

# AKUTNI I KRONIČNI UČINAK STATIČKOG ISTEZANJA NA EKSPLOZIVNU JAKOST

---

Šumatić, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:117:304214>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-03**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

**Domagoj Šumatić**

**AKUTNI I KRONIČNI UČINAK STATIČKOG  
ISTEZANJA NA EKSPLOZIVNU JAKOST**

diplomski rad

**Mentor:**

**doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić**

Zagreb, rujan, 2021.

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. Tatjana Trošt Bobić

Student:

---

Domagoj Šumatić

**Skraćenice:**

**E** - eksperimentalna grupa

**K** - kontrolna grupa

**M** - muški ispitanici

**Ž** - ženski ispitanici

**PT** – početno testiranje

**ZT** - završno testiranje

**SJ** - skok bez pripreme

**SDM** – skok u dalj iz mjesta

**ANOVA** – analiza varijance

**AS** – aritmetička sredina

**F** - omjer varijance između grupa i unutar grupa

**p** – pokazatelj statističke značajnosti

**RPE** - stopa subjektivne procjene opterećenja ispitanika

**SD** - standardna devijacija

**SS** - statičko istežanje

## Sažetak

U sportskoj praksi statičko istežanje često se pojavljuje na kraju trenažnih jedinica. Dosadašnje spoznaje ukazuju na činjenicu kako bi statičko istežanje moglo kompromitirati akutni izlaz jakosti eksplozivne sile, međutim kronični efekti statičkog istežanja na eksplozivnu jakost još nisu istraživani. Cilj diplomskog rada je utvrditi prati li akutni učinak statičkog istežanja kroničnu mišićno-živčanu adaptaciju na pliometrijski trening te postoji li negativan utjecaj statičkog istežanja nakon šest tjedana treninga pliometrije.

Akutni dio eksperimentalnog rada izvršen je na uzorku od 40 ispitanika, studenata Kineziološkog fakulteta, prosječne dobi  $22.6 \pm 4.23$  godine. Kronični dio proveden je na 27 ispitanika koji su bili prosječne dobi  $22.4 \pm 3.2$  godine. Nasumičnim izborom ispitanici su razvrstani u dvije grupe (E i K). Eksperimentalna grupa imala je 14 ispitanika, a kontrolna 13. Radi utvrđivanja utjecaja statičkog istežanja na kronično unaprijeđenje eksplozivne jakosti, obje grupe ispitanika bile su podložene testiranju uoči početka i nakon završetka šestotjednog pliometrijskog treninga. Dva upotrebljena motorička testa bila su skok bez pripreme (SJ) te skok u dalj iz mjesta (SDM). Praćena komponenta bila je visina skoka mjerena u centimetrima za SJ te daljina skoka za SDM. Objе grupe izvodile su identičan trenažni plan pliometrije. Eksperimentalna grupa statički se istežala po završetku trenažnih jedinica, a kontrolna grupa nije provodila istežanje.

Rezultati provedene ANOVE ukazuju da nisu postojale statistički značajne razlike između dvije grupe ispitanika u kroničnom unaprijeđenju eksplozivne jakosti prije (SJ= 0.782; SDM= 0.752) i nakon (SJ= 0.375; SDM= 0.533) provedbe akutnog istežanja. T-test za zavisne uzorke ukazao je na statistički značajan negativan učinak akutnog istežanja na početnom i na završnom testiranju.

Ovaj rad pokazao je statistički značajno unapređenje u mjerenim varijablama nakon provedbe šestotjedne trenažne intervencije u obje grupe. To konkretno znači da statičko istežanje ne utječe negativno na kroničan razvoj eksplozivne jakosti. Dakle, u sportskoj praksi ne treba izbjegavati sportaševo istežanje na kraju pliometrijskih trenažnih jedinica. Rezultati su također pokazali akutan negativan učinak statičkog istežanja na eksplozivnu jakost. Prije važnih eksplozivnih sportskih aktivnosti, sportaši bi trebali izbjegavati provedbu statičkog istežanja i zamijeniti ga dinamičkim istežanjem.

**Ključne riječi:** statičko istežanje, pliometrija, neuromuskularna funkcija

## Summary

### ACUTE AND CHRONIC EFFECTS OF STATIC STRETCHING ON EXPLOSIVE STRENGTH

Static stretching is a common occurrence in sports as a final part of training units. The findings to date suggest that static stretching could impair the acute output of explosive force strength. Its chronic effects on explosive force output have not yet been investigated. This study was implemented with a goal of researching the acute static stretching effect of chronic musculoskeletal adaptation on explosive strength and the possible negative impact of static stretching after six-weeks plyometric training intervention.

The acute part of the experimental study was performed on a sample of 40 participants, average age  $22.6 \pm 4.23$  years. The chronic part was performed on 27 participants, average age  $22.4 \pm 3.2$  years. By random selection, the subjects were classified into two groups (E and K). The E group had 14 subjects and the K group 13. The groups were tested both before and after six-week training programme in order to obtain the consequences of static stretching on chronic explosive strength progression. The two tests used were the squat jump (SJ) and the long jump (SDM). The derived variable was the jump height in centimeters for SJ, and the jump distance in centimeters for SDM. Both groups performed an identical plyometric training plan. The E group implemented static stretching after plyometric training, and the K group did not stretch.

ANOVA results indicate the absence of a statistically meaningful difference between groups of subjects in the chronic improvement of explosive strength before (SJ = 0.782; SDM = 0.752) and after (SJ = 0.375; SDM = 0.533) implementation of SS. T-test results for dependent samples indicated a statistically significant negative effect of acute stretching on both initial and final testing.

This research demonstrated a statistically significant advancement in the measured variables between initial and final testing in both E and K groups. This means that static stretching does not negatively affect the chronic development of explosive strength and that it should not be avoided at the end of explosive training units. The results also showed acute negative static stretching influence on chronic progression of explosive strength. Prior to important explosive sports activities, athletes should avoid performing static stretching and replace it with dynamic stretching.

**Keywords:** Static stretching, Plyometrics, Neuromuscular function

## **SADRŽAJ:**

<b>1. Uvod</b>	1
<b>2. Cilj rada</b>	4
<b>3. Metode rada</b>	5
3.1 Ispitanici	5
3.2. Plan istraživanja	6
3.3. Protokol testiranja	9
3.4. Testovi	10
3.5. Protokol trenažne intervencije	10
3.6. Protokol statičkog istežanja	15
3.7. Obrada podataka	18
<b>4. Rezultati</b>	18
4.1. Utjecaj dodatka statičkog istežanja pliometrijskom treningu na akutno narušavanje eksplozivne jakosti primjenom SS.	19
4.2. Učinak dodatka statičkog istežanja pliometrijskom treningu na dugoročni razvoj eksplozivne jakosti	22
<b>5. Rasprava</b>	28
<b>6. Zaključak</b>	32
<b>7. Literatura</b>	34
<b>8. Prilozi</b>	39

# 1. Uvod

Pliometrijski trening danas je u kondicijskoj pripremi jedan od najvažnijih režima trenažnog rada za unapređenje eksplozivne jakosti. Ta sposobnost prijeko je potrebna za kvalitetu sportske izvedbe u mnogim sportskim aktivnostima. Za optimalnu eksplozivnu jakost potreban je iznimno brzi mišićni ciklus istezanja i skraćivanja. Pliometrijski trening karakterizira takav brzi ciklus mišićnog djelovanja kroz izduživanje nakon čega slijedi aktivno mišićno skraćivanje. Takav brzi ciklus unaprijeđuje jakost i snagu donjih ekstremiteta te ranije spomenuti ciklus istezanja i skraćivanja (Marković i Mikulić, 2010). Taj režim mišićnog rada potpuno je oprečan od mišićnog rada prilikom statičkog istezanja, odnosno dugoročnog zadržavanja u istegnutom stanju. Osim što pliometrijski trening povećava količinu mišićne snage (Ramirez-Campillo i sur., 2015), radi pojavnosti snažnih ekscentričnih sila tijekom doskoka i usporavanja, Marković i Mikulić (2010) konstatirali su da je pliometrijski trening efektivan trenažni stimulus za prevenciju ozljeda donjih ekstremiteta.

Witvrouw, Mahieu, Roosen i McNair (2007) ukazali su kako u sportovima s velikim brojem pokreta koji uključuju ciklus istezanja i skraćivanja postoji veća incidencija ozljeda tetiva. Mogući razlog tomu je veliko opterećenje na tetive. Mišićno-tetivne jedinice koriste se kao opruge te pohranjuju veliku količinu elastične potencijalne energije. Ukoliko one nisu u mogućnosti apsorbirati toliku količinu energije, dolazi do rizika preopterećenja tetiva i posljedično - ozljede. Upravo radi toga, trebalo bi posebno obratiti pozornost na povećanje tolerancije pohranjivanja većeg energetskeg kapaciteta tetiva u njihovoj prevenciji i rehabilitaciji ozljeda. U istraživanju koje su proveli Kubo, Ishigaki i Ikeburo (2017) sportovi koji sadrže veliki broj pokreta ciklusa istezanja i skraćivanja dugoročno povećavaju napetost tetiva, a u takvim sportovima trening fleksibilnosti izrazito je važan za održavanje optimalne elastičnosti tetiva i usporavanja degenerativnih tetivnih promjena koje nastaju uslijed stalnih prenaprezanja kroz ciklus istezanja i skraćivanja. Također, pliometrijski trening smanjuje prag ekscitabilnosti golgijeveg tetivnog aparata te povećava elastičnu komponentu mišića (Kutz, 2003). Posljedično, trenažni zadaci koji proizvode velike ekscentrične mišićne sile ukazuju na logičan i važan utjecaj u smanjenju učestalosti razvoja tendinopatija donjih ekstremiteta (Frizziero, Vittadini, Fusco, Giombini i Masiero, 2016). Razlog tomu leži u većoj sposobnosti pohranjivanja elastične energije, koja onda rezultira većom ekscentričnom silom, a ona smanjuje učestalost ozljeda (Witvrouw, Mahieu, Roosen i McNair, 2007).



Trening pliometrije koji uključuje vertikalnu i horizontalnu komponentu pozitivno utječe na sposobnosti sprinta, vertikalnog skoka, agilnosti i izdržljivosti u nogometaša (Ozbar, Ates i Agopyan, 2014; Ramirez-Campillo i sur., 2016).

Radi velike važnosti horizontalne komponente sile u poboljšanju izvedbe sprinta tijekom kratkih dionica i velike važnosti vertikalne komponente sile u poboljšanju brzine trčanja tijekom dugih dionica, očekuje se da će implementacija horizontalnog ili vertikalnog treninga pliometrije potaknuti specifične mehaničke adaptacije ovisno o dominantnom prostornom usmjerenju sile prilikom izvedbe motoričkog zadatka (Buchheit i sur., 2014).

Osim dobro poznatih i istraženih benefita pliometrije na sposobnost proizvodnje maksimalne brzine (Saez De Villarreal, Requena i Cronin, 2012), benefiti pliometrije na motoričku sposobnost agilnosti također su dobro poznati i istraženi (Asadi, Arazi, Young i Sáez de Villarreal, 2016). Ramírez-Campillo i sur. (2015) te Sáez de Villarreal i sur. (2015) u svojim su radovima ukazali kako je šest tjedana pliometrijskog treninga dovoljno za statistički značajan razvoj eksplozivne jakosti. U njihovom je istraživanju proveden trening 3 dana u tjednu s 48 sati odmora između trenažnih jedinica za 3 skupine tijekom 6 tjedana intervencije (18 trenažnih jedinica), kao i u ovom radu.

