

# UTJECAJ RAZLIČITIH VRSTA ISTEZANJA NA EKSPLOZIVNU SNAGU

---

**Popek, Siniša**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**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:117:239532>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-05**



*Repository / Repozitorij:*

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





Sveučilište u Zagrebu  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Siniša Popek

**UTJECAJ RAZLIČITIH VRSTA  
ISTEZANJA NA EKSPLOZIVNU SNAGU**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Siniša Popek

**THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES  
OF STRETCHING ON EXPLOSIVE  
POWER**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2023.



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Siniša Popek

**UTJECAJ RAZLIČITIH VRSTA  
ISTEZANJA NA EKSPLOZIVNU SNAGU**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

prof. dr.sc. Branka Matković

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Siniša Popek

**THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES  
OF STRETCHING ON EXPLOSIVE  
POWER**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

prof. Branka Matković, PhD, MD

Zagreb, 2023.

## ZAHVALA

*Zahvaljujem mentorici prof.dr.sc. Branki Matković na stručnom vodstvu i vrijednim savjetima tijekom ovog istraživanja te pomoći tijekom izrade doktorske disertacije. Prenošnje znanja i iskustava pružili su mi sjajne smjernice za izradu što kvalitetnijeg istraživanja te znanstvenog usavršavanja.*

*Hvala trenerima Andreju Tesli, dr.sc. Tomislavu Rupčiću, Mikiju Starčeviću i Ivanu Kapovu na razumijevanju, srdačnosti i suradnji te svim košarkašima koji su sudjelovali u ovome istraživanju. Bez njihove kvalitetne angažiranosti i profesionalnog pristupa testiranjima provođenje ovog eksperimentalnog rada ne bi bilo moguće.*

*Hvala dr.sc. Ivanu Severu na svesrdnoj pomoći prilikom metodološke obrade podataka.*

*Hvala prijateljima dr.sc. Nikoli Prlendi, dr.sc. Vjekoslavu Cigrovskom i dr.sc. Maji Berković – Cigrovski na nesebičnim savjetima, pomoći i podršci tijekom cijelog istraživanja.*

*Posebno hvala mojim roditeljima Marijanu i Žaneti kojima posvećujem svaki svoj uspjeh, kao i ovaj doktorski rad.*

*Najveću zahvalnost želim izraziti svojoj voljenoj supruzi Katarini koja je bila uvijek uz mene, hvala joj na podršci, strpljenju, razumijevanju i pomoći za vrijeme istraživačkog rada i pisanja doktorske disertacije. Hvala kćerkicama Leni, Sari i Mili na strpljenju i razumijevanju dok je tata pisao doktorski rad.*

# SAŽETAK

## CILJ

Temeljni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi koja je od četiri različite metode istezanja najefikasnija kod pripreme košarkaša za određenu sportsku aktivnost ili izvedbu u kojoj je eksplozivna snaga nogu od primarne važnosti.

## METODA

72 košarkaša juniora (dob  $16,9 \pm 1,19$  god.; visina  $190,2 \pm 10,04$  cm; masa  $79,1 \pm 12,69$  kg) iz tri različita košarkaška kluba napravili su četiri različite metode istezanja na način da su se ispitanici u svakoj sljedećoj točki mjerenja istezali na drugačiji način: 1) Statičko istezanje (SS); 2) Dinamičko istezanje (DS); 3) Kombinacija statičkog i dinamičkog istezanja (SS+DS); 4) Kombinacija dinamičkog i statičkog istezanja (DS+SS). Nakon kontinuiranog aerobnog trčanja malog do srednjeg intenziteta u trajanju od 3 min uslijedilo je inicijalno testiranje ispitanika testovima eksplozivne snage tipa vertikalnog skoka: a) Statički vertikalni skok iz čučnja (SJ); b) Dinamički vertikalni skok (CMJ). Testovi za eksplozivnu snagu izmjereni su pomoću prenosive kontaktne ploče Just Jump System (Probotics, Inc., USA). Zatim je uslijedila jedna od četiri metode istezanja u trajanju od 12 min, te pasivni odmor u trajanju od 2 min. Nakon toga ispitanici su bili podvrgnuti finalnom testiranju na identičan način i sa istim testovima kao u inicijalnom testiranju prije tretmana istezanja.

## REZULTATI

Rezultati ANOVE ukazali su na statistički značajan efekt vrste istezanja na promjenu visine skoka prilikom testiranja SJ testom (ANOVA za ponovljena mjerenja;  $p < 0,001$ ) i CMJ testom (ANOVA za ponovljena mjerenja;  $p = 0,001$ ). DS ostvaren je značajno bolji efekt u odnosu na sve ostale vrste istezanja, a najviše u odnosu na SS (ANOVA za ponovljena mjerenja;  $p < 0,001$ ). Rezultati istraživanja su pokazali da je nakon DS promjena u prosjeku bila veća u testovima vertikalnog skoka (SJ = 2,79 cm; CMJ = 1,49 cm) uspoređujući sa SS. Upravo suprotno, SS pokazalo je statistički značajno lošije rezultate u prosječnoj promjeni visine skoka kod oba testa (SJ = -1,83 cm,  $p < 0,001$ ; CMJ = -1,28 cm,  $p < 0,001$ ) i u odnosu na obje kombinacije istezanja (SS+DS, DS+SS). Nakon primjene kombiniranih metoda istezanja (SS+DS, DS+SS) također je primjećen pad u visini vertikalnog skoka. Između

SS+DS i DS+SS nije opažena statistički značajna razlika, a jedino značajno prosječno smanjenje bilo je vidljivo upotrebom DS+SS u CMJ testu (-0,89 cm,  $p = 0,008$ ).

## **ZAKLJUČAK**

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da se korištenjem DS prije testova eksplozivne snage postižu bolji rezultati u odnosu na SS, kombinaciju DS+SS te kombinaciju SS+DS. Možemo konstatirati da će primjena DS kao komponente zagrijavanja poboljšati izvedbu u eksplozivnim aktivnostima vertikalnog skoka (SJ i CMJ), za razliku od uporabe i negativnih efekata SS i kombiniranih načina istezanja (SS+DS, DS+SS) na eksplozivnu snagu.

## **KLJUČNE RIJEČI**

Statičko istezanje, dinamičko istezanje, zagrijavanje, eksplozivna snaga.



# **ABSTRACT**

## **OBJECTIVE**

The basic aim of this research was to determine which of the four different stretching methods is most effective in preparing a basketball player for a particular sporting activity or performance in which explosive leg strength is of primary importance.

## **METHOD**

72 junior basketball players (age  $16,9 \pm 1,19$  years; height  $190,2 \pm 10,04$  cm; weight  $79,1 \pm 12,69$  kg) from three different basketball clubs conducted four different stretching methods in such a way that the subjects stretched differently at each of the following measuring points: 1) Static stretching (SS); 2) Dynamic Stretching (DS); 3) Combination of static and dynamic stretching (SS+DS); 4) Combination of dynamic and static stretching (DS+SS). Continuous low to medium intensity aerobic running for 3 min was followed by initial testing of subjects with vertical jump type explosive power tests: a) Squat jump (SJ); b) Countermovement jump (CMJ). Tests for explosive power were measured using the portable Just Jump System contact mat (Probotics, Inc., USA). This was followed by one of four stretching methods for 12 min duration and a 2 min passive rest. Subsequently, subjects were exposed to final testing in the same manner and with the same tests as in the initial testing prior to stretching treatment.

## **RESULTS**

ANOVA results indicated a statistically significant effect of type of stretching on the change in jump height when tested with the SJ test (ANOVA for repeated measurements;  $p < 0,001$ ) and the CMJ test (ANOVA for repeated measurements;  $p = 0,001$ ). DS had a significantly better effect compared to all other types of stretching, and most to SS (ANOVA for repeated measurements;  $p < 0,001$ ). The results of the study showed that after DS the changes were on average greater in the vertical jump tests (SJ = 2,79 cm; CMJ = 1,49 cm) compared with the SS. On the contrary, SS showed statistically significantly poorer results in the average change in jump height in both tests (SJ = -1,83 cm,  $p < 0,001$ ; CMJ = -1,28 cm,  $p < 0,001$ ) and in relation to both stretching combinations (SS+DS, DS+SS). After the application of combined stretching methods (SS+DS, DS+SS), a decrease in the height of the vertical jump was also observed. No statistically significant difference was observed between

SS + DS and DS + SS, and the only significant mean decrease was seen using DS+SS in the CMJ test (-0,89 cm, p = 0,008).

## **CONCLUSION**

The results of this study showed that using DS prior to explosive power tests achieves better results than SS, DS+SS and SS+DS. We can conclude that the use of DS as a warming component will improve performance in explosive vertical jump activities (SJ and CMJ), as opposed to the use and negative effects of SS and combined stretching protocols (SS+DS, DS+SS) on explosive power.

## **KEYWORDS**

Static stretching, dynamic stretching, warm-up, explosive power.

## POPIS OZNAKA I KRATICE

Kratice	Značenje
ATP	adenozin trifosfat
BPMV	brzina provodljivosti mišićnih vlakana
Ca <sup>2+</sup>	ion kalcija
CMJ	dinamički vertikalni skok
COD	promjena smjera kretanja
DS	dinamičko istezanje
DS+SS	kombinacija dinamičkog i statičkog istezanja
H <sup>+</sup>	ion vodika
MTU	mišićno - tetivna jedinica
MVC	maksimalna svjesna kontrakcija
O <sub>2</sub>	kisik
PAP	postaktivacijski potencijal
KP	kreatin fosfat
POD	točka nelagodnosti
RM	maksimalno ponavljanje
ROM	opseg pokreta
RSA	sposobnost ponavljajućih sprinteva
SJ	statički vertikalni skok iz čučnja
SS	statičko istezanje
SS+DS	kombinacija statičkog i dinamičkog istezanja
SSC	ekscentrično - koncentrični ciklus
<i>T<sub>mišića</sub></i>	temperatura mišića
<i>T<sub>tijela</sub></i>	temperatura tijela
VO <sub>2</sub>	primitak kisika

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.1. Mehanizmi zagrijavanja</b> .....	1
1.1.1. Temperatura mišića.....	2
1.1.2. Metabolizam .....	3
1.1.3. Živčani mehanizmi.....	3
1.1.4. Psihološki mehanizmi .....	5
<b>1.2. Tehnike zagrijavanja</b> .....	6
1.2.1. Pasivno zagrijavanje .....	6
1.2.2. Aktivno zagrijavanje.....	7
<b>1.3. Efekti istežanja u sportu</b> .....	10
1.3.1. Statičko istežanje .....	11
1.3.2. Dinamičko istežanje.....	12
1.3.3. Kombinacija statičkog i dinamičkog istežanja .....	15
<b>2. CILJ I HIPOTEZE</b> .....	17
<b>2.1. Cilj istraživanja</b> .....	17
<b>2.2. Hipoteze</b> .....	17
<b>3. METODE ISTRAŽIVANJA</b> .....	18
<b>3.1. Uzorak ispitanika</b> .....	18
<b>3.2. Uzorak varijabli</b> .....	18
<b>3.3. Protokol testiranja</b> .....	19
<b>3.4. Metode obrade podataka</b> .....	25
3.4.1. Analiza efekata istežanja.....	25
3.4.2. Usporedba različitih vrsta istežanja.....	26
3.4.3. Nedostajuće ('missing') vrijednosti .....	26
3.4.4. Struktura kovarijance .....	28
3.4.5. Post - hoc testovi.....	29
3.4.6. Utjecaj karakteristika ispitanika na promjenu visine skoka nakon istežanja .....	29
<b>4. REZULTATI</b> .....	30
<b>4.1. Distribucija varijabli</b> .....	30
<b>4.2. SJ test</b> .....	32

4.2.1. Usporedba različitih vrsta istežanja.....	34
4.2.2. Utjecaj karakteristika ispitanika na promjenu visine skoka nakon istežanja .....	35
<b>4.3. CMJ test .....</b>	<b>37</b>
4.3.1. Usporedba različitih vrsta istežanja.....	39
4.3.2. Utjecaj karakteristika ispitanika na promjenu visine skoka nakon istežanja .....	41
<b>5. RASPRAVA.....</b>	<b>43</b>
5.1. Dinamičko istežanje .....	43
5.2. Statičko istežanje .....	48
5.3. Kombinacija statičkog i dinamičkog istežanja .....	53
5.4. Nedostaci provedenog istraživanja i moguće smjernice budućih istraživanja ...	56
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>57</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>58</b>
<b>8. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>82</b>
<b>9. DOSADAŠNJI RADOVI .....</b>	<b>83</b>

# 1. UVOD

Prije treninga ili utakmice, zagrijavanje pojedinaca općenito je priznata i u praksi prepoznata aktivnost na svim razinama rekreacije i sporta (Pearce i sur., 2012a). Može se reći da je zagrijavanje početak treninga i proces pripremanja, a ne samostalan entitet (Taft, 2015). Hedrick (1992) je pojam zagrijavanja u sportu definirao kao period pripreme vježbe koja će omogućiti bolju izvedbu u treningu i natjecanju. Također, zagrijavanje može poprimiti više uloga i biti oblikovano tako da služi brojnim svrhama (Taft, 2015). Prema Rutledge i Faccioni (2001) uloga zagrijavanja je pripremiti srčano - žilni, mišićni i živčani sustav u tijelu kako bi odgovorili zahtjevima specifične aktivnosti. Za vrijeme zagrijavanja dešavaju se fiziološke reakcije koje mogu biti korisne za sportaše. Zagrijavanje provocira mnogobrojne fiziološke procese koji pozitivno utječu na sportsku izvedbu i smanjeni rizik od ozljede (Brooks i Fahey, 1987). Smanjeni rizik od ozljede i bolja izvedba u sportu kao rezultat ispravnog načina zagrijavanja provjerene su brojnim israživanjima (Fradkin i sur., 2010), a većina tih pozitivnih učinaka mogu se pripisati termogenezi unutar mišićnog tkiva.

Kako bi se odredili ključni elementi zagrijavanja za specifične zadatke vježbanja, ispitani su brojni fiziološki mehanizmi s ciljem utvrđivanja njihovih doprinosa u izvedbama i reakcijama obzirom na različite strategije zagrijavanja (McGowan i sur., 2015).

## 1.1. Mehanizmi zagrijavanja

Prema Bishopu (2003a), zagrijavanje utječe na izvedbu putem različitih mehanizama, a većina tih učinaka pripisuje se mehanizmima povezanim s temperaturom (npr. smanjena krutost mišića, veća brzina živčane provodljivosti, promijenjen odnos sila - brzina, povećana opskrba anaerobnom energijom i povećana aktivacija enzimskih sustava) ali i mehanizmima koji nisu povezani s temperaturom (npr. efekti acidemije, porast primitka kisika ( $VO_2$ ) i povećan postaktivacijski potencijal (PAP)). Također se pretpostavlja da zagrijavanje može imati i brojne psihološke učinke (Massey i sur., 1961).

### 1.1.1. Temperatura mišića

Bolja izvedba aktivnosti nakon zagrijavanja uglavnom se pripisuje mehanizmima koji su povezani s temperaturom (McGowan i sur., 2015). Prema Sargeantu (1987) je veličina temperature mišića ( $T_{mišića}$ ) u pozitivnoj vezi s brzinom kretanja. Utvrđena je snažna korelacija između eksplozivnih pokreta i temperature mišića, a povećanje temperature mišića od 1°C može poboljšati sportsku izvedbu za 2 - 5% (Bergh i Ekblom, 1979; Sargeant, 1987; Racinais i Oksa, 2010). Osim toga, promjene temperature mišića također su povezane s promjenama relativne količine rada, pri čemu na početku vježbanja umjerenog intenziteta temperatura mišića naglo raste od početne vrijednosti (35 - 37°C) do postizanja relativne ravnoteže nakon 10 - 20 min (Fisher i sur., 1999; Price i Campbell, 1997). Zbog povećane temperature mišića može se pozitivno promijeniti odnos između sile i brzine, te istodobno odnos između eksplozivne snage i brzine (De Ruiter i sur., 1999; De Ruiter i De Haan, 2000; Ferguson i sur., 2002), što može rezultirati većim izlaznim momentom eksplozivne snage u izvedbi (De Ruiter i De Haan, 2000). Povećanje temperature mišića ima pozitivan utjecaj na povećanje mišićnog metabolizma (Gray i sur., 2011) i brzinu provodljivosti mišićnih vlakana (BPMV) (Pearce i sur., 2012b). Gray i suradnici (2006) navode da povećanje temperature mišića već od 3°C povećava brzinu provodljivosti mišićnih vlakana i eksplozivnu snagu. Nakon zagrijavanja pomoću trčanja umjerenim intenzitetom, zabilježeno je povećanje brzine provodljivosti mišićnih vlakana u mišićima (5% u ruci i 8.5% u nozi) koji su bili aktivno i pasivno uključeni u zagrijavanje (Pearce i sur., 2012b). Slično tome, u istraživanju Girarda i suradnika (2009), brzina provodljivosti mišićnih vlakana povećala se za 12% nakon različitih načina aktivnog zagrijavanja kao što su trčanje ili stražnji čučanj.

Podizanje temperature mišića na pasivan način (npr. pomoću vodenih manžeta) povezano je s bržim stvaranjem adenozin - trifosfata (ATP), prvenstveno putem bržeg iskorištavanja kreatin fosfata (KP) i akumulacije vodikovih iona ( $H^+$ ), kao i povećanjem anaerobne glikolize i mišićne glikogenolize (González-Alonso i Calbet, 2003; Gray i sur., 2006 i 2008). Smatra se da je krajnji ishod tih promjena veće ispoljavanje eksplozivne snage (Gray i sur., 2006; Bailey i sur., 2012). Prema McGowanu i suradnicima (2015) sprintevi i aktivnosti visokog intenziteta mogle bi imati više koristi od pasivnog načina zagrijavanja s obzirom da povećanje temperature mišića pasivnim načinom može kratkotrajno povećati dostupnost glikogena u mišićima (2 min).

### **1.1.2. Metabolizam**

Aktivno zagrijavanje može utjecati na brojne metaboličke promjene poput dopremanja kisika u mišiće (Bishop, 2003a), te može potaknuti promjene u mehanizmima koji se temelje na anaerobnom i aerobnom metabolizmu (McGowan i sur., 2015). Fiziološki mehanizmi koji sudjeluju u mijenjanju kinetike  $VO_2$  su: izmjena dopremanja i otpuštanja kisika ( $O_2$ ), povećana aktivacija motoričkih jedinica, pomaci na krivulji kisik - hemoglobin, aktivnost oksidativnog enzima i rezidualna acidoza (McGowan i sur., 2015). Prema Jonesu i suradnicima (2008) povišeni  $VO_2$  koji je povezan s aerobnim metabolizmom možda može sačuvati konačne anaerobne rezerve tijekom početnih faza vježbanja. Utvrđeno je da početno intenzivno vježbanje utječe na kinetiku  $VO_2$  u nadolazećoj intenzivnoj vježbi ubrzavajući ju (Gerbino i sur., 1996; Jones i sur., 2003 i 2006; Burnley i sur., 2001 i 2006). Metaboličke promjene kao što su povećanje amplitude  $VO_2$  i smanjenje spore komponente  $VO_2$  mogu povećati toleranciju u vježbanju (Jones i sur., 2003, Carter i sur., 2005) i srednju vrijednost eksplozivne izlazne snage (Burnley i sur., 2005). Prema McGowanu i suradnicima (2015) ubrzavanjem kinetike  $VO_2$  nakon završetka početne vježbe također možemo povećati izdržljivost u nadolazećoj izvedbi mogućom uštedom ograničenih anaerobnih rezervi i/ili povećanjem aktivacije motoričkih jedinica na način da je na svakom pojedinačnom mišićnom vlaknu smanjena 'napetost'.

### **1.1.3. Živčani mehanizmi**

S obzirom na okolnosti, zagrijavanje može prouzročiti postaktivacijski potencijal (PAP) na osnovu kojeg možemo povećati neuromišićnu aktivaciju (Güllich i Schmidtbleicher, 1996; Young i sur., 1998). Postaktivacijski potencijal možemo objasniti kao fenomen u kojem je akutno poboljšana učinkovitost mišića ukoliko joj prethodi maksimalna ili submaksimalna neuromišićna aktivacijska vježba (Tillin i Bishop, 2009; Sale 2004; Docherty i Hodgson, 2007). Aktivnosti balističkog načina predopterećenja kao što su vježbe dubinskih skokova (Hilfiker i sur., 2007; Byrne i sur., 2014) i skokova s dodatnim opterećenjem (Thompsen i sur., 2007; Tahayori 2009; Faigenbaum i sur., 2006a) mogu povećati moment izlazne eksplozivne snage za 2 - 5%. Bez obzira na iskustvo sportaša u treningu (Chen i sur., 2007), prema istraživanju Wilsona i suradnika (2013) vježbe srednjeg intenziteta (60 - 84% 1RM) su idealne za izazivanje postaktivacijskog potencijala, bolje nego vježbe visokog intenziteta (85% 1RM) i to se vjerojatno dešava zbog povećane kontraktilne aktivnosti koja može dovesti



do većeg oštećenja mišića. Prema McGowanu i suradnicima (2015) mehanizmi putem kojih postaktivacijski potencijal može poboljšati efikasnost u nadolazećoj fizičkoj izvedbi obuhvaća povećani učinak središnjeg živčanog sustava (CNS-a) na motoričke neurone, povećanu refleksnu električnu aktivnost u leđnoj moždini i fosforilaciju laganih lanaca miozina, što povećava osjetljivost miofilamenata na ione kalcija ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Prema Hodgsonu i suradnicima (2005) postaktivacijski potencijal također može povećati koncentraciju sarkoplazmatskog iona kalcija, što zauzvrat može produljiti ciklus aktinskih i miozinskih niti i poprečnih mostova. Sportaši koji imaju više od 3 godine iskustva u treningu s opterećenjem, učinkovitije će reagirati na aktivnosti predopterećenja zato jer se mišići lakše adaptiraju na takvu vrstu treninga i mogu se spriječiti eventualna negativna oštećenja mišića (Wilson i sur., 2013; Chiu i sur., 2003). Osim toga, utvrđeno je da na razinu postaktivacijskog potencijala može utjecati tip mišićnih vlakana, pa možemo pretpostaviti da osobe koje imaju veći postotak brzih mišićnih vlakana (tip 2) mogu postići veću razinu postaktivacijskog potencijala (McGowan i sur., 2015). U prilog tome, Kilduff i suradnici (2007) zabilježili su pozitivnu korelaciju ( $r = 0,63$ ,  $p = 0,01$ ) između mišićne jakosti (apsolutne i relativne) i maksimalne vrijednosti dinamičkog vertikalnog skoka (CMJ) 12 minuta nakon završetka izvođenja stražnjeg čučnja od maksimalno 3 ponavljanja (3RM).

Uz aktivno zagrijavanje koje se sastoji od submaksimalnih ili maksimalnih svjesnih kontrakcija i uz odgovarajuće razdoblje odmora, čini se da možemo povećati stimulaciju trzaja mišića i poboljšati jakost i eksplozivnu snagu u nadolazećoj izvedbi (Bishop, 2003a). S obzirom da je stimulacija mišićnog trzaja najveća odmah nakon podražaja postaktivacijskog potencijala (Requena i sur., 2005 i 2008; Baudry i Duchateau, 2007), nije sigurno da će se to isto dogoditi i prilikom sljedeće izvedbe te je zbog toga važno uzeti u obzir trajanje tranzicije (prema McGowanu i sur., 2015, nazvana kao duljina vremena između pripreme i kriterijske vježbe, odnosno vremensko razdoblje nakon zagrijavanja i početka izvedbe). Kako bi postigli maksimalnu sposobnost ispoljavanja eksplozivne snage u nadolazećoj vježbi, treneri bi trebali za svakog pojedinog sportaša odrediti optimalno trajanje tranzicije s obzirom na njihove različite reakcije (Kilduff i sur., 2007 i 2008). Tako se za one pojedince koji imaju iskustva u vježbanju smatra da je optimalno vrijeme trajanja tranzicije od 7 - 10 min (Kilduff i sur., 2007; Wilson i sur., 2013; Güllich i Schmidtbleicher, 1995). Poboljšanje učinkovitosti momenta izlazne eksplozivne snage također se može dogoditi nakon 5 min tranzicije (Smith i Fry, 2007), 8 - 12 min tranzicije (Kilduff i sur., 2007 i 2008; Bevan i sur., 2009) i 18,5 min tranzicije (Chiu i sur., 2003). Ukoliko želimo sa sportašima iskoristiti prednosti

postaktivacijskog potencijala, preporuča se da u zagrijavanju napravimo nekoliko serija balističkih vježbi kao što su dubinski skokovi ili dinamički vertikalni skokovi (CMJ) uz korištenje prsluka s opterećenjem i trebali bi što točnije odrediti optimalno vrijeme tranzicije (McGowan i sur., 2015).

#### **1.1.4. Psihološki mehanizmi**

Kako bi bili učinkovitiji u sportskoj izvedbi na treningu ili natjecanju, brojnim fiziološkim promjenama koje su rezultirale zagrijavanjem možemo pridodati i moguće mentalne vježbe u cilju postizanja optimalne pobuđenosti u psihološkom mehanizmu. Zagrijavanje također možemo iskoristiti kao vrijeme da se sportaši psihički pripreme za nadolazeću disciplinu ili zadatak te se može smatrati dijelom rutine prije same izvedbe pomažući sportašu da se dovede u odgovarajuće stanje aktivacije te pobuđenosti (Bishop, 2003a).

Prije samog natjecanja poznato je da sportaši izvode neki oblik mentalne pripreme (Tod i sur., 2005). Tipične strategije uključuju vizualizaciju, izgovaranje znakovnih riječi, koncentraciju te različite mentalne vježbe koje pomažu sportašima da dođu u optimalno stanje pobuđenosti (Mellalieu i Hanton, 2008; Weinberg i Gould, 2011). Prema Weinbergu i Gouldu (2011) te strategije su osmišljene kako bi suzile pažnju pojedinca i izgradile njihovo samopouzdanje. Također sportaši koji su vizualizirali zagrijavanje imali su poboljšane fiziološke karakteristike (Malareki, 1954). Poznato je da se vrhunski sportaši češće mentalno pripremaju za trening i natjecanje uspoređujući s rekreativcima i sportašima početnicima (Arvinen-Barrow i sur., 2007) te se smatra da je mogući uzrok boljoj izvedbi na natjecanju kod olimpijaca upravo korištenje mentalnih strategija (Taylor i sur., 2008). Navodno je olimpijski plivač Michael Phelps od svoje sedme godine svake noći gledao svoje 'video vrpce' s treninga i natjecanja i vizualizirao postavljanje svjetskog rekorda (Duhigg, 2012). Ova tehnika vizualizacije korištena je od strane bezbrojnih sportaša koji su do najsitnijih detalja zamišljali savršenu utrku, igru ili događaj. Prema Lebonu i suradnicima (2010) dokazano je da takva vrsta vježbanja poboljšava izvedbu i probija granice treninga ali ih sportaši često zanemaruju. Bolje izvršavanje zadataka nakon uporabe prethodnih mentalnih tehnika pokazali su sportaši koji se natječu u raznim sportovima kao što su vaterpolo (Hatzigeorgiadis i sur., 2004), nogomet (Johnson i sur., 2004) i tenis (Cutton i Landin, 2007). Korištenjem mentalnih vježbi također možemo poboljšati ispoljavanje sile u benč potisku

(Tod i sur., 2005). Prema Shellocku (1986) zagrijavanje dovodi do psihološkog povećanja fokusa i pažnje, smanjuje stres, anksioznost i napetost koju sportaši imaju prije natjecanja te smanjuje strah od ozljeda, što rezultira boljom izvedbom.

