

# AKUTNI UČINCI PJENASTOG VALJKA NA SKOČNOST RUKOMETAŠA ADOLESCENATA

---

Pleš, Mihael

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:166441>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

**Mihael Pleš**

**AKUTNI UČINCI PJENASTOG VALJKA NA  
SKOČNOST RUKOMETAŠA ADOLESCENATA**

Diplomski rad

Zagreb, rujan, 2023.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

### SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

#### Kineziološki fakultet

Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

**Naziv studija:** Kineziologija; **smjer:** Kineziologija u edukaciji i kineziterapiji

**Vrsta studija:** sveučilišni

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

**Studij za stjecanje akademskog naziva:** sveučilišni magistar kineziologije u edukaciji i kineziterapiji (univ. mag. cin.)

**Znanstveno područje:** Društvene znanosti

**Znanstveno polje:** Kineziologija

**Vrsta rada:** Znanstveno istraživački rad

**Naziv diplomskog rada:** je prihvaćena od strane Povjerenstva za diplomske radove  
Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini  
2022./2023. dana 10. veljače 2023.

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

**Pomoć pri izradi:** doc. dr. sc. Josipa Radaš

### Akutni učinci pjenastog valjka na skočnost kod rukometaša adolescenata

*Mihael Pleš, 0034080673*

#### Sastav povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada:

- |   |                    |
|---|--------------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić | predsjednik-mentor |
| 2. izv. prof. dr. sc. Katarina Ohnjec     | član               |
| 3. prof. dr. sc. Gordana Furjan Mandić    | član               |
| 4. izv. prof. dr. sc. Cvita Gregov        | zamjenski član     |

**Broj etičkog odobrenja: 48./2023.**

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

Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

## BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

**University of Zagreb**

**Faculty of Kinesiology**

Horvacanski zavoј 15, 10000 Zagreb, Croatia

**Title of study program:** Kinesiology; course Kinesiology in Education and Kinesitherapy

**Type of program:** University

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

**Acquired title:** University Master of Kinesiology in Education and Kinesitherapy

**Scientific area:** Social sciences

**Scientific field:** Kinesiology

**Type of thesis:** Scientific - research work

**Master thesis:** has been accepted by the Committee for  
Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb  
in the academic year 2022/2023 on February 10, 2023.

**Mentor:** Assoc. Prof. Tatjana Trošt Bobić, PhD.

**Technical support:** Assist. prof. Josipa Radaš, PhD.

**Accute effects from foam rolling on jumping ability at handball young adults players**

*Mihael Pleš, 0034080673*

**Thesis defence comitee:**

- |   |                        |
|---|------------------------|
| 1. Assoc. Prof. Tatjana Trošt Bobić, PhD. | chairperson-supervisor |
| 2. Assoc. Prof. Katarina Ohnjec, PhD.     | member                 |
| 3. Prof. Gordana Furjan Mandić, PhD.      | member                 |
| 4. Assoc. Prof. Cvita Gregov, PhD.        | substitute member      |

**Ethics aprooval number: 48./2023.**

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

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

Mentor :

---

Izv. prof. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

Student :

---

Mihael Pleš

# AKUTNI UČINCI SAMOMASAŽE PJENASTIM VALJKOM NA SKOČNOST RUKOMETAŠA ADOLESCENATA

## Sažetak

Rukomet je ekipna sportska igra koja se sastoji od velikog broja tehničko – taktičkih elemenata. S obzirom na konstantnu promjenu pravila zadnjih godina s ciljem ubrzavanja igre mijenjaju se i fizički zahtjevi za rukometaše. Jedna od često korištenih kretnih struktura u samoj igri je i skok bio vertikalni ili horizontalni. Upravo zbog velikog broja skokova treneri moraju biti sposobni u pripremnom dijelu treninga pripremiti lokomotorni sustav sportaša na sva opterećenja tijekom utakmice.

Cilj ovog istraživanja je utvrditi postoji li statistički značajan utjecaj zagrijavanja pjenastim valjkom na izvedbu eksplozivne snage tipa skočnosti kod rukometaša adolescenata. Istraživanje je provedeno u Zagrebu na 20 mlađih kadeta muškog rukometnog kluba Sesvete prosječne dobi  $14,30 \pm 0,47$  godina, visine  $179,70 \pm 7,52$  centimetara i težine  $67,20 \pm 10,47$  kilograma. Istraživanje se provodilo u tri faze. U prvoj fazi istraživanja ispitanici su inicijalno testirani u svih 5 varijabli za procjenu skočnosti, druga faza sastojala se od valjanja regije trupa i donjih ekstremiteta dok su u trećoj fazi ponovno testirani u svim varijablama, s naglaskom da treća faza nije trajala duže od 20 minuta nakon završetka druge faze. Druga i treća faza provodile se su kombinirano 24 sata nakon prve faze. Za procjenu vertikalne skočnosti korišten je test skok u vis s mjesta, za procjenu horizontalne skočnosti korišteni su testovi: skok u dalj s mjesta, skok s noge na nogu, pravolinijski troskok s noge na nogu i skok s noge na nogu s promjenom smjera. Statističkom obradom podataka utvrđeno je kako samomasaža pjenastim valjkom statistički negativno ( $< 0,03$ ) djeluje na vertikalnu skočnost kod rukometaša adolescenata dok je njezin učinak na horizontalnu skočnost u svim testovima pozitivan no nije statistički značajan.