Danas se u sportskoj praksi provode vježbe istezanja prije važnih sportskih aktivnosti, od kojih statičko istezanje i propioceptivna neuromuskularna facilitacija djeluju kompromitirajuće na sportsku izvedbu. Najveći broj istraživanja izvijestio je o negativnim učincima SS na maksimalne mišićne performanse. Agata i sur. (2009) ukazuju kako SS uključuje zadržavanje mišića u određenom opsegu pokreta dok se ne postigne osjećaj istezanja ili točka nelagode (Behm, Bambury, Cahill i Power, 2004), te zadržavanje mišića u tom položaju tijekom određenog vremenskog razdoblja (Behm, Blazevich, Kay i McHugh, 2016). SS smatra se učinkovitim metodom za povećanje opsega pokreta zglobova (Paradisis i sur., 2014; McHugh i Cosgrave, 2010; Power i sur., 2004), a često se smatra da poboljšava performanse i smanjuje učestalost ozljeda povezanih s aktivnostima (McHugh i Cosgrave, 2010; Ekstrand i sur., 1983; Hadala i Barrios, 2009). SS obično se koristi u kliničkim i atletskim sredinama sa specifičnim ciljevima povećanja zajedničkog opsega pokreta i smanjenja rizika od ozljeda (McHugh i Cosgrave, 2010). Palomero i sur. (2011) ukazali su na činjenicu da istezanje i tjelesno vježbanje potiču razne adaptacijske efekte lokomotornog sustava, uključujući stanične reakcije poput ekspresije gena i sinteze proteina. Također, utvrđeno je kako mehaničko opterećenje skeletnih mišića sprječava atrofiju induciranu deinervacijom mišića (Agata i sur., 2009). Dokazan je jasan učinak doze i odgovora (Behm i sur., 2016) u

kojem što je dulje trajanje istezanja (npr.  $\geq 60$  s) posljedično rezultira lošijim rezultatima sportske izvedbe ( $< 5\%$ ) (Behm i Chaouachi, 2011; Kay i Blazevich, 2012). Ti lošiji rezultati vidljivi su kada se testiranje izvodi u roku od nekoliko minuta nakon istezanja. Upravo zbog tog negativnog učinka SS-a, pitanje je da li taj akutan negativni odgovor SS kronično inhibira razvoj eksplozivne jakosti. Kako se SS danas često provodi u uvodnim i pripremim dijelovima treninga i natjecanja, postavlja se pitanje što ako ga potpuno izbacimo radi dokazanog kompromitirajućeg učinka. Posljedično, novi rad Blazevich-a i sur., (2018) istraživao je rutine zagrijavanja. Ispitanici su se osjećali najspremnije za aktivnost ako je zagrijavanje imalo neku od vrsta istezanja.

Provođenje SS kratkog trajanja nije kompromitirajuća metoda inhibicije sportske izvedbe, ako se provodi u kraćem vremenskom intervalu. Dapače, ako se provodi zajedno s vježbama jakosti, koje poboljšavaju maksimalnu funkciju, pokretljivost donjih udova (Bean i sur., 2004) i uspješnost savladavanja otpora hodanja po stepenicama (Capodaglio i sur., 2005.). U takvim okolnostima, ne treba strahovati o mogućem negativnom učinku, pogotovo ako je vremenski interval provođenja oko 20 sekundi. Istezanje i zagrijavanje mišića mogu imati slične učinke na viskoelastična svojstva mišića (Taylor i sur., 1997). Ti viskoelastični učinci imaju jasan utjecaj na smanjen rizik od ozljeda. Međutim kako SS djeluje kompromitirajuće na brzu mišićnu funkciju, većina sportskih znanstvenika preporuča provedbu dinamičkog istezanja u zagrijavanju ispred svih ostalih metoda za razvoj amplitude pokreta (Kallerud i Gleeson, 2013; Behm i Chaouachi, 2011). Stope ozljeda tetiva niže su u klubovima koji prijavljuju upotrebu istezanja (Dadebo i sur., 2004). Također, nove spoznaje idu u prilog činjenici kako se smanjuje relativni rizik nastanka mišićno-tetivnih ozljeda, ako se tijekom zagrijavanja provodi nekoliko zadataka istezanja (Kay i sur., 2018).

Koji su to fiziološki mehanizmi u pozadini spomenutog akutnog negativnog učinka SS na brza i snažna mišićna svojstva? Trajano i sur. (2014) primijetili su da varijabilno istezanje (odmor od 15 s između 5 istegnuća po 60 sekundi) uzrokuje zapaženu izmjenu ciklusa ishemije i perfuzije plantarnih fleksora stopala. Pozadinski mehanizam kojim ovi ciklusi narušavaju stvaranje sile nije poznat, međutim istraživanje Trajana i sur. (2014) ukazuje na moguću poremećaj prijenosa sarkolemskog potencijala koji može oslabiti oslobađanje kalcija iz sarkoplazmatskog retikuluma tijekom aktivacije mišića. Primijetili su smanjenje frekvencije signala elektromiografije (EMG), međutim nisu uspjeli dokazati radi li se o prethodno navedenom mehanizmu ili o drugom mogućem mehanizmu akutnog negativnog utjecaja koji karakterizira promjene na razini regrutacije motoričkih jedinica nakon statičkog istezanja.

Treći mogući mehanizam djelovanja na smanjenje mišićnog izlaza sile nakon SS razvio se radi viđene promjene u amplitude M-vala nakon 5 serija (5 X 1 min) istezanja plantarnih fleksora stopala. S obzirom da istezanje mišića rezultira akutnom depresijom amplitude vala, mogući razlog tom smanjenju usmjeren je prema formiranju inhibicije aferentnog impulsa na kortikospinalnom putu (Trajano i sur., 2014). U prilog ovom stajalištu ide i rad Opplert-a i sur. (2018) u kojem se spominje smanjen Hoffmanov refleks nakon SS.

Zanimljivo je da ne djeluje samo SS na smanjenje brzog izlaza mišićne sile nego i metode poput *foam rollinga* i ostalih metoda miofascijalnog istezanja. Međutim Godwin, Stanhope, Bateman i Mills (2020) ukazuju kako *foam rolling* ne kompromitira izvedbu dubinskih skokova, a značajno povećava amplitudu pokreta u gležnju. Time se postavlja pitanje, treba li sportašima dati *foam rolling* prije natjecateljskih aktivnosti, umjesto različitih vrsta istezanja koje većinom djeluju negativno na akutni izlaz mišićne sile. Phillips i sur. (2021) otkrili su značajno smanjenje visine vertikalnog skoka nakon 5 minuta samostalnog miofascijalnog opuštanja. S obzirom na te statistički značajne informacije, nisu ukazane nikakve razlike u testovima agilnosti. Samostalno miofascijalno rolanje s malim valjkom postiže akutno vraćanje optimalne amplitude i smanjenje u fascialnoj napetosti, može smanjiti bol i poboljšati funkciju. Sadašnji nalazi sugeriraju da program treninga koji uključuje *foam rolling* ili vježbe distrakcije zgloba s elastičnim trakama vjerojatno poboljšavaju opseg pokreta kao i specifične obrasce pokretljivosti (Guillot, Kerautrel, Queyrel, Schobb i Di Rienzo, 2019).

Kako su prethodno opisani postojani akutni negativni učinci SS na sposobnost brze proizvodnje mišićne sile i mogući fiziološki mehanizmi koji se nalaze u pozadini tih akutnih negativnih utjecaja, ovaj eksperimentalni diplomski rad postavljen je s ciljem otkrivanja i povezivanja međudjelovanja pliometrijskih stimulusa i SS na istim trenažnim jedinicama na razvoj eksplozivne jakosti i moguće razlike u negativnim akutnim učincima između grupa.

## **2. Cilj rada**

Cilj diplomskog rada je utvrditi prati li akutni učinak SS na eksplozivnu jakost kroničnu mišićno-živčanu adaptaciju na pliometrijski trening te postoji li akutan negativan utjecaj SS nakon šest tjedana pliometrije. Cilj je tražen kroz akutni, kronični i adaptacijski eksperimentalni postulat u ovom radu.

### 3. Metode rada

Ovo je istraživanje dio većeg projekta koji se pod vodstvom doc. dr. sc. Tatjane Trošt Bobić, provodi na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a u okviru kojeg su poučavani dugoročni učinci SS na razvoj eksplozivne jakosti tjelesno aktivnih osoba.

Dio metoda rada ovog diplomskog rada nalazi se i u eksperimentalnoj studiji „Utjecaj statičkog istežanja na dugoročni razvoj eksplozivne jakosti“. Rad je dobitnik Rektorove nagrade Sveučilišta u Zagrebu 2020. godine. Jedan od autora rada, također je i autor ovog diplomskog rada. Plan i program volumena trenažnog opterećenja identičan je kao u Diplomskom radu Marka Bukvića pod naslovom: “Učinak vježbi statičkog istežanja na kronični razvoj eksplozivne jakosti i adaptaciju akutnog odgovora na istežanje”. Plan i program trenažnog rada može se detaljnije pogledati i u tom radu. Oba su diplomatska rada rezultat gore navedenog većeg istraživanja.

#### 3.1 Ispitanici

Inicijalnom testiranju pristupilo je 40 mladih, tjelesno aktivnih ispitanika (31 M + 9 Ž), prosječne dobi  $22.6 \pm 4.23$  godine, visine  $176.2 \pm 9.00$  cm i težine  $76.6 \pm 11.96$  kg. Prosječno trenažno opterećenje ispitanika iznosilo je  $5.1 \pm 0.88$  sati treninga tjedno. Kriterij uključivanja u istraživanje bili su dob između 18 i 25 godina te redovito bavljenje sportsko-rekreacijskim aktivnostima (minimalno 3 sata treninga tjedno). Kriteriji isključivanja iz istraživanja bili su povijest ozljede donjih ekstremiteta unatrag godinu dana te prisustvo živčano-mišićne bolesti što je provjereno intervjuom. Prije početka istraživanja ispitanici su upoznati s planom istraživanja i mogućim rizicima njihovog sudjelovanja te su potpisali Izjavu o suglasnosti dobrovoljnog sudjelovanja u istraživanju (Šumatić i Bukvić, 2020).

Nakon inicijalnog testiranja zbog raznih razloga broj ispitanika smanjio se na 27 ispitanika koji su pristali na duži vremenski period sudjelovanja u istraživačkoj trenažnoj intervenciji (20 M + 7 Ž). Prosječna dob ispitanika bila je  $22.4 \pm 3.2$  godine, visina  $174.2 \pm 9.0$  cm i težina  $75.6 \pm 13.5$  kg. Prosječno trenažno opterećenje ispitanika iznosilo je  $4.7 \pm 1.3$  sati treninga tjedno.

### 3.2. Plan istraživanja

Ovo randomizirano kontrolirano istraživanje trajalo je sveukupno 8 tjedana. Sastojalo se od tri glavne faze:

- 1) Inicijalno testiranje od dva testa za procjenu eksplozivne jakosti s ponovljenim mjerenjima nakon SS radi procjene akutnog učinka na istežanje;
- 2) Provođenje eksperimentalnog trenažnog protokola u trajanju od 6 tjedana (za eksperimentalnu grupu: trening pliometrije sa završnim statičkim istežanjem; za kontrolnu grupu samo pliometrijski trening bez završnog istežanja) (Sáez de Villarreal, Suarez-Arrones, Requena, Haff i Ramos Veliz, 2015);
- 3) Finalno testiranje od dva testa za procjenu eksplozivne jakosti s ponovljenim mjerenjima nakon SS radi procjene akutnog učinka na istežanje