## **1.2. Tehnike zagrijavanja**

S obzirom da je cilj zagrijavanja povećati temperaturu lokalnog mišića i/ili cijelog tijela (Shellock i Prentice, 1985), prema Bishopu (2003a) tehnike zagrijavanja općenito možemo svrstati u dvije glavne kategorije: pasivno zagrijavanje i aktivno zagrijavanje.

### **1.2.1. Pasivno zagrijavanje**

Pasivnim zagrijavanjem možemo povećati temperaturu mišića ili temperaturu tijela (*T<sub>tijela</sub>*) uz pomoć različitih metoda kao što su tople kupke ili tuširanje toplom vodom, sauna, dijatermija i korištenje grijaćih jastučića (Bishop, 2003a). Ukoliko povećamo temperaturu mišića 1°C, u nadolazećoj izvedbi možemo biti učinkovitiji za 2 - 5% (Racinais i Oksa, 2010). S obzirom da upotreba prethodno spomenutih metoda pasivnog zagrijavanja nije baš praktična na treningu i natjecanjima, to nas je potaknulo za drugim rješenjima imajući na umu: 1) da se temperatura mišića počinje snižavati odmah nakon prestanka vježbanja; 2) vidljivo opadanje temperature mišića / temperature tijela već nakon 15 - 20 min završetka vježbe (Mohr i sur., 2004; West i sur., 2013); 3) dugo razdoblje između završetka zagrijavanja i početka natjecanja (faza tranzicije).

Pojavom novih pasivnih metoda za održavanje topline poput sportske odjeće koja grije (npr. Adidas Clima 365, AG, Njemačka) i jakni za snježnu oluju (npr. one koje proizvodi Blizzard Protection Systems Ltd, Bangor, Ujedinjeno Kraljevstvo), dobila su se praktična i učinkovita alternativna rješenja koja pomažu u održavanju temperature mišića i/ili temperature tijela tijekom dugih faza tranzicije i samim time omogućavaju bolju izvedbu u vježbi (McGowan i sur., 2015).

Sportska odjeća koja grije ima toplinske niti na baterije koje su ušivene u vlakna tkanine te omogućavaju korištenje u različitim sportskim aktivnostima (McGowan i sur., 2015). Za vrijeme faze tranzicije u trajanju od 30 min, primjena aktivnog zagrijavanja na bicikl ergometru uz dodatno korištenje donjeg dijela trenirke koja grije (pasivno održavanje topline), dovelo je do značajnog poboljšanja u održavanju temperature mišića (upotreba

zagrijane odjeće rezultirala je povećanjem temperature mišića od 1°C na dubini od 0,01m i porastom 0,4°C temperature mišića na dubini od 0,03m uspoređujući s nekorištenjem dodatnog pasivnog zagrijavanja) i povećanja od 9% u maksimalnom i relativnom momentu izlazne eksplozivne snage tijekom sprinta na biciklu (Faulkner i sur., 2013). Međutim, u drugom istraživanju istog autora korištenje grijaćeg donjeg dijela trenirke tijekom aktivnog zagrijavanja kao i za vrijeme faze tranzicije nije stvorilo dodatnu prednost u izvedbi.

Pokazalo se da nošenje jakni za snježnu oluju može povećati temperaturu tijela za 65% i poboljšati izvedbu u sprintu sa sanjkama na 20m (Cook i sur., 2013). Profesionalni igrači ragbija postigli su bolje rezultate u ponavljajućim sprintevima ( $6,96 \pm 0,14$  sek naspram kontrolne grupe  $7,01 \pm 0,16$  sek) primjenom jakni za snježnu oluju tijekom faze tranzicije u trajanju od 15 min (Kilduff i sur., 2013). Kod grupe koja je nosila jakne za snježnu oluju za vrijeme faze tranzicije najmanje se snizila temperatura tijela ( $-0,19 \pm 0,08^{\circ}\text{C}$ ) u odnosu na kontrolnu grupu ( $-0,55 \pm 0,10^{\circ}\text{C}$ ) (Kilduff i sur., 2013).

Kako bi utvrdili optimalnu upotrebu takvih pomoćnih sredstava, potrebna su daljnja istraživanja u tom dijelu uključujući temperaturu odjevnih predmeta, duljinu vremena u kojem bi se odjeća (-e) trebala nositi, kada bi se odjeća (-e) trebala koristiti s obzirom na vremenenski okvir natjecanja i za pojedine sportove bi trebalo odrediti specifičan položaj pasivnog izvora topline na tijelu (McGowan i sur., 2015).

Bez obzira na učinkovitost pasivnog zagrijavanja na izvedbu, prema Bishopu (2003a) pasivno zagrijavanje može poboljšati dinamičku silu u kratkom trajanju izvedbe (< 10 sek, npr. vertikalni skokovi i sprintevi) i srednjem trajanju izvedbe (10 sek do 5 min), dok će na dugotrajne izvedbe (> 5 min) imati negativne efekte putem povećanja aktivnosti termoregulacijskih mehanizama i neće poboljšati izometrijsku silu. Tehnike pasivnog zagrijavanja mogu pomoći kao dodatak u održavanju temperature proizvedene aktivnim zagrijavanjem, a osobito u situacijama ako postoji dulji vremenski period između zagrijavanja i početka aktivnosti (duža faza tranzicije) i/ili hladnog vremena (Bishop, 2003b).

## **1.2.2. Aktivno zagrijavanje**

Aktivno zagrijavanje je najčešće korištena tehnika zagrijavanja prije treninga ili natjecanja koja obuhvaća aktivnosti kao što su trčanje, gimnastika ili vježbe s vlastitom težinom, vožnja biciklom i plivanje, te za razliku od pasivnog zagrijavanja mogu izazvati veće metaboličke i srčano - žilne promjene (Bishop, 2003b). Prednosti aktivnog zagrijavanja

možemo pripisati povećanoj temperaturi mišića i temperaturi tijela, koje su postignute aktivnim pokretima glavnih mišićnih skupina (Shellock i Prentice, 1985). Učinkovitost aktivnog zagrijavanja u velikoj mjeri je određena sadržajem zagrijavanja koji podrazumijeva intenzitet i trajanje fizičkih zadataka, kao i dužinu trajanja faze tranzicije (McGowan i sur., 2015). Prema McGowanu i suradnicima (2015) početni aerobni dio aktivnog zagrijavanja bi trebali skratiti ispod 15 min i trebali bi napraviti nekoliko (npr. 1 - 5) aktivacijskih sprinteva/napora identičnih kao na utrci ili dinamičkih postaktivacijskih vježbi kako bi izazvali pozitivne efekte u nadolazećem sprintu i aktivnostima visokog intenziteta.

U istraživanju Watterdala (2013), serija sprinteva 5 x 40m intenziteta sličnog kao i na utrci (90 - 95%  $VO_{2max}$ ) rezultirala je bržim vremenom u kasnijem izvođenju sprinta na 60m nego kada su napravili samo jedno ponavljanje sprinta. U drugoj strategiji aktivnog zagrijavanja koje se sastojalo od 5 min kontinuiranog aerobnog trčanja malog do srednjeg intenziteta, dinamičkog istezanja i tri dubinska skoka, poboljšalo se vrijeme u sprintu na 20m za 5% u usporedbi kada nisu bili korišteni dubinski skokovi (Byrne i sur., 2014). Što se tiče trajanja i intenziteta zagrijavanja, smanjivanje početnog aerobnog dijela (od 20 na 15 min) i redukcija broja aktivacijskih sprinteva (4 naspram 1) imalo je za posljedicu veći maksimalni moment izlazne eksplozivne snage tijekom 30 sek Wingate testa (Tomaras i Macintosh, 2011). U sveukupnom trajanju sprinta na biciklu od 30 sek, izvođenje mrtvog dizanja (2 x 5 ponavljanja) povećalo je maksimalni moment izlazne eksplozivne snage u prvih 5 i 10 sek sprinta nakon faze tranzicije od 10 min (Thatcher i sur., 2012). Prema Neiva i suradnicima (2014) došlo je do bolje izvedbe plivača nakon serije kratkotrajnih dionica (25m) koji su intenzitetom bili identični kao na utrci u okviru zagrijavanja od 1000m. Vježbe zagrijavanja na 'suhom' (izvan bazena) kao što su vibracije gornjeg dijela tijela (Nepocatych i sur., 2010), vježbe poskoka i vertikalnih skokova (Al-Nawaiseh i sur., 2013) ili vježbe s teškim opterećenjem (87% 1RM, stražnji čučanj) (Kilduff i sur., 2011), proizvele su kod plivača slične izvedbe kao i kod onih plivača koji su se zagrijavali u bazenu, tako da ovakva alternativna metoda zagrijavanja može pomoći sportašima koji nisu u mogućnosti koristiti bazen za zagrijavanje. S obzirom na vremensko trajanje faze tranzicije kod plivača, prema Westu i suradnicima (2013) zbog povišene temperature tijela ispitanika izvedba je bila bolja (1,5%) nakon faze tranzicije od 20 min nego nakon 45 min, što upućuje na to da bolje održavanje temperature tijela može povećati učinak na kasniju izvedbu.

U timskim sportovima poput nogometa ili ragbija tijekom zagrijavanja prije utakmice kao i za vrijeme poluvremena, dodatne specifične igre na terenu kao što su vježbe ponavljajućih sprinteva ili kontinuiranog trčanja izazvat će poboljšanja u izvedbi i

ponavljajućim sprintevima u drugom poluvremenu (McGowan i sur., 2015). Specifične igre na terenu dizajnirane su tako da simuliraju vještine i fizičke/fiziološke zahtjeve određenog sporta primjenom specifičnih aktivnosti i obrazaca kretanja kao što su dodavanja, šutiranja i aktivnosti kontroliranja lopte (Gamble, 2004). Prema tvrdnjama Zoisa i suradnika (2011) nakon upotrebe specifičnih igri na terenu 3 x 2 min s 2 min odmora između, vidljiva su poboljšanja u visini skoka (CMJ), ponavljajućim sprintevima i agilnosti uspoređujući s grupom sportaša koja je koristila standardno aktivno zagrijavanje kao što su vježbe mobilnosti, sprintevi i vježbe s loptom, dok prema Gabbettu i suradnicima (2008) nije bilo poboljšanja u agilnosti, vertikalnom skoku i sprintu.

Intenzitet zagrijavanja također ima veliko značenje u sportu. Aktivno zagrijavanje koje je intenzitetom bilo završeno iznad anaerobnog praga bilo je učinkovitije od provedenog zagrijavanja ispod anaerobnog praga (Anderson i sur., 2014). Isto tako bi zagrijavanje prije utakmice trebalo završiti što je moguće bliže samom početku utakmice, pri čemu možemo uzeti u obzir metode pasivnog održavanja topline ukoliko vrijeme tranzicije prelazi 10 min (McGowan i sur., 2015). Kako bi umanjili opadanje temperature tijela / temperature mišića tijekom poluvremena i s obzirom na ograničeno vrijeme ponovnog zagrijavanja, primjena aktivnosti od 3 - 7 min kao što su specifične igre na terenu, ponavljajući sprintevi ili kontinuirano trčanje također mogu poboljšati izvođenje ponavljajućih sprinteva i izvedbu u drugom poluvremenu (McGowan i sur., 2015). Prema Lovellu i suradnicima (2013) zagrijavanje ponavljajućim sprintevima za vrijeme poluvremena u trajanju od 5 min povećalo je brzinu ponavljajućih sprinteva i izvedbu CMJ u usporedbi bez zagrijavanja, dok je 7 min ponavljajućih sprinteva ili ciklusa vježbi povećalo pređenu udaljenost nogometaša u drugom poluvremenu. Za razliku od neaktivnosti tijekom poluvremena, zagrijavanje kontinuiranim trčanjem (70% HR<sub>max</sub>) u trajanju od 7 min poboljšalo je (Edholm i sur., 2014) i održavalo izvođenje ponavljajućih sprinteva kod nogometaša (Mohr i sur., 2004).

Aktivno zagrijavanje ima nešto bolje rezultate od pasivnog zagrijavanja u izvedbama kratkog trajanja (< 10 sek) ali izvedba također može biti narušena ukoliko je zagrijavanje previše intenzivno ili ne omogućava dovoljan oporavak, pa kao za posljedicu imamo smanjenu dostupnost fosfagenih izvora na početku izvedbe (Bishop, 2003b). Čini se da prema istom autoru, aktivno zagrijavanje poboljšava izvedbu kod dugih i srednjih trajanja aktivnosti (> 10 sek ali < 5 min) ukoliko sportaš započne sljedeći zadatak u relativno odmornom stanju i s povišenim VO<sub>2</sub>.

### 1.3. Efekti istezanja u sportu

Kako bi postigli optimalnu izvedbu na treningu ili natjecanju, zagrijavanje ima važnu ulogu (Bishop, 2003a). Odgovarajućim zagrijavanjem možemo biti djelotvorniji u eksplozivnoj snazi i brzini s obzirom da su to temeljni čimbenici mnogih sportskih aktivnosti (Faigenbaum i sur., 2006a; Fletcher i Jones, 2004). Zagrijavanje se obično sastoji od aerobne komponente (npr. trčanje, vožnja bicikla) s ciljem podizanja temperature tijela za 1 - 2°C (Young i Behm, 2002; Young, 2007). Utvrđeno je da povećana tjelesna temperatura i temperatura mišića može utjecati na bržu provodljivost živaca, povećanu aktivaciju enzimskih sustava i veću mišićnu popustljivost (tj. manju krutost mišića) (Bishop, 2003a; Young i Behm, 2002). U zagrijavanju zatim slijedi komponenta statičkog istezanja koja obuhvaća pomicanje udova ili zglobova do granica opsega pokreta (ROM) i zadržavanje tog položaja od 6 - 60 sek (Behm i Chaouachi, 2011; Young i Behm, 2002; Murphy i sur., 2010). Smatra se da je statičko istezanje (SS) učinkovita metoda za povećanje opsega pokreta u zglobu (Paradisis i sur., 2014; Power i sur., 2004) i vjeruje se da poboljšava izvedbu (Young i Behm, 2003; Young, 2007) i smanjuje učestalost ozljeda u aktivnostima (Ekstrand i sur., 1983; Hadala i Barrios, 2009).

Nakon istezanja slijedi segment uvježbavanja vještina (specifično zagrijavanje) u kojoj sportaši izvode dinamičke pokrete slične sportu ili disciplini za koju se pripremaju (Behm i Chaouachi, 2011; Young i Behm, 2002). Općenito se smatra da je istezanje važan dio svih zagrijavanja u sportu i rekreaciji (Ayala i sur., 2011). Upravo zbog povećane sposobnosti istezanja u sportu kao i zbog smanjenog otpora popustljivosti mišića ili manje krutosti mišića, Young (2007) zaključuje da možemo poboljšati izvedbu kod planiranih pokreta ili kretnji. Tako definirana povećana fleksibilnost prvenstveno se pripisuje smanjenoj krutosti mišićno - tetivne jedinice (MTU) (Wilson i sur., 1991 i 1992; Opplert i sur., 2016) kao i povećanoj toleranciji na istezanje (Magnusson i sur., 1996). Međutim, postoje dokazi koji upućuju na to da bi statičko istezanje moglo štetno utjecati na nadolazeću izvedbu (Shrier, 2004; Behm i Chaouachi, 2011; Kay i Blazevich, 2012), tako da se percepcija o prednostima statičkog istezanja u zagrijavanju dramatično promijenila.

Pregledom radova, nakon primjene statičkog istezanja, zabilježene su značajne redukcije u maksimalnoj jakosti i eksplozivnoj snazi mišića ili mišićnoj izvedbi, koja mogu nastati zbog različitih živčanih i perifernih mehanizama, točnije dešavaju se zbog smanjene mišićno - tetivne krutosti (Opplert i Babault, 2018). Čimbenici kao što su jakost, eksplozivna

snaga, brzina kretanja, reakcija pokreta, ravnoteža, brzina sprinta i drugi, smanjeni su nakon primjene statičkog istežanja do jednog, dva i dvadesetčetiri sata kasnije (Behm i Haddad, 2015). Prema dosadašnjim istraživanjima statičko istežanje treba koristiti pažljivo ili čak izbjegavati za vrijeme zagrijavanja kako bi spriječili potencijalno negativne učinke u nadolazećoj mišićnoj izvedbi (Opplert i Babault, 2018). Međutim, treba uzeti u obzir, istraživanja kod kojih nije bilo negativnih efekata nakon primjene statičkog istežanja zbog toga jer nam takve informacije mogu pomoći da bolje razumijemo mehanizam istežanja i da pametnije iskoristimo mogućnosti korištenja statičkog istežanja prije izvedbe za različite aktivnosti s obzirom na populaciju (Behm i Chaouachi, 2011). S obzirom da je većina istraživanja pokazala da statičko istežanje ima negativne učinke u zagrijavanju, mnogi pojedinci i sportski timovi u današnje vrijeme koriste dinamičko istežanje (DS) (Samson i sur., 2012). Prema Fletcheru (2010) dinamičko istežanje obuhvaća kontrolirane pokrete kroz aktivni opseg pokreta u svakom zglobu. Upravo zbog sličnosti kretnji koje dinamičko istežanje ima s aktivnostima i vježbama koje bi mogle uslijediti, možemo očekivati da će dinamičko istežanje biti bolje od statičkog istežanja (Torres i sur., 2008). U današnje vrijeme sve je više informacija koje ukazuju na značajne pozitivne učinke dinamičkog istežanja na izvedbu (Opplert i Babault, 2018).

U odnosu na statičko istežanje, brojna istraživanja su pokazala nakon dinamičkih istežanja slične ili bolje rezultate u fleksibilnosti, eksplozivnoj snazi, visini skoka ili bržem sprintu, te su pokazala da je dinamičko istežanje u mišićnoj izvedbi učinkovitije od neistežanja i statičkog istežanja (Opplert i Babault, 2018). Unatoč tomu, u literaturi postoje izvješća o lošijoj izvedbi nakon primjene dinamičkog istežanja (Herda i sur., 2013; Paradisis i sur., 2014; Nelson i Kokkonen, 2001; Turki i sur., 2012; Sá i sur., 2015; Costa i sur., 2014; Samuel i sur., 2008).

### **1.3.1. Statičko istežanje**

Statičko istežanje (SS) ima veliku važnost u rekreaciji, natjecateljskim sportskim aktivnostima i rehabilitaciji (Beckett i sur., 2009; Nelson i sur., 2005; Wu i sur., 2011; Pin i sur., 2006; Zhao i sur., 2011). U mnogim sportovima kao što su gimnastika, hokej na ledu, hrvanje, borilačke vještine, sinkronizirano plivanje, umjetničko klizanje i drugi, koristi se statičko istežanje u zagrijavanju zbog toga jer se u takvim dinamičnim sportovima očekuje da



povećana statička fleksibilnost može utjecati na izvedbu (Wong i sur., 2011). Statičko istežanje obuhvaća izduživanje mišića do onog trenutka kada imamo osjećaj istegnutosti mišića (Cronin i sur., 2008) ili dok ne dođemo do točke nelagode (Behm i sur., 2004), te zadržavanje istog mišića u izduženom položaju određeno vremensko razdoblje (Ebben i sur., 2004). S obzirom na različite tvrdnje, statičko istežanje možemo nazvati i pasivnim istežanjem (Moran i Arechabala, 2012). Ylinen (2008) navodi da je pasivno istežanje jedna vrsta statičkog istežanja koja zahtijeva primjenu vanjske sile, bilo da je riječ o osobi ili stroju. Statičko istežanje se uobičajeno koristi u bolnicama i sportskim sredinama sa specifičnim ciljem smanjenja rizika od ozljeda i povećanja opsega pokreta zgloba (McHugh i Cosgrave, 2010). Ipak, sve veći broj istraživanja izvještava o negativnim učincima statičkog istežanja na sportsku izvedbu (Behm i sur., 2016).

Na temelju negativnih rezultata u brzini (Beckett i sur., 2009), skoku (Behm i Kibele, 2007; Young i Elliott, 2001) i brzini ispoljavanja sile (McBride i sur., 2007), nekoliko autora (Young i Behm, 2003; Behm i Chaouachi, 2011; Šimić i sur., 2013; Young i Elliott, 2001) je preporučilo da se prije eksplozivnih pokreta ili kretnji skрати trajanje statičkog istežanja ili da se potpuno izbjegne statičko istežanje. Prema Morrinu i Reddingu (2013) neka su istraživanja pokazala da statičko istežanje u zagrijavanju smanjuje krutost mišićno - tetivne jedinice, što može izazvati smanjeno ispoljavanje sile te lošiju izvedbu. Zbog različitih kretnji i zadataka koje sportaši izvode u zagrijavanju prije izvedbe koja iziskuje veliki napor, uzimajući u obzir vrijeme između završetka istežanja i početka izvedbe u trajanju od 2 - 10 min, Stafilidis i Tilp (2015) nisu potvrdili tezu o negativnom utjecaju statičkog istežanja na izvedbu kao neke druge studije (Behm i Kibele, 2007; Young i Behm, 2003; Šimić i sur., 2013) te su zaključili da su o efektima, posljedicama i trajanju statičkog istežanja potrebna daljnja istraživanja.

### **1.3.2. Dinamičko istežanje**

Dinamičko istežanje (DS) obuhvaća kontrolirano izvođenje pokreta kroz aktivni (s kontrakcijom mišića) opseg pokreta zgloba (-ova) (Fletcher, 2010). Vrlo često se pojam dinamičkog istežanja poistovjećuje s pojmom balističkog istežanja. Naime, prema Opplertu i Babaultu (2018) obje se metode istežanja sastoje od izvođenja pokreta kroz potpuni opseg pokreta s kontrakcijom mišića agonista, što omogućuje antagonistima da se produže bez zadržavanja krajnje pozicije.

Nadalje, dinamičko istezanje izvodi se na kontrolirani način bez trzaja mišića, dok balističko istezanje karakteriziraju brzi i nekontrolirani pokreti s mišićnim trzajem (Opplert i Babault, 2018). U skladu s time, zbog stvaranja veće napetosti unutar mišića (Bandy i sur., 1998) i zbog nastajanja mogućih nekontroliranih sila koje prelaze granicu rastezljivosti mišića (Alter, 1997), balističko istezanje je manje učinkovito nego druge vrste istezanja i rjeđe se primjenjuje u sportu i rekreaciji. Balističko istezanje također može utjecati na lakše podraživanje refleksa na istezanje i tako izazvati kontrakciju u istegnutom mišiću, te zbog krajnje granice opsega pokreta i trzaja mišića bilo bi manje korisno od primjene dinamičkog istezanja (Opplert i Babault, 2018). Madden i suradnici (2010) isto tako navode kako je sportsko medicinska zajednica općenito mišljenja da je praktična primjena balističkog istezanja opasna.

Ako usporedimo rezultate istraživanja statičkog i dinamičkog istezanja, mnogo je istraživanja koja preporučuju upotrebu dinamičkog istezanja prije same izvedbe zbog toga jer se takvim načinom istezanja može poboljšati opseg pokreta zgloba, a neka od istraživanja su pokazala slične ili bolje rezultate u fleksibilnosti pod utjecajem dinamičkog istezanja (Opplert i Babault, 2018). Upravo suprotno, postoje istraživanja koja su pokazala da je statičko istezanje učinkovitije u poboljšanju opsega pokreta nego dinamičko istezanje (Bacurau i sur., 2009; Paradisis [et al.] sur., 2014; Samson i sur., 2012; Morrin i Redding, 2013; O'Sullivan i sur., 2009). Prema Opplertu i Babaultu (2018) oprečna mišljenja na koja nailazimo u istraživanjima možemo pripisati različitoj prirodi istezanja s obzirom da se u dinamičkom istezanju provodi manje vremena u istegnutom položaju za razliku od statičkog istezanja. Dinamičko istezanje može nam pomoći da povećamo temperaturu mišića tijekom zagrijavanja (Fletcher, 2010; Yamaguchi i Ishii, 2005; Fletcher i Monte-Colombo, 2010b; Herda i sur., 2008), a već smo ranije spomenuli da se zbog povećane temperature mišića može smanjiti viskoznost mišića (Bishop, 2003a) i samim time povećati rastezljivost tkiva.

Prema Amiri-Khorasaniu i suradnicima (2011), veći kutni pomak bi mogao doprinijeti povećanom opsegu pokreta tijekom dinamičkog istezanja ako usporedimo s opsegom pokreta kod statičkog istezanja.

Prilikom pripremanja za bilo koju fizičku aktivnost, prema Behmu i suradnicima (2016) nekoliko je razloga zašto bi nam dinamičko istezanje više odgovaralo od statičkog istezanja:

- 1) Jedan od razloga je da možda postoji bliska sličnost između načina dinamičkog istezanja i obrazaca kretanja u vježbi za koju se pripremamo (Behm i Sale, 1993).
- 2) Aktivnosti dinamičkog istezanja mogu povećati temperaturu tijela (Fletcher i Jones, 2004) i samim time utjecati na bržu provodljivost živaca, povećanu aktivaciju enzimskih sustava i veću mišićnu popustljivost (tj. manju krutost mišića), što na kraju ubrzava proizvodnju energije (Bishop, 2003b).
- 3) Dinamičko istezanje i dinamičke aktivnosti imaju tendenciju pojačati rad središnjeg živčanog sustava, a ne smanjiti, što se može desiti kod produženog trajanja statičkog istezanja (Guissard i Duchateau, 2006; Trajano i sur., 2013).