**Ključne riječi:** rukomet, samomasaža, vertikalna skočnost, horizontalna skočnost, snaga

## **ACUTE EFFECTS OF FOAM ROLLING ON JUMPING PERFORMANCE OF ADOLESCENT HANDBALL PLAYERS**

### **Abstract**

Handball is a team sport which has a lot technical tactical elements. Taking in the consideration that the rules are constantly changing, which has a goal to speed up the game, physical needs of players are also changing. One of the most used structures in the handball game is vertical or horizontal jump. Because of the very high number of jumps, coaches must be able to prepare athletes for physical strain. The goal of this research is to determine if there is a significant statistical variable warming up with the foam roller on explosive vertical ability of young handball players. Research was conducted in Zagreb, on 20 young handball players from MHC Sesvete aged  $14,30 \pm 0,49$  years, height  $179,70 \pm 7,52$  cm, weight  $67,20 \pm 10,47$  kg. Experiment was conducted in three phases. In the first phase players were tested in all five variables for determining average jumping ability, second phase included foam rolling core and lower body parts, while in the third phase, all players were again tested with all variables, it was important that third phase must finished no longer than 20 minutes after second phase. Second and third phase were conducted 24 hours after first phase. For determination average vertical jumping ability was used Sargent jump. For testing the horizontal jump used were tested: long distance standing jump, single leg hop test, triple hop test and crossover triple hop test (last three tests were measured with both feet). Using statistical processing of the data, it was determined that foam rolling has a significant negative effect on vertical jumping ability ( $p < 0,03$ ), while its effect on horizontal jumping ability is positive in all tests but not significant.

**Key words:** handball, self massage, vertical jumping ability, horizontal jumping ability and power

## **Sadržaj**

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. CILJ RADA I HIPOTEZE</b> .....	3
<b>3. METODE RADA</b> .....	3
<b>3.1. Uzorak ispitanika</b> .....	3
<b>3.2. Opis protokola mjerenja</b> .....	4
<b>3.3. Opis mjernih instrumenata i varijabli</b> .....	7
<b>3.4. Metode obrade podataka</b> .....	9
<b>4. REZULTATI</b> .....	9
<b>5. RASPRAVA</b> .....	11
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	14
<b>7. LITERATURA</b> .....	15



## 1.UVOD

Snagu možemo opisati kao sposobnost interakcije sile i brzine koja vježbaču omogućuje maksimalno ubrzanje vlastitog tijela ili određenog predmeta kojim rukuje (Milanović, 2013). Snaga se odnosi na aktivnosti tipa: skoka, sprinta, bacanja i udarca (Čanaki i sur, 2006). U modernom sportu kakav danas imamo priliku gledati dominiraju eksplozivne kretnje te se trenažnim procesima teži razvoju istih. Skočnost predstavlja jednu od glavnih sastavnica u jednadžbama specifikacije u velikom broju timskih sportova i upravo zbog toga se posebna pažnja obraća na razvoj sposobnosti skoka. Rukomet pripada u skupine polistrukturalnih sportskih aktivnosti koje se sastoje od niza različitih cikličnih i acikličkih kretnih struktura (Karišik i sur, 1998). Rukometna utakmica uzimajući u obzir zagrijavanje i sve pauze tijekom utakmice u pravilu traje između 110 i 135 minuta. Ta informacija zajedno s informacijom o zastupljenosti pojedinih kretnih struktura tokom utakmice predstavlja smjernice za sami trening i razvoj željenih sposobnosti. Najvažnije sposobnosti koje se nalaze u jednadžbi specifikacije u rukometu su: snaga, izdržljivost, brzina, preciznost, koordinacija i gibljivost (Bojić, 2002).

Milanović (2013) u svome doktorskom radu navodi kako rukometaš tijekom jedne utakmice u prosjeku napravi 16 skokova iz različitih pozicija te pretrči oko 4000 metara.

Zbog napornih energetskehtjeva i velikog broja brzih i eksplozivnih kretnih struktura od iznimne je važnosti provesti kvalitetno zagrijavanje sa svrhom prilagodbe kardiovaskularnog i respiratornog sustava te pripreme najaktivnijih mišića na opterećenja tijekom utakmice. Kvalitetno zagrijavanje omogućuje sportašima izvođenje sport specifičnih pokreta maksimalnim intenzitetom kao i prevenciju od mogućih ozljeda. Kroz napredak sporta mijenjali su se i principi i metode zagrijavanja, a jedna od često viđenih metoda zagrijavanja u posljednje vrijeme je i metoda zagrijavanja pjenastim valjkom. U ekipnim sportovima s velikim brojem sportaša gdje terapeut prije natjecanja ne stigne obraditi sve sportaše, pjenasti valjak se pokazuje kao iznimno zahvalan alat. Jedan od razloga zašto je samomasaža pjenastim valjkom postala toliko popularna među sportašima zadnjih godina je to što je financijski pristupačan, jednostavan i smatra se da ima iste benefite kao klasična masaža na sposobnosti i oporavak (Weerapong i sur. 2005).

Pjenasti valjak opisuje se kao alat samomasaže kojim sportaši svojom tjelesnom težinom kontroliraju pritisak na valjak te promjenom položaja tijela valjaju željenu mišićnu skupinu. Takav oblik masaže ukoliko se provodi pravilno može imati slične efekte kao klasična masaža, efekti samomasaže prestaju 10 minuta nakon valjanja (Cheatham i sur.2015). Na tržištu postoji nekoliko

vrsta pjenastih valjaka, a njihovi utjecaji na mišiće i fascije razlikuju se zbog karakteristika samih valjaka. Tri su najčešće korištene vrste valjaka kod nas, razlikuju se po svojem sastavu odnosno mekoći i vanjskoj strukturi. S obzirom na svoj sastav i strukturu samog valjka njihov utjecaj na mišićnu fasciju se razlikuje (Stojanov, 2017).