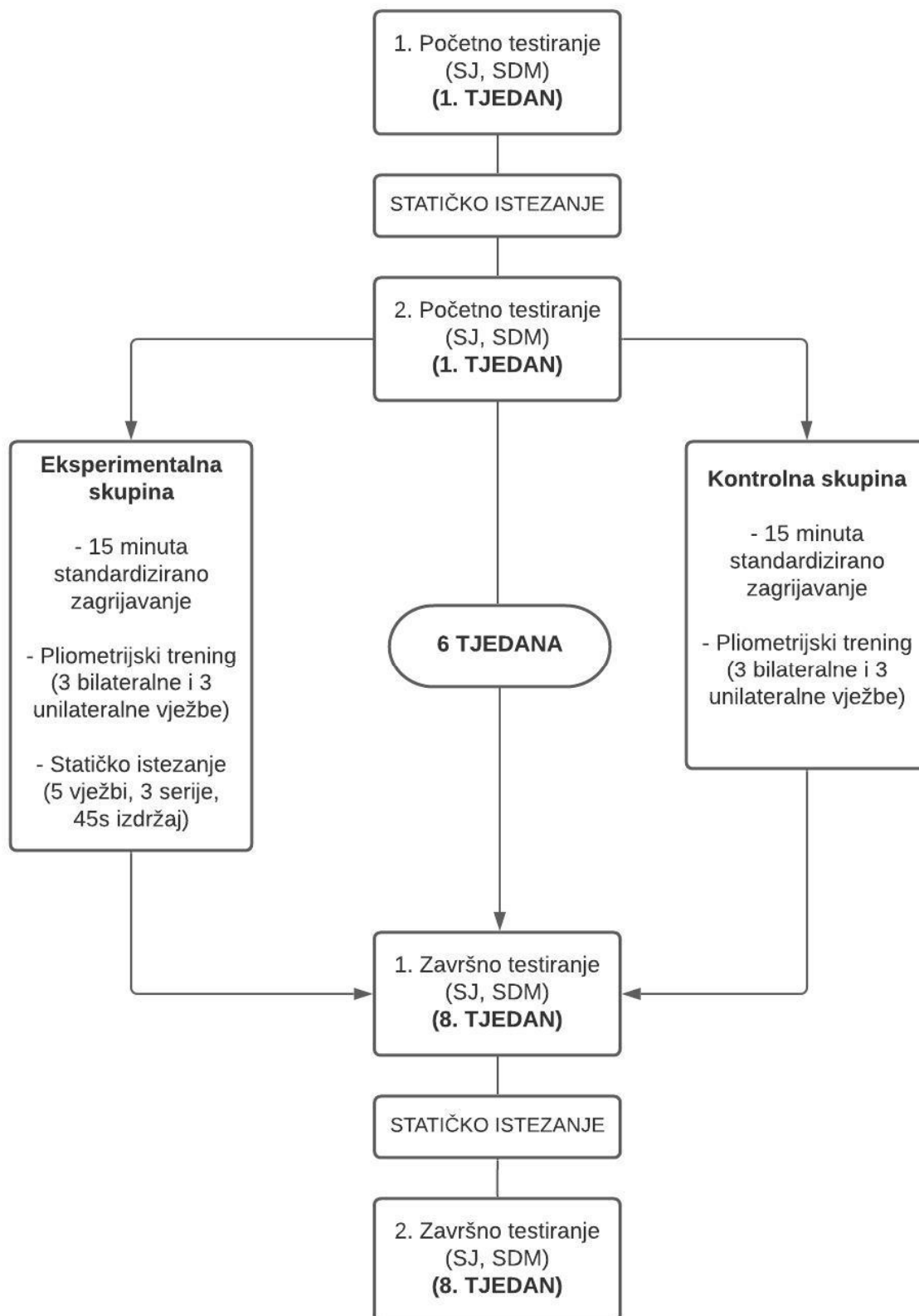
**Tablica 1.** Osnovne antropometrijske karakteristike i broj sati treninga tjedno ispitanika na početnom testiranju svih 40 ispitanika.

VARIJABLA	AS ± SD
Dob (godine)	22.6 ± 4.23
Tjelesna visina (cm)	176.2 ± 9.00
Tjelesna masa (kg)	76.6 ± 11.96
Broj sati treninga tjedno	5.1 ± 0.88

**Tablica 2.** Osnovne antropometrijske karakteristike i broj sati treninga tjedno ispitanika eksperimentalne i kontrolne skupine te rezultati t-testa za nezavisne uzorke.

VARIJABLA	GRUPA	AS ± SD	T-Test (p)
Dob (godine)	Eksperimentalna	23.1 ± 4.20	0.245
	Kontrolna	21.6 ± 1.39	
Tjelesna visina (cm)	Eksperimentalna	174.7 ± 7.34	0.734
	Kontrolna	173.5 ± 10.76	
Tjelesna masa (kg)	Eksperimentalna	73.4 ± 12.65	0.393
	Kontrolna	78.0 ± 14.50	
Broj sati treninga tjedno	Eksperimentalna	4.6 ± 0.92	0.705
	Kontrolna	4.8 ± 1.71	

Nakon što su ispitanici pristali sudjelovati u istraživanju, prije inicijalnog testiranja, slučajnim odabirom raspoređeni su u eksperimentalnu (11 M + 3 Ž – pliometrijski trening sa završnim istežanjem) ili kontrolnu (9 M + 4 Ž – pliometrijski trening bez završnog istežanja) grupu. (Šumatić i Bukvić, 2020). Za slučajno razvrstavanje ispitanika u kontrolnu ili eksperimentalnu grupu, korišten je posebni programski paket (RNG software - <http://www.random.org/integers/>). Ispitanici eksperimentalne i kontrolne grupe nisu se međusobno razlikovali u osnovnim antropometrijskim karakteristikama niti u broju sati treninga tjedno, a što je provjereno t-testom za nezavisne uzorke (Tablica 1).



**Slika 1.** Grafički prikaz provedbe istraživanja

### 3.3. Protokol testiranja

#### a) Početno zagrijavanje

Testiranje je započelo sa standardiziranim protokolom zagrijavanja koji se sastojao od 10 dužina po 20 metara laganog protrčavanja, nakon čega su slijedile klasične vježbe škole trčanja (frontalno trčanje sa kruženjem ruku u ramenu, bočno kretanje u svaku stranu, križno kretanje, izbacivanje, zabacivanje potkoljenica, indijanski poskoci, niski skip, visoki skip, te na kraju 4 dužine submaksimalnog ubrzanja), pripremnih vježbi dinamičkog zagrijavanja: cirkumdukcije, rotacije, laterofleksije i antefleksije cervikalne kralježnice; elevacije, depresije, cirkumdukcije i rotacije u ramenom zglobu, razgibavanje laktova i zglobova šake, zasuci u torakalnom dijelu kralježnice, ekstenzije torakalnog dijela kralježnice s rukama na povišenju, kombinacije dinamičkih pretklona, otklona i zaklona, balističkih kombinacija prednoženja, zanoženja i odnoženja, prijenosa težine s jedne na drugu nogu iz raskoračnog stava, sunožnog i jednonožnog rumunjskog mrtvog dizanja bez i sa poskokom, iskoraka iz niskog skipa u natrag i u stranu, eksplozivnih čučnjeva sa skokom, vježbi dinamičke pokretljivosti u skočnom zglobu u svim smjerovima. Protokol zagrijavanja trajao je petnaest minuta (Šumatić i Bukvić, 2020).

#### b) Testovi za procjenu eksplozivne jakosti

Nakon zagrijavanja slijedilo je izvođenje dva testa za procjenu eksplozivne jakosti tipa skoka: skok bez pripreme (SJ) i skok u dalj iz mjesta (SDM). Oba testa izvedena su na Kistler platformi za mjerenje sile (<https://www.kistler.com/?type=669&fid=100340&model=document>) te je interesna varijabla izračunata pomoću Kistler Quattro Jump softvera (eng. Quattro Jump Portable Force Plate System). Provedba testova detaljnije je opisana u sljedećem poglavlju.

#### c) Protokol statičkog istezanja

Ispitanici su istezali 5 velikih mišićnih skupina koje doprinose mogućem negativnom utjecaju na eksplozivnu jakost. Ukupno provedeno vrijeme u krajnjem neugodnom opsegu pokreta po mišićnoj skupini trajalo je 135 sekundi, a ponavljalo se 3 puta po 45 sekundi (Gavin i sur., 2019) s kratkom pauzom od 15 sekundi između radnih serija. Provođeni zadaci istezanja bili su identični kao u protokolu trenažne intervencije te su detaljnije opisani u poglavlju 3.5.



#### **d) Ponovno izvođenje testova za procjenu eksplozivne jakosti**

Nakon provedenog protokola istežanja ispitanici su odmah ponavljali izvedbu dvaju testova za procjenu eksplozivne jakosti.

### **3.4. Testovi**

#### **1) SJ**

Skok bez pripreme izvodio se iz početne pozicije koju je činila izometrička pozicija čučnja, gdje su se ruke nalazile na bokovima, nakon čega je uslijedila maksimalna koncentrična faza opuštanja zglobova donjih ekstremiteta u vis. Cilj zadatka bio je maksimalni vertikalni odraz. Izvedena varijabla bila je visina skoka u centimetrima. Test se izvodio tri puta, a za daljnju obradu korišten je najbolji pokušaj (Venier, Grgic, Mikulic, 2019; Cherif i sur., 2012; Gonzalez-Rave, Machado, Navarro-Valdivielso i Vilas-Boas, 2009).

#### **2) SDM**

Test se izvodio s horizontalnim prostornim naglaskom. Cilj je bio maksimalni horizontalni odraz iz mjesta. Izvodio se prema uvriježenoj normi iz Eurofit baterije testova (Adam, Klissouras, Ravazzolo, Renson i Tuxworth, 1988) na specifičnoj strunjači za mjerenje rezultata s iscrtanom longitudinalnom mjernom skalom. Nakon što bi ispitanik izveo maksimalni skok u dalj iz mjesta, pomoću skale očitala bi se vrijednost duljine skoka u centimetrima. Vrijednost duljine skoka bila je sukladna udaljenosti od odrazne linije do linije na kojoj su se nalazile pete ili neki drugi dio tijela koji je bio najbliži odraznoj liniji. Ispitanici su test izvodili tri puta, a u daljnjoj obradi korišten je najbolji rezultat (Ozbar, Ates i Agopyan, 2014; Loturco i sur., 2015).

### **3.5. Protokol trenažne intervencije**

Nakon inicijalnog testiranja ispitanici su slučajnim odabirom podijeljeni u dvije grupe: eksperimentalnu i kontrolnu pomoću RNG softvera.

Kako bi se omogućila provjera utjecaja provođenja vježbi statičkog istežanja na kraju pliometrijskog treninga na kroničan razvoj eksplozivne jakosti, trening eksperimentalne ske sastojao se od: a) početnog zagrijavanja, b) glavnog (pliometrijskog) dijela treninga i c) završnih vježbi statičkog istežanja. Trening je trajao ukupno 60 minuta, od čega 15 minuta zagrijavanja, 25 minuta pliometrijskih vježbi te 20 minuta statičkog istežanja. Kontrolna grupa

provodila je identično zagrijavanje te pliometrijski trening kao i eksperimentalna grupa, ali bez provođenja statičkog istezanja nakon treninga.

### **a) Početno zagrijavanje**

Motorički zadaci koji su korišteni tijekom zagrijavanja bivali su isti kao prethodno opisani zadaci zagrijavanja kod protokola testiranja.

### **b) Glavni dio**

U ovom dijelu trenažne jedinice provodio se pliometrijski trenažni plan, koji se sastojao od 6 radnih zadataka. Radni zadaci podijeljeni su u dvije kategorije s obzirom na tip odraza: bilateralni i unilateralni odraz. Također su radni zadaci podijeljeni s obzirom na prostorni smjer kretanja: vertikalni i horizontalni naglasak izvođenja skokova. U bilateralnoj skupini dva skoka izvodila su se s naglaskom na maksimalnu vertikalnu komponentu (visinu skoka), a jedan na maksimalnu horizontalnu (duljinu skoka). Takva raspodjela je također bila prisutna i u unilateralnoj skupini zadataka. Bilateralna grupa sastojala se od sljedećih radnih zadataka: skokovi iz stopala vertikalno u kretanju, vertikalni skokovi iz počučnja u kretanju, horizontalni skokovi iz počučnja u kretanju. Unilateralna grupa skokova sastojala se od sljedećih radnih zadataka: vertikalni poskoci iz stopala u kretanju, vertikalni poskoci iz počučnja u kretanju, skokovi s noge na nogu s horizontalnim naglaskom. Plan treninga programiran je na principu progresivnog povećanja volumena opterećenja, koji se mjerio tjednim povećanjem broja skokova (Ramírez-Campillo i sur. 2015) i omjerom između broja bilateralnih i unilateralnih skokova po tjednu. To znači da je ukupni broj skokova po tjednu rastao proporcionalno progresivnom povećanju volumena opterećenja. Po tjednu su se provodile tri trenažne jedinice, s naglaskom na međusobni vremenski razmak od minimalno 48 sati (Meylan i Malatesta, 2009). Odmor između bilateralnih serija u istoj vježbi trajao je 30 sekundi, a između promjene bilateralnih vježbi 1 minutu. Odmor između unilateralnih serija u istoj vježbi trajao je 45 sekundi, a između promjena unilateralnih vježbi 1 minutu. Nakon pliometrijskog treninga slijedio je postupak hodajuće relaksacije, koji se provodio na udaljenosti od 8 dužina po 20 metara. (Šumatić i Bukvić, 2020).