S obzirom da se eksplozivni pokreti u sportu obično izvode velikom brzinom prilikom savladavanja mase i inercije tijela (Gourgoulis i sur., 2003), vrlo je važno na koji ćemo način pravilno pripremiti tijelo kako bi omogućili bolju izvedbu i smanjili mogućnost ozljede. U sportskim aktivnostima koje zahtijevaju eksplozivnu izvedbu, čini se da dinamičko istezanje ima sve veću primjenjivost u zagrijavanju (Judge i sur., 2013). U literaturi i na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja, za eksplozivnu snagu nogu i aktivnosti koje zahtijevaju eksplozivnost, preporučuje se korištenje dinamičkog istezanja u zagrijavanju. Nekoliko studija ispitalo je učinke dinamičkog istezanja na eksplozivnu izvedbu (Yamaguchi i Ishii, 2011). Za razliku od statičkog istezanja, dinamičko istezanje je pokazalo bolje rezultate u eksplozivnoj snazi, sprintu i visini skoka (Wiemann i Hahn, 1997; Ryan i sur., 2014; Su i sur., 2017; Mizuno, 2017; Hough i sur., 2009; Fletcher, 2010; Fletcher i Jones, 2004; Yamaguchi i Ishii, 2005; Turki i sur., 2012; Sekir i sur., 2010; Byrne i sur., 2014; Kruse i sur., 2013; Leone i sur., 2014; Pappas i sur., 2017).

Uzimajući u obzir različite čimbenike, prema Opplertu i Babaultu (2018) dinamičko istezanje je učinkovitije od statičkog istezanja prije nadolazećih mišićnih izvedbi, a naročito prije eksplozivnih ili brzih aktivnosti. Mehanizmi dinamičkog istezanja pomoću kojih možemo poboljšati mišićnu izvedbu i dalje su nejasni, uglavnom se hipotetski mogu pripisati pridruženim svjesnim kontrakcijama te mehanizmima povezanim s temperaturom i stimulacijom središnjeg živčanog sustava. Kao rezultat tih efekata, dinamičko istezanje može izazvati veće ispoljavanje sile i eksplozivne snage (Hough i sur., 2009; Torres i sur., 2008; Yamaguchi i Ishii, 2005). Shodno tome, grupa stručnjaka je pretpostavila da je nakon dinamičkog istezanja došlo do veće izlazne sile zbog povećanja neuromišićne funkcije, te su naslutili da je dinamičko istezanje izazvalo efekt postaktivacijskog potencijala na izvedbu povećanjem brzine priljubljenosti poprečnih mostova (Houston i Grange, 1990). Prema

Behmu i suradnicima (2004) mogući uzrok većeg ispoljavanja sile je sposobnost stvaranja većeg broja poprečnih mostova. Opplert i Babault (2018) ističu da nakon primjene dinamičkog istežanja može biti narušena krutost mišićno – tetivne jedinice i djelomično se može poboljšati opseg pokreta, ali čini se da to nije primarni razlog bolje izvedbe uzrokovane istežanjem.

### **1.3.3. Kombinacija statičkog i dinamičkog istežanja**

Prema Fletcheru i Annessu (2007) vrlo je malo istraživanja koja su kombinirala dinamičko i statičko istežanje u istom zagrijavanju i uglavnom su pokazala slabije rezultate u odnosu na dinamičko istežanje (Fletcher i Jones, 2004). U većini istraživanja preporučuje se u zagrijavanju koristiti kombinirani način statičkog i dinamičkog istežanja s obzirom da dinamičko istežanje može ublažiti negativne učinke statičkog istežanja (Behm i Chaouachi, 2011). Prema Tayloru i suradnicima (2009) ispostavilo se da primjena visoko intenzivnih sportsko - specifičnih vještina nakon statičkog istežanja neutralizira negativne učinke statičkog istežanja i utječe na bolju visinu vertikalnog skoka i izvedbu u sprintu. Chaouachi i suradnici (2010) ističu da bi bilo važno istražiti efekte kombiniranog statičkog i dinamičkog istežanja tijekom zagrijavanja, upravo zbog toga da se utvrdi da li će statičko istežanje lošije utjecati na izvedbu s obzirom na pozitivne učinke dinamičkog istežanja.

Chaouachi i suradnici (2010) istražili su učinke statičkog i dinamičkog istežanja samostalno i u kombinaciji testovima agilnosti, sprinta i skoka. Proveli su 8 različitih kombinacija istežanja koja su uključivala: 1) Statičko istežanje do točke nelagodnosti, 2) Statičko istežanje ispod točke nelagodnosti, 3) Dinamičko istežanje, 4) Statičko istežanje do točke nelagodnosti u kombinaciji s dinamičkim istežanjem, 5) Statičko istežanje ispod točke nelagodnosti u kombinaciji s dinamičkim istežanjem, 6) Dinamičko istežanje u kombinaciji sa statičkim istežanjem do točke nelagodnosti, 7) Dinamičko istežanje u kombinaciji sa statičkim istežanjem ispod točke nelagodnosti i 8) nije bilo istežanja. Istraživanje je provedeno na skupini vrhunskih sportaša, a rezultati su pokazali da nije došlo do nikakvih negativnih učinaka u sprintu, agilnosti i visini skoka pod utjecajem statičkog i dinamičkog istežanja s različitim intenzitetima istežanja (8 kombinacija).

Slično tome Gelen (2010) je nakon aerobnog zagrijavanja kombinirao statičko i dinamičko istežanje i nije uočio negativne efekte u sprintu, vođenju lopte i izvođenju udarca u nogometu. Nedostatak lošijih rezultata u ova dva istraživanja može se povezati s podacima u

istraživanju Behma i Chaouachia (2011), koji pokazuju da prethodno statičko istežanje nije imalo osobitog utjecaja na izvedbu sprinta.

Amiri-Khorasani i suradnici (2010) izvijestili su o tome da je kombinirani način istežanja ostvario bolje rezultate u agilnosti od statičkog istežanja, dok je dinamičko istežanje bilo najuspješnije. Zaključili su da je statičko istežanje uzrokovalo sporije vrijeme u testovima agilnosti za razliku od dinamičkog i kombinirane metode istežanja.

Morrin i Redding (2013) su kod 10 plesačica s tri ili više godina plesnog iskustva analizirali efekte različitih metoda istežanja na visinu vertikalnog skoka, ravnotežu i opseg pokreta. Nakon zagrijavanja uslijedio je jedan od četiri protokola istežanja: statičko istežanje, dinamičko istežanje, kombinacija statičkog + dinamičkog istežanja i kontrolno stanje bez istežanja. Rezultati su pokazali da je dinamičko istežanje ( $p = 0,05$ ) i kombinirano istežanje ( $p = 0,05$ ) proizvelo značajno bolje rezultate u eksplozivnoj snazi u odnosu na statičko istežanje i kontrolno stanje bez istežanja. S obzirom na opseg pokreta, statičko istežanje i kombinirano istežanje zabilježilo je značajno veće promjene nego dinamičko istežanje ( $p = 0,05$ ). Kombinacija statičkog i dinamičkog istežanja značajno je poboljšala rezultate u ravnoteži i visini vertikalnog skoka te opsegu pokreta prije i nakon istežanja. Autori su zaključili su da je za plesače učinkovito kombinirano zagrijavanje koje se sastoji od statičkog i dinamičkog istežanja.

## **2. CILJ I HIPOTEZE**

### **2.1. Cilj istraživanja**

Temeljni cilj ovog istraživanja je utvrditi koja je od četiri različite metode istezanja najefikasnija kod pripreme košarkaša za određenu sportsku aktivnost ili izvedbu u kojoj je eksplozivna snaga nogu od primarne važnosti.

### **2.2. Hipoteze**

Odgovarajuća hipoteza postavljena je u skladu s ciljem rada:

**H1: Dinamičko istezanje (DS) je najbolja metoda zagrijavanja za eksplozivnu snagu nogu.**

### 3. METODE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika čini 72 košarkaša juniora u dobi od 15 do 20 godina iz tri košarkaška kluba u Zagrebu (KK "Zagreb", KK "Cibona" i KK "Cedevita"). Prosječna dob (standardna devijacija) košarkaša iznosila je 16,9 (1,15) godina. U prosjeku su bili visoki 190,2 (10,04) cm, a teški 79,1 (12,69) kg. Također se može uočiti da je broj ispitanika (N) manji od 72 zbog toga jer kod nekih ispitanika nije bilo odgovora na ova pitanja (ti nisu niti sudjelovali u svim mjerenjima) (Tablica 1.). Od ukupnog broja ispitanika u svim vremenskim točkama, odnosno svim vrstama istezanja sudjelovalo je 44 ispitanika, dok preostali ispitanici nisu prisustvovali mjerenjima kod barem jedne vrste istezanja. Ispitanici su bili zdravi, a za vrijeme zagrijavanja i testiranja nije bilo ozlijeđenih osoba. Postupci testiranja su se odvijali nakon završene natjecateljske sezone u vremenskom periodu od 02.04. - 28.06.2013.

**Tablica 1.** Deskriptivna statistika karakteristika ispitanika.

Varijabla	N	$\bar{x}$	SD	Min	Max
Dob	71	16,93	1,15	15,00	20,00
Masa	65	79,11	12,69	53,80	112,00
Visina	65	190,20	10,04	166,00	210,00

*Napomena:  $\bar{x}$  – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Min – minimum; Max – maksimum.*

#### 3.2. Uzorak varijabli

Eksplozivna snaga tipa vertikalnog skoka procijenjena je slijedećim testovima:

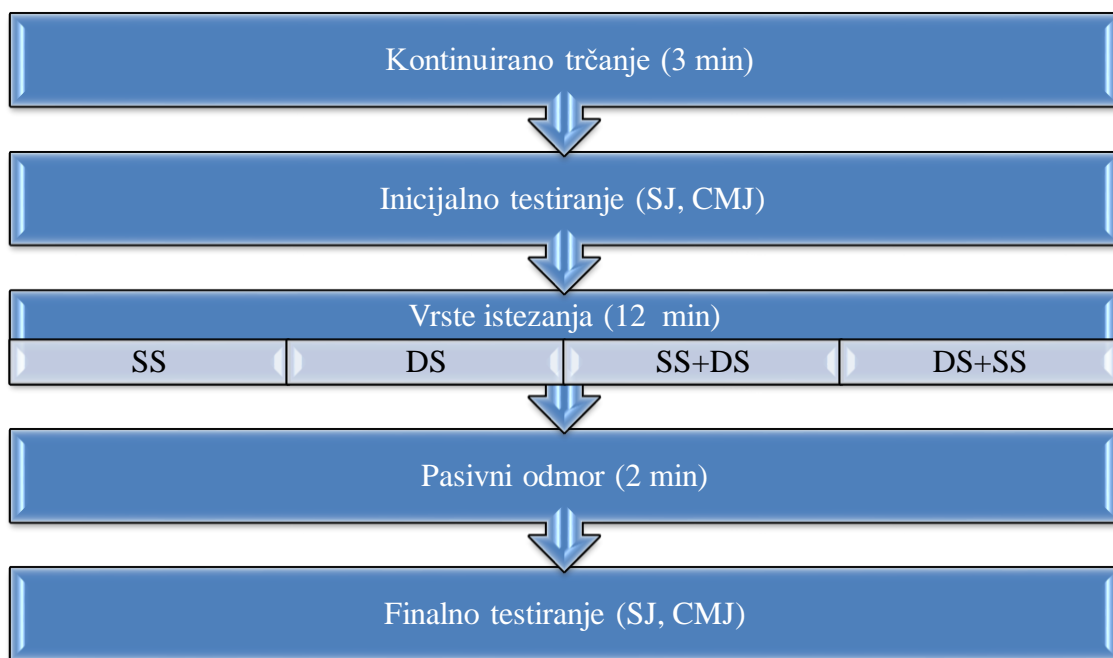
- **Statički vertikalni skok iz čučnja** (SJ - eng. Squat jump) - prilikom spuštanja u polučučanj, nakon zadržavanja pozicije polučučnja od 3 sekunde, ispitanik izvodi maksimalni vertikalni skok (Bosco i sur., 1983).
- **Dinamički vertikalni skok** (CMJ - eng. Counter - movement jump) - ispitanik izvodi skok na isti način kao SJ ali bez pauze od 3 sekunde u poziciji polučučnja (Bosco i sur., 1983).

Ispitanici kod oba testa drže ruke na bokovima kako bi spriječili utjecaj pokreta ruke na vertikalni skok i izbjegli koordinaciju kao zbunjujuće varijabilne utjecaje (Bosco i sur., 1995). Testovi za eksplozivnu snagu tipa vertikalnog skoka izmjereni su pomoću prenosive kontaktne ploče Just Jump System (Probotics, Inc., USA). Visina vertikalnih skokova izražena je u centimetrima (cm). Svaki ispitanik je izveo po 3 maksimalna skoka u svakom testu vertikalnog skoka, a najbolji rezultat korišten je za obradu podataka.

### **3.3. Protokol testiranja**

Istraživanje je provedeno u četiri različite vremenske točke s razmacima od najmanje 48 sati. U svakoj točki ispitanici su napravili jednu od četiri različite metode istezanja, što znači da su se ispitanici u svakoj sljedećoj točki istezali na drugačiji način: 1) Statičko istezanje (SS), 2) Dinamičko istezanje (DS), 3) Kombinacija statičkog i dinamičkog istezanja (SS+DS), 4) Kombinacija dinamičkog i statičkog istezanja (DS+SS). S obzirom da smo istraživanje radili s košarkašima iz tri različita kluba, testiranje je provedeno na različitim mjestima u dvoranama zatvorenog tipa u približno istom dijelu dana u razmaku od 18:30 - 21:30 sati. U svakoj vremenskoj točki, ispitanici su počeli zagrijavanje s kontinuiranim aerobnim trčanjem malog do srednjeg intenziteta u trajanju od 3 min. Nakon toga je uslijedilo prvo testiranje (*inicijalno*) s testovima eksplozivne snage tipa vertikalne skočnosti (SJ i CMJ). Zatim je uslijedila jedna od četiri metode istezanja u trajanju od 12 min, te pasivni odmor u trajanju od 2 min. Nakon toga ispitanici su bili podvrgnuti drugom testiranju (*finalno*) na identičan način i s istim testovima kao u prvom testiranju prije tretmana istezanja. Ukupno vrijeme zagrijavanja trajalo je 15 min (3 min kontinuirano trčanje + 12 min jedna od metoda istezanja). Eksperimentalni postupak istraživanja prikazan je na slici 1.





**Slika**

### 1. Protokol testiranja.

Statičko istezanje (tablica 2.) sastojalo se od 6 vježbi istezanja donjih ekstremiteta u trajanju od 12 min, zadržavajući svaku poziciju određene vježbe 30 sek koja je bila manja od točke nelagode sportaša.

**Tablica 2.** Statičko istezanje.

Statičko istezanje (12 min)		
Istezanje mišića	Opis vježbe	Vrijeme istezanja
1. Glutealna regija	Iz ležanja na leđima stavimo lijevo stopalo na desno koljeno, zatim povlačimo desno koljeno prema desnom ramenu. Promijeniti stranu.	4x30 sek (2x30 sek svaka strana) (ukupno 2 min)
2. Zadnja loža natkoljenice	Iz ležanja na leđima opružimo lijevu nogu prema gore dok je desna noga opružena na podu. S objema rukama iza koljena povlačimo lijevu opruženu nogu prema trupu (sebi). Promijeniti stranu.	4x30 sek (2x30 sek svaka strana) (ukupno 2 min)
3. Pregibač kuka	Klečeći u iskoraku s desnom nogom naprijed, stavimo opružene ruke na pod te opružimo lijevu nogu prema nazad tako da je samo stopalo lijeve noge u kontaktu s podlogom ("spiderman pozicija").	4x30 sek (2x30 sek svaka strana) (ukupno 2 min)

	Promijeniti stranu.	
4. Medijalni dio natkoljenice	Iz širokog raskoračnog stava spustimo se nisko i pogrčimo lijevu nogu dok je desna opružena. S opruženim rukama na podu istežemo unutrašnji dio bedra desne noge. Promijeniti stranu.	4x30 sek (2x30 sek svaka strana) (ukupno 2 min)
5. Prednja loža natkoljenice	Iz stojeće pozicije desnom rukom obuhvatimo desno stopalo te pogrčimo i istežemo desno bedro koje je paralelno s lijevim. Promijeniti stranu.	4x30 sek (2x30 sek svaka strana) (ukupno 2 min)
6. Stražnji dio potkoljenice	Iz stojeće pozicije s rukama na zidu kao oslonac, postavimo lijevu nogu naprijed dok je desna noga opružena prema natrag. Istežemo desnu nogu a peta treba ostati u kontaktu s podlogom. Promijeniti stranu.	4x30 sek (2x30 sek svaka strana) (ukupno 2 min)

Dinamičko istežanje (tablica 3.) sastojalo se od dva dijela istežanja donjih ekstremiteta ukupnog trajanja 12 min. Prvi dio dinamičkog istežanja obuhvaćao je 6 vježbi koje su se izvodile na način da se mišić isteže do određenog opsega pokreta koji je bio manji od točke nelagode sportaša, kratko zadržavajući poziciju 1 - 2 sek, a zatim se promijenila strana. Vježbe su se izvodile u kružnom obliku rada. Drugi dio dinamičkog istežanja sastojao se od 8 dinamičnih vježbi trčanja koje su se izvodile na udaljenosti od 20 metara. Takve dinamičke vježbe trčanja zahtijevaju od sportaša da se kreću u ritmičnom obrascu koristeći koordinaciju ruku i nogu (Taft, 2015).

**Tablica 3.** Dinamičko istežanje.

Dinamičko istežanje (6 min / 2 kruga)		
Istežanje mišića	Opis vježbe	Vrijeme istežanja
1. Glutealna regija	Iz stojeće pozicije objema rukama obuhvatimo potkoljenicu i stopalo lijeve noge te povučemo prema gore dok na desnoj nozi održavamo ravnotežu. Promijeniti stranu.	x30 sek (ukupno 1 min)
2. Zadnja loža natkoljenice	Hodajući prema naprijed prednoženje lijeve noge prema gore uz istovremeno	x30 sek (ukupno 1 min)

	predručenje ruku. Promijeniti stranu.	
3. Pregibač kuka	Čučanj u iskoraku s rukama na bokovima. Nakon 15 sek promijeniti stranu.	x30 sek (x15 sek svaka strana) (ukupno 1 min)
4. Medijalni dio natkoljenice	Iz širokog raskoračnog stava spustimo se nisko i pogrčimo lijevu nogu dok je desna opružena. S opruženim rukama na podu istežemo unutrašnji dio bedra desne noge. Promijeniti stranu.	x30 sek (ukupno 1 min)
5. Prednja loža natkoljenice	Iz stojeće pozicije desnom rukom obuhvatimo desno stopalo te pogrčimo i istežemo desno bedro koje je paralelno s lijevim. Promijeniti stranu.	x30 sek (ukupno 1 min)
6. Stražnji dio potkoljenice	Hodajući prema naprijed opružiti lijevu nogu i povući prste prema gore (dorzifleksija stopala). Promijeniti stranu.	x30 sek (ukupno 1 min)

Dinamičke vježbe trčanja (6 min)	
Naziv vježbe	Broj serija x Dužina dionice
1. Poskoci s noge na nogu prema naprijed	2x20m
2. Lateralni korak - dokorak	4x20m (2x svaka strana)
3. Karioka	4x20m (2x svaka strana)
4. Trčanje unatrag	2x20m
5. Zabacivanje potkoljenice	2x20m
6. Izbacivanje potkoljenice	2x20m
7. Indijanci	2x20m
8. Sprint + hodanje prema nazad	2x20m

Vježbe statičkog i dinamičkog istežanja ponavljale su se po 2 serije određenog broja ponavljanja za svaku vježbu. U kombiniranom načinu istežanja (SS+DS, DS+SS), broj serija se smanjio sa 2 serije na 1 seriju određenog broja ponavljanja za svaku vježbu za obje noge kako bi se izjednačilo ukupno vrijeme istežanja svake metode u trajanju od 12 min (tablica 4 i

5). Svakog puta zagrijavanje je vođeno od strane istog kineziologa.

**Tablica 4.** Kombinacija statičko + dinamičko istezanje.

Statičko istezanje (6 min)	
Istezanje mišića	Vrijeme istezanja
1. Glutealna regija	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
2. Zadnja loža natkoljenice	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
3. Pregibač kuka	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
4. Medijalni dio natkoljenice	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
5. Prednja loža natkoljenice	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
6. Stražnji dio potkoljenice	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
Dinamičko istezanje (3 min) / 1 krug	
Istezanje mišića	Vrijeme istezanja
1. Glutealna regija	x30 sek
2. Zadnja loža natkoljenice	x30 sek
3. Pregibač kuka	x30 sek (svaka strana x15 sek)
4. Medijalni dio natkoljenice	x30 sek
5. Prednja loža natkoljenice	x30 sek
6. Stražnji dio potkoljenice	x30 sek
Dinamičke vježbe trčanja (3 min)	
Naziv vježbe	Broj serija x Dužina dionice
1. Poskoci s noge na nogu prema naprijed	1x20m
2. Lateralni korak - dokorak	2x20m (1x svaka strana)
3. Karioka	2x20m (1x svaka strana)
4. Trčanje unatrag	1x20m
5. Zabacivanje potkoljenice	1x20m
6. Izbacivanje potkoljenice	1x20m
7. Indijanci	1x20m
8. Sprint + hodanje prema nazad	1x20m

**Tablica 5.** Kombinacija dinamičko + statičko istezanje.

Dinamičko istezanje (3 min) / 1 krug	
Naziv vježbe	Vrijeme istezanja
1. Glutealna regija	1x30 sek
2. Zadnja loža natkoljenice	1x30 sek
3. Pregibač kuka	1x30 sek (svaka strana x15 sek)
4. Medijalni dio natkoljenice	1x30 sek
5. Prednja loža natkoljenice	1x30 sek
6. Stražnji dio potkoljenice	1x30 sek
Dinamičke vježbe trčanja (3 min)	
Naziv vježbe	Broj serija x Dužina dionice
1. Poskoci s noge na nogu prema naprijed	1x20m
2. Lateralni korak - dokorak	2x20m (1x svaka strana)
3. Karioka	2x20m (1x svaka strana)
4. Trčanje unatrag	1x20m
5. Zabacivanje potkoljenice	1x20m
6. Izbacivanje potkoljenice	1x20m
7. Indijanci	1x20m
8. Sprint + hodanje prema nazad	1x20m
Statičko istezanje (6 min)	
Istezanje mišića	Vrijeme istezanja
1. Glutealna regija	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
2. Zadnja loža natkoljenice	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
3. Pregibač kuka	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
4. Medijalni dio natkoljenice	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
5. Prednja loža natkoljenice	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)
6. Stražnji dio potkoljenice	2x30 sek (1x30 sek svaka strana)

### **3.4. Metode obrade podataka**

Statistička analiza provedena je u programskom paketu SAS System, verzija 8.2 (SAS Institute Inc., North Carolina, USA) korištenjem procedure PROC MIXED. Rezultati su analizirani na razini značajnosti od 0,05.

Uzevši u obzir dizajn istraživanja, predviđenu vrstu statističkog testa (ANOVA), postavljenu razinu statističke značajnosti (0,05) i željenu statističku snagu (0,80), prije provođenja istraživanja definirana je potrebna veličina uzorka za svaki pojedinačni test eksplozivne snage od minimalno 34 ispitanika odnosno 136 mjerenja promjene u visini skoka nakon istežanja. Kako se visina skoka nakon istežanja korigirala za početne vrijednosti bez istežanja sa svrhom izolacije efekta samog istežanja, svako mjerenje sastoji se od 2 opservacije kako je prikazano u jednadžbi (1). Ta veličina uzorka dovoljna je za pouzdanu analizu efekata srednje veličine (Cohen's  $f = 0,25$ ), uzevši u obzir mogućnost slabe korelacije ( $p = 0,30$ ) među mjerenjima nakon različitih tretmana na istome ispitaniku. U slučaju nepostojanja korelacije među mjerenjima, potrebna veličina uzorka iznosila bi 45 ispitanika odnosno 180 mjerenja promjene u visini skoka nakon istežanja.

Ukupno su prikupljena mjerenja na 72 ispitanika. Od ukupnog broja ispitanika, u svim vremenskim točkama odnosno svim vrstama istežanja sudjelovalo je 44 ispitanika, dok preostali ispitanici nisu prisustvovali mjerenjima kod barem jedne vrste istežanja. Sukladno tome, od 72 ispitanika svakim testom eksplozivne snage prikupljeno je 228 mjerenja promjene u visini skoka nakon istežanja. Uzimajući u obzir oba provedena testa, ukupno je prikupljeno 456 mjerenja promjene u visini skoka odnosno 912 pojedinačnih opservacija.

#### **3.4.1 Analiza efekata istežanja**

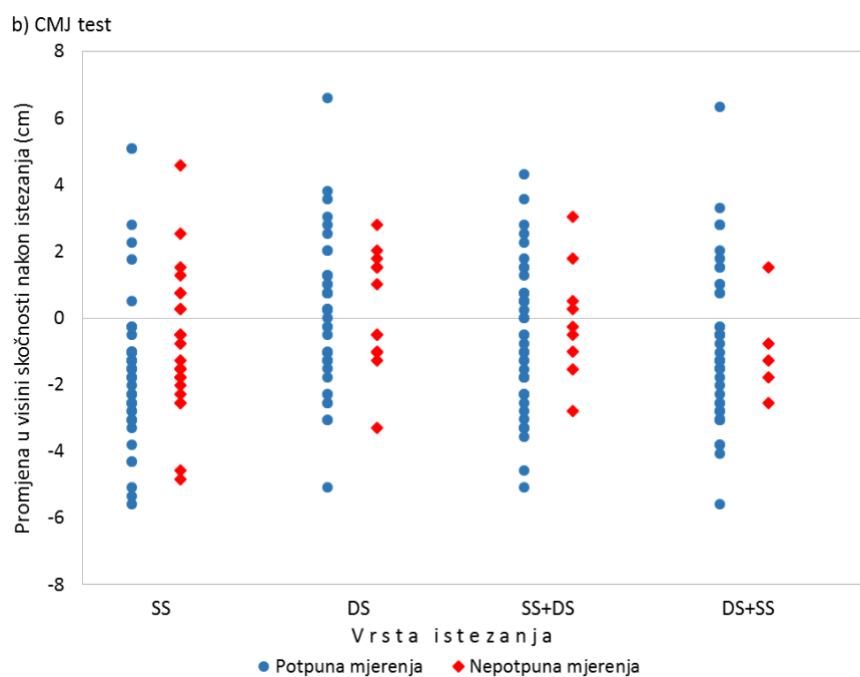
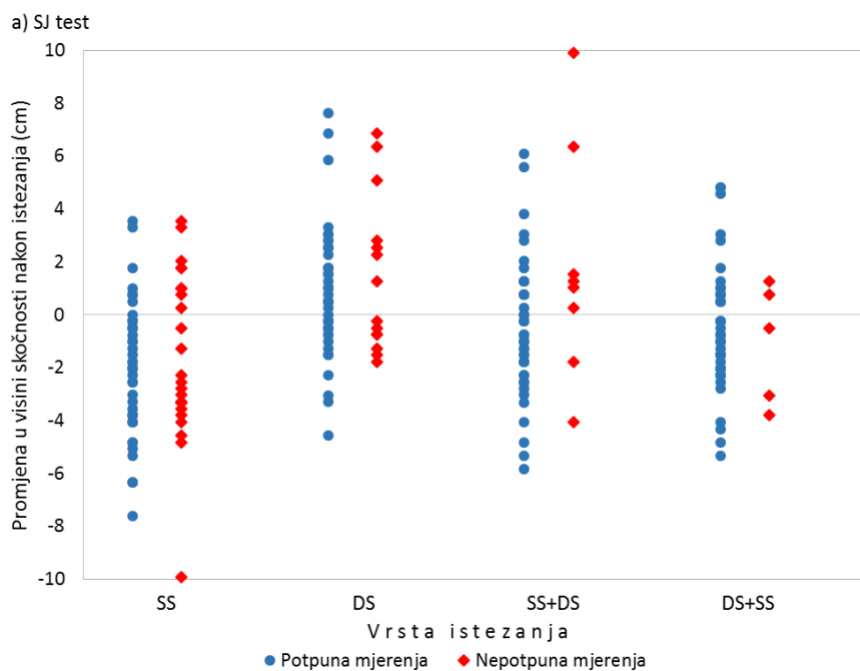
Za svaku pojedinačnu opservaciju – zabilježenu prije i poslije istežanja – prikazana je deskriptivna statistika odnosno aritmetička sredina, standardna devijacija te raspon zabilježenih vrijednosti. Promjena u visini skoka nakon određene metode istežanja u odnosu na visinu skoka prije istežanja analizirana je t-testom za ponovljena mjerenja. Uz deskriptivnu statistiku, rezultati su uključili i 95% -tne intervale pouzdanosti. Analiza t-testom provedena je zasebno za SJ test odnosno CMJ test eksplozivne snage.