Phillips (2017) u svome radu ispituje kako trajanje valjanja pjenastim valjkom utječe na vertikalnu skočnost uspoređujući dvije skupine. Prva skupina ispitanika je samomasažu provodila u trajanju od 1 minute dok je druga skupina provodila 5 minuta. Na temelju dobivenih rezultata utvrdio je kako 1 minuta valjanja neće značajno utjecati na rezultate u testovima za procjenu vertikalne skočnosti no ukoliko se provodi u trajanju od 5 minuta negativno će utjecati na skočnost.

Schroeder i sur (2015) u pregledu radova opisuju učinke pjenastog valjka nakon visoko intenzivne tjelesne aktivnosti. Temeljem istraživanja dokazano je kako samomasaža pozitivno utječe na razinu fleksibilnosti, smanjenje boli i na poboljšanje cirkulacije u obrađenim mišićnim skupinama te sve navedeno pozitivno utječe na oporavak sportaša. Proučavajući utjecaj pjenastog valjka u svrhu oporavka dokazano je da uz korištenje ostalih pasivnih metoda može pomoći u brzini oporavka sportaša. Konrad i sur. (2021) pregledom radova uspoređivali su razlike u učincima valjanja pjenastim valjkom i dinamičkog istezanja na brzinu oporavka i na poboljšanje sposobnosti. Rezultati preglednog rada ukazuju kako obje metode zagrijavanja pozitivno djeluju na poboljšanje opseg pokreta no niti jedna metoda nije pozitivno djelovala na poboljšanje skočnosti ili sprinta. Uspoređujući utjecaj zagrijavanja izdržajem u uporuu i samomasaže pjenastim valjkom na poboljšanje sposobnosti u testovima za procjenu vertikalne skočnosti, brzine i agilnosti uočeno je kako ne postoji statistički značajna razlika u metodama zagrijavanja niti u jednoj od navedenih sposobnosti (Healey i sur, 2011). Wiewelhove (2021) provodi istraživanje učinaka pjenastog valjka, autor naglašava benefite samomasaže u svrhu povećanja opsega pokreta i smanjenja boli dok s druge strane valjanje pjenastim valjkom nije negativno utjecalo na motoričke sposobnosti skočnosti i sprinta. Yildiz i sur. (2020) uspoređuju učinke statičkog istezanja i masaže na fleksibilnost i skočnost 35 studenata Kineziološkog fakulteta u Turskoj. Rezultati istraživanja ukazuju na to da klasična masaža i masaža pjenastim valjkom imaju isti utjecaj na opseg pokreta i skočnost. Usporedba statičkog istezanja, dinamičkog istezanja i valjanja na fleksibilnost i snagu kod adolescenata opisana je u radu Su i sur. (2017). Na temelju dobivenih rezultata navode kako se pjenasti valjak pokazao kao bolji alat za povećanje fleksibilnosti u odnosu na statičko i dinamičko istezanje. Također zagrijavanje pjenastim valjkom pozitivno je utjecalo na testove

ekstenzije u koljenom zglobu dok ostale metode zagrijavanja nisu imale značajan utjecaj na taj test. U testu fleksije zgloba koljena niti jedna metoda zagrijavanja nije značajno utjecala na izvedbu. Iz navedene literature možemo vidjeti kako autori u većini slučajeva daju prednost zagrijavanju pjenastim valjkom i dinamičkom istežanju u odnosu na statičko istežanje. Iako pjenasti valjak kao alat sam za sebe nije pokazao nikakav utjecaj na poboljšanje sportskih performansi smatra se kako zagrijavanje prije samog natjecanja treba u sebi sadržavati dio samomasaže u trajanju od 5 do 10 minuta. Utjecaj samomasaže kao metode pripreme sportaša za sport primarno je istražen kroz učinke istog na fleksibilnost dok je njegov utjecaj na skočnost i dalje nedovoljno istražen, pogotovo na populaciji adolescenata. Cilj ovog rada bio je utvrditi postoji li statistički značajan učinak zagrijavanja regije trupa i donjih ekstremiteta pjenastim valjkom u trajanju od 12 minuta na skočnost rukometaša adolescenata.

## **2. CILJ RADA I HIPOTEZE**

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi akutni učinak pjenastog valjka na skočnost rukometaša adolescenata.

**HIPOTEZE:**

H1 - Zagrijavanje pjenastim valjkom u trajanju od 12 minuta negativno će utjecati na skočnost rukometaša adolescenata.

## **3. METODE RADA**

### **3.1. Uzorak ispitanika**

Ovo istraživanje provedeno je na 20 ispitanika. Ispitanici su mlađi kadeti muškog rukometnog kluba Sesvete starosti 14-15 godina (Tablica 2). Svi ispitanici redovito treniraju pod istim trenažnim procesom 5-6 puta tjedno te igraju utakmice vikendom. Prije testiranja svi ispitanici i roditelji ispitanika upoznati su s protokolom istraživanja te mogućim rizicima tijekom provedbe samog istraživanja. Roditelji svih ispitanika potpisali su suglasnosti kojim potvrđuju sudjelovanje u istraživanju.