### **c) Završne vježbe statičkog istezanja**

Ovaj trenažni dio izvodila je isključivo eksperimentalna grupa, a protokol je detaljnije opisan u sljedećem poglavlju.

**Tablica 3.** Prikaz provedenog trenažnog volumena skokova bilateralnog karaktera

Bilateralni skokovi	Vertikalni skokovi iz stopala				Vertikalni skokovi iz počučnja u kretanju				Horizontalni skokovi iz počučnja u kretanju			
	Tjedni	Serije	Ponavljanja	Opterećenje (RPE)	Odmor*	Serije	Ponavljanja	Opterećenje (RPE)	Odmor*	Serije	Ponavljanja	Opterećenje (RPE)
1.	3	8	7	30/60	3	8	7	30/60	1	7	7	30/60
2.	2	10	7	30/60	2	10	7	30/60	2	5	7	30/60
3.	2	10	8	30/60	2	10	8	30/60	1	5	8	30/60
4.	2	10	8	30/60	3	5	8	30/60	2	5	8	30/60
5.	2	7	9	30/60	2	6	9	30/60	2	5	9	30/60
6.	1	10	10	30/60	1	10	10	30/60	2	5	10	30/60
<b>Ukupno</b>	<b>36</b>	<b>324</b>	<b>AS: 8.2</b>		<b>39</b>	<b>303</b>	<b>AS: 8.2</b>		<b>30</b>	<b>156</b>	<b>AS: 8.2</b>	

Legenda: *RPE* (eng. *rate of perceived exertion*) = stopa subjektivne procjene opterećenja ispitanika; AS = aritmetička sredina.

\**ODMOR*: 30 sek između serija, 60 sek između vježbi

**Tablica 4.** Prikaz provedenog trenažnog volumena skokova unilateralnog karaktera

Unilateralni skokovi	Vertikalni poskoci iz stopala u kretanju				Vertikalni poskoci iz počučnja u kretanju				Skokovi s noge na nogu s horizontalnim naglaskom			
	Tjedni	Serije	Ponavljanja	Opterećenje (RPE)	Odmor*	Serije	Ponavljanja	Opterećenje (RPE)	Odmor*	Serije	Ponavljanja	Opterećenje (RPE)
1.	1	10 (5+5)	7	45/60	1	10 (5+5)	7	45/60	2	6 (3+3)	7	45/60
2.	1	10 (5+5)	7	45/60	2	10 (5+5)	7	45/60	2	10 (5+5)	7	45/60
3.	2	10 (5+5)	8	45/60	2	10 (5+5)	8	45/60	3	10 (5+5)	8	45/60
4.	3	10 (5+5)	8	45/60	3	10 (5+5)	8	45/60	2	10 (5+5)	8	45/60
5.	2	12 (6+6)	9	45/60	2	20 (10+10)	9	45/60	2	10 (5+5)	9	45/60
6.	2	20 (10+10)	10	45/60	2	20 (10+10)	10	45/60	3	10 (5+5)	10	45/60
<b>Ukupno</b>	<b>33</b>	<b>402 (201+201)</b>	<b>AS: 8.2</b>		<b>36</b>	<b>480 (240+240)</b>	<b>AS: 8.2</b>		<b>42</b>	<b>396 (198+198)</b>	<b>AS: 8.2</b>	

Legenda:

*RPE* (eng. *rate of perceived exertion*) = stopa subjektivne procjene opterećenja ispitanika; AS= Aritmetička sredina.

\**ODMOR*: 30 sek između serija, 60 sek između vježbi

**Tablica 5.** Prikaz progresije opterećenja povećanjem broja skokova po trenažnoj jedinici i trenažnom tjednu

Tjedni	Ukupno skokova po treningu	Ukupno bilateralnih skokova po treningu	Ukupno unilateralnih skokova po treningu	Ukupno skokova po tjednu	Ukupno bilateralnih skokova po tjednu	Ukupno unilateralnih skokova po tjednu
1.	87	55	32	261	165	96
2.	100	50	50	300	150	150
3.	115	45	70	345	135	210
4.	125	45	80	375	135	240
5.	120	36	84	360	108	252
6.	140	30	100	420	90	300

### 3.6. Protokol statičkog istežanja

Protokol statičkog istežanja, koji je proveden u eksperimentalnoj skupini sastojao se od 5 vježbi. Kako je u dosadašnjoj literaturi dokazano da 45 sekundi statičkog istežanja prije aktivnosti ima negativan akutan utjecaj na maksimalnu i eksplozivnu jakost (Šimić i sur., 2013), ispitanici su svaku vježbu izvodili 3 serije po 45 sekundi (Gavin i sur., 2019) s 15 sekundi odmora između serija i vježbi. Ispitanici su zadržavali opseg pokreta na granici boli, tj. bili su cijelo vrijeme u zoni prihvatljive nelagode, bez vidljivih reaktivnih trzaja mišića. Primijenjene vježbe su:

- maksimalno raznoženje s pretklonom za istežanje mišića primicača natkoljenice (Slika 2)
- maksimalna dorzalna fleksija stopala uz zid s pruženim koljenom za istežanje mišića stražnje strane potkoljenice (Slika 3)
- maksimalna fleksija u kuku na pružena koljena za dominantno istežanje mišića stražnje strane natkoljenice (Slika 4)
- maksimalna fleksija u koljenu za istežanje četveroglavog mišića natkoljenice s potiskom kukova prema naprijed (Slika 5)
- maksimalna plantarna fleksija stopala na povišenju za dominantno istežanje mišića prednje strane natkoljenice (Slika 6)

Kontrolna grupa je nakon relaksacije bila gotova s treningom, što znači da su provodili isključivo a) i b) dio trenažne jedinice. Cjelokupni šestotjedni trenažni pliometrijski volumen treninga bio je identičan u obje skupine.

**Slika 2.** Maksimalno raznoženje s pretklonom za istežanje mišića primicača natkoljenice



**Slika 3.** Maksimalna dorzalna fleksija stopala uz zid s pruženim koljenom za istežanje mišića stražnje strane potkoljenice



**Slika 4.** Maksimalna fleksija u kuku na pružena koljena za dominantno istežanje mišića stražnje strane natkoljenice



**Slika 5.** Maksimalna fleksija u koljenu za istežanje četveroglavog mišića natkoljenice s potiskom kukova prema naprijed



**Slika 6.** Maksimalna plantarna fleksija stopala na povišenju za dominantno istežanje mišića prednje strane natkoljenice





### 3.7. Obrada podataka

Radi određivanja kroničnog utjecaja SS na razvoj eksplozivne jakosti tipa skoka, u analizu bili su uključeni rezultati ispitanika prije i nakon šestotjedne trenažne intervencije. Usporedbom rezultata postignutih na početnom i završnom mjerenju (nakon 6 tjedana treninga) prikazan je utjecaj provedenog SS na razvoj eksplozivne jakosti. Također, uspoređen je napredak u eksplozivnoj jakosti ispitanika kontrolne i eksperimentalne skupine.

Akutni učinak SS promatrao se u dvije vremenske točke, prije i nakon 6 tjedana pliometrijske intervencije. Dobiveni rezultati bili su međusobno uspoređeni, kako bi se odredilo eventualno smanjenje akutnog učinka SS u obje promatrane varijable (visinu i duljinu skoka u cm).

Shapiro-Wilk test koristio se za utvrđivanje normalnosti distribucija. Pomoću studentovog t-testa za nezavisne uzorke autor je odredio razlike između grupa ispitanika na početnom testiranju. Promjene između dva testiranja u obje grupe provjerene su studentovim t-testom za zavisne uzorke. ANOVA s ponovljenim mjerenjima na vremenskom faktoru provodila se radi utvrđivanja značajnosti razlika između grupa nakon obavljenog trenažnog programa. Studentovim t-testom za zavisne uzorke provjerene su razlike između početnog i završnog testiranja.

Putem statističkog programa STATISTICA (Verzija 8.0; StatSoft, Inc, Tulsa) provedene su sve statističke evaluacije. Sve vrijednosti prijavljene su kao  $AS \pm SD$ .

## 4. Rezultati

U dvije testirane varijable dobiveni su bazični centralni i disperzivni pokazatelji na oba testiranja. Deskriptivni pokazatelji u osnovnim varijablama prikazani su u tablici broj 6. Rezultati t-testa za nezavisne uzorke ukazuju na činjenicu da se ispitanici kontrolne i eksperimentalne skupine međusobno nisu razlikovali u inicijalnom mjerenju.

**Tablica 6.** Deskriptivni pokazatelji (aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija) unutar grupa u osnovnim varijablama i rezultati t-testa za nezavisne uzorke dobiveni usporedbom vrijednosti u varijablama obje grupe na početnom mjerenju prije istežanja.

VARIJABLA	GRUPA	AS $\pm$ SD	T-Test (p)
SJ	Eksperimentalna	43.3 $\pm$ 8.54	0.686
	Kontrolna	41.8 $\pm$ 10.54	
SDM	Eksperimentalna	220.5 $\pm$ 20.04	0.952
	Kontrolna	219.9 $\pm$ 28.60	

Legenda: *SJ*= skok bez pripreme; *SDM*= skok u dalj iz mjesta; *AS*= aritmetička sredina; *SD*= standardna devijacija; *p*= pokazatelj statističke značajnosti

#### 4.1. Utjecaj dodatka statičkog istežanja pliometrijskom treningu na akutno narušavanje eksplozivne jakosti primjenom SS.

Provjera akutnog učinka SS na praćene varijable, na početnom mjerenju, provedena je prvo na uzorku od svih 40 ispitanika. Utvrđen je negativni akutni učinak SS na eksplozivnu jakost (tablica 7).

**Tablica 7.** Deskriptivni pokazatelji između skokova prije i nakon akutnog istežanja na početnom testiranju (aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija) i rezultati t-testa za zavisne uzorke u obje varijable za 40 ispitanika.

VARIJABLA	PT 1 (AS $\pm$ SD)	PT 2 (AS $\pm$ SD)	Pre/Post T-Test (p) (zavisni)
SJ	42.6 $\pm$ 8.91	40.4 $\pm$ 8.02	0.002*
SDM	219.6 $\pm$ 24.69	215.2 $\pm$ 24.39	0.002*

Legenda: *SJ*= skok bez pripreme; *SDM*= skok u dalj iz mjesta; *AS*= aritmetička sredina; *PT 1*= rezultat u varijabli na inicijalnom testiranju prije statičkog istežanja; *PT 2*= rezultat u varijabli na inicijalnom testiranju nakon statičkog istežanja; *SD*= standardna devijacija; *p*= pokazatelj statističke značajnosti; \*=statistički značajna vrijednost.

Rezultati t-testa za zavisne uzorke provedeni posebno na ispitanicima eksperimentalne i kontrolne skupine prikazani su u tablici broj 8. Nije utvrđeno statistički značajno negativno djelovanje SS na praćene varijable kod obje skupine posebno (u inicijalnom mjerenju).

**Tablica 8.** Deskriptivni pokazatelji između skokova prije i nakon akutnog istežanja na početnom testiranju (aritmetička sredina ± standardna devijacija) i rezultati t-testa za zavisne uzorke u obje varijable za E i K grupu.

VARIJABLA	GRUPA	PT 1 (AS ± SD)	PT 2 (AS ± SD)	Pre/Post T-Test (p) (zavisni)
<b>SJ</b>	Eksperimentalna	43.3 ± 8.54	42.1 ± 9.10	0.213
	Kontrolna	41.8 ± 10.54	40.2 ± 7.95	0.299
<b>SDM</b>	Eksperimentalna	220.5 ± 20.04	217.1 ± 18.42	0.063
	Kontrolna	219.9 ± 28.60	215.2 ± 31.25	0.086

Legenda: *SJ*= skok bez pripreme; *SDM*= skok u dalj iz mjesta; *AS*= aritmetička sredina; *PT 1*= rezultat u varijabli na početnom testiranju prije statičkog istežanja; *PT 2*= rezultat u varijabli na početnom testiranju nakon statičkog istežanja; *SD*= standardna devijacija; *p*= pokazatelj statističke značajnosti; \*=statistički značajna vrijednost.