### 3.4.2 Usporedba različitih vrsta istezanja

Postojanje razlika između različitih metoda istezanja (statičko, dinamičko, statičko + dinamičko, dinamičko + statičko istezanje) ispitano je korištenjem analize varijance (ANOVA) za ponovljena mjerenja. Metode istezanja zasebno su uspoređene na skupu mjerenja dobivenih SJ testom te na skupu mjerenja dobivenih CMJ testom eksplozivne snage. Parametri modela su procijenjeni metodom ograničene najveće vjerojatnosti odnosno REML metodom (Restricted Maximum Likelihood Method) koja omogućava usporedbu grupa nejednakih veličina odnosno grupa s nedostajućim ('missing') vrijednostima.

### 3.4.3. Nedostajuće ('missing') vrijednosti

Kako bi model s nedostajućim vrijednostima bio nepristran, nedostajuće vrijednosti moraju biti MCAR (vrijednosti nedostaju potpuno slučajno) ili MAR (vrijednosti nedostaju slučajno) odnosno moraju se pojavljivati slučajno. MCAR su nedostajuće vrijednosti rezultat potpuno nasumičnog procesa (ne možemo ih povezati s nikakvim varijablama). MAR su nedostajuće vrijednosti rezultat nasumičnog procesa, a to znači da nedostajuće vrijednosti možemo povezati s nekom varijablom koju smo također mjerili (npr. stariji ispitanici češće preskaču neko pitanje od onih mlađih), ali unutar kategorija varijable imamo MCAR (kod starijih ispitanika nedostajuće vrijednosti ne možemo povezati s ničime, kao niti u grupi mlađih ispitanika). Kako bi utvrdili da li se nedostajuće vrijednosti u postojećem modelu mogu smatrati MCAR ili MAR, uspoređene su distribucije rezultata ispitanika sa svim mjerenjima ( $n = 44$ ) i onih koji nisu prisustvovali jednom ili više mjerenja ( $n = 28$ ). Velike razlike u distribuciji upućivale bi na postojanje sistematskih razlika između ispitanika sa svim mjerenjima i onih s nepotpunim mjerenjima. Nisu zabilježene značajnije razlike u distribucijama dviju grupa niti kod jedne vrste istezanja (Slika 2.). Slijedom toga, pretpostavljeno je da su nedostajuće vrijednosti MCAR te su sve korištene u analizi efikasnosti različitih vrsta istezanja.



**Slika 2.** Usporedba distribucija promjene u visini skoka nakon istežanja između ispitanika s potpunim i nepotpunim mjerenjima prema vrsti istežanja za: a) SJ test i b) CMJ test.

Nadalje, razlike u masi ispitanika s potpunim i nepotpunim mjerenjima nisu bile statistički značajne (t-test;  $p = 0,584$ ), kao niti razlike u visini (t-test;  $p = 0,988$ ).



### 3.4.4. Struktura kovarijance

Struktura kovarijance je jedna od postavki u ANOVI. Koristimo ANOVU za ponovljena mjerenja jer imamo višestruka mjerenja na svakome ispitaniku. Ponovljena mjerenja nisu nezavisna, što znači da između njih postoji nekakva korelacija (povezanost). Zbog toga imamo dva izvora varijabilnosti: varijabilnost između tretmana na istom ispitaniku (kovarijanca) i varijabilnost unutar tretmana (varijanca).

Prikladna struktura kovarijance u modelu odabrana je na osnovi minimizacije Akaike informacijskog kriterija (AIC), korištenog kao indikator za testiranje adekvatnosti modela (manja AIC vrijednost znači veću adekvatnost modela). Prema AIC pokazatelju, odabrana je 'compound symmetry' struktura kovarijance koja označava konstantnu kovarijancu odnosno korelaciju među mjerenjima na istome ispitaniku. To znači da nam je varijanca mjerenja jednaka za sve tretmane, kao i kovarijanca odnosno korelacija između različitih tretmana (npr. korelacija između početnog mjerenja i tretmana 1 jednaka je korelaciji između početnog mjerenja i tretmana 2 itd.). Ova struktura odgovara uvjetu sfericiteta u standardnoj ANOVI za ponovljena mjerenja procijenjenoj metodom najmanjih kvadrata.

Vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije među promjenama u visini skoka mjerenima na istome ispitaniku nakon različitih vrsta istežanja prikazane su u Tablici 6.

**Tablica 6.** Pearsonov koeficijent korelacije promjena u visini skoka nakon istežanja između različitih vrsta istežanja za: a) SJ test i b) CMJ test .

a) SJ test

	SS	DS	SS+DS	DS+SS
SS	1,00	-0,29	-0,13	-0,14
DS	-0,29	1,00	-0,04	0,37
SS+DS	-0,13	-0,04	1,00	0,31
DS+SS	-0,14	0,37	0,31	1,00

b) CMJ test

	SS	DS	SS+DS	DS+SS
SS	1,00	-0,11	-0,07	-0,12
DS	-0,11	1,00	0,18	0,17
SS+DS	-0,07	0,18	1,00	0,06
DS+SS	-0,12	0,17	0,06	1,00

### **3.4.5. Post - hoc testovi**

Za planiranu usporedbu parova grupa korištena je Bonferroni-Holm korekcija za višestruke usporedbe kako bi se smanjila vjerojatnost pogreške tipa I odnosno odbacivanja istinite nul-hipoteze.

### **3.4.6. Utjecaj karakteristika ispitanika na promjenu visine skoka nakon istezanja**

Utjecaj karakteristika ispitanika odnosno njihove dobi, visine i mase na promjenu visine skoka nakon istezanja analiziran je multivarijantnim linearnim regresijskim modelom. Postavke regresijskog modela odgovarale su postavkama modela analize varijance za ponovljena mjerenja kojim se uspoređivala efikasnost različitih vrsta istezanja. Eventualna potreba uključivanja karakteristika ispitanika u analizu efikasnosti različitih vrsta istezanja razmatrana je na osnovi njihove značajnosti u regresijskom modelu i vrijednosti AIC informacijskog kriterija pojedinog modela.

## 4. REZULTATI

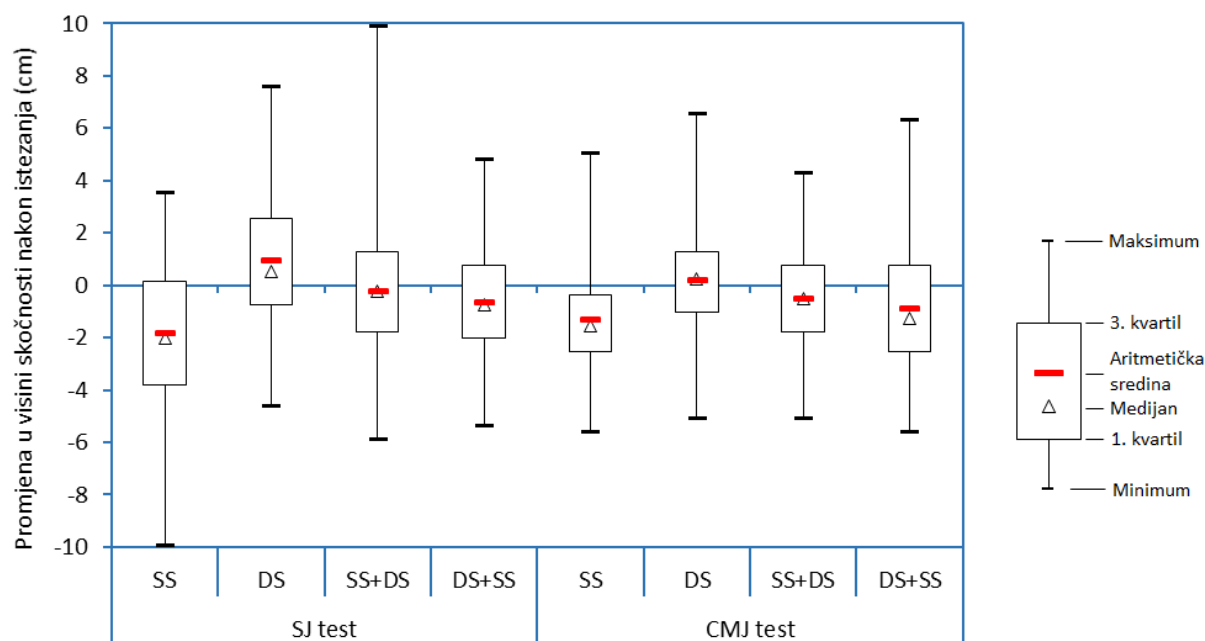
### 4.1. Distribucija varijabli

Normalna distribuiranost mjerenja testirana je Shapiro-Wilk i Kolmogorov-Smirnov testom te pokazateljima asimetrije i zaobljenosti unutar svake grupe odnosno vrste istezanja (statičko, dinamičko, statičko + dinamičko i dinamičko + statičko istezanje). Pokazatelji su upućivali na približno normalnu distribuiranost promjena u visini skoka kod oba testa eksplozivne snage (Tablica 7.).

**Tablica 7.** Pokazatelji normalne distribuiranosti promjene u visini skoka unutar svake promatrane skupine.

Test eksplozivne snage	Vrsta istezanja	N	Koeficijent asimetrije	Koeficijent zaobljenosti	Shapiro-Wilk test p-vrijednost	Kolmogorov-Smirnov test p-vrijednost
SJ test	SS	68	-0,17	0,17	0,528	> 0,150
	DS	58	0,69	0,67	0,023	0,097
	SS+DS	53	0,96	1,98	0,016	0,053
	DS+SS	49	0,41	0,35	0,243	> 0,150
CMJ test	SS	68	0,79	1,20	0,005	< 0,010
	DS	58	0,19	1,08	0,628	> 0,150
	SS+DS	53	0,03	-0,33	0,947	> 0,150
	DS+SS	49	0,77	1,19	0,081	0,048

Distribucije izmjerenih vrijednosti promjene u visini skoka nakon pojedinih vrsta istezanja prikazane su grafički Box-plot dijagramima, posebno za SJ test i CMJ test (Slika 3.). Numeričke vrijednosti prikazanih pokazatelja nalaze se u Tablici 8.



**Slika 3.** Prikaz distribucija promjene u visini skoka nakon pojedine vrste istežanja (SS, DS, SS+DS i DS+SS) prema testu eksplozivne snage (SJ i CMJ) pomoću Box-plot dijagrama.

**Tablica 8.** Promjene u visini skoka nakon istežanja prema testu eksplozivne snage i vrsti istežanja.

Test eksplozivne snage	Vrsta istežanja	N	$\bar{x}$	SD	Medijan	Q1	Q3	Min	Max
SJ test	SS	68	-1,83	2,73	-2,03	-3,81	0,13	-9,91	3,55
	DS	58	0,97	2,53	0,51	-0,76	2,54	-4,57	7,62
	SS+DS	53	-0,21	2,97	-0,25	-1,78	1,27	-5,85	9,91
	DS+SS	49	-0,61	2,31	-0,77	-2,04	0,76	-5,34	4,83
CMJ test	SS	68	-1,28	2,24	-1,53	-2,54	-0,39	-5,59	5,08
	DS	58	0,21	2,02	0,26	-1,02	1,27	-5,08	6,60
	SS+DS	53	-0,47	2,08	-0,50	-1,78	0,76	-5,08	4,31
	DS+SS	49	-0,89	2,23	-1,27	-2,54	0,76	-5,59	6,35

*Napomena:  $\bar{x}$  – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Q1 – 1. kvartil; Q3 – 3. kvartil;*

*Min – minimum; Max – maksimum.*

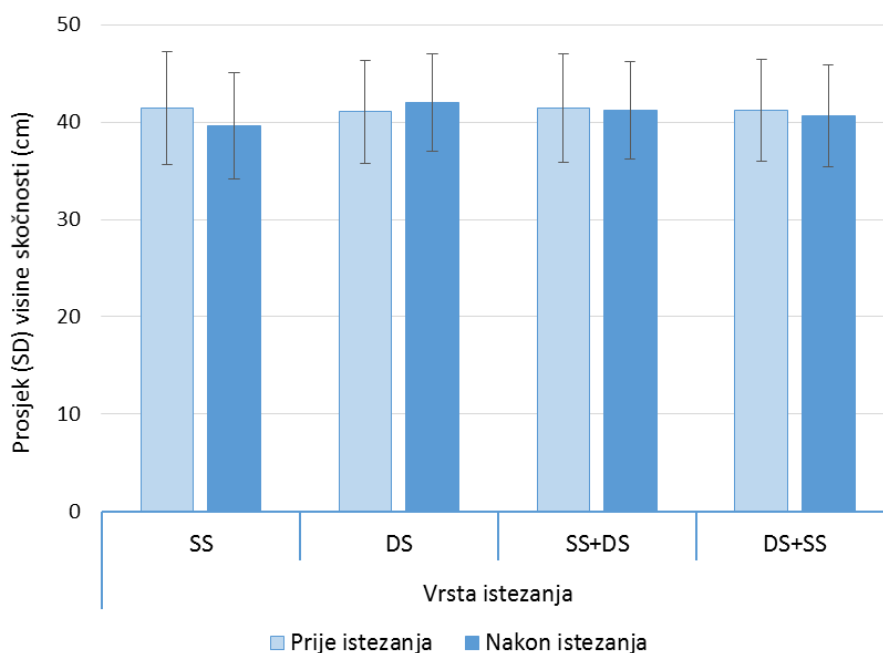
## 4.2. SJ test

Rezultati deskriptivne statističke analize za vrijednosti visine skoka izmjerene SJ testom prije i nakon različitih vrsta istežanja prikazani su numerički u Tablici 9. te grafički na Slici 4.

**Tablica 9.** Visina skoka prije i nakon različitih vrsta istežanja za SJ test.

Vrsta istežanja	N	Prije istežanja				Nakon istežanja			
		$\bar{x}$	SD	Min	Max	$\bar{x}$	SD	Min	Max
SS	68	41,44	5,84	26,92	53,59	39,61	5,42	27,69	50,29
DS	58	41,05	5,26	29,97	55,12	42,02	5,01	32,26	54,61
SS+DS	53	41,43	5,56	30,48	55,63	41,22	5,01	30,99	53,09
DS+SS	49	41,21	5,22	26,92	55,88	40,60	5,22	28,19	53,85

Napomena:  $\bar{x}$  – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Min – minimum; Max – maksimum.



**Slika 4.** Prosjek i standardna devijacija (SD) visine skoka prije i nakon različitih vrsta istežanja za SJ test.

Rezultati upućuju na povezanost vrste istežanja i visine skoka. Izvedba SJ testa u prosjeku se značajno pogoršala nakon statičkog istežanja pri čemu je zabilježeno smanjenje visine skoka u odnosu na početna mjerenja od 1,83 cm (t-test za ponovljena mjerenja;

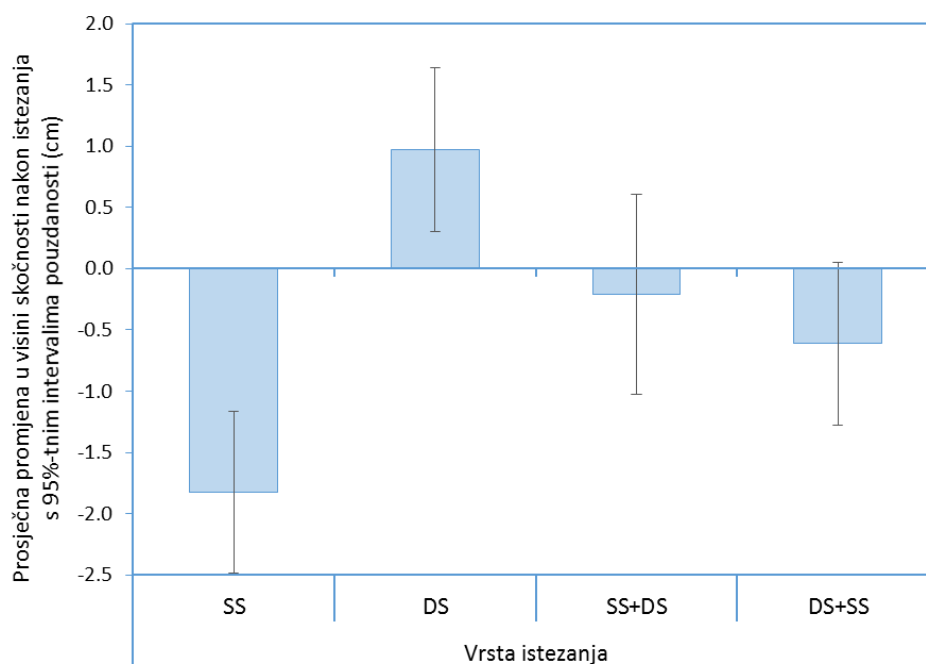
$p < 0,001$ ) (Tablica 10.). Dinamičko istežanje imalo je pozitivan učinak na visinu skoka mjerenu ovim testom koja se u prosjeku povećala za 0,97 cm (t-test za ponovljena mjerenja;  $p = 0,005$ ). Kombinacije statičkog i dinamičkog istežanja nisu imale statistički značajan učinak na visinu skoka, iako je kod obje kombinacije primijećen pad u prosječnoj visini skoka u odnosu na početna mjerenja bez istežanja (Slika 5.).

**Tablica 10.** Rezultati promjene u visini skoka nakon različitih vrsta istežanja za SJ test.

Vrsta istežanja	N	$\bar{x}$	SD	95%-tni interval pouzdanosti		t vrijednost	p- vrijednost
				Donja granica	Gornja granica		
SS	68	-1,83	2,73	-2,48	-1,16	-5,51	< 0,001
DS	58	0,97	2,53	0,31	1,64	2,92	0,005
SS+DS	53	-0,21	2,97	-1,02	0,61	-0,51	0,614
DS+SS	49	-0,61	2,31	-1,27	0,05	-1,86	0,070

*Napomena:  $\bar{x}$  – prosječna razlika u visini skočnosti nakon istežanja u odnosu na početna mjerenja;*

*SD – standardna devijacija. Rezultati t-testa za ponovljena mjerenja.*



**Slika 5.** Prosječna promjena visine skoka nakon različitih vrsta istežanja s 95% -tnim intervalima pouzdanosti za SJ test.

### 4.2.1. Usporedba različitih vrsta istezanja

Rezultati ANOVE ukazali su na statistički značajan efekt vrste istezanja na promjenu visine skoka prilikom testiranja SJ testom (ANOVA za ponovljena mjerenja;  $p < 0,001$ ). Dinamičkim istezanjem ostvaren je značajno bolji efekt u odnosu na sve ostale vrste istezanja, a najviše u odnosu na statičko istezanje (ANOVA za ponovljena mjerenja;  $p < 0,001$ ) (Tablica 11.). U prosjeku je promjena visine skoka u odnosu na početna mjerenja bila 2,79 cm veća nakon dinamičkog istezanja u odnosu na istu promjenu nakon statičkog istezanja (Slika 6.). Statičko istezanje zabilježilo je statistički značajno lošije rezultate u prosječnoj promjeni visine skoka i u odnosu na druge vrste istezanja (statičko + dinamičko i dinamičko + statičko istezanje). Između različitih kombinacija istezanja (statičko + dinamičko i dinamičko + statičko istezanje) nije opažena statistički značajna razlika u promjeni visine skoka nakon istezanja prilikom testiranja SJ testom.

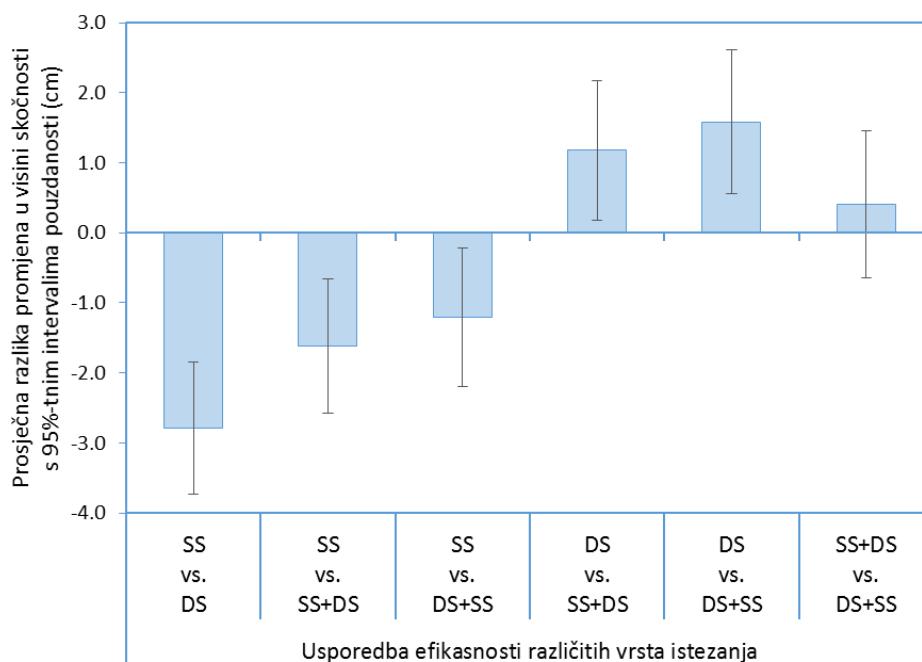
**Tablica 11.** Razlike u visini skoka nakon istezanja između različitih vrsta istezanja za SJ test.

Usporedba promjena u visini skoka	$\bar{x}$	SE	95%-tni interval pouzdanosti		t vrijednost	p- vrijednost*
			Donja granica	Gornja granica		
SS vs. DS	-2,79	0,48	-3,73	-1,85	-5,87	< 0,001
SS vs. SS+DS	-1,62	0,49	-2,58	-0,65	-3,31	0,006
SS vs. DS+SS	-1,21	0,50	-2,20	-0,22	-2,42	0,050
DS vs. SS+DS	1,18	0,51	0,18	2,18	2,33	0,050
DS vs. DS+SS	1,58	0,52	0,56	2,61	3,06	0,010
SS+DS vs. DS+SS	0,41	0,53	-0,64	1,45	0,77	0,443

*Napomena:  $\bar{x}$  – prosječna razlika promjena u visini skoka između različitih vrsta istezanja;*

*SE – standardna greška. Rezultati ANOVE za ponovljena mjerenja.*

*\* Nakon Bonferroni-Holm korekcije za višestruke usporedbe.*



**Slika 6.** Prosječna razlika u visini skoka nakon različitih vrsta istezanja s 95% -tnim intervalima pouzdanosti za SJ test.

#### 4.2.2. Utjecaj karakteristika ispitanika na promjenu visine skoka nakon istezanja

Utjecaj karakteristika ispitanika na promjenu visine skoka nakon istezanja ispitan je multivarijantnim linearnim regresijskim modelima (Tablica 12.). Rezultati različitih modela, s obzirom na broj i vrstu nezavisnih varijabli, upućuju na zaključak da dob ispitanika, visina i masa tijela nemaju značajan utjecaj na promjenu visine skoka nakon istezanja prilikom mjerenja SJ testom. Sukladno tome, korišteni model analize varijance optimalan je model analize različitih vrsta istezanja na eksplozivnu snagu mjerenu SJ testom (model M7 u Tablici 12.).