Tablica 2. Deskriptivni pokazatelji ispitanika

	Min	Max	AS ± SD
<b>Dob (godine)</b>	14	15	14,30 ± 0,47
<b>Visina (cm)</b>	163,00	193,00	179,70 ± 7,52
<b>Težina (kg)</b>	51,00	93,00	67,20 ± 10,47

**Legenda :** MIN- minimalna vrijednost      MAX- maksimalna vrijednost      AS ± SD – aritmetička sredina ± standardna devijacija

### 3.2. Opis protokola mjerenja

Cijeli postupak istraživanja održan je u dvorani Osnovne škole Ivanja Reka. Istraživanje je provedeno u dva dana u lipnju 2023. godine. Uvjet je bio da svi ispitanici dođu odmorni na mjerenje te da taj dan nisi odradili nikakav trening koji bi mogao utjecati na rezultate samog istraživanja. Ispitanici su mjereni istim mjernim instrumentima i s istim mjeriocima.

Prvi dio mjerenja sastojao se od mjerenja deskriptivnih pokazatelja visine i težine tijela i upoznavanja ispitanika sa svim testovima za procjenu skočnosti koji će se provoditi, nakon kratkog objašnjavanja testova svi ispitanici probali su izvesti navedene testove.

Prvi dan mjerenja sastojao se od njima klasičnog zagrijavanja za rukometni trening u trajanju od 10 minuta s ciljem prilagodbe organizma i donjih ekstremiteta na veliki broj skokova koji će se izvoditi. Nakon zagrijavanja ispitanici su nasumično započeli s izvođenjem pet testova za procjenu eksplozivne snage tipa skočnosti.

Nakon završenog testiranja odradeno je istežanje s naglaskom na donje ekstremitete.

Druga i treća faza mjerenja provedena je 24 sata nakon prve faze pod pretpostavkom da 24 sata razlike neće značajno utjecati na sposobnosti rukometaša u ovim varijablama.

Drugoga dana mjerenja ispitanici su ponovo testirani u istim varijablama no ovoga puta s različitom metodom zagrijavanja. Nakon uvodnih četiri minute rastrčavanja umjerenim intenzitetom započinju sa zagrijavanjem pjenastim valjkom (slika 1) u trajanju od 12 minuta. Svaka vježba valjanja izvodila se u trajanju od 30 sekundi na obje strane tijela. Planirani protokol zagrijavanja pjenastim valjkom sastojao se od rolanja regije trupa i donjih ekstremiteta sportaša s naglaskom na *m. gluteus maximus* i *medius*, *m. quadriceps femoris*, *m. semimembranosus*, *m.*

*semitendinosus, m. biceps femoris, m. gastrocnemius, m. soleus, m. tibialis anterior, m. peroneus longus i brevis te m. erector spinae i m. quadratum lumborum ( tablica 3).*



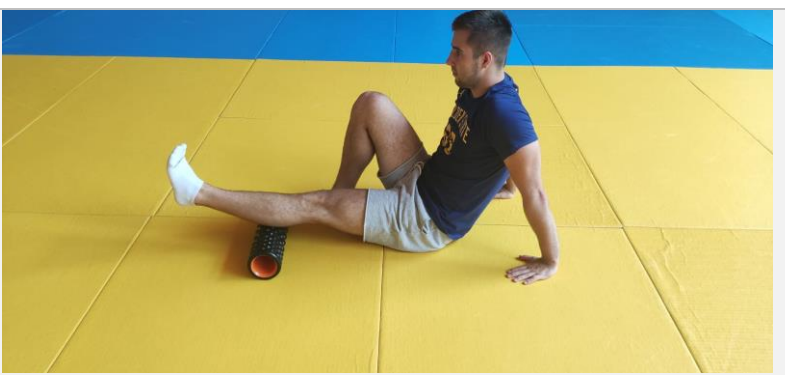
*Slika 1. Prikaz pjenastog valjka korištenog u istraživanju  
izvor ; <https://images.app.goo.gl/kt.Jszd9rB2SbsvN66>*



Ispitanici su u drugoj i trećoj fazi bili podijeljeni u 4 skupine po 5 ispitanika. Razlog takvoj podjeli je da svaki od ispitanika u trajanju od 20 minuta nakon završene druge faze uspije odraditi finalno testiranje s obzirom na pretpostavku da će benefiti valjanja pjenastim valjkom trajati 20 minuta. U trećoj fazi ispitanici su ponovno testirani u svim varijablama.

Nakon završenog testiranja ponovno je odrađeno istezanje cijeloga tijela s naglaskom na donje ekstremitete. Svaki test ispitanici su izvodili 3 puta, a u ovom radu uzeta je aritmetička sredina sva tri pokušaja. Kako u inicijalnom tako i u finalnom testiranju ispitanici su testovima pristupali naizmjenično kako bi se maksimalno smanjio utjecaj umora na finalne rezultate.

## Protokol zagrijavanja pjenastim valjkom

Tablica 3. Prikaz vježbi zagrijavanja pjenastim valjkom

<p><b><i>m. gluteus maximus i medius</i></b></p>	
<p><b><i>m. quadriceps femoris</i></b></p>	
<p><b><i>m. semimembranosus, m. semitendinosus, m. biceps femoris</i></b></p>	
<p><b><i>m. gastrocnemius, m. soleus</i></b></p>	

<i>m. erector spinae</i>	
<i>m. quadratum lumborum</i>	

### 3.3. Opis mjernih instrumenata i varijabli

Varijable koje su korištene možemo podijeliti u dvije osnovne skupine. Prva skupina bile bi antropometrijske karakteristike visine i težine tijela. U drugu skupinu pripadaju testovi za procjenu vertikalne skočnosti (skok u vis) i za procjenu horizontalne skočnosti (skok u dalj s mjesta, skok s noge na nogu, pravolinijski troskok s noge na nogu, skok s noge na nogu uz promjenu smjera).

U ovome istraživanju za mjerenje antropometrijskih karakteristika korišteni su sljedeći mjerni instrumenti: antropometar, centimetarska vrpca i vaga.