U završnom je mjerenju utvrđeno statistički značajno negativno djelovanje SS na praćene varijable kod obje skupine posebno. Rezultati t-testa za zavisne uzorke provedeni posebno na ispitanicima eksperimentalne i kontrolne skupine prikazani su u tablici broj 9.

**Tablica 9.** Deskriptivni pokazatelji između skokova prije i nakon akutnog istežanja na završnom testiranju (aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija) i rezultati t-testa za zavisne uzorke u obje varijable za E i K grupu.

VARIJABLA	GRUPA	ZT 1 (AS $\pm$ SD)	ZT 2 (AS $\pm$ SD)	Pre/Post T-Test (p) (zavisni)
SJ	Eksperimentalna	48.0 $\pm$ 8.97	44.5 $\pm$ 9.62	0.000*
	Kontrolna	47.3 $\pm$ 7.80	44.4. $\pm$ 6.71	0.000*
SDM	Eksperimentalna	230.6 $\pm$ 19.08	225.6 $\pm$ 17.87	0.018*
	Kontrolna	229.9 $\pm$ 28.4	221.8 $\pm$ 27.76	0.000*

Legenda: *SJ*= skok bez pripreme; *SDM*= skok u dalj iz mjesta; *AS*= aritmetička sredina; *ZT 1*= rezultat u varijabli na završnom testiranju prije statičkog istežanja; *ZT 2*= rezultat u varijabli na završnom testiranju nakon statičkog istežanja; *SD*= standardna devijacija; *p*= pokazatelj statističke značajnosti; \*=statistički značajna vrijednost.

Da bi se utvrdio utjecaj dodatka statičkog istežanja pliometrijskom treningu na akutno narušavanje eksplozivne jakosti primjenom SS kreirane su nove varijable *razlike*. Varijable *razlika* kreirane su kroz oduzimanje rezultata skokova svakog ispitanika prije i nakon protokola statičkog istežanja na incijalnom i na finalnom testiranju. Dakle, kreirane su dvije varijable *Razlika*. Potrebno je naglasiti da su varijable *razlika* obrnuto proporcionalne, dakle što je *razlika* veća to je negativan učinak SS na eksplozivnu jakost veći. Zatim je provedena dvofaktorska analize varijance s ponovljenim mjerenjem na faktoru vrijeme, upravo na novoizvedenim varijablama *razlike* (tablica 10).

**Tablica 10.** Rezultati ANOVE (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjem na jednom faktoru (vrijeme), provedene na varijabli razlika.

VARIJABLA	ANOVA	F	P	GRUPA	Razlika 1	Razlika 2
SJ	Grupa	0.010	0.920	Eksperimentalna	1.2 ± 0.56	3.5 ± 0.65
	Vrijeme	4.552	0.043*		Kontrolna	1.6 ± 2.59
	<b>Vrijeme*Grupa</b>	<b>0.414</b>	<b>0.526</b>			
SDM	Grupa	1.016	0.323	Eksperimentalna	3.4 ± 1.62	5.0 ± 1.21
	Vrijeme	2.487	0.127		Kontrolna	4.7 ± 2.65
	<b>Vrijeme*Grupa</b>	<b>0.267</b>	<b>0.610</b>			

Legenda: *SJ*= skok s bez pripreme; *SDM*= skok u dalj iz mjesta; Razlika 1 = razlika u početnom mjerenju; Razlika 2 = razlika u završnom mjerenju; *AS*= aritmetička sredina; *SD*= standardna devijacija; *p*= pokazatelj statističke značajnosti; *F*= omjer varijance između grupa i unutar grupa

#### 4.2. Učinak dodatka statičkog istežanja pliometrijskom treningu na dugoročni razvoj eksplozivne jakosti

Deskriptivni pokazatelji prije istežanja na početnom i završnom testiranju i rezultati t-testa za zavisne uzorke u svim varijablama za eksperimentalnu i kontrolnu skupinu posebno prikazani su u tablici broj 10. Vidljiv je značajan razvoj eksplozivne jakosti kod ispitanika objiju skupina posebno.

**Tablica 11.** Deskriptivni pokazatelji prije istežanja na početnom i završnom testiranju (aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija) i rezultati t-testa za zavisne uzorke u svim varijablama za E i K grupu.

VARIJABLA	GRUPA	PT 1 (AS $\pm$ SD)	ZT 1 (AS $\pm$ SD)	Pre/Post T-Test (p)
SJ	Ekperimentalna	43.3 $\pm$ 8.54	48.0 $\pm$ 8.97	<b>0.002*</b>
	Kontrolna	41.8 $\pm$ 10.54	47.3 $\pm$ 7.80	<b>0.003*</b>
SDM	Ekperimentalna	220.5 $\pm$ 20.04	230.6 $\pm$ 19.08	<b>0.001*</b>
	Kontrolna	219.9 $\pm$ 28.60	229.9 $\pm$ 28.40	<b>0.002*</b>

Legenda: *SJ*= skok bez pripreme; *SDM*= skok u dalj iz mjesta; *AS*= aritmetička sredina; *IT I*= rezultat u varijabli na inicijalom testiranju prije statičkog istežanja; *ZT I*= rezultat u varijabli na finalnom testiranju prije statičkog istežanja; *SD*= standardna devijacija; *p*= pokazatelj statističke značajnosti; \*=statistički značajna vrijednost.

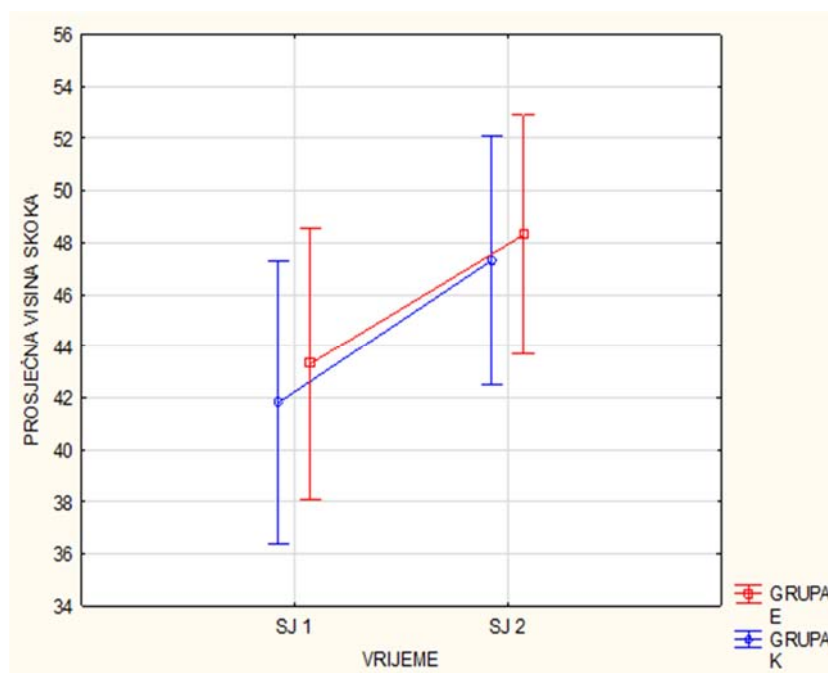
Značajnost međuskupinske razlike u razvoju eksplozivne jakosti nakon provedenog trenažnog programa provjerena je putem dvofaktorske analize varijance s ponovljenim mjerenjem na faktoru vrijeme. Nije ustanovljena međuskupinska razlika (tablica 12).

**Tablica 12.** Prikaz značajnosti međugrupnih razlika analiziranih pomoću dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na jednom faktoru (vrijeme) te aritmetička sredina i standardna devijacija rezultata postignutih na početnom i završnom testiranju, za E i K grupu ispitanika prije akutnog istežanja.

VARIJABLA	ANOVA	F	P	GRUPA	PT 1	ZT1
<b>SJ</b>	Grupa	0.140	0.711	Eksperimentalna	43.3 ± 8.54	48.31 ± 8.89
	Vrijeme	32.441	0.000*		Kontrolna	41.8 ± 10.54
	<b>Vrijeme*Grupa</b>	<b>0.078</b>	<b>0.782</b>			
<b>SDM</b>	Grupa	0.323	0.575	Eksperimentalna	220.5 ± 0.04	230.6 ± 9.08
	Vrijeme	43.332	0.000*		Kontrolna	219.9 ± 8.60
	<b>Vrijeme*Grupa</b>	<b>0.102</b>	<b>0.752</b>			

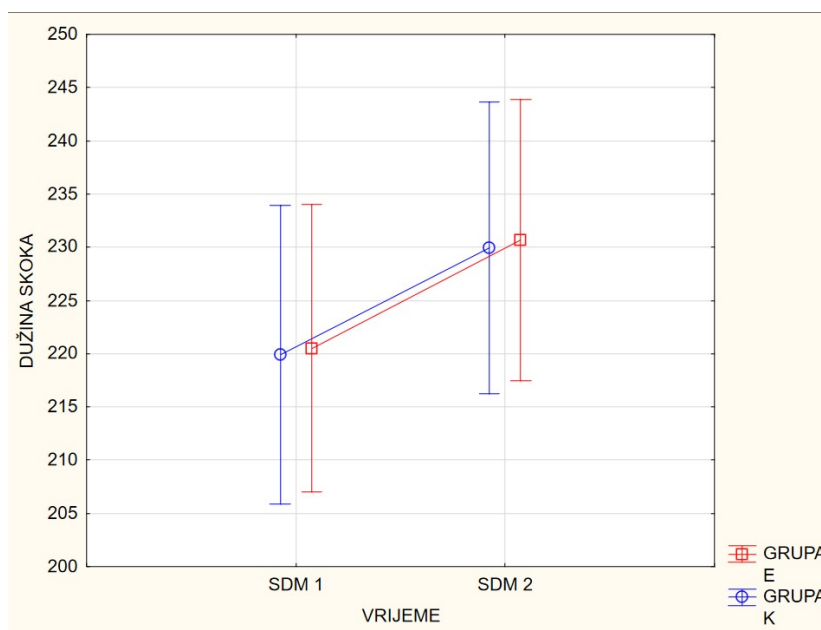
Legenda: *SJ*= skok s bez pripreme; *SDM*= skok u dalj iz mjesta; *PT1*= rezultat u varijabli na inicijalom testiranju prije statičkog istežanja; *ZT1*= rezultat u varijabli na završnom testiranju prije statičkog istežanja; *AS*= aritmetička sredina; *SD*= standardna devijacija; *p*= pokazatelj statističke značajnosti; *F*= omjer varijance između grupa i unutar grupa

**Slika 7.** Grafički prikaz rezultata dvofaktorske analize varijance u testu SJ



Legenda: 1= početno testiranje prije akutnog istežanja; 2= završno testiranje prije akutnog istežanja; SJ= skok bez pripreme; E= eksperimentalna grupa; K= kontrolna grupa

**Slika 8.** Grafički prikaz rezultata dvofaktorske analize varijance u testu SDM



**Legenda:** 1= početno testiranje prije akutnog istežanja; 2= završno testiranje prije akutnog istežanja; SDM = skok u dalj iz mjesta; E= eksperimentalna grupa; K= kontrolna grupa



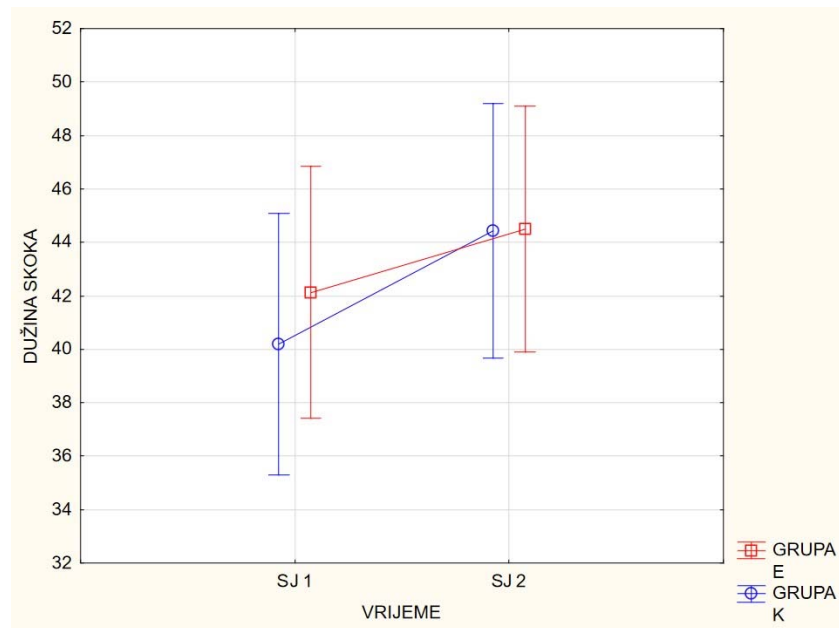
Značajnost međuskupinske razlike u razvoju eksplozivne jakosti nakon provedenog trenažnog programa provjerena je putem dvofaktorske analize varijance s ponovljenim mjerenjem na faktoru vrijeme još jednom, i na rezultatima postignutima nakon provedbe SS. Također nije ustanovljena međuskupinska razlika (tablica 13).