**Tablica 12.** Značajnost karakteristika ispitanika na promjenu visine skoka nakon istežanja za SJ test.

Model	Nezavisne varijable	Num DF	Den DF	F statistika	p-vrijednost	AIC
M1	Vrsta istežanja	3	152	10,96	< 0,001	1042,3
	Visina	1	60	0,00	0,959	
	Masa	1	60	0,38	0,539	
	Dob	1	60	0,07	0,794	
M2	Vrsta istežanja	3	152	11,07	< 0,001	1037,1
	Visina	1	61	0,43	0,513	
	Dob	1	61	0,05	0,831	
M3	Vrsta istežanja	3	152	10,97	< 0,001	1037,2
	Masa	1	61	0,83	0,365	
	Dob	1	61	0,08	0,773	
M4	Vrsta istežanja	3	152	11,35	< 0,001	1039,8
	Masa	1	63	0,80	0,375	
M5	Vrsta istežanja	3	152	11,45	< 0,001	1039,7
	Visina	1	63	0,46	0,500	
M6	Vrsta istežanja	3	153	11,32	< 0,001	1090,8
	Dob	1	69	0,00	0,997	
M7	Vrsta istežanja	3	153	11,72	< 0,001	1093,2
M8	— (prazan model)					1126,2

*Napomena: Modeliranje promjene u visini skoka nakon istežanja mjerene SJ testom (zavisna varijabla); Num DF = Stupnjevi slobode brojnika; Den DF = Stupnjevi slobode nazivnika. F = Razlike između aritmetičkih sredina; p = Vjerojatnost opažanja našeg rezultata (tj. dobivene F – statistike); AIC = Akaike informacijski kriterij.*

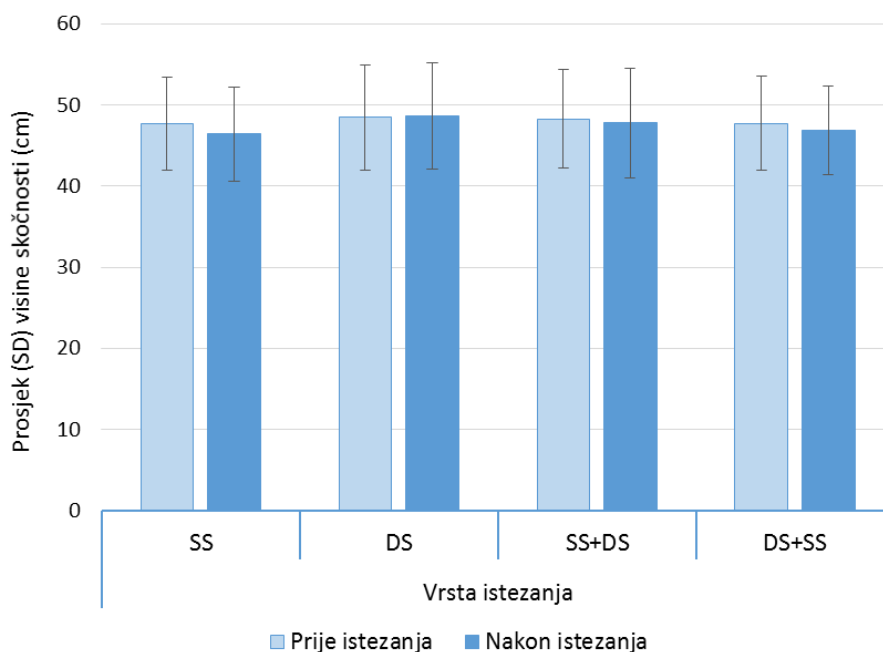
### 4.3. CMJ test

Rezultati deskriptivne statističke analize za vrijednosti visine skoka izmjerene CMJ testom prije i nakon različitih vrsta istežanja prikazana je numerički u Tablici 13. te grafički na Slici 7.

**Tablica 13.** Visina skoka prije i nakon različitih vrsta istežanja za CMJ test.

Vrsta istežanja	N	Prije istežanja				Nakon istežanja			
		$\bar{x}$	SD	Min	Max	$\bar{x}$	SD	Min	Max
SS	68	47,67	5,76	35,05	63,25	46,39	5,82	34,80	61,72
DS	58	48,43	6,50	36,32	61,72	48,64	6,54	37,59	65,53
SS+DS	53	48,23	6,07	35,56	62,74	47,76	6,71	34,80	65,79
DS+SS	49	47,74	5,79	32,77	61,21	46,85	5,40	33,78	59,69

*Napomena:  $\bar{x}$  – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Min – minimum; Max – maksimum.*



**Slika 7.** Prosjek i standardna devijacija (SD) visine skoka prije i nakon različitih vrsta istežanja za CMJ test.

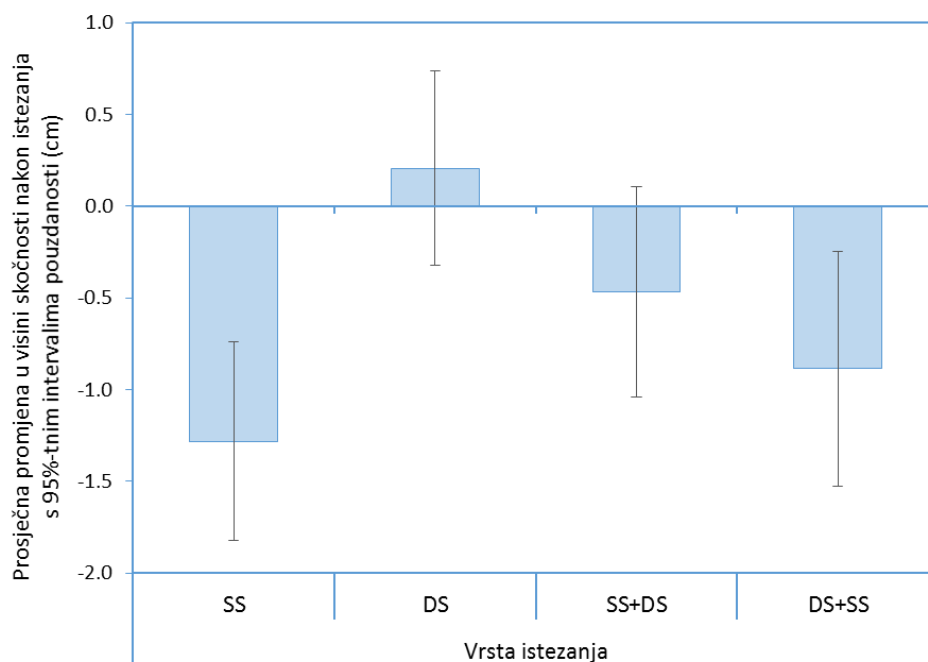
Rezultati upućuju na povezanost vrste istezanja i visine skoka. Izvedba CMJ testa u prosjeku se značajno pogoršala nakon statičkog istezanja (t-test za ponovljena mjerenja;  $p < 0,001$ ), kao i nakon kombinacije dinamičkog i statičkog istezanja (DS+SS) (t-test za ponovljena mjerenja;  $p = 0,008$ ) (Tablica 14.). Kod statičkog istezanja ostvareno je prosječno smanjenje visine skoka od 1,28 cm, a kod kombinacije dinamičkog i statičkog istezanja (DS+SS) prosječno smanjenje od 0,89 cm u odnosu na početna mjerenja (Slika 8.). Isključivo dinamičko istezanje rezultiralo je prosječnim porastom visine skoka u odnosu na početna mjerenja, dok je kombinacija statičkog i dinamičkog istezanja (SS+DS) imala negativan učinak na visinu skoka mjerenu CMJ testom, no zabilježene promjene nisu bile statistički značajne.

**Tablica 14.** Rezultati promjene u visini skoka nakon različitih vrsta istezanja za CMJ test.

Vrsta istezanja	N	$\bar{x}$	SD	95%-tni interval pouzdanosti		t vrijednost	p- vrijednost
				Donja granica	Gornja granica		
SS	68	-1,28	2,24	-1,83	-0,74	-4,71	< 0,001
DS	58	0,21	2,02	-0,32	0,74	0,78	0,440
SS+DS	53	-0,47	2,08	-1,04	0,10	-1,64	0,107
DS+SS	49	-0,89	2,23	-1,53	-0,25	-2,79	0,008

*Napomena:  $\bar{x}$  – prosječna razlika u visini skoka nakon istezanja u odnosu na početna mjerenja;*

*SD – standardna devijacija. Rezultati t-testa za ponovljena mjerenja.*



**Slika 8.** Prosječna promjena visine skoka nakon različitih vrsta istezanja s 95% -tnim intervalima pouzdanosti za CMJ test.

#### 4.3.1. Usporedba različitih vrsta istezanja

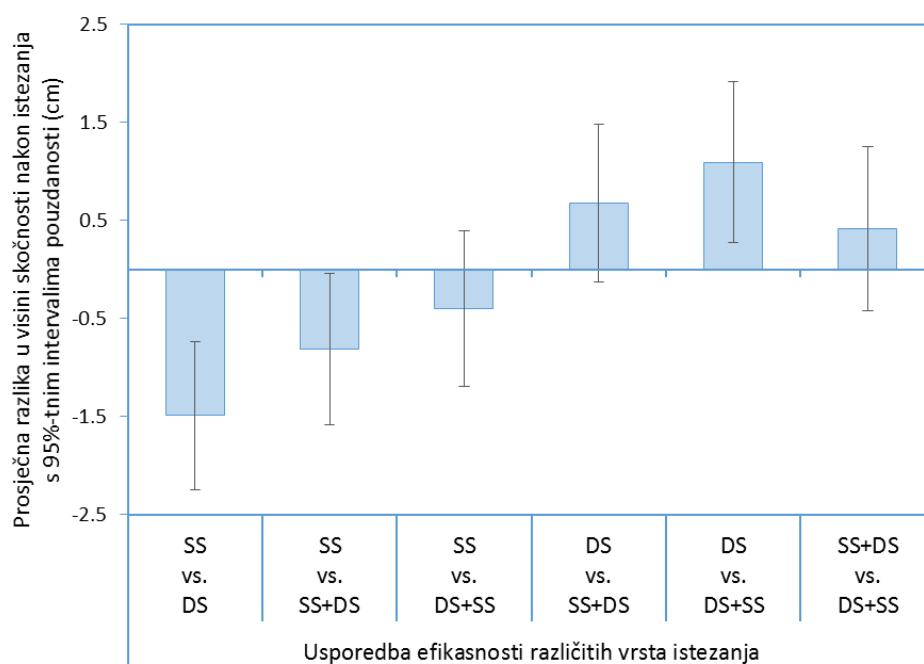
Prilikom testiranja CMJ testom opažen je statistički značajan efekt vrste istezanja na promjenu visine skoka (ANOVA za ponovljena mjerenja;  $p = 0,001$ ). Kao i kod SJ testa, rezultati dobiveni CMJ testom ukazali su na značajno bolju izvedbu dinamičkog u odnosu na statičko istezanje (Slika 9.). Promjena u visini skoka nakon dinamičkog istezanja u prosjeku je bila za 1,49 cm veća u odnosu na statičko istezanje (ANOVA za ponovljena mjerenja;  $p < 0,001$ ) (Tablica 15.). Dinamičkim istezanjem u prosjeku su zabilježeni značajno bolji rezultati i u odnosu na kombinaciju dinamičkog i statičkog istezanja (DS+SS) (ANOVA za ponovljena mjerenja;  $p = 0,047$ ). Između različitih kombinacija istezanja (statičko + dinamičko i dinamičko + statičko istezanje) nije opažena statistički značajna razlika u promjeni visine skoka prilikom testiranja CMJ testom, a te vrste istezanja nisu zabilježile značajnija odstupanja niti u odnosu na statičko istezanje.

**Tablica 15.** Razlike u visini skoka nakon istežanja između različitih vrsta istežanja za CMJ test.

Usporedba promjena u visini skoka	$\bar{x}$	SE	95%-tni interval pouzdanosti		t vrijednost	p- vrijednost*
			Donja granica	Gornja granica		
SS vs. DS	-1,49	0,38	-2,24	-0,74	-3,91	< 0,001
SS vs. SS+DS	-0,81	0,39	-1,59	-0,04	-2,08	0,156
SS vs. DS+SS	-0,40	0,40	-1,19	0,39	-1,00	0,640
DS vs. SS+DS	0,68	0,41	-0,13	1,48	1,67	0,293
DS vs. DS+SS	1,09	0,41	0,27	1,91	2,63	0,047
SS+DS vs. DS+SS	0,42	0,42	-0,42	1,25	0,98	0,640

Napomena:  $\bar{x}$  – prosječna razlika promjena u visini skoka između različitih vrsta istežanja; SE – standardna greška. Rezultati ANOVE za ponovljena mjerenja.

\* Nakon Bonferroni-Holm korekcije za višestruke usporedbe.



**Slika 9.** Prosječna razlika u promjenama visine skoka nakon različitih vrsta istežanja s 95% -tnim intervalima pouzdanosti za CMJ test.

### 4.3.2. Utjecaj karakteristika ispitanika na promjenu visine skoka nakon istezanja

Utjecaj karakteristika ispitanika na promjenu visine skoka nakon istezanja ispitan je multivarijantnim linearnim regresijskim modelima (Tablica 16.). Rezultati različitih modela, s obzirom na broj i vrstu nezavisnih varijabli, upućuju na zaključak da dob ispitanika, visina i masa tijela nemaju značajan utjecaj na promjenu visine skoka nakon istezanja prilikom mjerenja CMJ testom. Sukladno tome, korišteni model analize varijance optimalan je model analize efikasnosti različitih vrsta istezanja na eksplozivnu snagu mjerenu CMJ testom (model M7 u Tablici 16.).

**Tablica 16.** Značajnost karakteristika ispitanika na promjenu visine skoka nakon istezanja za CMJ test.

Model	Nezavisne varijable	Num DF	Den DF	F statistika	p-vrijednost	AIC
M1	Vrsta istezanja	3	152	6,58	< 0,001	961,6
	Visina	1	60	2,47	0,122	
	Masa	1	60	1,51	0,224	
	Dob	1	60	4,76	0,033	
M2	Vrsta istezanja	3	152	6,69	< 0,001	957,1
	Visina	1	61	0,95	0,334	
	Dob	1	61	5,17	0,027	
M3	Vrsta istezanja	3	152	6,70	< 0,001	958,6
	Masa	1	61	0,00	0,969	
	Dob	1	61	3,23	0,077	
M4	Vrsta istezanja	3	152	6,97	< 0,001	963,2
	Masa	1	63	0,94	0,336	
M5	Vrsta istezanja	3	152	7,03	< 0,001	963,6
	Visina	1	63	0,06	0,804	
M6	Vrsta istezanja	3	153	5,07	0,002	993,9
	Dob	1	69	3,18	0,079	
M7	Vrsta istezanja	3	153	5,43	0,001	998,2
M8	— (prazan model)					1013,3

*Napomena: Modeliranje promjene u visini skoka nakon istezanja mjerene CMJ testom (zavisna varijabla); Num DF = Stupnjevi slobode brojnika; Den DF = Stupnjevi slobode nazivnika.  $F$  = Razlike između aritmetičkih sredina;  $p$  = Vjerojatnost opažanja našeg rezultata (tj. dobivene  $F$  – statistike); AIC = Akaike informacijski kriterij.*

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Dinamičko istežanje

Glavni rezultat ovog istraživanja je podatak da je eksplozivna snaga tipa vertikalnog skoka bolja nakon primjene dinamičkog istežanja u odnosu na ostale vrste istežanja. Dobiveni rezultati pokazali su prosječno povećanje visine skoka nakon dinamičkog istežanja (SJ = 0,97 cm,  $p = 0,005$ ; CMJ = 0,21 cm,  $p = 0,440$ ) te značajno prosječno smanjenje nakon statičkog istežanja (SJ = -1,83 cm,  $p < 0,001$ ; CMJ = -1,28 cm,  $p < 0,001$ ). Ovo istraživanje potvrdilo je hipotezu da je dinamičko istežanje najbolja metoda istežanja kao komponenta zagrijavanja za eksplozivnu snagu nogu. Vidljivo je to u preglednom radu Opplert i Babault (2018), prema čijim saznanjima je većina istraživanja upotrebom dinamičkog istežanja utvrdila značajna poboljšanja u ispoljavanju sile i eksplozivne snage ili nije bilo negativnih efekata, dok je nekoliko radova izvijestilo o značajno lošijim rezultatima u ispoljavanju sile i eksplozivne snage. Slični rezultati dobiveni su u preglednom radu Yamaguchia i Ishiia (2014), od ukupno 137 radova, njih 73 (53%) su pokazala da je dinamičko istežanje značajno poboljšalo rezultate u eksplozivnosti u odnosu na druge tehnike istežanja uključujući i statičko istežanje, dok je 56 radova (41%) potvrdilo da nije bilo značajnih promjena, a 8 radova (6%) je prikazalo značajno slabije rezultate. Kao i u prethodnim radovima, možemo reći da smo u našem istraživanju dobili slične rezultate u korist dinamičkog istežanja i bolje izvedbe ispitanika u eksplozivnoj snazi, dok su neki ispitanici pokazali slabiju izvedbu ili nisu pokazali značajniju promjenu.

S obzirom na visinu skoka, dobiveni su bolji rezultati u visini skoka nakon dinamičkog istežanja ili nije bilo nikakvih učinaka (Opplert i Babault, 2018), dok je samo jedno istraživanje, ono Paradisisa i suradnika (2014) izvijestilo o smanjenoj visini skoka nakon primjene dinamičkog istežanja. Valja napomenuti da su u tom istraživanju korištene samo četiri vježbe dinamičkog istežanja tako da je mogući uzrok lošije visine skoka nakon dinamičkog istežanja nedovoljan porast temperature tijela i mišića. Iako je većina radova izvijestila o malim efektima dinamičkog istežanja, čini se da je kod pripreme za nadolazeću izvedbu dinamičko istežanje bolji izbor od statičkog istežanja te se preporučuje posebno prije eksplozivnih i brzih aktivnosti (Opplert i Babault, 2018). U istraživanjima su uglavnom zaključili da dinamičko istežanje ima pozitivne učinke na visinu skoka te se preporučuje korištenje dinamičkog istežanja u sportovima u kojima je eksplozivna snaga važna (kao npr.



odbojka) (Hough i sur., 2009; Fattahi i sur., 2015; Galazoulas, 2017; Perrier i sur, 2011; Martin i sur., 2014).

Prema Opplertu i Babaultu (2018) mehanizmi koji su odgovorni za bolju izvedbu nakon dinamičkog istežanja još uvijek su nejasni, tako da možemo pretpostaviti da postoji veza između voljnih kontrakcija, mehanizma temperature i mehanizma koji je odgovoran za stimulaciju mišića. S obzirom da mišići imaju svojstvo naizmjeničnog aktivnog i ritmičkog kontrahiranja i istežanja, dinamičko istežanje može pomoći u zagrijavanju povećavajući frekvenciju srca, temperaturu tijela i temperaturu mišića (Fletcher, 2010; Yamaguchi i Ishii, 2005; Fletcher i Monte-Colombo, 2010a i 2010b; Herda i sur, 2008), za razliku od statičkog istežanja koje je pasivnije i stoga vjerojatno ne dovodi do porasta temperature mišića (Verkhoshansky i Siff, 2009). Također se čini da povećana temperatura tijela, temperatura mišića i frekvencija srca uzrokuje pojačanu osjetljivost živčanih receptora (Fletcher i Monte-Colombo, 2010a) koji omogućuju bržu i snažniju kontrakciju mišića (Shellock i Prentice, 1985). U ovome istraživanju je očigledno nakon 12 min dinamičkog istežanja došlo do povoljnog porasta temperature mišića i tijela što je omogućilo bržu i snažniju kontrakciju mišića te bolje rezultate u visini skoka. Kubo i suradnici (2007) izvijestili su o tome da su bolji rezultati u vertikalnim skokovima (CMJ i dubinski skok) nakon istežanja povezani s krutošću tetive. Popustljiva mišićno – tetivna jedinica ima labave paralelne i serijske elastične komponente koje bi mogle usporiti kinetiku poprečnih mostova u ispoljavanje napetosti mišićno – tetivne jedinice na koštani sustav u mišićnim vlaknima (Behm i sur., 2004). Golgijev tetivni organ (GTO) je proprioceptor smješten u tetivi skeletnog mišića koji zamjećuje promjene tetivne napetosti nastale kao posljedica mišićne kontrakcije ili pasivnog istežanja mišića. U ovom slučaju bi zapravo golgijevi tetivni organi zakasnili s detekcijom i praćenjem napetosti mišića zato jer popustljivija tetiva ne bi mogla tako brzo prenositi informacije o napetosti mišića u golgijev tetivni organ kao kruta mišićno – tetivna jedinica (Behm i sur., 2004). Wilson i suradnici (1994) sugerirali su da bi krući sustav poboljšao kontrakcijsku komponentu proizvodnje sile omogućavajući povoljne uvjete obzirom na dužinu i brzinu kontrakcije. U tom slučaju se prilikom stvaranja sile kontrakcijska komponenta nalazi u optimalnom položaju na krivulji sila/brzina i sila/dužina zbog toga jer u krućem sustavu nema labavosti za vrijeme početnog dijela kontrakcije.

Što se tiče brzine u sprintu i agilnosti, većina znanstvenih studija je izvijestila o boljoj izvedbi pod utjecajem dinamičkog istežanja ili nije bilo negativnih efekata dok su pojedini autori priopćili o lošijim rezultatima u sprintu na 20m (Paradisis i sur., 2014; Turki i sur.,

2012; Alemdaroğlu i sur., 2017). Iako u ovom istraživanju nismo testirali brzinu i agilnost, za pretpostaviti je da će kao i kod skokova, dinamičko istežanje biti bolji izbor prilikom zagrijavanja u odnosu na ostale vrste istežanja. Prema Sargeantu (1987) je veličina temperature mišića u pozitivnoj vezi s brzinom pokreta. Također je utvrđena snažna korelacija između eksplozivnijih pokreta i temperature mišića, s time da već povećanje temperature mišića od 1°C može poboljšati sportsku izvedbu za 2 do 5% (Bergh i Ekblom, 1979; Sargeant, 1987; Racinais i Oksa, 2010). Povećanje temperature mišića ima pozitivan utjecaj na povećanje mišićnog metabolizma (Gray i sur., 2011) i brzinu provodljivosti mišićnih vlakana (BPMV) (Pearce i sur., 2012b). Ako se uzme u obzir brzina kontrakcije, čini se da povećana temperatura mišića utječe na funkciju mišićnih vlakana. Ukoliko od vježbe očekujemo veliku brzinu kontrakcije, od povišene temperature mišića veću će učinkovitost imati brza vlakna (tip 2), dok će za spora vlakna (tip 1) vrijediti obrnuto (McGowan i sur., 2015). Prema Potachu i Chuu (2008) brze i dinamičke ekscentrične mišićne radnje za vrijeme dinamičkog istežanja mogu aktivirati refleks na istežanje kao i poboljšati skladištenje elastične energije u mišićima i tetivama, te tako povećati proizvodnju sile u nadolazećim koncentričnim radnjama.

S obzirom na dužinu trajanja istežanja, dinamičko istežanje kraćeg trajanja nema negativnog utjecaja na izvedbu dok dinamičko istežanje duljeg trajanja vrlo često poboljšava izvedbu (Behm i Chaouachi, 2011; Yamaguchi i sur., 2007; Holt i Lambourne, 2008; Pearce i sur., 2009). Behm i Chaouachi (2011) su zaključili da ukoliko ostvarimo dinamičko istežanje jednog mišića > 90 sek možemo poboljšati ispoljavanje sile i eksplozivnu snagu u prosjeku za 7,3% za razliku od kraćeg trajanja dinamičkog istežanja < 90 sek i poboljšanja izvedbe od 0,5%. Treba istaći da je u našem istraživanju trajanje dinamičkog istežanja bilo u skladu s preporukama Behma i Chaouachia (2011). U prvom dijelu dinamičkog istežanja, istežanje svakog mišića trajalo je ukupno 60 sek (2x30 sek), dok se drugi dio dinamičkog istežanja sastojao od dinamičnih vježbi trčanja koje su se izvodile na udaljenosti 20m (2-4x20m po svakoj vježbi što je približno 30 do 60 sek za svaku vježbu). Japanski istraživači Yamaguchi i Ishii (2005) primjenili su čak jednu seriju dinamičkog istežanja u trajanju od 30 sek po mišićnoj skupini i ostvarili su veću eksplozivnu snagu u nožnoj ekstenziji za 10% (ES = 1,47 veliki učinak). Kod dužeg trajanja istežanja su Ryan i suradnici (2014) proveli dva načina dinamičkog istežanja u trajanju 6 i 12 min i dobili su slična poboljšanja rezultata u visini vertikalnog skoka (ES = 0,41 umjeren učinak i 0,37 mali učinak, pojedinačno) i brzini (ES = 0,58 i 0,45 umjereni učinci, pojedinačno). Upravo je i u našem istraživanju ukupno vrijeme

dinamičkog istežanja bilo u trajanju 12 min, što je bilo sasvim dovoljno da se poboljša visina skoka. Nakon upotrebe dinamičkog istežanja u trajanju  $6 \pm 1$  min, Sekir i suradnici (2010) izvijestili su o povećanju koncentričnog (ES = 1,11 veliki učinak) i ekscentričnog (ES = 1,7 veliki učinak) vršnog momenta zadnje lože natkoljenice, dok su Costa i suradnici (2014) u mnogo dužem trajanju istežanja  $16,1 \pm 2,6$  min ostvarili slabije rezultate (ES = 0,44 i 0,69 umjereni učinci za koncentrične i ekscentrične, pojedinačno). Mogući razlog tome prema Turkiu i suradnicima (2012) mogao bi biti posljedica progresivnog umora koji je privremeno bio veći od pozitivnog efekta izazvanog istežanjem. U skladu s time, čini se da trajanje dinamičkog istežanja ne utječe na nadolazeću mišićnu izvedbu sve dok ne dođe do zamora mišića (Opplert i Babault, 2018).

Drugi faktor koji treba uzeti u obzir je brzina izvođenja dinamičkog istežanja (Opplert i Babault, 2018). Behm i suradnici (2016) navode da frekvencija istežanja i opseg pokreta istežanja (eventualni intenzitet istežanja) također mogu utjecati na efekte dinamičkog istežanja. Prema saznanjima Opplerta i Babaulta (2018), samo je jedna studija uspoređivala dvije različite brzine dinamičkog istežanja. Tako je Fletcher (2010) istaknuo da su aktivnosti s bržim dinamičkim istežanjima ritma od 100 ponavljanja/min pomoću metronoma rezultirale znatno većom visinom vertikalnog skoka (CMJ 6,7% - 9,1%) od sporijih aktivnosti dinamičkih istežanja ritma od 50 ponavljanja/min. Čak je i sporije dinamičko istežanje ritma od 50 ponavljanja/min pokazalo znatno veću izvedbu (3,6%) u visini skoka od onih stanja u kojima nije bilo istežanja (Fletcher, 2010). Iako u provedenom istraživanju nismo mjerili ritam i brzinu dinamičkog istežanja, prvi dio dinamičkog istežanja izvodio se sporije i to na način da se mišić istežao do određenog opsega pokreta koji je bio manji od točke nelagode ispitanika (manja brzina istežanja), dok je drugi dio dinamičkog istežanja obuhvaćao dinamičke vježbe trčanja koje su se izvodile brže (veća brzina istežanja). Prema Matthews (1981), veće brzine dinamičkog i balističkog istežanja (istežanje koje koristi zamah kako bi se prekoračio normalni opseg pokreta, što može obuhvaćati trzaj mišića) mogu povećati aferentnu uzbuđenost refleksa vretena motoričkih neurona i teoretski mogu utjecati na izvedbu koja će uslijediti. Također su u preglednom radu Yamaguchi i Ishii (2014) izvijestili o tome da je brže izvođenje dinamičkog istežanja dovelo do znatno veće promjene u brzini eksplozivne izvedbe. Autori su pretpostavili da je brži način istežanja s obzirom na brži ekscentrično - koncentrični ciklus (SSC) izazvao pojedine reflekse koji su naknadno aktivirali mišiće i kao posljedicu toga proizveli eksplozivnu snagu u nadolazećoj izvedbi (Fletcher, 2010). Istraživanja koja su u uobičajenom postupku zagrijavanja kombinirala brze i spore

dinamičke pokrete, pokazala su značajna poboljšanja u visini skoka (4,9%) (Hough i sur., 2009), koncentričnom i ekscentričnom obrtnom momentu prednje i zadnje lože natkoljenice (7 - 15%) (Sekir i sur., 2010) te eksplozivnoj snazi ekstenzije noge (10,1%) (Yamaguchi i sur., 2007). U našem istraživanju možemo reći da smo tijekom dinamičkog istežanja kombinirali spore (prvi dio dinamičkog istežanja) i brze (drugi dio dinamičkog istežanja) dinamičke pokrete te ostvarili bolje rezultate u visini skoka s time da je mogući uzrok drugog dijela dinamičkog istežanja doprinio poboljšanju eksplozivne snage s obzirom na brži ekscentrično - koncentrični ciklus pokreta. Prema Behmu i suradnicima (2016) postoje neki dokazi o utjecaju dinamičkog istežanja na specifične obrasce kretanja s obzirom da se poboljšala izvedba skoka (2,1%) u većoj mjeri nego u testovima koji su obuhvaćali sporije, jednoartikularne koncentrične (0,4%) ili ekscentrične (-1,2%) kontrakcije. U kombinaciji sporih i brzih pokreta (3 vježbe s 5 sporih + 5 brzih pokreta), Franco i njegovi suradnici (2012) izvijestili su o smanjenju vrijednosti u maksimalnoj eksplozivnoj snazi i potrebnom vremenu za postizanje maksimalne eksplozivne snage u Wingate testu (srednja vrijednost i % promjena nisu navedeni). Naime, za vrijeme vožnje bicikla ne dešava se dinamička kretnja ekscentrično – koncentričnog ciklusa tako da je ovaj negativni rezultat u skladu s prethodno spomenutim potencijalom i utjecajem dinamičkog istežanja na specifični obrazac kretanja (Behm i sur., 2016). Podaci pokazuju bolju izvedbu s bržim i/ili intenzivnijim balističkim istežanjima, međutim postoji značajna varijabilnost između studija s obzirom na izvedbu i različitost testova korištenih unutar istraživanja, stoga se ne može donijeti čvrsti zaključak (Behm i sur., 2016).