Antropometar – mjerni instrument koji se koristi za mjerenje longitudinalne dimenzioniranosti skeleta. U ovom slučaju korišten je za mjerenje visine tijela uz stupanj pogreške od 0.1 cm.

Vaga – koristi se za mjerenje mase tijela. U ovom slučaju korištena je prijenosan vaga marke Zeegma Gewit sa stupnjem pogreške od 0.1 kg.

Centimetarska traka – Za mjerenje duljine i visine skoka korištena je centimetarska vrpca dužine 20 metara.

### **Skok u vis (Sargent test) -SJ**

Zadatak - Ispitanik stoji u uspravnom stavu te podigne dominantnu ruku iznad glave, a ispitivač na centimetarskoj vrpici označi dohvatnu visinu. Na znak ispitivača, ispitanik se spušta u počučanj te izvodi maksimalan zamah rukama i maksimalnim vertikalnim odrazom dominantnom rukom dotiče centimetarsku vrpca.

Rezultat – Rezultat ovog testa je razlika između visine koju vježbač dotakne skokom i one koju dotakne iz stojećeg stava. Ispitanik test izvodi tri puta, te se kao krajnji rezultat uzima aritmetička sredina sva tri skoka. Rezultat se iskazuje u centimetrima

Mjerni instrument – Centimetarska vrpca.

### **Skok u dalj s mjesta (SDM) - SDM**

Zadatak - Ispitanik stoji iza centimetarske trake u sunožnom stavu s koljenima u širini ramena. Na znak mjerioca spušta se u počučanj i izvodi maksimalan zamah rukama i skače sunožnim odrazom prema naprijed. Test završava doskokom, a kao duljina skoka uzima se pozicija peta na centimetarskoj vrpici.

Rezultat – Ispitanik test izvodi tri puta, te se kao krajnji rezultat uzima aritmetička sredina sva tri skoka. Rezultat se iskazuje u centimetrima

Mjerni instrument – Centimetarska vrpca.

### **Skok s noge na nogu (single leg hop test) -SI hop**

Zadatak – Ispitanik stoji u jednonožnom stavu iza centimetarske trake. Na znak mjerioca spušta se u jednonožni počučanj i maksimalnim zamahom ruku izvodi skok prema naprijed na istoimenu nogu. Test završava doskokom, a kao duljina skoka mjeri se pozicija pete na centimetarskoj vrpici. Test se izvodi s obje noge.

Rezultat – Ispitanik test izvodi tri puta, te se kao krajnji rezultat uzima aritmetička sredina sva tri skoka. Rezultat se iskazuje u centimetrima

Mjerni instrument – Centimetarska vrpca.

### **Pravolinijski troskok s noge na nogu (triple hop test) – Triple jump**

Zadatak - Ispitanik stoji u jednonožnom stavu iza centimetarske trake. Na znak mjerioca spušta se u pravolinijski počučanj i maksimalnim zamahom ruku izvodi tri uzastopna pravolinijska skoka



prema naprijed na istoimenoj nozi. Naglasak je da kontakt s podlogom bude što kraći. Test završava doskokom, a kao duljina skoka mjeri se pozicija peta na centimetarskoj vrpci. Test se izvodi s obje noge.

Rezultat – Ispitanik test izvodi tri puta, te se kao krajnji rezultat uzima aritmetička sredina sva tri skoka. Rezultat se iskazuje u centimetrima

Mjerni instrument – Centimetarska vrpca.

### **Skok s noge na nogu uz promjenu smjera (crossover triple hop test) – SI cross**

Zadatak- Ispitanik stoji u jednonožnom stavu iza centimetarske trake. Na znak mjериoca spušta se u počučanj i maksimalnim zamahom ruku izvodi tri uzastopna skoka prema naprijed na istoimenoj nozi uz promjenu smjera na način da svakim skokom mora križno preskočiti preko oznake na tlu. Naglasak da kontakt s podlogom bude što kraći. Test završava doskokom i izvodi se s obje noge.

Rezultat – Ispitanik test izvodi tri puta, te se kao krajnji rezultat uzima aritmetička sredina sva tri skoka. Rezultat se iskazuje u centimetrima.

Mjerni instrument – Centimetarska vrpca.

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

Dobiveni rezultati analizirani su u programu Statistica 14.0. Tim programom za sve varijable izračunati su osnovni centralni i disperzivni parametri. Razlika u promjenama između inicijalnog i finalnog mjerenja odnosno razlika u utjecaju klasičnog zagrijavanja i zagrijavanja pjenastim valjkom u praćenim varijablama skočnosti provjerena je pomoću T-testa za zavisne uzroke. Razina statističke značajnosti postavljena je na  $p < 0,05$ .

## **4. REZULTATI**

Putem programa Statistica 14.0. uspoređeni su podatci u svim varijablama.

Rezultati praćenih varijabli inicijalnog testiranja u svim testovima za procjenu horizontalne i vertikalne skočnosti prezentirani su u tablici broj 4, dok su rezultati finalnog mjerenja (nakon protokola zagrijavanja pjenastim valjkom) prikazani u tablici broj 5. T-testom za zavisne uzorke uspoređeno je postoji li statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina rezultata klasičnim zagrijavanjem i zagrijavanjem pjenastim valjkom na skočnost (tablica 6). Gledajući p-vrijednost

statistički značajni su oni podatci kod kojih je p-vrijednost manja od 0, 05. Rezultati u svim nastavno navedenim tablicama izraženi su u centimetrima.

