., & Amador, G.-R. (2021). The force-velocity profile as determinant of spike and serve ball speed in top-level male volleyball players. *PlosOne*, *14*(4), 1-11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249612>
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *Journal of strength and conditioning research*, *24*(6), 1480–1487. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>
- Cosic, M., Knezevic, O. M., Nedeljkovic, A., Djuric, S., Zivkovic, M. Z., & Garcia-Ramos, A. (2021). Effect of Different Types of Loads on the Force-Velocity Relationship Obtained During the Bench Press Throw Exercise. *Journal of strength and conditioning*, *35*(9), 2401–2406. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003183>
- García-Ramos, A., Jaric, S., Padial, P., & Feriche, B. (2016). Force-Velocity Relationship of Upper Body Muscles: Traditional Versus Ballistic Bench Press. *Journal of applied biomechanics*, *32*(2), 178–185. <https://doi.org/10.1123/jab.2015-0162>
- González-Ramírez, A., Torres, C., Magallanes, C., & Fábrica, C. G. (2023). Bilateral index, power, force, and velocity during bench press with different loads in male handball players. *Frontiers in physiology*, *14*, 1-6. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1130914>
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibañez, J., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2006). Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Medicine and science in sports and exercise*, *38*(2), 357–366. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000184586.74398.03>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *Journal of strength and conditioning research*, *25*(9), 2424–2433. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182030edb>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Pareja-Blanco, F., Conceição, F., Cuadrado-Peñañiel, V., González-Badillo, J. J., & Morin, J. -B. (2017). Validity of a Simple Method for Measuring Force-Velocity-Power Profile in Countermovement Jump. *International journal of sports physiology and performance*, *12*(1), 36–43. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0484>
- Jorge, R., Figueira, B., Gonzalo-Skok, O., & Leite, N. (2019). Validity and reliability of Gyko Sport for the measurement of barbell velocity on the bench-press exercise. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, *59*(10), 1651–1658. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09770-6>
- Mann, B., Ivey, P., & Sayers, S. (2015). Velocity-Based Training in Football. *Strength and Conditioning Journal*, *37*(6), 52-57.

- Marques, M. C., Saavedra, F. J., Abrantes, C., & Aida, F. J.–5. (2011). Associations between rate of force development metrics and throwing velocity in elite team handball players: a short research report. *Journal of human kinetics*, 29A, 53-57. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0059-0>
- Petruzela, J., Papla, M., & Stastny, P. (2023). Conditioning Strategies for Improving Handball Throwing Velocity: A Systematic Review and Meta-Analyses. *Journal of human kinetics*, 87, 189-200. <https://doi.org/10.5114/jhk/162017>
- Rahmani, A., Samozino, P., Morin, J. B., & Morel, B. (2018). A Simple Method for Assessing Upper-Limb Force-Velocity Profile in Bench Press. *International journal of sports physiology and performance*, 13(2), 200–207. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0814>
- Samozino, P. E. (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, P., 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>
- Škarabot, J., Cronin, N., Strojnik, V., & Avela, J. (2016). Bilateral deficit in maximal force production. *European journal of applied physiology*, 116(11-12), 2057–2084. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3458-z>
- Van Den Tillaar, R., & Cabri, J. M. (2012). Gender differences in the kinematics and ball velocity of overarm throwing in elite team handball players. *Journal of sports sciences*, 30(8), 807–813. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.671529>
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., Klous, M., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2012). Movement variability and skill level of various throwing techniques. *Human movement science*, 31(1), 78-90. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.05.005>
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2011). Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. *Journal of sports science & medicine*, 10(1), 73–80.
- Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & Garcia-Ramos, A. (2021). Velocity-Based Training: From Theory to Application. *Strength and Conditioning Journal*, 43(2), 31-49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000560>