S obzirom na amplitudu istežanja koja može biti povezana s opsegom pokreta, niti jedno istraživanje nije ispitalo efekte amplitude dinamičkog istežanja na mišićnu izvedbu koja će uslijediti (Opplert i Babault, 2018). Većina studija je navela da su se pokreti odvijali kroz puni (maksimalni) ili gotovo puni (submaksimalni) aktivni opseg pokreta (Behm i sur., 2016). Iako neki radovi nisu specificirali ovu varijablu, prema Opplertu i Babaultu (2018) istraživanja su većim dijelom provodila istežanje kroz aktivni i maksimalni opseg pokreta. U provedenom istraživanju su ispitanici svaku vježbu izvodili na način da su mišić istežali do određenog opsega pokreta koji je bio manji od točke nelagode sportaša. Istežanja koja su se izvodila s aktivnim ili maksimalnim opsegom pokreta rezultirala su trivijalnim i beznačajnim promjenama u izvedbi, poboljšanju ili lošijoj izvedbi tako da ovo nije baš omiljen model s obzirom na efekte dinamičkog istežanja s maksimalnim i submaksimalnim opsegom pokreta (Behm i sur., 2016). U istraživanju Behma i Kibele (2007) preporuča se da statičko istežanje

intenziteta većeg od 50% točke nelagodnosti ne bi trebalo provoditi prije izvedbe skoka jer može imati negativni utjecaj na izvedbu. Istezanje koje je po intenzitetu veće od točke nelagodnosti moglo bi imati negativni učinak na živčano – mišićnu aktivaciju (Avela i sur., 1999; Behm i sur., 2001; Power i sur., 2004). Naime smanjena ekscitacija motoneurona rezultat je smanjene ekscitacije Ia aferentnih neurona prema motoneuronima, a to se vjerojatno dešava zbog smanjenog pražnjenja mišićnih vretena uslijed povećane popustljivosti mišićno – tetivne jedinice (Avela i sur., 1999). Nadalje, inhibicijski utjecaj na motoneuron mogao bi proizaći iz aferentnih neurona tipa III (mehanoreceptori – za osjet dodira, tlaka, sluha i ravnoteže) i tipa IV (nocireceptori – za osjet bola) (Fowless i sur., 2000). Međutim, ova smanjena ekscitacija motoneurona više prevladava za vrijeme samog istezanja dok se odmah nakon istezanja normalizira (Fowless i sur., 2000; Guissard i sur., 2001). Bez obzira na intenzitet istezanja (točku nelagodnosti), u istraživanju Behma i Kibele (2007) slični negativni učinci mogu se pripisati promjenama u popustljivosti mišića.

## 5.2. Statičko istezanje

Rezultati našeg istraživanja pokazali su da je pod utjecajem statičkog istezanja došlo do znatnog smanjenja visine skoka kod oba testa eksplozivne snage ( $SJ = -1,83 \text{ cm}$ ,  $p < 0,001$ ;  $CMJ = -1,28 \text{ cm}$ ,  $p < 0,001$ ). To je povrdila većina studija da statičko istezanje prije aktivnosti ima negativan utjecaj na eksplozivnu snagu, dok su Pacheco i suradnici (2011) objavili da je pod utjecajem statičkog istezanja došlo do povećanja u visini skoka. Shodno tome, u istraživanju Ercana i suradnika (2017) uočeno je da statičko i dinamičko istezanje ima pozitivne efekte na horizontalni i vertikalni skok te da se može primijeniti prije sportskih aktivnosti koje zahtijevaju eksplozivnu snagu, a značajna razlika je dobivena samo kod izvedbe vertikalnog skoka pod utjecajem statičkog istezanja. Također su Behm i suradnici (2016) u sustavnom pregledu 125 istraživanja, analizirali efekte statičkog istezanja na izvedbu visine vertikalnog skoka, brzine trčanja u sprintu, maksimalne snage u potisku s ravne klupe (1RM) i maksimalne voljne kontrakcije (MVC). Od ukupno 270 mjera učinkovitosti, podaci su pokazali 119 negativnih, 6 pozitivnih i 145 statistički neznačajnih rezultata nakon primjene statičkog istezanja. Značajno lošiji rezultati (-1,2% do -8,5%) pronađeni su u sprintu (Fletcher i Jones, 2004), visini skoka (Hough i sur., 2009) i ekstenziji koljena maksimalne voljne kontrakcije (Siatras i sur., 2008). Također su pronađena značajna poboljšanja rezultata (+1,6% do +4,1%) u sprintu (Little i Williams, 2006), visini skoka (Jeffrey i sur., 2010) i

maksimalne snage ukupnog rada kod biciklista (O'Connor i sur., 2006). Iako su autori i literatura nekonzistentni, puno je više argumenata koje upućuju na to da statičko istežanje neposredno prije eksplozivnih aktivnosti negativno utječe na izvedbu.

Lošija eksplozivna snaga nakon primjene statičkog istežanja također može biti povezana s teorijom popustljivosti mišićno – tetivne jedinice. Power i suradnici (2004) u istraživanju su izvijestili o produljenom kontaktu s podlogom tijekom dubinskog skoka nakon istežanja, a razlog tome je povećana mišićna popustljivost koja negativno utječe na ispoljavanje izlazne snage. U tom kontekstu Fletcher i Jones (2004) objasnili su da u zagrijavanju statičko istežanje povećava popustljivost mišićno – tetivne jedinice te prilikom izvođenja ekscentrične faze skoka može doći do manjeg skladištenja elastične energije u mišićno – tetivnoj jedinici. Prema Shortenu (1987) količina pohranjene elastične energije u mišićno – tetivnoj jedinici ovisi o krutosti mišićno – tetivne jedinice i o dužini trajanja proizvedene nametnute sile. Sukladno tome Belli i Bosco (1992) sugerirali su da bi mogla postojati optimalna krutost mišićno – tetivne jedinice koja bi količinu elastične energije dovela do njenog maksimuma. Nadalje, statičko istežanje može izmijeniti strukturu mišićno – tetivne jedinice kada se primjeni sila (Alter, 2004) i to na način da čini strukture popustljivijima što može dovesti do proizvodnje slabije sile (Kubo i sur., 2001). Između ostalog, može se očekivati da će promjene u krutosti mišićno – tetivne jedinice utjecati na ispoljavanje sile i brzinu prijenosa sile što čini važnu ulogu u postizanju visine vertikalnog skoka (Behm i Kibele, 2007). S obzirom da su rezultati u ovom istraživanju pokazali lošiju visinu skoka (SJ i CMJ) nakon primjene statičkog istežanja, može se pretpostaviti da je došlo do strukturalnih promjena mišićno – tetivne jedinice i samim time do veće mišićne popustljivosti i manje krutosti mišićno – tetivne jedinice što je u konačnici negativno utjecalo na ispoljavanje sile i brzinu prijenosa sile.

Živčani mehanizmi pomoću kojih možemo objasniti lošiju izvedbu uzrokovanu statičkim istežanjem mogu biti povezani s ometanjem refleksa na istežanje. Kod statičkog istežanja i drugih načina istežanja kao što su proprioceptivna neuromuskularna facilitacija i balistički način istežanja, mišići su istegnuti do prekomjerne granice napetosti duljeg trajanja što vjerojatno uzrokuje inverzni refleks na istežanje golgijevog tetivnog organa, a to bi moglo utjecati na smanjeno elastično djelovanje mišića kao opruge i samim time imati utjecaja kod sljedećih kontrakcija (Verkhoshanski i Siff, 2009). Proizvodnja slabije sile također može biti rezultat manje sposobnosti angažiranja motoričkih jedinica kao funkcije inhibiranih živčanih mehanizama poput mioelektrične stimulacije (Bosco i sur., 1982a). Bosco i suradnici (1982b)

zaključili su da ekscentrična faza ekscentrično – koncentričnog ciklusa pokreta inicira mioelektričnu stimulaciju (tj. refleks na istežanje koji povećava aktivaciju mišića za vrijeme koncentričnog rada). Stoga, statičko istežanje prije vježbanja može negativno utjecati na izvođenje vještina koje sadrže ekscentrično – koncentrične cikluse pokreta ometanjem mioelektrične stimulacije (Winchester i sur., 2008). Budući da smo u istraživanju kod oba testa (SJ i CMJ) za procjenu eksplozivne snage dobili lošije rezultate u visini skoka, možemo pretpostaviti da je u CMJ testu pod utjecajem statičkog istežanja došlo do ometanja mioelektrične stimulacije obzirom da taj test sadržava ekscentrično – koncentrični ciklus pokreta u smislu iskorištavanja elastične energije.

Što se tiče intenziteta i frekvencije istežanja (Herda i sur., 2011; Ryan i sur., 2009), istraživači su pokazali da različito trajanje statičkog istežanja ima drugačije učinke na mišiće, tetive i živčane reakcije mišića (Ryan i sur., 2008; Winchester i sur., 2009). U nekoliko izvornih (Kay i Blazevich, 2008; Knudson i Noffal, 2005; Robbins i Scheuermann, 2008; Siatras i sur., 2008) i preglednih članaka (Behm i Chaouachi, 2011; Kay i Blazevich, 2012) navodi se jasna povezanost između dužine trajanja statičkog istežanja i izvedbe na način da će statičko istežanje trajanja  $\geq 60$  sek. najvjerojatnije imati za posljedicu značajno lošiju izvedbu, dok će kraće trajanje istežanja imati mali učinak. To su potvrdili u istraživanju i Pinto i suradnici (2014) ispitujući djelovanje statičkog istežanja (30 i 60 sek.) na izvedbu vertikalnog skoka (CMJ). U usporedbi s kontrolnom skupinom, utvrdili su da 60 sek. statičkog istežanja ima negativan utjecaj na visinu skoka (-3,4%,  $p = 0,05$ ) i moment izlazne eksplozivne snage (-2%,  $p = 0,05$ ), dok 30 sek. statičkog istežanja nije imalo značajnog utjecaja. Autori su zaključili da u samom trajanju statičkog istežanja postoji granica koja može negativno utjecati na visinu skoka (CMJ). Prema Behmu i suradnicima (2016), vidljivo lošije motoričke izvedbe pod utjecajem statičkog istežanja bile su značajnije kod dužih trajanja istežanja  $\geq 60$  sek. (-4,6%) naspram kraćih trajanja istežanja  $< 60$  sek. (-1,1%) za svaku mišićnu skupinu. U istraživanju smo unutar statičkog istežanja svaku poziciju određene vježbe zadržavali 30 sek., tako da je za svaku mišićnu skupinu ukupno trajanje istežanja bilo 2 min. (4x30 sek.) odnosno za svaku stranu tijela po 1 min. (2x30 sek.). U preglednom članku su Behm i Chaouachi (2011) potvrdili na temelju brojnih istraživanja o statičkom istežanju da je u većini tih studija trajanje statičkog istežanja bilo u rasponu od 90 sec do 2 min za svaku mišićnu skupinu, a prosječni postotak negativnih rezultata u izvedbi je iznosio 6,9% za jakost i silu, 2,7% u visini skoka i 2,4% u sprintu. Upravo taj manjak u izvedbi od 2 do 7% ili više možda nije važan kod rekreativaca, ali kod vrhunskih sportaša može imati važnu ulogu između pobjede i poraza

(Behm i Haddad, 2015). Nadalje, izvijestili su o trendu značajno lošijih rezultata u jakosti i eksplozivnoj snazi kod istraživanja koja su koristila statičko istežanje dulje od 90 sek. ( $-5,8\% \pm 6,4$ ) u odnosu na statičko istežanje u trajanju kraće od 90 sek. ( $-3,3\% \pm 4,1$ ), a slične promjene također su vidljive u visini skoka s lošijim rezultatima nakon provedbe statičkog istežanja u trajanju preko 90 sec ( $-3,3\% \pm 3,4$ ) naspram istežanja u trajanju kraćem od 90 sec (Behm i Chaouachi, 2011). U drugoj studiji su Behm i Kibele (2007) primijenili statičko istežanje na donjim ekstremitetima (4 x 30 sek.) s različitim veličinom amplitude, od 50 do 100% točke nelagodnosti (POD), te su dobili u različitim skakačkim testovima s ekscentrično - koncentričnim učinkom slabiju izvedbu u rasponu od 3,6 do 5,7%. Premda u istraživanju nismo mjerili veličinu amplitude točke nelagodnosti, koristili smo statičko istežanje koje je bilo manje od točke nelagode sportaša i dobili smo vrlo slične slabije rezultate visine skoka. Upravo suprotno spomenutim istraživanjima, prema Cannavanu i suradnicima (2012) umjereno trajanje statičkog istežanja (4 x 45 sek.) nema negativan utjecaj na sposobnost ispoljavanja sile ili mehanička svojstva mišićne tetive. Shodno tome su Šimić i suradnici (2013) procijenili efekte prethodnog statičkog istežanja na jakost i eksplozivnu snagu. Najmanji negativni učinci opaženi su prilikom trajanja statičkog istežanja  $\leq 45$  sek., te su autori zaključili da statičko istežanje tijekom zagrijavanja općenito treba izbjegavati. Pošto smo u istraživanju koristili statičko istežanje u trajanju 4x30 sek. za svaku mišićnu skupinu, možemo se složiti sa zaključcima Šimića i suradnika (2013).

S obzirom na sveukupno trajanje istežanja, Behm i Chaouachi (2011) definirali su istežanje na kratko trajanje ( $< 90$  sek.) i istežanje umjerenog trajanja ( $> 90$  sek.). Prema toj definiciji istežanja treba spomenuti da smo u ovome istraživanju koristili istežanje umjerenog trajanja budući da smo primjenjivali 2 min. (4x30 sek.) statičkog istežanja za svaku vježbu i mišićnu skupinu. Za razliku od studija s umjerenim trajanjem istežanja, uključujući i naše istraživanje, većina istraživanja s ukupnim trajanjem kratkog statičkog istežanja (5 - 60 sek.) utvrdila je drugačije rezultate (Stafilidis i Tilp, 2015). U preglednom radu su Behm i Chaouachi (2011) istaknuli da ukupno kratkotrajno istežanje po mišiću  $< 30$  sek. tijekom zagrijavanja ne može negativno utjecati na buduću izvedbu, osobito ako je populacija dobro utrenirana. Protivno toj činjenici Fortier i suradnici (2013) istražujući učinke izoliranog statičkog istežanja donjih ekstremiteta u kratkom trajanju od 20 sek. na jakost, visinu skoka i sprint. Ustanovili su da je samo u visini skoka došlo do lošijih rezultata ( $-4\%$ ,  $p = 0,05$ ), te su istaknuli da ukoliko želimo biti efikasniji u izvedbi, prije dinamičkih zadataka ne bi trebali koristiti statičko istežanje kratkog trajanja. Međutim, u ovome istraživanju čak je i kontrolna



skupina koja se nije istežala pokazala značajno manju visinu skoka (CMJ), što ukazuje na to da djelovanje istežanja možda i nije razlog lošijem rezultatu. U istraživanju Murphya i suradnika (2010) pokazalo se da 36 sek. (6 ponavljanja po 6 sek.) statičkog istežanja za zadnju ložu natkoljenice može poboljšati fleksibilnost bez negativnog učinka na visinu skoka, ravnotežu i reakciju. Upravo suprotno, prema Winchesteru i suradnicima (2009) dovoljna je jedna vježba statičkog istežanja u trajanju od 30 sec da značajno smanji maksimalnu silu mišića zadnje lože natkoljenice. U prilog tome, Vetter (2007) je koristio 60 sec istežanja za svaku mišićnu skupinu što je rezultiralo manjom visinom skoka ali nije negativno utjecalo na vrijeme u sprintu. Lošiji rezultati visine skoka zbog posljedice statičkog istežanja u Winchester studiji bio je samo 0,6% dok je Vetter zabilježio pad od 5,4%. Prema gore navedenim istraživanjima možemo pretpostaviti da je ipak možda bitan način na koji istežemo mišić. Naime, iako istežemo mišić ukupnog trajanja oko 30 sek., vjerojatno nije isto hoćemo li ga istežati kao u istraživanju Murphya i sur. (2010) (6x6 sek.= 36 sek.) ili ćemo zadržati određenu poziciju u cjelosti kao u istraživanju Winchestera i sur. (2009) (1x30 sek.).

Kay i Blazevich (2008) istražili su učinke kratkotrajnog statičkog istežanja (5, 15, 4 x 5 i 4 x 15 sek.) na pasivni i vršni izometrijski moment plantarnog fleksora. Manje ispoljavanje sile bilo je u značajnoj korelaciji ( $r = 0,68$ ,  $p < 0,01$ ) s trajanjem primijenjenog istežanja, a velika redukcija sile bila je vidljiva tek nakon istežanja 4 x 15 sec uspoređujući s kontrolnom grupom. Autori su istaknuli da veličina gubitka sile ovisi o trajanju istežanja, a te razlike ne bi mogli objasniti svojstvima krutosti kompleksa mišićne tetive ili podraženosti živaca. U drugom istraživanju koje su proveli Stafilidis i Tilp (2015), analizirani su efekti kratkotrajnog statičkog istežanja na izvedbu skoka i na mehaničko - morfološka svojstva mišićno - tetivne jedinice mišića vastusa lateralis. Konstatirali su da primijenjeni impuls istežanja (15 ili 60 sec) nije bio dovoljan da se potakne promjena mehaničko - morfoloških svojstava mišićno - tetivne jedinice donjih ekstremiteta tako da to nije utjecalo na izvedbu skoka pa tako ni na maksimalnu voljnu kontrakciju.

### 5.3. Kombinacija statičkog i dinamičkog istežanja

Chaouachi i suradnici (2010) pretpostavili su da bi se negativni učinak uzrokovan statičkim istežanjem smanjio ukoliko bi se kombinirao s dinamičkim istežanjem. Također su Taylor i suradnici (2009) zaključili da izvođenje specifičnih vježbi (vježbe s loptom koje se sastoje od različitih kombinacija kratkih sprinteva, bočnih kretanja, ubrzanja i promjena smjera kretanja) nakon statičkog istežanja neutralizira negativne efekte statičkog istežanja i na taj način može pozitivno utjecati na vertikalni skok i izvedbu u sprintu. To se nažalost nije dogodilo u našem istraživanju. Rezultati kombiniranih načina istežanja u ovome istraživanju (statičko + dinamičko i dinamičko + statičko istežanje) pokazali su lošije rezultate u visini skoka s jedinom značajnom razlikom u CMJ testu (-0,89 cm,  $p = 0,008$ ) pod utjecajem kombiniranog dinamičkog i statičkog istežanja. Između kombiniranih načina istežanja nije opažena značajna razlika i nije bilo značajnijih odstupanja od statičkog istežanja u CMJ. U prosjeku su zabilježeni značajno bolji rezultati dinamičkog istežanja (1,09 cm,  $p = 0,047$ ) u odnosu na kombinaciju dinamičkog i statičkog istežanja kod CMJ testa. Znatno lošiji rezultati u prosječnoj promjeni visine skoka kod SJ testa vidljivi su pod utjecajem statičkog istežanja u odnosu na obje kombinacije istežanja. Slične rezultate dobili su Washif i suradnici (2015) kod sprintera gdje su istraživali utjecaj statičkog, dinamičkog i kombiniranog (statičkog + dinamičkog) istežanja na izvedbu sprinta, vrijeme reakcije i eksplozivnu snagu. Iako rezultati nisu bili statistički značajni, dinamičko istežanje je pokazalo najbolje rezultate u sprintu, vremenu reakcije i eksplozivnoj snazi za razliku od lošijih rezultata pod utjecajem statičkog i kombiniranog statičkog + dinamičkog istežanja. Autori su također preporučili da sprinteri ne bi trebali koristiti statičko istežanje i kombinirano (statičko + dinamičko) istežanje prije brzih, eksplozivnih i aktivnosti kratkog trajanja zato jer takvi načini zagrijavanja mogu negativno utjecati na ispoljavanje maksimalne brzine. U drugom istraživanju su Faigenbaum i suradnici (2006b) ispitivali učinke statičkog, dinamičkog i kombiniranog statičkog i dinamičkog istežanja na visinu vertikalnog skoka, bacanje medicine, sprint 10 jardi i agilnost. Prije testiranja, ispitanici su aerobno trčali malim do srednjim intenzitetom 5 min nakon čega su napravili jedno od sljedećih načina zagrijavanja u trajanju od 10 minuta: a) 5 statičkih istežanja (2 x 30 sek.), b) 9 dinamičkih kretnji umjerenog do visokog intenziteta (2 x 10 jardi), c) kombinacija 5 statičkih istežanja (1 x 30 sek.) + 9 istih dinamičkih kretnji (1 x 10 jardi). U usporedbi sa statičkim istežanjem, rezultati su pokazali značajna poboljšanja ( $p = 0,05$ ) u vertikalnom skoku, bacanju medicine i sprintu nakon dinamičkih vježbi i kombinacije statičkog istežanja + dinamičkih vježbi. Autori su preporučili da u zagrijavanju

možemo koristiti dinamičko istežanje ili kombinaciju statičkog istežanja + dinamičkih vježbi prije aktivnosti koje zahtijevaju eksplozivnu snagu. Također su Bishop i Middleton (2013) u svom radu utvrdili učinke u brzini, agilnosti i eksplozivnoj snazi nakon statičkog istežanja uz prethodno dinamičko zagrijavanje. Studenti koji su sudjelovali u timskim sportovima odradili su 2 međusobno odvojena načina zagrijavanja. Prvi način dinamičkog zagrijavanja sastojao se od serije specifičnih vježbi s ukupnim trajanjem od 10 min. Drugi način zagrijavanja bio je identičan prvom postupku dinamičkog zagrijavanja uz dodatno statičko istežanje u trajanju 5 min (dinamičko zagrijavanje + statičko istežanje). Podaci istraživanja otkrili su da nakon obje metode zagrijavanja nije došlo do značajnih razlika u brzini, agilnosti i skoku. U istraživanju su zaključili da statičko istežanje nakon dinamičkog zagrijavanja neće imati negativnih učinaka na eksplozivnu snagu te da će provođenje dinamičkog zagrijavanja ili kombiniranog dinamičkog i statičkog istežanja dati jednake rezultate.

Iako na osnovu prethodnih znanstvenih studija o kombiniranom istežanju možemo uočiti razlike u rezultatima i zaključcima autora, rezultati u našem istraživanju pokazali su da je jedino nakon dinamičkog istežanja došlo do povećanja visine skoka, dok je statičko istežanje i dva kombinirana načina istežanja (statičko + dinamičko i dinamičko + statičko) imalo negativan utjecaj na visinu skoka. Vrlo slično potvrdili su u eksperimentalnom radu Morrin i Redding (2013) te su pokazali da je dinamičko istežanje ( $p = 0,05$ ) i kombinacija statičkog i dinamičkog istežanja ( $p = 0,05$ ) uzrokovala bolje rezultate u visini vertikalnog skoka u odnosu na statičko istežanje. Međutim, u svom istraživanju Chaouachi i suradnici (2010) nisu uočili negativan utjecaj statičkog istežanja na izvedbu ali niti pozitivan utjecaj dinamičkog i kombiniranog načina istežanja. Od 8 različitih kombinacija istežanja nije bilo značajnih razlika u visini skoka a samo jedan način istežanja (dinamičko + statičko istežanje ispod točke nelagodnosti) doveo je do značajno lošijih rezultata u sprintu.

Treba napomenuti da je vrlo malo istraživanja koja su u istom zagrijavanju kombinirala dinamičko i statičko istežanje (Fletcher i Anness, 2007). Prema Chaouachiu i suradnicima (2010) skoro sve studije su uspoređivale dinamičko i statičko istežanje u odvojenim uvjetima (izolirano). U istraživanju je Vetter (2007) na skupini muškaraca i žena primijenio raznovrsne načine zagrijavanja s dinamičkim i statičkim istežanjem, te je zaključio da je zagrijavanje sa statičkim istežanjem negativno utjecalo na visinu skoka, ali ne i na vrijeme u sprintu. U kombiniranom zagrijavanju dinamičkog i statičkog istežanja, Winchester i suradnici (2008) izvijestili su o lošijoj izvedbi sprinta kod sportaša (20-godišnjaka). Slične rezultate dobili su Hammami i suradnici (2015) kada su usporedili učinke kratkotrajnog statičkog istežanja i kombinacije statičkog i dinamičkog istežanja na izvedbu sprinta.