*Tablica 4. Rezultati praćenih varijabli inicijalnog testiranja u svim testovima za procjenu horizontalne i vertikalne skočnosti*

<b>Varijabla</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>SD</b>	<b>AS</b>	<b>MED</b>
SJ	27,33	48,67	14,82	41,52	40,00
SDM	170,00	245,67	31,31	205,33	209,67
SL-hop (L)	148,33	220,67	26,63	178,56	184,67
SL-hop (D)	146,67	215,67	26,15	177,06	180,00
Triple jump (L)	477,67	744,33	122,33	558,33	595,00
Triple jump (D)	489,67	671,00	117,34	554,59	567,33
SL-Cross (L)	395,67	619,33	109,15	499,78	514,00
SL-Cross (D)	425,67	657,33	112,59	511,71	534,33

**Legenda :** MIN - minimalna vrijednost      MAX - maksimalna vrijednost      SD - standardna devijacija      AS - aritmetička sredina  
 MED - medijan      SJ - skok u vis      SDM - skok u dalj s mjesta      SL-hop - skok s noge na nogu  
 Triple jump – pravolinijski troskok s noge na nogu      SL-Cross – skok s noge na nogu uz promjenu smjera  
 (L) – lijeva noga      (D) – desna noga

*Tablica 5. Rezultati praćenih varijabli finalnog testiranja u svim testovima za procjenu horizontalne i vertikalne skočnosti*

<b>Varijabla</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>SD</b>	<b>AS</b>	<b>MED</b>
SJ	26,33	45,67	15,46	39,40	39,00
SDM	185,33	247,33	29,18	207,27	208,33
SL-hop (L)	142,33	224,33	27,65	183,03	189,00
SL-hop (D)	151,67	216,67	25,67	182,94	190,00
Triple jump (L)	472,33	693,33	120,52	559,00	588,33
Triple jump (D)	472,33	680,67	115,82	550,06	583,33
SL-Cross (L)	410,33	608,00	106,24	507,03	523,33
SL-Cross (D)	437,67	630,00	112,49	519,00	530,33

**Legenda :** MIN - minimalna vrijednost      MAX - maksimalna vrijednost      SD - standardna devijacija      AS - aritmetička sredina  
 MED - medijan      SJ - skok u vis      SDM - skok u dalj s mjesta      SL-hop - skok s noge na nogu  
 Triple jump – pravolinijski troskok s noge na nogu      SL-Cross – skok s noge na nogu uz promjenu smjera  
 (L) – lijeva noga      (D) – desna noga

Tablica 6. Rezultati praćenih varijabli inicijalnog i finalnog mjerenja (aritmetička sredina ± standardna devijacija) te rezultati T-testa za zavisne uzorke u varijablama: skok u vis, skok u dalj, skok s noge na nogu, pravolinijski troskok s noge na nogu, skok s noge na nogu s promjenom smjera

VARIJABLA	INICIJALNO (AS±SD)	FINALNO (AS±SD)	Pre/post T-TEST (p)	Pre/post T-TEST (t)
SJ	41,52 ± 14,82	39,40 ± 15,46	0,03	2,32
SDM	205,33 ± 31,31	207,27 ± 29,18	0,45	-0,76
SL – hop (L)	178,56 ± 26,63	183,03 ± 27,65	0,076	-1,87
SL- hop (D)	177,06 ± 26,15	182,94 ± 25,76	0,059	-2,00
Triple jump (L)	558,33 ± 122,33	559,00 ± 120,52	0,91	-0,11
Triple jump (D)	554,59 ± 117,34	550,06 ± 115,82	0,54	0,62
SL – cross (L)	499,78 ± 109,15	507,03 ± 106,24	0,38	-0,90
SL – cross (D)	511,71 ± 112,59	519,00 ± 112,49	0,14	-1,53

**Legenda :** AS ± SD – aritmetička sredina ± standardna devijacija p - p vrijednost – pokazatelj statističke značajnosti t - t vrijednost SJ - skok u vis SDM - skok u dalj s mjesta SL-hop - skok s noge na nogu Triple jump – pravolinijski troskok s noge na nogu SL-Cross – skok s noge na nogu uz promjenu smjera (L) – lijeva noga (D) – desna noga

## 5.RASPRAVA

Analizom dobivenih podataka dobivene su p- vrijednosti na temelju kojih su uspoređeni rezultati inicijalnog i finalnog testiranja te samim time utvrđeni akutni učinci masaže pjenastim valjkom na dvije istraživane manifestne varijable skočnosti rukometaša adolescenata. Uspoređujući rezultate testa za procjenu vertikalne skočnosti (SJ) prije i poslije valjanja može se utvrditi kako su rezultati inicijalnog testiranja veći u odnosu na rezultate finalnog testiranja. Na temelju toga utvrđeno je