**Tablica 13.** Prikaz značajnosti međugrupnih razlika analiziranih pomoću dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na jednom faktoru (vrijeme) te aritmetička sredina i standardna devijacija rezultata postignutih u početnom i završnom mjerenju, za E i K grupu ispitanika nakon akutnog istežanja.

VARIJABLA	ANOVA	F	P	GRUPA	PT 2	ZT2
<b>SJ</b>	Grupa	0.104	0.750	Eksperimentalna	42.1 ± 9.10	44.5 ± 9.62
	Vrijeme	10.084*	0.004*			
	<b>Vrijeme*Grupa</b>	<b>0.817</b>	<b>0.375</b>	Kontrolna	40.2 ± 7.95	44.4 ± 6.71
<b>SDM</b>	Grupa	0.093	0.763	Eksperimentalna	220.5 ± 0.04	230.6 ± 9.08
	Vrijeme	27.468	0.000*			
	<b>Vrijeme*Grupa</b>	<b>0.399</b>	<b>0.533</b>	Kontrolna	219.9 ± 8.60	229.9 ± 28.40

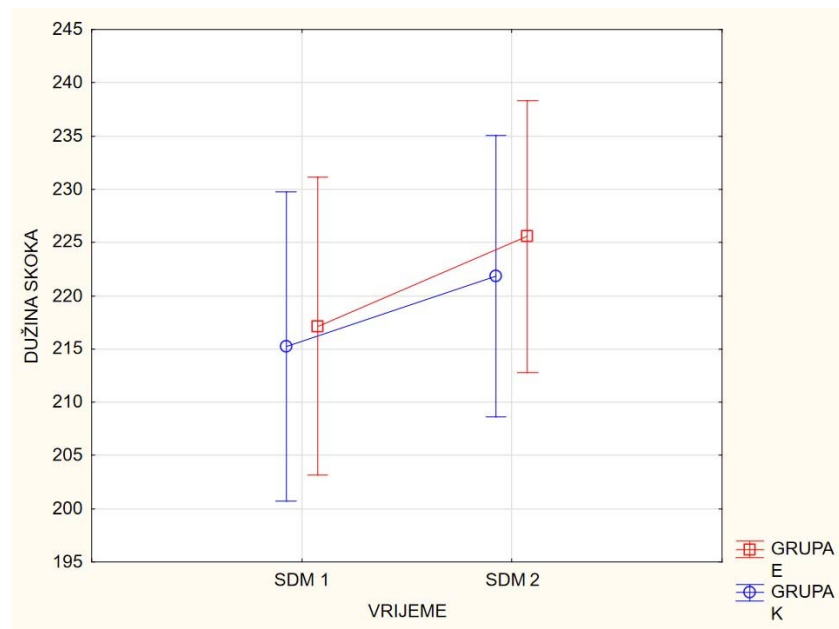
Legenda: *SJ*= skok bez pripreme; *SDM*= skok u dalj iz mjesta; *PTI*= rezultat u varijabli na inicijalom testiranju prije statičkog istežanja; *ZTI*= rezultat u varijabli na završnom testiranju prije statičkog istežanja; *AS*= aritmetička sredina; *SD*= standardna devijacija; *p*= pokazatelj statističke značajnosti; *F*= omjer varijance između grupa i unutar grupa

**Slika 9.** Grafički prikaz rezultata dvofaktorske analize varijance u testu SJ



Legenda: 1= početno testiranje nakon akutnog istežanja; 2= završno testiranje nakon akutnog istežanja; SJ= skok bez pripreme; E= eksperimentalna grupa; K= kontrolna grupa

**Slika 10.** Grafički prikaz rezultata dvofaktorske analize varijance u testu SDM



Legenda: 1= početno testiranje nakon akutnog istežanja; 2= završno testiranje nakon akutnog istežanja; SDM= skok u dalj iz mjesta; E= eksperimentalna grupa; K= kontrolna grupa

## 5. Rasprava

Ova studija konstruirana je radi dobivanja uzročno-posljedične veze između SS i eksplozivne jakosti tipa skoka. Autor je pomoću dvije varijable za procjenu eksplozivnih mišićnih svojstava pokušao dati odgovor na više pitanja.

Prvo pitanje bilo je usmjereno na postojanje akutnog negativnog živčano-mišićnog odgovora nakon provedbe SS. Ranije spomenuta istraživanja ukazala su kako provedba SS u najmanjem trajanju od 45 sekundi, pa i do 60 sekundi po skupini mišića statistički značajno smanjuje njihova eksplozivna svojstva (Šimić i sur., 2013; Behm i sur., 2016). Rezultati u ovom istraživanju dali su odgovor na prvo postavljeno pitanje. Kao i u dosadašnjim istraživanjima (Šimić i sur., 2013; Behm i sur., 2016) postoji statistički značajan negativan akutan učinak SS na eksplozivnu jakost, ako se SS provodi 3 puta po 45 sekundi po mišićnoj skupini (Power i sur., 2004). Na početnom testiranju sudjelovalo je sveukupno 40 ispitanika. Usporedba rezultata tih ispitanika između dva skoka na prvom dolasku bila je statistički značajna (tablica 7).

Izdvojivši na početnom testiranju samo one ispitanike koji su sudjelovali i u kroničnom dijelu studije (njih 27), usporedba rezultata tih ispitanika između dva skoka na prvom dolasku nije bila statistički značajna (tablica 8), međutim prepoznaje se trend smanjenja rezultata na drugom skoku početnog mjerenja (dakle nakon akutne primjene SS na početnom mjerenju). Razlog tome vjerojatno leži u većem broju ispitanika, a time se ostvaruje statistička značajnost radi reprezentativnog uzorka. Autor je mišljenja kako uz dobar i sportašu poznat protokol zagrijavanja (Blazevich i sur., 2018) te uz zadržavanje statičkog položaja ispod 30 sekundi (Behm i sur., 2016) ne bi trebalo biti značajne kompromitacije sportske izvedbe. Ispitanici su se osjećali najbolje i najspremnije kada su imali neku vrstu istežanja u zagrijavanju, dok su Behm i sur. (2016) ukazali da SS kratkog trajanja (ispod 30 sekundi) ne utječe negativno na sportsku izvedbu.

Drugo pitanje odnosilo se na akutni odgovor SS na eksplozivna svojstva nakon provedene šestotjedne trenažne intervencije. Kako šestotjedni pliometrijski plan treninga značajno unaprjeđuje eksplozivna živčano-mišićna svojstva (Šumatić i Bukvić, 2020; Mroczek i sur., 2018), a SS provedeno prije eksplozivnih motoričkih zadataka smanjuje mišićnu sposobnost brzog ispoljavanja sile, autora je zanimalo da li će se akutni trend smanjenja eksplozivne jakosti uslijed SS povećati ili smanjiti nakon što su svi ispitanici proveli trenažnu

intervenciju? Zanimljivo, akutni negativan učinak bio je statistički značajan na završnom testiranju u obje grupe. To je oprečno početnom testiranju, gdje je postojao negativan trend koji nije bio statistički značajan. Zašto su rezultati bili statistički značajni nakon 18 trenažnih jedinica pliometrije neovisno o provođenju SS u eksperimentalnoj grupi? Odgovor se možda krije u povećanoj ekscitabilnosti živčano-mišićnog sustava radi kontinuiranog, sustavnog izlaganja takvoj vrsti treninga u kontroliranim uvjetima. Također, moguće je ubrzano formiranje živčano-mišićnog umora na motoneuronskoj razini (Trajano i sur., 2014.) od strane zadržavanja mišića u krajnjem opsegu pokreta duži vremenski period. Daljnja istraživanja na ovu temu su potrebna kako bi se utvrdio pravi uzrok takve pojave. Zbog ove spoznaje važno je naglasiti kako u sportskoj praksi sportaši koji sudjeluju u ovakvoj vrsti pliometrijskog treninga mogu biti mnogo podražljiviji na SS od ostalih te bi mu iz tog razloga trebalo posebno pridodati pažnju prije natjecanja.

Treće pitanje glasi: da li provođenje SS nakon svake trenažne pliometrijske jedinice inhibira kroničan razvoj eksplozivne jakosti? Ovo istraživanje pokazalo je statistički značajno unapređenje između početnog i završnog testiranja u obje grupe. To znači da SS ne utječe negativno na kroničan razvoj eksplozivne jakosti. Dakle, u sportskoj praksi ne treba izbjegavati sportaševo istežanje na kraju pliometrijskih trenažnih jedinica. Slični radovi koji su ispitivali utjecaj istežanja na razvoj maksimalne jakosti i hipertrofiju također nisu ukazali na smanjenje rezultata zbog provođenja SS. Moriggi i sur. (2016) proveli su 10-tjednu studiju kojoj je cilj bio usporediti razliku između treninga s otporom kojem je prethodilo SS i treninga s otporom kojem nije prethodilo SS. Trening s otporom sastojao se od unilateralne nožne ekstenzije na trenažeru, a trening fleksibilnosti od pasivnog zadržavanja fleksije koljena i ekstenzije kuka iz pozicije ležanja licem prema tlu uz pomoć instruktora. Izvodili su dvije serije SS po 25 sekundi s 60 sekundi odmora između serija. Promatrane varijable bile su maksimalna jakost koja je bila mjerena 1RM-om na mašini za nožnu ekstenziju te poprečni presjek *m. Vastus lateralis*. Njihovi rezultati dokazali su jednak razvoj maksimalne jakosti bez obzira na primjenu SS. U drugoj bitnoj i bliskoj studiji Leite i sur. (2015) proučavali su poveznicu između dinamičkog istežanja i treninga jakosti na poboljšanje jakosti i fleksibilnosti. Njihova studija provodila se 12 tjedana. Podijelili su ispitanice u 4 grupe: trening jakosti, trening istežanja, kombinacija jakosti i istežanja te kombinacija istežanja i jakosti. Sve grupe bile su testirane prije i nakon provedbe trenažne intervencije, a koristili su slijedeće testove: *sit and reach test*, goniometar i 10 RM u *bench press testu* i *leg press testu*. Njihovi rezultati ukazali su da kombiniranje

treninga jakosti i fleksibilnosti ne šteti razvoju fleksibilnosti, međutim kombinirani trening mogao bi reducirati razvoj jakosti neovisno izvodi li se istežanje prije ili nakon treninga jakosti.

Pliometrijski plan proveden u ovom istraživanju doprinjeo je značajnom unapređenju u eksplozivnoj jakosti tipa skoka. Dakle, šest tjedana treninga sa po 3 trenažne jedinice tjedno (Sáez de Villarreal, Suarez-Arrones, Requena, Haff i Ramos Veliz, 2015) i minimalno 48 sati razmaka između treninga je dovoljno za statistički značajno unapređenje eksplozivne jakosti. Kako je ranije spomenuto u metodama rada, pliometrijski dio trenažne jedinice trajao je u prosjeku 25 minuta (Ullrich, Pelzer i Pfeiffer, 2018). Tjedni pliometrijski plan treninga rastao je progresivnom metodom, gdje je opterećenje raslo oko 10 posto po tjednu. Takva pliometrijska progresivnost odgovorila je na treće postavljeno pitanje sa statističkim unapređenjem eksplozivne jakosti. Kako se dva promatrana testa izvode kroz različite prostorne osi kretanja, u trenažnom planu su se provodili zadaci sa vertikalnim i horizontalnim prostornim naglaskom.