Ispitanici su sudjelovali u tri nasumična eksperimentalna pokusa: a) zagrijavanje bez istezanja, b) zagrijavanje s jednim izoliranim statičkim istezanjem u trajanju od 10 sec, i c) zagrijavanje s jednim statičkim istezanjem od 10 sec u kombinaciji s dinamičkim istezanjem. Rezultati su pokazali da nije bilo značajnih učinaka ( $p = 0,05$ ) u sprintu na 5m i 10m. U zagrijavanju bez istezanja došlo je do malog poboljšanja u sprintu na 5m za 2,72% (mali učinak), a na 10m za 1,60% (minimalni učinak), dok je zagrijavanje sa statičkim i dinamičkim istezanjem utjecalo na lošiju izvedbu u sprintu na 5m i 10m. Čini se da statičko istezanje negativno djeluje na izvođenje kratkih dionica sprinta tako da autori sugeriraju da treba biti oprezan ukoliko se primjenjuje statičko istezanje u zagrijavanju pa čak i ako je istezanje kratkog trajanja zbog toga jer može negativno utjecati na sportove u kojima je važna brzina i eksplozivna snaga. Upravo suprotno, Abdelkader i Elmorsi (2016) istražili su učinke različitih kombinacija istezanja na kinematiku izvođenja horizontalnog skoka, agilnosti i brzine (30m) kod nogometaša. Nakon 5 min zagrijavanja koje se sastojalo od trkačkih aktivnosti, ispitanici su primijenili 3 različita načina istezanja u 3 različita dana sljedećim redoslijedom: a) balističko istezanje + statičko istezanje, b) statičko istezanje + balističko istezanje, c) nogometne vježbe dodavanja u trajanju od 10 min bez istezanja. Zaključili su da se statičko istezanje + balističko istezanje može primjenjivati prije aktivnosti visokog intenziteta kod treniranih sportaša. Valja podsjetiti da se balističko istezanje rjeđe primjenjuje u sportu i rekreaciji zbog brzih i nekontroliranih pokreta s mišićnim trzajem, a između ostalog može utjecati na lakše podraživanje refleksa na istezanje i tako izazvati kontrakciju u istegnutom mišiću, stoga je primjenjivost dinamičkog istezanja svakako bolji izbor. U tom kontekstu Wong i suradnici (2011) usporedili su učinke različitih trajanja statičkog istezanja u kombinaciji s dinamičkim istezanjem na sposobnost ponavljajućih sprinteva (RSA) i promjenu smjera kretanja (COD). Nakon kontinuiranog aerobnog trčanja malog do srednjeg intenziteta od 5 min, ispitanici su napravili jedan od tri protokola statičkog istezanja ukupnog trajanja od 30 sek, 60 sek ili 90 sek (3 istezanja x10 sek, x20 sek ili x30 sek). Zatim su napravili tri vježbe dinamičkog istezanja od kojih je svaka trajala 30 sek (ukupno 90 sek). Pokazalo se da između tri načina istezanja nije bilo značajnih razlika u izvedbi ponavljajućih sprinteva i promjene smjera kretanja. Zaključak autora je da kratkotrajno statičko istezanje ( $\leq 90$  sek) u kombinaciji s dinamičkim istezanjem koje je bilo do točke blage nelagode nije utjecalo na lošiju izvedbu, a dinamičko istezanje kratkog trajanja vjerojatno nije pružilo dovoljan stimulans za bolju izvedbu.

## **5.4. Nedostaci provedenog istraživanja i moguće smjernice budućih istraživanja**

Najveće ograničenje u ovome istraživanju obuhvaća veličina uzorka ispitanika. Od ukupno 72 ispitanika, u svim vremenskim točkama odnosno svim vrstama istezanja sudjelovalo je 44 ispitanika, dok preostali ispitanici nisu bili nazočni u mjerenjima kod barem jedne vrste istezanja. Slijedeća otežavajuća okolnost u ovoj studiji bilo je vremensko razdoblje provođenja testiranja. S obzirom da smo istraživanje proveli u tri različita košarkaška kluba u Zagrebu, sa svakim trenerom pojedinačno, dogovorili smo vremenski period u kojem ćemo izvesti eksperimentalno mjerenje sukladno rasporedu i obavezama kluba što je dodatno odužilo postupak testiranja. Iako je sa znanstvenog stajališta poželjan veći broj ispitanika, u praksi je to teško izvedivo upravo zbog malog uzorka ispitanika vrhunskih sportaša.

## 6. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja možemo zaključiti sljedeće: korištenjem dinamičkog istežanja prije testova eksplozivne snage postižu se bolji rezultati u odnosu na statičko istežanje i kombinirani način istežanja (dinamičko + statičko i statičko + dinamičko). U prosjeku je jedino dinamičkim istežanjem ostvareno povećanje visine skoka u odnosu na početna mjerenja bez istežanja. Prema tome, rezultati ovog istraživanja potvrđuju hipotezu da je dinamičko istežanje najbolja metoda zagrijavanja za eksplozivnu snagu nogu. Upotrebom dinamičkog istežanja promjena je u prosjeku bila veća u testovima vertikalnog skoka (SJ = 2,79 cm; CMJ = 1,49 cm) uspoređujući sa statičkim istežanjem. Upravo suprotno, statičko istežanje pokazalo je statistički značajno lošije rezultate u prosječnoj promjeni visine skoka kod oba testa (SJ = -1,83 cm,  $p < 0,001$ ; CMJ = -1,28 cm,  $p < 0,001$ ) i u odnosu na obje kombinacije istežanja (statičko + dinamičko, dinamičko + statičko). Nakon primjene kombiniranih metoda istežanja također je primjećen pad u visini vertikalnog skoka. Između statičkog + dinamičkog i dinamičkog + statičkog istežanja nije opažena statistički značajna razlika, a jedino značajno prosječno smanjenje bilo je vidljivo upotrebom dinamičkog + statičkog istežanja u CMJ testu (-0,89 cm,  $p = 0,008$ ). U ovoj studiji dob, visina i masa nisu imale nikakav značajan utjecaj na visinu skoka. Na kraju, možemo zaključiti da će primjena dinamičkog istežanja poboljšati vertikalni skok (SJ i CMJ) u sportovima u kojima je eksplozivna snaga važna za razliku od negativnih učinaka statičkog istežanja i kombiniranih načina istežanja (statičko + dinamičko, dinamičko + statičko).

## 7. LITERATURA

1. Abdelkader, M. A., & Elmorsi, W. M. (2016). Effect of Three Protocols of Warming up Involving Stretching on the Kinematic Performance of Horizontal Jumping, Agility and Speed for Soccer Players. *American Journal of Sports Science*, 4(3), 55-60.
2. Aguilar, A. J., DiStefano, L. J., Brown, C. N., Herman, D. C., Guskiewicz, K. M., & Padua, D. A. (2012). A dynamic warm-up model increases quadriceps strength and hamstring flexibility. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4), 1130-1141.
3. Al-Nawaiseh, A., Albiero, A., & Bishop, P. (2013). Impact of different warmup procedures on a 50-yard swimming sprint. *International Journal of Academic Research*, 5(1).
4. Alemdaroğlu, U., Köklü, Y., & Koz, M. (2017). The acute effect of different stretching methods on sprint performance in taekwondo practitioners. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 57(9), 1104-1110.
5. Alter, M. J. (1997). *Sport Stretch*. Human Kinetics.
6. Alter, M. J. (2004). *Science of flexibility*. Human Kinetics.
7. Amiri-Khorasani, M., Calleja-Gonzalez, J., & Mogharabi-Manzari, M. (2016). Acute effect of different combined stretching methods on acceleration and speed in soccer players. *Journal of human kinetics*, 50(1), 179-186.
8. Amiri-Khorasani, M., Osman, N. A. A., & Yusof, A. (2011). Acute effect of static and dynamic stretching on hip dynamic range of motion during instep kicking in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(6), 1647-1652.
9. Amiri-Khorasani, M., Sahebozamani, M., Tabrizi, K. G., & Yusof, A. B. (2010). Acute effect of different stretching methods on Illinois agility test in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2698-2704.
10. Anderson, P., Landers, G., & Wallman, K. (2014). Effect of warm-up on intermittent sprint performance. *Research in Sports Medicine*, 22(1), 88-99.
11. Arvinen-Barrow, M., Weigand, D. A., Thomas, S., Hemmings, B., & Walley, M. (2007). Elite and novice athletes' imagery use in open and closed sports. *Journal of Applied Sport Psychology*, 19(1), 93-104.
12. Avela, J., Kyröläinen, H., Komi, P. V. (1999). Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *Journal of Applied Physiology*, 86, 1283–

1291.

13. Ayala, F., De Baranda, P. S., Cejudo, A., & De Ste Croix, M. (2011). Acute effect of stretching on physical performance: the use of stretching exercises in warm-up. *Cultura Ciencia Deporte*, 6(16), 27-36.
14. Ayala, F., De Ste Croix, M., Sainz De Baranda, P., & Santonja, F. (2013). Acute effects of static and dynamic stretching on hamstring eccentric isokinetic strength and unilateral hamstring to quadriceps strength ratios. *Journal of sports sciences*, 31(8), 831-839.
15. Ayala, F., Moreno-Perez, V., Vera-Garcia, F. J., Moya, M., Sanz-Rivas, D., & Fernandez-Fernandez, J. (2016). Acute and time-course effects of traditional and dynamic warm-up routines in young elite junior tennis players. *PloS one*, 11(4).
16. Bacurau, R. F. P., Monteiro, G. A., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Cabral, L. F., & Aoki, M. S. (2009). Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 304- 308.
17. Bailey, S. J., Wilkerson, D. P., Fulford, J., & Jones, A. M. (2012). Influence of passive lower- body heating on muscle metabolic perturbation and high-intensity exercise tolerance in humans. *European journal of applied physiology*, 112(10), 3569-3576.
18. Bandy, W. D., Irion, J. M., & Briggler, M. (1998). The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(4), 295-300.
19. Barroso, R., Tricoli, V., dos Santos Gil, S., Ugrinowitsch, C., & Roschel, H. (2012). Maximal strength, number of repetitions, and total volume are differently affected by static-, ballistic-, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2432-2437.
20. Baudry, S., & Duchateau, J. (2007). Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the rate of torque development of tetanic and voluntary isometric contractions. *Journal of Applied Physiology*, 102(4), 1394-1401.
21. Beckett, J. R., Schneiker, K. T., Wallman, K. E., Dawson, B. T., & Guelfi, K. J. (2009). Effects of static stretching on repeated sprint and change of direction performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(2), 444-450.
22. Beedle, B. B., & Mann, C. L. (2007). A comparison of two warm-ups on joint range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 776.



23. Beedle, B., Rytter, S. J., Healy, R. C., & Ward, T. R. (2008). Pretesting static and dynamic stretching does not affect maximal strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6), 1838-1843.
24. Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European journal of applied physiology*, 111(11), 2633-2651.
25. Behm, D. G., & Kibele, A. (2007). Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *European journal of applied physiology*, 101(5), 587-594.
26. Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15(6), 374-388.
27. Behm, D. G., Bambury, A., Cahill, F., & Power, K. (2004). Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(8), 1397-1402.
28. Behm, D. G., Blazeovich, A. J., Kay, A. D., & 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), 1-11.
29. Behm, D. G., Bradbury, E. E., Haynes, A. T., Hodder, J. N., Leonard, A. M., & Paddock, N. R. (2006). Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. *Journal of sports science & medicine*, 5(1), 33.
30. Behm, D. G., Button, D. C., & Butt, J. C. (2001). Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(3), 262-272.
31. Behm, D. G., Plewe, S., Grage, P., Rabbani, A., Beigi, H. T., Byrne, J. M., & Button, D. C. (2011). Relative static stretch-induced impairments and dynamic stretch-induced enhancements are similar in young and middle-aged men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(6), 790-797.
32. Behm, D., & Haddad, M. (2015). Stretching during the Warm-up and to increase Flexibility for Taekwondo. *Performance Optimization in Taekwondo: From Laboratory to Field* (pp. 94-105).
33. Belli, A., & Bosco, C. (1992). Influence of stretch-shortening cycle on mechanical behavior of triceps surae during hopping. *Acta Physiologica Scandinavica*, 144(4), 401-408.

34. Bergh, U., & Ekblom, B. (1979). Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta physiologica scandinavica*, 107(1), 33-37.
35. Bevan, H. R., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Kingsley, M. I., & Kilduff, L. P. (2009). Complex training in professional rugby players: Influence of recovery time on upper- body power output. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1780-1785.
36. Bishop, D. (2003a). Warm up I. *Sports medicine*, 33(6), 439-454.
37. Bishop, D. (2003b). Warm up II. *Sports medicine*, 33(7), 483-498.
38. Bishop, D., & Middleton, G. (2013). Effects of static stretching following a dynamic warm-up on speed, agility and power. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(2), 391-400.
39. Bosco, C., Belli, A., Astrua, M., Tihanyi, J., Pozzo, R., Kellis, S., ... & Tranquilli, C. (1995). A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 70(5), 379-386.
40. Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50(2), 273-282.
41. Bosco, C., Tarkka, I., & Komi, P. V. (1982a). Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps surae during stretch-shortening cycle exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 3(03), 137-140.
42. Bosco, C., Viitasalo, J. T., Komi, P. V., & Luhtanen, P. (1982b). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 114(4), 557-565.
43. Bradley, P. S., Olsen, P. D., & Portas, M. D. (2007). The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, The, 21(1), 223.
44. Brooks, G. A., Fahey, T.D. (1987). *Fundamentals of Human Performance*. New York, NY: Macmillan.
45. Burnley, M., Doust, J. H., & Jones, A. M. (2005). Effects of prior warm-up regime on severe-intensity cycling performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 838- 845.

46. Burnley, M., Doust, J. H., & Jones, A. M. (2006). Time required for the restoration of normal heavy exercise VO<sub>2</sub> kinetics following prior heavy exercise. *Journal of Applied Physiology*, *101*(5), 1320-1327.
47. Burnley, M., Doust, J. H., Carter, H., & Jones, A. M. (2001). Effects of prior exercise and recovery duration on oxygen uptake kinetics during heavy exercise in humans. *Experimental physiology*, *86*(3), 417-425.
48. Byrne, P. J., Kenny, J., & O'Rourke, B. (2014). Acute potentiating effect of depth jumps on sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(3), 610- 615.
49. Cannavan, D., Coleman, D. R., & Blazeovich, A. J. (2012). Lack of effect of moderate-duration static stretching on plantar flexor force production and series compliance. *Clinical Biomechanics*, *27*(3), 306-312.
50. Carter, H., Grice, Y., Dekerle, J., Brickley, G., Hammond, A. J., & Pringle, J. S. (2005). Effect of prior exercise above and below critical power on exercise to exhaustion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*(5), 775-781.
51. Carvalho, F. L., Carvalho, M. C., Simão, R., Gomes, T. M., Costa, P. B., Neto, L. B., ... & Dantas, E. H. (2012). Acute effects of a warm-up including active, passive, and dynamic stretching on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(9), 2447-2452.
52. Chaouachi, A., Castagna, C., Chtara, M., Brughelli, M., Turki, O., Galy, O., ... & Behm, D. G. (2010). Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(8), 2001-2011.
53. Chatzopoulos, D. E., Yiannakos, A., Kotzamanidou, M., & Bassa, E. (2015). Warm-up protocols for high school students. *Perceptual and motor skills*, *121*(1), 1-13.
54. Chatzopoulos, D., Galazoulas, C., Patikas, D., & Kotzamanidis, C. (2014). Acute effects of static and dynamic stretching on balance, agility, reaction time and movement time. *Journal of sports science & medicine*, *13*(2), 403.
55. Chen, T. C., Nosaka, K., & Sacco, P. (2007). Intensity of eccentric exercise, shift of optimum angle, and the magnitude of repeated-bout effect. *Journal of applied physiology*, *102*(3), 992-999.
56. Chiu, L. Z., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *17*(4), 671-677.

57. Christensen, B. K., & Nordstrom, B. J. (2008). The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and dynamic stretching techniques on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6), 1826-1831.
58. Clark, L., O'leary, C. B., Hong, J., & Lockard, M. (2014). The acute effects of stretching on presynaptic inhibition and peak power. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54, 605-510.
59. Cook, C., Holdcroft, D., Drawer, S., & Kilduff, L. P. (2013). Designing a warm-up protocol for elite bob-skeleton athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 8(2), 213-215.
60. Costa, P. B., Herda, T. J., Herda, A. A., & Cramer, J. T. (2014). Effects of dynamic stretching on strength, muscle imbalance, and muscle activation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(3), 586-593.
61. Cronin, J., Nash, M., & Whatman, C. (2008). The acute effects of hamstring stretching and vibration on dynamic knee joint range of motion and jump performance. *Physical Therapy in Sport*, 9(2), 89-96.
62. Curry, B. S., Chengkalath, D., Crouch, G. J., Romance, M., & Manns, P. J. (2009). Acute effects of dynamic stretching, static stretching, and light aerobic activity on muscular performance in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1811-1819.
63. Cutton, D. M., & Landin, D. (2007). The effects of self-talk and augmented feedback on learning the tennis forehand. *Journal of applied sport psychology*, 19(3), 288-303.
64. De Ruiter, C. J., & De Haan, A. (2000). Temperature effect on the force/velocity relationship of the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *Pflügers Archiv*, 440(1), 163-170.
65. De Ruiter, C. J., Jones, D. A., Sargeant, A. J., & De Haan, A. (1999). Temperature effect on the rates of isometric force development and relaxation in the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *Experimental physiology*, 84(6), 1137-1150.
66. Docherty, D., & Hodgson, M. J. (2007). The application of postactivation potentiation to elite sport. *International journal of sports physiology and performance*, 2(4), 439-444.
67. Duhigg, C. (2012). *The Power of Habit*. New York: Random House.
- Duncan, M. J., & Woodfield, L. A. (2006). Acute effects of warm up protocol on flexibility and vertical jump in children. *Journal of Exercise Physiology online*, 9(3), 9-16.

68. Ebben, W. P., & Blackard, D. O. (2001). Strength and conditioning practices of National Football League strength and conditioning coaches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 48-58.
69. Ebben, W. P., Carroll, R. M., & Simenz, C. J. (2004). Strength and conditioning practices of National Hockey League strength and conditioning coaches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 889-897.
70. Ebben, W. P., Hintz, M. J., & Simenz, C. J. (2005). Strength and conditioning practices of Major League Baseball strength and conditioning coaches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3), 538-546.
71. Edholm, P., Krustrup, P., & Randers, M. B. (2015). Half-time re-warm up increases performance capacity in male elite soccer players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(1), e40-e49.
72. Ekstrand, J., Gillquist, J., & Liljedahl, S. O. (1983). Prevention of soccer injuries: supervision by doctor and physiotherapist. *The American Journal of Sports Medicine*, 11(3), 116-120.
73. Ercan, S., Başkurt, Z., Başkurt, F., & Parpucu, T. İ. (2017). The Acute Effect of Static and Dynamic Stretching on Horizontal and Vertical Jump. *International Journal of Sport Studies*, 7(3), 167-173.
74. Faigenbaum, A. D., Bellucci, M., Bernieri, A., Bakker, B., & Hoorens, K. (2005). Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(2), 376-381.
75. Faigenbaum, A. D., Kang, J., McFarland, J., Bloom, J. M., Magnatta, J., Ratamess, N. A., & Hoffman, J. R. (2006b). Acute effects of different warm-up protocols on anaerobic performance in teenage athletes. *Pediatric Exercise Science*, 18(1), 64-75.
76. Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Schwerdtman, J. A., Ratamess, N. A., Kang, J., & Hoffman, J. R. (2006a). Dynamic warm-up protocols, with and without a weighted vest, and fitness performance in high school female athletes. *Journal of athletic training*, 41(4), 357.
77. Fattahi-Bafghi, A., & Amiri-Khorasani, M. (2012). Effects of static and dynamic stretching during warm-up on vertical jump in Soccer players. *Int J Sport Stud*, 2, 484-8.
78. Fattahi-Bafghi, A., & Amiri-Khorasani, M. (2013). Sustaining effect of different stretching methods on power and agility after warm-up exercise in soccer players. *World Appl Sci J*, 21(4), 520-525.

79. Fattahi, A., Sadeghi, H., Rezaei, M., & Einanloo, M. (2015). Effects of Two Warm up Protocol on Vertical Jump Performance in Mini-volleyball Players. *Advances in Research*, 350-356.
80. Faulkner, S. H., Ferguson, R. A., Gerrett, N., Hupperets, M., Hodder, S. G., & Havenith, G. (2013). Reducing muscle temperature drop after warm-up improves sprint cycling performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(2), 359-365.
81. Ferguson, R. A., Ball, D., & Sargeant, A. J. (2002). Effect of muscle temperature on rate of oxygen uptake during exercise in humans at different contraction frequencies. *Journal of experimental biology*, 205(7), 981-987.
82. Fisher, M., Paolone, V., Rosene, J., Drury, D., Van Dyke, A., & Moroney, D. (1999). The effect of submaximal exercise on recovery hemodynamics and thermoregulation in men and women. *Research quarterly for exercise and sport*, 70(4), 361-368.
83. Fletcher, I. M. (2010). The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. *European journal of applied physiology*, 109(3), 491-498.
84. Fletcher, I. M., & Anness, R. (2007). The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 21(3), 784.
85. Fletcher, I. M., & Jones, B. (2004). The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 885-888.
86. Fletcher, I. M., & Monte-Colombo, M. M. (2010a). An investigation into the effects of different warm-up modalities on specific motor skills related to soccer performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2096-2101.
87. Fletcher, I. M., & Monte-Colombo, M. M. (2010b). An investigation into the possible physiological mechanisms associated with changes in performance related to acute responses to different preactivity stretch modalities. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 35(1), 27-34.
88. Fortier, J., Lattier, G., & Babault, N. (2013). Acute effects of short-duration isolated static stretching or combined with dynamic exercises on strength, jump and sprint performance. *Science & Sports*, 28(5), e111-e117.
89. Fowles, J. R., Sale, D. G., MacDougall, J. D. (2000). Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1179–1188.

90. Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. (2010). Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(1), 140-148.
91. Franco, B. L., Signorelli, G. R., Trajano, G. S., Costa, P. B., & de Oliveira, C. G. (2012). Acute effects of three different stretching protocols on the Wingate test performance. *Journal of sports science & medicine*, 11(1), 1.
92. Gabbett, T. J., Sheppard, J. M., Pritchard-Peschek, K. R., Leveritt, M. D., & Aldred, M. J. (2008). Influence of closed skill and open skill warm-ups on the performance of speed, change of direction speed, vertical jump, and reactive agility in team sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1413-1415.
93. Galazoulas, C. (2017). Acute effects of static and dynamic stretching on the sprint and countermovement jump of basketball players. *Journal of physical Education and Sport*, 17(1), 219.
94. Gamble, P. (2004). A skill-based conditioning games approach to metabolic conditioning for elite rugby football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 491-497.
95. Gelen, E. (2010). Acute effects of different warm-up methods on sprint, slalom dribbling, and penalty kick performance in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 950-956.
96. Gerbino, A., Ward, S. A., & Whipp, B. J. (1996). Effects of prior exercise on pulmonary gas-exchange kinetics during high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 80(1), 99-107.
97. Girard, O., Carbonnel, Y., Candau, R., & Millet, G. (2009). Running versus strength-based warm-up: acute effects on isometric knee extension function. *European journal of applied physiology*, 106(4), 573-581.
98. González-Alonso, J., & Calbet, J. A. (2003). Reductions in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. *Circulation*, 107(6), 824-830.
99. Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G., & Garas, A. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(2), 342-344.
100. Gray, S. R., De Vito, G., Nimmo, M. A., Farina, D., & Ferguson, R. A. (2006). Skeletal muscle ATP turnover and muscle fiber conduction velocity are elevated at higher muscle temperatures during maximal power output development in

- humans. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 290(2), R376-R382.
101. Gray, S. R., Söderlund, K., & Ferguson, R. A. (2008). ATP and phosphocreatine utilization in single human muscle fibres during the development of maximal power output at elevated muscle temperatures. *Journal of sports sciences*, 26(7), 701-707.
  102. Gray, S. R., Soderlund, K., Watson, M., & Ferguson, R. A. (2011). Skeletal muscle ATP turnover and single fibre ATP and PCr content during intense exercise at different muscle temperatures in humans. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*, 462(6), 885-893.
  103. Guissard, N., & Duchateau, J. (2006). Neural aspects of muscle stretching. *Exercise and sport sciences reviews*, 34(4), 154-158.
  104. Guissard, N., Duchateau, J., Hainaut, K. (2001). Mechanisms of decreased motoneurone excitation during passive muscle stretching. *Experimental Brain Research*, 137, 163–169.
  105. Güllich, A., & Schmidbleicher, D. (1995). Short-term potentiation of power performance induced by maximal voluntary contractions. *In: 15<sup>th</sup> Congress of the international society of biomechanics*; Jyvaskyla, Finland. 348–349.
  106. Güllich, A., & Schmidbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New studies in athletics*, 11, 67-84.
  107. Hadala, M., & Barrios, C. (2009). Different strategies for sports injury prevention in an America's Cup yachting crew. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(8), 1587- 1596.
  108. Haddad, M., Dridi, A., Chtara, M., Chaouachi, A., Wong, D. P., Behm, D., & Chamari, K. (2014). Static stretching can impair explosive performance for at least 24 hours. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 140-146.
  109. Hammami, A., Slimani, M., Yousfi, N., & Bouhlel, E. (2015). The Impact of Short-Duration Static Stretching or Combined Static Stretching with Dynamic Stretching on Sprint Performance in Moderately Trained Subjects. *Journal of Athletic Enhancement*, 4(3), 19-20.
  110. Hatzigeorgiadis, A., Theodorakis, Y., & Zourbanos, N. (2004). Self-talk in the swimming pool: The effects of self-talk on thought content and performance on water-polo tasks. *Journal of Applied Sport Psychology*, 16(2), 138-150.
  111. Hedrick, A. (1992). Exercise physiology: physiological responses to warm-up. *Strength & Conditioning Journal*, 14(5), 25-27.