kako je pjenasti valjak negativno utjecao na vertikalnu skočnost rukometaša te gledajući p-vrijednost koja je u ovom slučaju bila manja od 0,05 taj rezultat se smatra statistički značajan. Do istog zaključka došao je i Phillips (2017) koji je u svome radu utvrdio da će samomasaža pjenastim valjkom u trajanju dulje od 5 minuta negativno djelovati na skočnost sportaša. Ostali autori baveći se istom problematikom dolaze do zaključaka kako valjanje pjenastim valjkom neće značajno utjecati na vertikalnu skočnost. U radu iz 2021. godine provedenom na 16 muških odbojkaša prve NCAA lige Tsai i Chen istraživali su učinak pjenastog valjka na „*drop jump*“. Dokazano je kako zagrijavanje pjenastim valjkom ima pozitivan učinak 2 minute nakon valjanja dok već 5 minuta nakon učinak postaje negativan. Smith i suradnici (2018) uspoređivali su akutni utjecaj samomasaže pjenastim valjkom i dinamičkog istezanja na vertikalnu skočnost i opseg pokreta kod 29 studenata Sveučilišta North Carolina. Dokazano je kako zagrijavanje pjenastim valjkom pozitivno utječe na opseg pokreta u trajanju od 10 minuta od valjanja dok učinci za vertikalnu skočnost nisu statistički značajni. Henning i suradnici (2019) opisuju učinak pjenastog valjka u pripremnom dijelu treninga na opseg pokreta, agilnost i vertikalnu skočnost. Na temelju dobivenih rezultata nisu uvidjeli statistički značajan utjecaj na poboljšanje navedenih sposobnosti i prednost daju dinamičkom istezanju. Uspoređujući provedeno istraživanje s dosadašnjim radovima dolazi se do zaključka da valjanje pjenastim valjkom neće pozitivno utjecati na vertikalnu skočnost sportaša u dugotrajnim aktivnostima s obzirom na trajanje efekata samomasaže pjenastim valjkom na tu sposobnost. Također na temelju dosadašnjih spoznaja vidljivo je kako različito trajanje valjanja pjenastim valjkom različito utječe na manifestaciju skočnosti.

S druge strane promatrajući rezultate svih testova za procjenu horizontalne skočnosti, u svim testovima vidi se trend poboljšanja rezultata u finalnom testiranju u odnosu na inicijalno testiranje. Obzirom da je u svim testovima  $p > 0,05$  moguće je utvrditi trend poboljšanja rezultata odnosno pozitivnog utjecaja zagrijavanja pjenastim valjkom na horizontalnu skočnost, ali bez statističke značajnosti. Peacock i sur. (2014) su uspoređivali utjecaj dinamičkog istezanja i dinamičkog istezanja u kombinaciji s valjanjem pjenastim valjkom na sposobnosti 11 sportaša. Dolaze do zaključka kako je dinamičko istezanje u kombinaciji s valjanjem pjenastim valjkom dovelo do poboljšanja rezultata u varijablama za procjenu horizontalne skočnosti. Wörnström (2016) u svojem istraživanju uspoređuje razlike zagrijavanja samomasažom pjenastim valjkom i klasičnog zagrijavanja na horizontalnu skočnost. Na temelju dobivenih rezultata dolazi do zaključka da valjanje pjenastim valjkom neće statistički značajno utjecati na rezultate u varijablama

horizontalne skočnosti iako je i ovdje dokazan pozitivan trend poboljšanja rezultata nakon valjanja. Na temelju provedene meta-analize Wiewelhove i sur (2019) uspoređuju učinke pjenastog valjka na izvedbu i oporavak. Proučavajući 21 znanstveni rad uočili su da ne postoji statistički značaj učinak na izvedbu i oporavak osim u slučajevima povećanja fleksibilnosti i smanjenja boli u mišićima. Laffaye (2019) opisivao je utjecaj pjenastog valjka nakon visoko intenzivnog intervalnog treninga. Dolazi do zaključaka kako je učinak pjenastog valjka neposredno nakon visoko intenzivnog intervalnog treninga pozitivno utjecano na smanjenje „DOMS-a“ za čak 50 % u odnosu na nogu koja nije bila podvrgnuta nikakvom obliku samomasaže nakon treninga. Također pjenasti valjak kao takav može imati učinak i u medicinskim svrhama. U istraživanju Lopeza i suradnika (2022) utvrđeno je kako će samomasaža pjenastim valjkom smanjiti tenzijski tip glavobolje.

Na temelju dobivenih rezultata iz ovog istraživanja hipotezu je moguće djelomično prihvatiti. Testove za procjenu vertikalne i horizontalne skočnosti moguće je promatrati kao dvije različite manifestacije gibanja. S jedne strane test skok u vis iz mjesta primarno zahtjeva maksimalnu mišićnu aktivaciju u što kraćem vremenskom periodu te je u toj domeni valjanje pjenastim valjkom negativno utjecalo na tu sposobnost. S druge strane testovi za procjenu horizontalne skočnosti, a pogotovo jednonožni testovi zahtijevaju veću aktivaciju mehanoreceptora ravnoteže i stabilnosti te također ti testovi zahtijevaju višu razinu koordinacije. Praćenjem dobivenih rezultata u varijablama horizontalne skočnosti može se vidjeti pozitivan trend porasta rezultata u finalnom mjerenju. Nastavno na to može se smatrati kako je valjanje pjenastim valjkom pozitivno utjecalo na stabilnost i ravnotežu ispitanika.

Samomasaža pjenastim valjkom kao protokol zagrijavanja uvelike je aktualan u svim timskim sportovima zadnjih nekoliko godina. S obzirom na njegovu pristupačnost i jednostavnost provođenja postao je jedan od uobičajenih rekvizita na rukometnim i sportskim terenima. S obzirom na rezultate dobivene ovim istraživanjem i usporedbu istih s dosadašnjim istraživanjima na tu temu moguće je utvrditi kako zagrijavanje samo pjenastim valjkom neće statistički značajno poboljšati eksplozivnu snagu tipa skočnosti rukometaša adolescenata. Neka istraživanja dokazuju njegov učinak do dvije minute nakon apliciranja istog no već nakon pet minuta učinak nestaje. Promatrajući rukomet kao sportsku igru u kojoj utakmica u pravilu traje 110 do 135 minuta, učinak valjanja pjenastim valjkom bez kombinacije s drugim metodama zagrijavanja je zanemariv na motoričke sposobnosti skočnosti i sprinta. U pripremnom dijelu treninga prednost bi trebali dati

vježbama dinamičkog istezanja te vježbama snage za koje je dokazano da pozitivno djeluju na izvedbu sportaša. Ako je riječ o pozitivnim učincima pjenastog valjka tada on svoju primjenu može imati u pripremnom dijelu treninga, ali u kombinaciji sa dinamičkim istezanjem ili u završnom dijelu treninga ili natjecanja. Dokazano je da će imati pozitivan učinak na poboljšanje cirkulacije i subjektivno smanjenje boli te će kao takav ubrzati oporavak sportaša nakon dugotrajne fizičke aktivnosti.