Radi velike važnosti u proizvodnji horizontalne sile radi poboljšanja izvedbe sprinta kratkih dionica te pojavnosti vertikalnih sila prilikom trčanja dužih dionica, Buchheit i sur. (2014) ukazali su da će provedba treninga pliometrije dovesti do razvoja specifičnih adaptacija koje će dovesti do poboljšanja izvedbe sprinta. Posljedično, Wang i Zhang (2016) potvrdili su utjecaj pliometrijskog treninga na poboljšanje neuromuskularnih sposobnosti maksimalne brzine i akceleracije kod nogometaša. Njihov pregledni rad ukazao je da pliometrijski trening ima povoljan utjecaj na razvoj maksimalnog primitka kisika (*VO<sub>2</sub>max*), maksimalne jakosti, maksimalne brzine (sprinta), izdržljivosti, agilnosti i sposobnosti vertikalne skočnosti. Također, poboljšanje uključuje i jačanje mišićno-tetivnih jedinica što dovodi do sposobnosti prevencije ozljeda. Dakle, pliometrijski trening od presudne je važnosti u razvoju svih sposobnosti proizvodnje sile. Dokazan je akutni kompromitirajući utjecaj SS na sposobnost maksimalnog ispoljavanja sile, međutim nije dokazan kronični kompromitirajući utjecaj SS na sposobnost maksimalnog ispoljavanja sile.

SS donosi niz prostorno, motoričkih i mišićno-tetivnih benefita, zbog čega je od presudne sportsko-praktične važnosti. Također, pliometrijska metoda trenažnog rada razvija benefite koji su različitih karaktera u odnosu na benefite istežanja. Upravo je zato ovaj rad maksimalno usmjeren prema načinu povezivanja kvalitete provođenja dva različita trenažna rada na istim trenažnim jedinicama. Pliometrijski trening pridonosi razvoju ranije spomenutih benefita i motoričko-prostorno brzih sportaševih sposobnosti, te je neizostavan zbog sportsko-praktične važnosti. Studija je odgovorila na eventualno negativno međudjelovanje ova dva različita

režima trenažnog rada na istim trenažnim jedinicama sa živčanog i mišićno-tetivnog stajališta kroničnog, ali i akutnog utjecaja.

Ovo istraživanje ima četiri glavna limita. Prvi limit odnosi se na nedostatak praćenja razvoja fleksibilnosti putem testova za procjenu fleksibilnosti. Iako su ispitanici eksperimentalne grupe subjektivno primjetili napredak u razvoju fleksibilnosti, autor ne može sa sigurnošću potvrditi koliki je bio točan razvitak. U budućim istraživanjima sugerira se, uz praćenje varijabli koje prate razvitak eksplozivne jakosti, praćenje i varijabli za procjenu razvoja fleksibilnosti.

Drugi limit uzima u obzir podatak da je ova studija provedena na studentima Kineziološkog fakulteta, a ne na vrhunskim sportašima. Iako su studenti Kineziološkog fakulteta sportski nastrojeni studenti koji dolaze iz različitih sportova, možda bi promjene u eksplozivnoj jakosti bile izraženije u točno određenoj selekcioniranoj sportskoj populaciji, ili u neaktivnim ispitanicima. Zanimljiva bi bila i studija koja bi uspoređivala adaptacije na trening eksplozivne jakosti nakon istezanja između sportaša koji se dominantno bave takvim aktivnostima i sportaša kojima eksplozivna jakost nije dominantan tip aktivnosti u jednadžbi specifikacije njihovog sporta.

Treći limit tiče se nedostatka grupe koja je radila SS prije pliometrijske trenažne intervencije. Iako su Moriggi i sur. (2016.) radili SS prije trenažne intervencije, njihovo istraživanje odnosilo se na utjecaj istezanja na hipertrofiju i maksimalnu jakost. Zanimljivo bi bilo usporediti skupinu ispitanika koja se istezala prije trenažne intervencije sa skupinom koja se istezala nakon trenažne intervencije. Ta usporedba ostaje otvorena za daljnja istraživanja.

U praktičnom smislu, ova studija mogla bi odgovoriti na potencijalno pitanje treba li provoditi SS tijekom iste trenažne jedinice zajedno s pliometrijskim treningom, upravo zbog potpuno oprečnih režima motoričkog trenažnog rada. Međutim, ta diferencijacija ne inhibira razvoj eksplozivne jakosti unatoč kombinaciji dva različita trenažna operatora. Iz tog razloga sportski praktičari mogli bi provoditi SS nakon pliometrijskog treninga, dok provođenje SS prije pliometrijskog treninga još nije jasno definirano. Što se tiče adaptacijskog dijela, izgleda da je negativni učinak SS isključivo akutni fenomen, ako se SS provodi na kraju pliometrijskih treninga. Međutim, prelazi li taj fenomen na kronični utjecaj ako se SS provodi prije svake pliometrijske trenažne jedinice? To pitanje trebalo bi detaljnije istražiti.

Zadnji limit istraživanja odnosi se na uzorak ispitanika. Budući da postoji statistički značajno negativno smanjenje u varijablama za procjenu eksplozivne jakosti kada uzmemo u obzir 40 ispitanika na početnom testiranju (tablica 7), ali ne postoji statistička značajnost kada

uzmemo u obzir 27 ispitanika (Tablica 8). Potrebno je naglasiti kako ipak postoji trend akutnog negativnog smanjenja rezultata testiranja za tu skupinu ispitanika. Autor vjeruje kako bi veći uzorak posljedično rezultirao i reprezentativnijim uzorkom rekreativne populacije te bi rezultati statističke analize bili jasniji. Autor je također, mišljenja kako u provedbi i analizi dokaza treba napraviti distinkciju između vrhunskih sportaša i rekreativaca, te također podjelu na sportsko specifičnoj razini. Vrhunski sportaši vjerojatno imaju drugačiji model formiranja mišićnog fenomena razvoja sposobnosti, za razliku od rekreativaca čiji se rezultati mogu koristiti kao prediktor rekreativne populacije. Također, redovita specifična aktivnost pojedinog sporta potencijalno može narušiti taj fenomen živčano-mišićne adaptacije, odnosno drugačiju dinamiku razvoja sposobnosti. Gledajući sa stajališta različite aktivnosti, drugačija prostorna dinamika aktivnosti i specifičnost sporta djeluju na različiti način na lokomotorni sustav, iz čega se može reći kako pliometrija i SS različitom razinom benefita obogaćuju sportaše iz različitih sportskih aktivnosti, npr. kod sportaša izdržljivosti na duge discipline pliometrijski trening je bitan zbog ostvarenja mišićno-tetivne adaptacije koja smanjuje učestalost ozljeda mišićno-tetivnog aparata, dok u sportovima važnim za eksplozivnu jakost pliometrijski trening je dominantno usmjeren u njenom razvoju.

## **6. Zaključak**

Cilj diplomskog rada bio je utvrditi prati li akutni učinak SS na eksplozivnu jakost kroničnu mišićno-živčanu adaptaciju na pliometrijski trening. Ovaj eksperimentalni rad daje konkretan odgovor na navedeno pitanje te uvid u akutni učinak SS s većim i manjim brojem ispitanika.

Kao i u dosadašnjoj literaturi, dokazan je akutni negativan učinak koji je vidljiv na testiranjima prije i nakon šest tjedana pliometrijskog treninga. Na manjem uzorku ispitanika vidljiv je trend smanjenja izlaza eksplozivne jakosti po završetku akutnog SS. Što se tiče kroničnog dijela istraživanja, SS na kraju svakog treninga ne inhibira razvoj eksplozivne jakosti tipa skoka.

Dobiveni rezultati značajno unapređuju sportsku pripremu i kineziologiju sporta brzih sportskih aktivnosti. Temeljem dosadašnjih spoznaja, prije natjecanja sportaši bi trebali izbjegavati provedbu SS i zamijeniti ga dinamičkim istezanjem. Ukoliko postoji preferencija za provođenjem SS prije eksplozivnih aktivnosti, može se provoditi ali ne unutar 20 minuta

prije početka natjecateljske aktivnosti i sa zadržavanjem statičkog položaja do 20 sekundi. Na taj će se način akutni negativni učinak sigurno izbjeći, iako autor smatra da bi SS netom prije aktivnosti bilo najbolje potpuno izbaciti. Prema provedenom istraživanju, u radu s vrhunskim sportašima kombinacija pliometrijskog treninga i SS na kraju treninga trebala bi osigurati unaprjeđenje eksplozivne jakosti kao i razvoja amplitude pokreta bez kompromitacije razvoja eksplozivne jakosti. Rezultati ovog istraživanja mogli bi znatno unaprijediti različita područja primijenjene kineziologije. U radu s vrhunskim sportašima kombinacija pliometrijskog treninga i SS na kraju treninga mogla bi osigurati unaprjeđenje eksplozivne jakosti kao i opsega pokreta bez poništavanja efekata pliometrijskog treninga.

Ipak, postoji potreba za daljnjim istraživanjima kako bi se utvrdio kroničan utjecaj SS i na ostale vrste ispoljavanja eksplozivne jakosti tipa sprinta, bacanja i agilnosti. Bilo bi zanimljivo istražiti i utjecaj SS prije treninga pliometrije na razvoj eksplozivne jakosti te mogući utjecaj različitih metoda istezanja na razvoj eksplozivne jakosti.



## 7. Literatura

1. Agata, N., Sasai, N., Inoue-Miyazu, M., Kawakami, K., Hayakawa K., Kobayashi, K. i Sokabe, M. (2009). *Repetitive stretch suppresses denervation-induced atrophy of soleus muscle in rats*. *Muscle Nerve*, 39, 456 – 462.
2. Asadi, A., Arazi, H., Young, W.B. i Sáez de Villarreal, E. (2016). The Effects of Plyometric Training on Change-of-Direction Ability: A Meta-Analysis. *Int J Sports Physiol Perform*. 11(5), 563-73. doi: 10.1123/ijsp.2015-0694.
3. Bean, J. F., Herman, S., Kiely, D. K., Frey, I. C., Leveille, S. G., Fielding, R. A. i sur. (2004). Increased velocity exercise specific to task (InVEST) training: a pilot study exploring effects on leg power, balance, and mobility in community dwelling older women. *J. Am. Geriatr*. 52, 799–804. doi: 10.1111/j.1532- 5415.2004.52222.x
4. Behm, D. G., Bambury, A., Cahill, F. i Power, K. (2004). Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(8), 1397-1402.
5. Behm, G.D., Blazevich, J.A., Kay, D.A. i McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41, 1-11.
6. Behm, D.M. i Chaouachi A (2011).. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol.*, 111(11), 2633-51. doi: 10.1007/s00421-011-1879-2. Epub 2011 Mar 4. PMID: 21373870.
7. Blazevich, A. J., Gill, N. D., Kvorning, T., Kay, A. D., Goh, A. G., Hilton, B., Drinkwater, E. J. i Behm, D. G. (2018). No Effect of Muscle Stretching within a Full, Dynamic Warm-up on Athletic Performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(6), 1258–1266. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001539>
8. Buchheit, M., Morgan, W., Wallace, J., Bode, M. i Poulos, N. (2015). Physiological, psychometric, and performance effects of the Christmas break in Australian football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 120–123.
9. Buchheit, M., Samozino, P., Glynn, J. A., Michael, B. S., Al Haddad, H., Mendez-Villanueva, A. i Morin, J. B. (2014). Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1906–1913. doi:10.1080/ 02640414.2014.965191