112. Herda, T. J., Costa, P. B., Walter, A. A., Ryan, E. D., Hoge, K. M., Kerksick, C. M., ... & Cramer, J. T. (2011). Effects of two modes of static stretching on muscle strength and stiffness. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *43*(9), 1777-1784.
113. Herda, T. J., Cramer, J. T., Ryan, E. D., McHugh, M. P., & Stout, J. R. (2008). Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(3), 809-817.
114. Herda, T. J., Herda, N. D., Costa, P. B., Walter-Herda, A. A., Valdez, A. M., & Cramer, J. T. (2013). The effects of dynamic stretching on the passive properties of the muscle-tendon unit. *Journal of sports sciences*, *31*(5), 479-487.
115. Hilfiker, R., Hübner, K., Lorenz, T., & Marti, B. (2007). Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive force development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(2), 550.
116. Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation. *Sports medicine*, *35*(7), 585-595.
117. Holt, B. W., & Lambourne, K. (2008). The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(1), 226-229.
118. Hough, P. A., Ross, E. Z., & Howatson, G. (2009). Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(2), 507-512.
119. Houston, M. E., & Grange, R. W. (1990). Myosin phosphorylation, twitch potentiation, and fatigue in human skeletal muscle. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, *68*(7), 908-913.
120. Jagers, J. R., Swank, A. M., Frost, K. L., & Lee, C. D. (2008). The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(6), 1844-1849.
121. Jeffrey, C., Nagle, E. F., Robert, J., & Jean, L. (2010). Effect of single set dynamic and static stretching exercise on jump height in college age recreational athletes. *International Journal of Exercise Science*, *3*(4), 8.
122. Johnson, J. J., Hrycaiko, D. W., Johnson, G. V., & Halas, J. M. (2004). Self-talk and female youth soccer performance. *The Sport Psychologist*, *18*(1), 44-59.
123. Jones, A. M., Berger, N. J., Wilkerson, D. P., & Roberts, C. L. (2006). Effects of “priming” exercise on pulmonary O<sub>2</sub> uptake and muscle deoxygenation kinetics

- during heavy-intensity cycle exercise in the supine and upright positions. *Journal of Applied Physiology*, 101(5), 1432-1441.
124. Jones, A. M., DiMenna, F., Lothian, F., Taylor, E., Garland, S. W., Hayes, P. R., & Thompson, K. G. (2008). 'Priming' exercise and O<sub>2</sub> uptake kinetics during treadmill running. *Respiratory physiology & neurobiology*, 161(2), 182-188.
  125. Jones, A. M., Wilkerson, D. P., Burnley, M., & Koppo, K. (2003). Prior heavy exercise enhances performance during subsequent perimaximal exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(12), 2085-2092.
  126. Judge, L. W., Bellar, D. M., Gilreath, E. L., Petersen, J. C., Craig, B. W., Popp, J. K., ... & Simon, L. S. (2013). An examination of preactivity and postactivity stretching practices of NCAA division I, NCAA division II, and NCAA division III track and field throws programs. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2691-2699.
  127. Kay, A. D., & Blazevich, A. J. (2008). Reductions in active plantarflexor moment are significantly correlated with static stretch duration. *European Journal of Sport Science*, 8(1), 41-46.
  128. Kay, A. D., & Blazevich, A. J. (2012). Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(1), 154-164.
  129. Kendall, B. J. (2017). The acute effects of static stretching compared to dynamic stretching with and without an active warm up on anaerobic performance. *International journal of exercise science*, 10(1), 53.
  130. Kilduff, L. P., Bevan, H. R., Kingsley, M. I., Owen, N. J., Bennett, M. A., Bunce, P. J., ... & Cunningham, D. J. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1134-1138.
  131. Kilduff, L. P., Cunningham, D. J., Owen, N. J., West, D. J., Bracken, R. M., & Cook, C. J. (2011). Effect of postactivation potentiation on swimming starts in international sprint swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2418-2423.
  132. Kilduff, L. P., Owen, N., Bevan, H., Bennett, M., Kingsley, M. I., & Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of sports sciences*, 26(8), 795-802.


133. Kilduff, L. P., West, D. J., Williams, N., & Cook, C. J. (2013). The influence of passive heat maintenance on lower body power output and repeated sprint performance in professional rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(5), 482-486.
134. Knudson, D., & Noffal, G. (2005). Time course of stretch-induced isometric strength deficits. *European journal of applied physiology*, 94(3), 348-351.
135. Konrad, A., Stafilidis, S., & Tilp, M. (2017). Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(10), 1070-1080.
136. Kruse, N. T., Barr, M. W., Gilders, R. M., Kushnick, M. R., & Rana, S. R. (2013). Using a practical approach for determining the most effective stretching strategy in female college division I volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3060-3067.
137. Kubo, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (2001). Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of applied physiology*, 90(2), 520-527.
138. Kubo, K., Morimoto, M., Kumoru, T., Tsunoda, N., Kanehisa, H., Fukunaga, T. (2007). Influences of tendon stiffness, joint stiffness, and electro - myographic activity on jump performances using single joint. *European journal of applied physiology*, 99, 235-243.
139. Lebon, F., Collet, C., & Guillot, A. (2010). Benefits of motor imagery training on muscle strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(6), 1680-1687.
140. Leone, D. C. P. G., Pezarat, P., Valamatos, M. J., Fernandes, O., Freitas, S., & Moraes, A. C. (2014). Upper body force production after a low-volume static and dynamic stretching. *European journal of sport science*, 14(1), 69-75.
141. Little, T., & Williams, A. G. (2006). Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high speed motor capacities in professional soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 20(1), 203-207.
142. Lovell, R. J., Kirke, I., Siegler, J., McNaughton, L. R., & Greig, M. P. (2007). Soccer half-time strategy influences thermoregulation and endurance performance. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 47(3), 263-269.
143. Lovell, R., Midgley, A., Barrett, S., Carter, D., & Small, K. (2013). Effects of different half-time strategies on second half soccer-specific speed, power and dynamic strength. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(1), 105-113.

144. Madden, C. C., Putukian, M., Young, C. C., McCarty, E. C. (2010). *Netter's Sports Medicine*. Philadelphia. Saunders Elsevier.
145. Magnusson, P., & Renström, P. (2006). The European College of Sports Sciences Position statement: The role of stretching exercises in sports. *European journal of sport science*, 6(2), 87-91.
146. Magnusson, S. P., Simonsen, E. B., Aagaard, P., Sørensen, H., & Kjaer, M. (1996). A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *The Journal of physiology*, 497(1), 291-298.
147. Malareki, I. (1954). Investigation of physiological justification of so-called 'warming up'. *Acta Physiologica Polonica*, 5(1), 543-546.
148. Manoel, M. E., Harris-Love, M. O., Danoff, J. V., & Miller, T. A. (2008). Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1528-1534.
149. Martin, P., Pavol, P., Zuzana, P., Martina, T., & Juraj, M. (2014). Effectiveness of static and dynamic stretching prior to speed and speed-strength load. *Journal of Physical Education and Sport*, 14(4), 455.
150. Massey, B. H., Johnson, W. R., & Kramer, G. F. (1961). Effect of warm-up exercise upon muscular performance using hypnosis to control the psychological variable. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 32(1), 63-71.
151. Matthews, P. B. C. (1981). Muscle spindles: their messages and their fusimotor supply. In: *The Nervous System: Handbook of Physiology*. Edited by V.B. Brooks. American Physiological Society (pp. 189–288).
152. McBride, J. M., Deane, R., & Nimphius, S. (2007). Effect of stretching on agonist–antagonist muscle activity and muscle force output during single and multiple joint isometric contractions. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17(1), 54-60.
153. McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., Rattray, B. (2015). Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Medicine*; 45(11): 1523-46.
154. McHugh, M. P., & 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.

155. McMillian, D. J., Moore, J. H., Hatler, B. S., & Taylor, D. C. (2006). Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(3), 492-499.
156. Mellalieu, S., & Hanton, S. (Eds.). (2008). *Advances in applied sport psychology: A review*. Routledge.
157. Mizuno, T. (2017). Changes in joint range of motion and muscle–tendon unit stiffness after varying amounts of dynamic stretching. *Journal of sports sciences*, 35(21), 2157-2163.
158. Mohr, M., Krusturup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004). Muscle temperature and sprint performance during soccer matches—beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 14(3), 156-162.
159. Moran, O., Arechabala, I. (2012). *Stretching Exercises Encyclopedia*. 12<sup>th</sup> Edition. Maidenhead: Meyer & Meyer Sport.
160. Morrin, N., & Redding, E. (2013). Acute effects of warm-up stretch protocols on balance, vertical jump height, and range of motion in dancers. *Journal of dance medicine & science*, 17(1), 34-40.
161. Murphy, J. R., Di Santo, M. C., Alkanani, T., & Behm, D. G. (2010). Aerobic activity before and following short-duration static stretching improves range of motion and performance vs. a traditional warm-up. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(5), 679-690.
162. Needham, R. A., Morse, C. I., & Degens, H. (2009). The acute effect of different warm-up protocols on anaerobic performance in elite youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2614-2620.
163. Neiva, H. P., Marques, M. C., Fernandes, R. J., Viana, J. L., Barbosa, T. M., & Marinho, D. A. (2014). Does warm-up have a beneficial effect on 100-m freestyle?. *International journal of sports physiology and performance*, 9(1), 145-150.
164. Nelson, A. G., & Kokkonen, J. (2001). Acute ballistic muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72(4), 415-419.
165. Nelson, A. G., Driscoll, N. M., Landin, D. K., Young, M. A., & Schexnayder, I. C. (2005). Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. *Journal of sports sciences*, 23(5), 449-454.

166. Nepocatyč, S., Bishop, P. A., Balilionis, G., Richardson, M. T., & Hubner, P. J. (2010). Acute effect of upper-body vibration on performance in master swimmers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3396-3403.
167. O'Connor, D. M., Crowe, M. J., & Spinks, W. L. (2006). Effects of static stretching on leg power during cycling. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 46(1), 52.
168. O'Sullivan, K., Murray, E., & Sainsbury, D. (2009). The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC musculoskeletal disorders*, 10(1), 37.
169. Opplert, J., & 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.
170. Opplert, J., Genty, J. B., & Babault, N. (2016). Do stretch durations affect muscle mechanical and neurophysiological properties?. *International journal of sports medicine*, 37(09), 673-679.
171. Pacheco, L., Balius, R., Aliste, L., Pujol, M., & Pedret, C. (2011). The acute effects of different stretching exercises on jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(11), 2991-2998.
172. Pagaduan, J. C., Pojskić, H., Užičanin, E., & Babajić, F. (2012). Effect of various warm-up protocols on jump performance in college football players. *Journal of human kinetics*, 35(1), 127-132.
173. Pappas, P. T., Paradisis, G. P., Exell, T. A., Smirniotou, A. S., Tsolakis, C. K., & Arampatzis, A. (2017). Acute effects of stretching on leg and vertical stiffness during treadmill running. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(12), 3417-3424.
174. Paradisis, G. P., Pappas, P. T., Theodorou, A. S., Zacharogiannis, E. G., Skordilis, E. K., & Smirniotou, A. S. (2014). Effects of static and dynamic stretching on sprint and jump performance in boys and girls. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 154-160.
175. Pearce, A. J., Kidgell, D. J., Zois, J., & Carlson, J. S. (2009). Effects of secondary warm up following stretching. *European journal of applied physiology*, 105(2), 175-183.
176. Pearce, A. J., Latella, C., & Kidgell, D. J. (2012a). Secondary warm-up following stretching on vertical jumping, change of direction, and straight line speed. *European Journal of Sport Science*, 12(2), 103-112.

177. Pearce, A. J., Rowe, G. S., & Whyte, D. G. (2012b). Neural conduction and excitability following a simple warm up. *Journal of science and medicine in sport*, 15(2), 164-168.
178. Perrier, E. T., Pavol, M. J., & Hoffman, M. A. (2011). The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1925-1931.
179. Pin, T., Dyke, P., & Chan, M. (2006). The effectiveness of passive stretching in children with cerebral palsy. *Developmental medicine and child neurology*, 48(10), 855-862.
180. Pinto, M. D., Wilhelm, E. N., Tricoli, V., Pinto, R. S., & Blazevich, A. J. (2014). Differential effects of 30-vs. 60-second static muscle stretching on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3440-3446.
181. Potach, D. H., & Chu, D. A. (2008). Plyometric Training. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*. 3rd ed., ed. T. Baechle and R.W. Earle (pp. 413–456). Champaign, IL: Human Kinetics.
182. Power, K., Behm, D., Cahill, F., Carroll, M., & Young, W. (2004). An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(8), 1389-1396.
183. Price, M. J., & Campbell, I. G. (1997). Thermoregulatory responses of paraplegic and able-bodied athletes at rest and during prolonged upper body exercise and passive recovery. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 76(6), 552-560.
184. Racinais, S., & Oksa, J. (2010). Temperature and neuromuscular function. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20, 1-18.
185. Requena, B., Ereline, J., Gapeyeva, H., & Pääsuke, M. (2005). Posttetanic potentiation in knee extensors after high-frequency submaximal percutaneous electrical stimulation. *Journal of Sport Rehabilitation*, 14(3), 249-257.
186. Requena, B., Gapeyeva, H., García, I., Ereline, J., & Pääsuke, M. (2008). Twitch potentiation after voluntary versus electrically induced isometric contractions in human knee extensor muscles. *European journal of applied physiology*, 104(3), 463.
187. Robbins, J. W., & Scheuermann, B. W. (2008). Varying amounts of acute static stretching and its effect on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 781-786.

188. Rutledge, I., Faccioni, A. (2001). Dynamic warm-ups. *Sports Coach*; 24(1), 20–22. 
189. Ryan, E. D., Beck, T. W., Herda, T. J., Hull, H. R., Hartman, M. J., Costa, P. B., ... & Cramer, J. T. (2008). The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 38(10), 632-639.
190. Ryan, E. D., Everett, K. L., Smith, D. B., Pollner, C., Thompson, B. J., Sobolewski, E. J., & Fiddler, R. E. (2014). Acute effects of different volumes of dynamic stretching on vertical jump performance, flexibility and muscular endurance. *Clinical physiology and functional imaging*, 34(6), 485-492.
191. Ryan, E. D., Herda, T. J., Costa, P. B., Defreitas, J. M., Beck, T. W., Stout, J., & Cramer, J. T. (2009). Determining the minimum number of passive stretches necessary to alter musculotendinous stiffness. *Journal of sports sciences*, 27(9), 957-961.
192. Sá, M. A., Neto, G. R., Costa, P. B., Gomes, T. M., Bentes, C. M., Brown, A. F., & Novaes, J. S. (2015). Acute effects of different stretching techniques on the number of repetitions in a single lower body resistance training session. *Journal of human kinetics*, 45(1), 177-185.
193. Sale, D. (2004). Postactivation potentiation: role in performance. *British journal of sports medicine*, 38(4), 386-387.
194. Samson, M., Button, D. C., Chaouachi, A., & Behm, D. G. (2012). Effects of dynamic and static stretching within general and activity specific warm-up protocols. *Journal of sports science & medicine*, 11(2), 279.
195. Samuel, M. N., Holcomb, W. R., Guadagnoli, M. A., Rubley, M. D., & Wallmann, H. (2008). Acute effects of static and ballistic stretching on measures of strength and power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1422-1428.
196. Samukawa, M., Hattori, M., Sugama, N., & Takeda, N. (2011). The effects of dynamic stretching on plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Manual therapy*, 16(6), 618-622.
197. Sargeant, A. J. (1987). Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 56(6), 693-698.
198. Sekir, U., Arabaci, R., Akova, B., & Kadagan, S. M. (2010). Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(2), 268-281.



199. Shellock, F. G. (1986). Research Applications: Physiological, psychological, and injury prevention aspects of warm-up. *Strength & Conditioning Journal*, 8(5), 24-27.
200. Shellock, F. G., & Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports medicine*, 2(4), 267-278.
201. Shorten, M. R. (1987). Muscle elasticity and human performance. *Med Sports Sci*; 25: 1–18.
202. Shrier, I. (2004). Does stretching improve performance?: a systematic and critical review of the literature. *Clinical Journal of sport medicine*, 14(5), 267-273.
203. Siatras, T. A., Mittas, V. P., Mameletzi, D. N., & Vamvakoudis, E. A. (2008). The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 40-46.
204. Siatras, T., Papadopoulos, G., Mameletzi, D., Gerodimos, V., & Kellis, S. (2003). Static and dynamic acute stretching effect on gymnasts' speed in vaulting. *Pediatric Exercise Science*, 15(4), 383-391.
205. Simenz, C. J., Dugan, C. A., & Ebben, W. P. (2005). Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3), 495-504.
206. Simic, L., Sarabon, N., & Markovic, G. (2013). Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(2), 131-148.
207. Smith, J. C., & Fry, A. C. (2007). Effects of a ten-second maximum voluntary contraction on regulatory myosin light-chain phosphorylation and dynamic performance measures. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 73-76.
208. Stafilidis, S., & Tilp, M. (2015). Effects of short duration static stretching on jump performance, maximum voluntary contraction, and various mechanical and morphological parameters of the muscle–tendon unit of the lower extremities. *European journal of applied physiology*, 115(3), 607-617.
209. Su, H., Chang, N. J., Wu, W. L., Guo, L. Y., & Chu, I. H. (2017). Acute effects of foam rolling, static stretching, and dynamic stretching during warm-ups on muscular flexibility and strength in young adults. *Journal of sport rehabilitation*, 26(6), 469-477.
210. Taft, L. (2015). *Complete speed training* (pp. 8-19). North Attleboro: Athletes

Acceleration.

211. Tahayori, B. (2009). *Effects of exercising with a weighted vest on the output of lower limb joints in countermovement jumping*. (Unpublished Master's thesis, Louisiana State University).
212. Taylor, K. L., Sheppard, J. M., Lee, H., & Plummer, N. (2009). Negative effect of static stretching restored when combined with a sport specific warm-up component. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(6), 657-661.
213. Taylor, M. K., Gould, D., & Rolo, C. (2008). Performance strategies of US Olympians in practice and competition. *High Ability Studies*, 19(1), 19-36.
214. Thatcher, R., Gifford, R., & Howatson, G. (2012). The influence of recovery duration after heavy resistance exercise on sprint cycling performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(11), 3089-3094.
215. Thompsen, A. G., Kackley, T., Palumbo, M. A., & Faigenbaum, A. D. (2007). Acute effects of different warm-up protocols with and without a weighted vest on jumping performance in athletic women. *Journal of strength and conditioning research*, 21(1), 52.
216. Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports medicine*, 39(2), 147-166.
217. Tod, D. A., Iredale, K. F., McGuigan, M. R., Strange, D. E., & Gill, N. (2005). "Psyching-up" enhances force production during the bench press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 599.
218. Tomaras, E. K., & MacIntosh, B. R. (2011). Less is more: standard warm-up causes fatigue and less warm-up permits greater cycling power output. *Journal of Applied Physiology*, 111(1), 228-235.
219. Torres, E. M., Kraemer, W. J., Vingren, J. L., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Spiering, B. A., ... & Häkkinen, K. (2008). Effects of stretching on upper-body muscular performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1279-1285.
220. Trajano, G. S., Seitz, L., Nosaka, K., & Blazevich, A. J. (2013). Contribution of central vs. peripheral factors to the force loss induced by passive stretch of the human plantar flexors. *Journal of Applied Physiology*, 115(2), 212-218.
221. Turki, O., Chaouachi, A., Behm, D. G., Chtara, H., Chtara, M., Bishop, D., ... & Amri, M. (2012). The effect of warm-ups incorporating different volumes of dynamic

- stretching on 10-and 20-m sprint performance in highly trained male athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(1), 63-72.
222. Turki, O., Chaouachi, A., Drinkwater, E. J., Chtara, M., Chamari, K., Amri, M., & Behm, D. G. (2011). Ten minutes of dynamic stretching is sufficient to potentiate vertical jump performance characteristics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2453-2463.
  223. Unick, J., Kieffer, H. S., Cheesman, W., & Feeney, A. (2005). The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. *Journal of strength and conditioning research*, 19(1), 206.
  224. Van Gelder, L. H., & Bartz, S. D. (2011). The effect of acute stretching on agility performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(11), 3014-3021.
  225. Verkhoshansky, Y., Siff, M. C. (2009). *Supertraining* (6<sup>th</sup> Ed. – Expanded Version). Rome: Verkhoshansky.
  226. Vetter, R. E. (2007). Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 819.
  227. Wallmann, H. W., Christensen, S. D., Perry, C., & Hoover, D. L. (2012). The acute effects of various types of stretching static, dynamic, ballistic, and no stretch of the iliopsoas on 40-yard sprint times in recreational runners. *International journal of sports physical therapy*, 7(5), 540.
  228. Washif, J. A., Kok, L. Y., Chee, C. S., & Tan, E. C. (2015). Effects of static, dynamic, and combined static-dynamic stretching on sprint performance, reaction time, and power production in sprinters. *J Aust Strength Cond*, 23, 9-15.
  229. Watterdal, Ö. (2013). *The impact of warm up intensity and duration on sprint performance* (Master program). The Swedish school of sport and health sciences.
  230. Weinberg, R. S., & Gould, D. (2011). *Foundations of sport and exercise psychology*, 5E. Human Kinetics.
  231. Werstein, K. M., & Lund, R. J. (2012). The effects of two stretching protocols on the reactive strength index in female soccer and rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1564-1567.
  232. West, D. J., Dietzig, B. M., Bracken, R. M., Cunningham, D. J., Crewther, B. T., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2013). Influence of post-warm-up recovery time on swim performance in international swimmers. *Journal of science and medicine in sport*, 16(2), 172-176.

233. Wiemann, K., & Hahn, K. (1997). Influences of strength, stretching and circulatory exercises on flexibility parameters of the human hamstrings. *International journal of sports medicine*, 18(05), 340-346.
234. Wilmore, J.H., & Costill, D. L. (2004). *Physiology of Sport and Exercise* (3<sup>rd</sup> ed.) Human Kinetics.
235. Wilson, G. J., Elliott, B. C., & Wood, G. A. (1992). Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(1), 116-123.
236. Wilson, G. J., Murphy, A. J., & Pryor, J. F. (1994). Musculotendinous stiffness: its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance. *Journal of applied physiology*, 76(6), 2714-2719.
237. Wilson, G. J., Wood, G. A., & Elliott, B. C. (1991). The relationship between stiffness of the musculature and static flexibility: an alternative explanation for the occurrence of muscular injury. *International journal of sports medicine*, 12(04), 403-407.
238. Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., ... & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 854-859.
239. Winchester, J. B., Nelson, A. G., & Kokkonen, J. (2009). A single 30-s stretch is sufficient to inhibit maximal voluntary strength. *Research quarterly for exercise and sport*, 80(2), 257-261.
240. Winchester, J. B., Nelson, A. G., Landin, D., Young, M. A., & Schexnayder, I. C. (2008). Static stretching impairs sprint performance in collegiate track and field athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 13-19.
241. Wong, D. P., Chaouachi, A., Lau, P. W., & Behm, D. G. (2011). Short durations of static stretching when combined with dynamic stretching do not impair repeated sprints and agility. *Journal of sports science & medicine*, 10(2), 408.
242. Wu, Y. N., Hwang, M., Ren, Y., Gaebler-Spira, D., & Zhang, L. Q. (2011). Combined passive stretching and active movement rehabilitation of lower-limb impairments in children with cerebral palsy using a portable robot. *Neurorehabilitation and neural repair*, 25(4), 378-385.
243. Yamaguchi, T., & Ishii, K. (2005). Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 677-683.

244. Yamaguchi, T., & Ishii, K. (2011). The effects of various stretching in warm-up on performances. *Journal of Training Science for Exercise and Sport*, 23, 233-250.
245. Yamaguchi, T., & Ishii, K. (2014). An optimal protocol for dynamic stretching to improve explosive performance. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 3(1), 121-129.
246. Yamaguchi, T., Ishii, K., Yamanaka, M., & Yasuda, K. (2007). Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1238.
247. Ylinen, J. (2008). *Stretching Therapy for Sport and Manual Therapies* (1<sup>st</sup> ed.). Elsevier.
248. Young, W. B. (2007). The use of static stretching in warm-up for training and competition. *International journal of sports physiology and performance*, 2(2), 212-216.
249. Young, W. B., & Behm, D. G. (2002). Should static stretching be used during a warm-up for strength and power activities? *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 33–37.
250. Young, W. B., & Behm, D. G. (2003). Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 43(1), 21-27.
251. Young, W. B., Jenner, A., & Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12(2), 82-84.
252. Young, W., & Elliott, S. (2001). Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Research quarterly for exercise and sport*, 72(3), 273-279.
253. Zhao, H., Wu, Y. N., Hwang, M., Ren, Y., Gao, F., Gaebler-Spira, D., & Zhang, L. Q. (2011). Changes of calf muscle-tendon biomechanical properties induced by passive-stretching and active-movement training in children with cerebral palsy. *Journal of applied physiology*, 111(2), 435-442.
254. Zois, J., Bishop, D. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). High-intensity warm-ups elicit superior performance to a current soccer warm-up routine. *Journal of science and medicine in sport*, 14(6), 522-528.

255. Zourdos, M. C., Wilson, J. M., Sommer, B. A., Lee, S. R., Park, Y. M., Henning, P. C., ... & Kim, J. S. (2012). Effects of dynamic stretching on energy cost and running endurance performance in trained male runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 335-341.

## 8. ŽIVOTOPIS

Siniša Poppek rođen je u Zagrebu, 18. lipnja 1975. Osnovnu i srednju Elektrotehničku školu “Rade Končar” pohađao je u Zagrebu nakon koje je 1994. godine upisao Kineziološki fakultet u Zagrebu. Akademski naziv profesora fizičke kulture stekao je 1999. godine, a 2011. godine dodijeljena mu je kvalifikacija magistra društvenih znanosti iz znanstvenog polja Kineziologije sporta.

Od 2000. godine pa sve do danas suvlasnik je i zaposlenik fitness centra “Kinezis”. Posljednjih 20 godina (od 1999. do danas) radi kao trener za fizičku pripremu sportaša u Hrvatskoj i inozemstvu. Radio je sa brojnim sportašima i klubovima u različitim sportovima poput košarke, nogometa, odbojke, stolnog tenisa, umjetničkog klizanja i taekwonda te prisustvovao mnogobrojnim velikim natjecanjima kao što su Europska i Svjetska prvenstva.

U području kondicijske pripreme 2006. godine dodatno se specijalizirao u NBA kampu Chicago Bullsa (USA), a putem različitih seminara i literature iz tog područja kontinuirano se educira i dan danas. U studenom 2011. godine polaznik je postdiplomskog studija na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu. Od 2014. godine radi sa ženskom odbojkaškom reprezentacijom Azerbajdžana i u ženskom odbojkaškom klubu “Azerrail” (Azerbajdžan). Od stranih jezika služi se engleskim i ruskim jezikom.

## 9. DOSADAŠNJI RADOVI

1. **Popek, S.**, Sertić, H., Mejovšek, M., Dobrila, I., Hraski, Ž. (2002). The standing position in shooting-a case study. *Kinesiology-New Perspectives, 3<sup>rd</sup> International Scientific Conference*. Opatija, Hrvatska. 689-692.
2. Rupčić, T., Matković, B., Štimac, D., Rodić, S., **Popek, S.**, Pavlović, D. (2012). Orijentacija učenika prema individualizaciji nastave iz tjelesne i zdravstvene kulture. *21. Ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske. Zbornik radova*. 509-513.
3. Rupčić, T., Matković, B.R., Knjaz, D., Nedić, A., **Popek, S.** (2012). Differences in physiological load of the referees with consideration to the period of the basketball game. *SportLogia*; 8(1): 51-56.
4. Kolarić, D., Kolarić, A., Ambroš, D., **Popek, S.**, Vrbanac, Z., & Ružić, L. (2021). Utjecaj vanjskih čimbenika rizika na ozljedu u alpskom skijanju kod rekreativnih skijaša. *Sportlogia*, 17(1), 57-71.