10. Capodaglio, P., Capodaglio, E. M., Ferri, A., Scaglioni, G., Marchi, A. i Saibene, F. (2005). Muscle function and functional ability improves more in community dwelling older women with a mixed-strength training programme. *Age Ageing* 34, 141–147. doi: 10.1093/ageing/afi050
11. Cherif, M., Said, M., Chaatani, S., Nejlaoui, O., Gomri, D. i Abdallah, A. (2012). The effect of a combined high-intensity plyometric and speed training program on the running and jumping ability of male handball players. *Asian journal of sports medicine*, 3(1), 21–28. <https://doi.org/10.5812/asjasm.34721>
12. Dadebo, B., White, J. i George, K. P. (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *British journal of sports medicine*, 38(4), 388-394.
13. Frizziero, A., Vittadini, F., Fusco, A., Giombini, A. i Masiero, S. (2016). Efficacy of eccentric exercise in lower limb tendinopathies in athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 56(11), 1352-1358.
14. Gavin, J. P., Reeves, N. D., Jones, D. A., Roys, M., Buckley, J. G., Baltzopoulos, V. i Maganaris, C. N. (2019). Combined resistance and stretching exercise training benefits stair descent biomechanics in older adults. *Frontiers in physiology*, 10, 873.1179–1188.
15. Godwin, M., Stanhope, E., Bateman, J. i Mills, H. (2020). An Acute Bout of Self-Myofascial Release Does Not Affect Drop Jump Performance despite an Increase in Ankle Range of Motion. *Sports (Basel, Switzerland)*, 8(3), 37. <https://doi.org/10.3390/sports8030037>
16. González-Ravé, J.M., Machado, L., Navarro-Valdivielso, F. i Vilas-Boas, J.P. (2009). Acute effects of heavy-load exercises, stretching exercises, and heavy-load plus stretching exercises on squat jump and countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 472–479.
17. Guillot, A., Kerautret, Y., Queyrel, F., Schobb, W. i Di Rienzo, F. (2019). Foam Rolling and Joint Distraction with Elastic Band Training Performed for 5-7 Weeks Respectively Improve Lower Limb Flexibility. *Journal of sports science & medicine*, 18(1), 160–171.
18. Kay, A.D. i Blazeovich, A.J. (2012). Effect of Acute Static Stretch on Maximal Muscle Performance. *American college of sports medicine*, 44(1), 154-164.
19. Kay, A. D., Rubley, B., Talbot, C., Mina, M., Baross, A. W. i Blazeovich, A. J. (2018). Stretch imposed on active muscle elicits positive adaptations in strain risk factors and

- exercise-induced muscle damage. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(11), 2299–2309. <https://doi.org/10.1111/sms.13251>
20. Kallerud, H. i Gleeson, N. (2013). Effects of stretching on performances involving stretch-shortening cycles. *Sports Med.* 43(8), 733-50. doi: 10.1007/s40279-013-0053-x. PMID: 23681447.
21. Kubo, K., Ishigaki, T. i Ikebukuro, T. (2017). Effects of plyometric and isometric training on muscle and tendon stiffness in vivo. *Physiological reports*, 5(15), e13374. <https://doi.org/10.14814/phy2.13374>
22. Kutz, M. R. (2003). Theoretical and practical issues for plyometric training. *NCSA PT J*, 2, 10-2.
23. Leite, T., De Souza Teixeira, A., Saavedra, F., Leite, D.R., R. Rhea, R.M. i Simao, R. (2015). Influence of strength and flexibility training, combined or isolated, on strength and flexibility gains. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1083–1088.
24. Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Zanetti, V., Kitamura, K., Abad, C. C. i Nakamura, F. Y. (2015). Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *Journal of sports sciences*, 33(20), 2182–2191. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.108139>
25. Markovic, G. i Mikulic, P. (2010). Neuro-Musculoskeletal and Performance Adaptations to Lower-Extremity Plyometric Training. *Sports Medicine*, 40, 859–895 . <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000>
26. McHugh, M. P. i Cosgrave, C. H. (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(2), 169–181.
27. Meylan, C. i Malatesta, D. (2009). Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2605-2613.
28. Mroczek, D., Maćkała, K., Kawczynski, A., Superlak, E., Chmura, P., Seweryniak, T. i Chmura, J. (2018). Effects of volleyball plyometric intervention program on vertical jumping ability in male volleyball players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(11), 1611–1617. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07772-6>
29. Moriggi Junior, R., Berton, R., de Souza, T.M.F., Traina Chacon-Mikahil, M.P. i Cavaglieri, C.R. (2016). Effect of the flexibility training performed immediately before

- resistance training on muscle hypertrophy, maximum strength and flexibility. *European journal of applied physiology*, 117(4), 767-774.
30. Opplert, J. i Babault, N. (2018). Acute effects of dynamic stretching on muscle flexibility and performance: an analysis of the current literature. *Sports Medicine*, 48(2), 299-325.
  31. Ozbar, N., Ates, S. i Agopyan, A. (2014). The Effect of 8-Week Plyometric Training on Leg Power, Jump and Sprint Performance in Female Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2888-2894.
  32. Palomero, J., Pye, D., Kabayo, T. i Jackson, M.J. (2012). Effect of passive stretch on intracellular nitric oxide and superoxide activities in single skeletal muscle fibres: influence of ageing. *Free Radical Research*, 46(1), 30–40.
  33. Paradisis, G. P., Pappas, P. T., Theodorou, A. S., Zacharogiannis, E. G., Skordilis, E. K. i Smirniotou, A. S. (2014). Effects of static and dynamic stretching on sprint and jump performance in boys and girls. *Journal of strength and conditioning research*, 28(1), 154–160.
  34. Phillips, J., Diggin, D., King, D. L. i Sforzo, G. A. (2021). Effect of Varying Self-myofascial Release Duration on Subsequent Athletic Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 35(3), 746–753.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002751>
  35. Power, K., Behm, D., Cahill, F., Carroll, M. i Young, W. (2004). An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1389–1396.
  36. Ramírez-Campillo, R., Meylan, C. M., Álvarez-Lepín, C., Henriquez-Olguín, C., Martínez, C., Andrade, D. C. i Izquierdo, M. (2015). The effects of interday rest on adaptation to 6 weeks of plyometric training in young soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 972-979.
  37. Ramírez-Campillo, R., Vergara-Pedrerros, M., Henríquez-Olguín, C., Martínez-Salazar, C., Alvarez, C., Nakamura, F. Y., De La Fuente, C., Caniuqueo, A., Alonso-Martinez, A.M. i Izquierdo, M. (2016). Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players.
  38. Sáez de Villarreal, E., Requena, B. i Cronin, J. B. (2012). The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. *Journal of strength and conditioning*

- research*, 26(2), 575–584. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220fd03>*Journal of sports sciences*, 34(8), 687-693.
39. Sáez de Villarreal, E., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G. i Ramos Veliz, R. (2015). Enhancing performance in professional water polo players: dryland training, in-water training, and combined training. *Journal of strength and conditioning research*, 29(4), 1089–1097. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000707>
40. Šimić, L., Šarabon, N. i Marković, G. (2013). Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 23(2), 131-148.
41. Šumatić, D. i Bukvić, M. (2020). Utjecaj statičkog istezanja na dugoročni razvoj eksplozivne jakosti. Rektorova nagrada. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet.
42. Taylor, D. C., Brooks, D. E. i Ryan, J. B. (1997). Viscoelastic characteristics of muscle: passive stretching versus muscular contractions. *Medicine and science in sports and exercise*, 29, 1619-1624.
43. Trajano, G.S., Seitz, L.B., Nosaka, K. i Blazevich, A.J. (2014). Can passive stretch inhibit motoneuron facilitation in the human plantar flexors? *Journal of Applied Physiology*, 117(12), 1486–1492.
44. Ullrich, B., Pelzer, T. i Pfeiffer, M. (2018). Neuromuscular Effects to 6 Weeks of Loaded Countermovement Jumping With Traditional and Daily Undulating Periodization. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(3), 660–674.
45. Venier, S., Grgić, J. i Mikulić, P. (2019). Caffeinated Gel Ingestion Enhances Jump Performance, Muscle Strength, and Power in Trained Men. *Nutrients*, 11(4), 937.
46. Wang, Y. i Wang, Y. (2016). Effects of plyometric training on soccer players (Review). *Experimental and Therapeutic Medicine*, 12, 550-554.
47. Witvrouw, E., Mahieu, N., Roosen, P. i McNair, P. (2007). The role of stretching in tendon injuries. *British journal of sports medicine*, 41(4), 224–226.

Random Integer Generator (srpanj,, 2020). Dostupno na: <http://www.random.org/integers/>

## 8. Prilozi

### Popis slika

<b>Slika 1.</b> Grafički prikaz provedbe istraživanja.....	8
<b>Slika 2.</b> Maksimalno raznoženje s pretklonom za istežanje mišića primicača natkoljenice.....	15
<b>Slika 3.</b> Maksimalna dorzalna fleksija stopala uz zid s pruženim koljenom za istežanje mišića stražnje strane potkoljenice.....	16
<b>Slika 4.</b> Maksimalna fleksija u kuku na pružena koljena za dominantno istežanje mišića stražnje strane natkoljenice.....	16
<b>Slika 5.</b> Maksimalna fleksija u koljenu za istežanje četveroglavog mišića natkoljenice s potiskom kukova prema naprijed.....	17
<b>Slika 6.</b> Maksimalna plantarna fleksija stopala na povišenju za dominantno istežanje mišića prednje strane natkoljenice.....	17
<b>Slika 7.</b> Grafički prikaz rezultata dvofaktorske analize varijance u testu SJ.....	25
<b>Slika 8.</b> Grafički prikaz rezultata dvofaktorske analize varijance u testu SDM.....	25
<b>Slika 9.</b> Grafički prikaz rezultata dvofaktorske analize varijance u testu SJ.....	27
<b>Slika 10.</b> Grafički prikaz rezultata dvofaktorske analize varijance u testu SDM.....	27

## Popis tablica

<b>Tablica 1.</b> Osnovne antropometrijske karakteristike i broj sati treninga tjedno ispitanika na početnom testiranju svih 40 ispitanika.....	6
<b>Tablica 2.</b> Osnovne antropometrijske karakteristike i broj sati treninga tjedno ispitanika eksperimentalne i kontrolne skupine te rezultati t-testa za nezavisne uzorke.....	7
<b>Tablica 3.</b> Prikaz provedenog trenažnog volumena skokova bilateralnog karaktera.....	12
<b>Tablica 4.</b> Prikaz provedenog trenažnog volumena skokova unilateralnog karaktera.....	13
<b>Tablica 5.</b> Prikaz progresije opterećenja povećanjem broja skokova po trenažnoj jedinici i trenažnom tjednu.....	14
<b>Tablica 6.</b> Deskriptivni pokazatelji (aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija) unutar grupa u osnovnim varijablama i rezultati t-testa za nezavisne uzorke dobiveni usporedbom vrijednosti u varijablama obje grupe na početnom mjerenju prije istežanja.....	19
<b>Tablica 7.</b> Deskriptivni pokazatelji između skokova prije i nakon akutnog istežanja na početnom testiranju (aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija) i rezultati t-testa za zavisne uzorke u obje varijable za akutnih 40 ispitanika.....	19
<b>Tablica 8.</b> Deskriptivni pokazatelji između skokova prije i nakon akutnog istežanja na početnom testiranju (aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija) i rezultati t-testa za zavisne uzorke u obje varijable za eksperimentalnu i kontrolnu skupinu.....	20
<b>Tablica 9.</b> Deskriptivni pokazatelji između skokova prije i nakon akutnog istežanja na završnom testiranju (aritmetička sredina $\pm$ standardna devijacija) i rezultati t-testa za zavisne uzorke u obje varijable za eksperimentalnu i kontrolnu skupinu. ....	21
<b>Tablica 10.</b> Rezultati ANOVE (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjem na jednom faktoru (vrijeme), provedene na varijabli razlika. ....	22

**Tablica 11.** Deskriptivni pokazatelji prije istežanja na početnom i završnom testiranju (aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija) i rezultati t-testa za zavisne uzorke u svim varijablama za eksperimentalnu i kontrolnu skupinu.....23

**Tablica 12.** Prikaz značajnosti međugrupnih razlika analiziranih pomoću dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na jednom faktoru (vrijeme) te aritmetička sredina i standardna devijacija rezultata postignutih na početnom i završnom testiranju, za eksperimentalnu i kontrolnu skupinu ispitanika prije akutnog istežanja.....24

**Tablica 13.** Prikaz značajnosti međugrupnih razlika analiziranih pomoću dvofaktorske analize varijance (grupa x vrijeme) s ponovljenim mjerenjima na jednom faktoru (vrijeme) te aritmetička sredina i standardna devijacija rezultata postignutih u početnom i završnom mjerenju, za eksperimentalnu i kontrolnu grupu ispitanika nakon akutnog istežanja.....26