## **6. ZAKLJUČAK**

Rukomet kakav se danas gleda obiluje velikim brojem kontakata, brzih i eksplozivnih promjena smjera kretanja, skokova i doskoka. S napretkom tehnologije treninga teži se tome da se sportaše već od najranije dobi maksimalno efikasno pripremi za sve fizičke napore koji ih očekuju u trenajnom i natjecateljskom procesu. Pjenasti valjak je jedan od često viđenih alata na sportskim terenima koji se koristi prije ili po završetku sportske aktivnosti. Zagrijavanje pjenastim valjkom negativno je djelovalo na vertikalnu skočnost rukometaša. Gledajući učinak samomasaže pjenastim valjkom na varijable koje su pripadale u skupinu horizontalne skočnosti (skok u dalj, skok s noge na nogu, pravolinijski troskok s noge na nogu i skok s noge na nogu s promjenom smjera) utvrđeno je kako je rolanje u trajanju od 12 minuta pozitivno djelovalo na horizontalnu skočnost ispitanika no ovdje taj učinak nije bio statistički značajan. Iako je ovim istraživanjem dokazano kako pjenasti valjak neće statistički značajno utjecati na horizontalnu skočnost kod rukometaša adolescenata, a na vertikalnu će utjecati negativno, pjenasti valjak bi i dalje trebao imati svoju ulogu u određenim dijelovima sportskog treninga. Dokazano je kako pjenasti valjak u uvodnom dijelu treninga u kombinaciji s dinamičkim istezanjem može izazvati pozitivan učinak na sposobnosti sportaša dok je njegov učinak u završnom dijelu treninga također od velike važnosti na oporavak sportaša nakon velikih fizičkih napora. Temeljem dobivenih rezultata zaključuje se da će valjanje mišića trupa pjenastim valjkom pozitivno utjecati na sposobnosti ravnoteže, stabilnosti i koordinacije te samim time imati benefite na sportsku izvedbu.

Istraživanja koja su proučavala utjecaj pjenastog valjka na oporavak utvrdili su brojne pozitivne učinke istog. S obzirom na svoje benefite u tom smislu gdje su neki od najistaknutijih poboljšanje cirkulacije, pozitivni utjecaj na opseg pokreta, smanjenje „DOMS-a“ i mnogi drugi, pjenasti valjak bi u radu sa sportašima primarno trebao biti korišten u tu svrhu. Gledajući stanje i perspektivu sporta ne realno je očekivati kako će mlađe dobne kategorije u velikom broju sportova, a pogotovo

u rukometu imati vlastitog terapeuta koji bi imao zadaću odraditi taj dio koji sportaš može samostalno pjenastim valjkom. S obzirom da je pojava samomasaže pjenastim valjkom relativno mlada stvar u svijetu sporta još uvijek ne postoji veliki broj istraživanja na tu temu, a pogotovo na skupine adolescenata. Važnost ovoga istraživanje je u tome što je jedan od rijetkih radova koji ovu problematiku promatra na adolescentima. Rezultati ovoga rada u usporedbi s dosadašnjim istraživanjima dokazuju kako valjanje pjenastim valjkom ima gotovo jednaki efekt kako na adolescente tako i na populacije odraslih sportaša i rekreativaca. Samim time otvara se veliki broj mogućnosti za daljnja istraživanja na tu temu. Pogotovo je ne istraženo područje koje se bavi proučavanjem trajanja valjanja mišićnih skupina u svrhu dobivanja benefita što na motoričke sposobnosti što na proces oporavka. Sve navedeno u ovome radu ukazuje na to da pjenasti valjak može biti iznimno koristan alat za poboljšanje oporavka u završnom dijelu treninga, ali također i na poboljšanje nekih motoričkih sposobnosti u pripremnom dijelu treninga ukoliko se provodi u kombinaciji s drugim metodama zagrijavanja.

## 7. LITERATURA

- Bojić L., Vuleta D., Šimenc Z. (2002). Utjecaj programiranog trenažnog procesa na razvoj nekih motoričkih sposobnosti kod vrhunskih rukometašica. Zbornik radova 11. Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske, Rovinj. str. 1-2
- Cheatham, S. W., Kolber, M. J., Cain, M., i Lee, M. (2015). The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion , muscle recovery, and performance: a systematic review. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 827–838.
- Čanaki, M., Šoš, K., i Vučetić, V. (2006). Dijagnostika eksplozivne snage tipa vertikalne skočnosti na platformi za mjerenje sile Quattro jump. *Kondicijski trening*, 4(1), 19-25.
- Espi-Lopez, G. V., Ingles, M., Carrasco-Fernandez, J. J., Serra-Añó, P., Copete-Fajardo, L., Gonzalez-Gerez, J. J., Saavedra-Hernandez, M., i Marques-Sule, E. (2022). Effects of Foam Rolling vs. Manual Therapy in Patients with Tension-Type Headache: A Randomized Pilot Study. *Journal of clinical medicine*, 11(7), 1778. <https://doi.org/10.3390/jcm11071778>
- Healey, K<sup>1</sup>; Dorfman, L<sup>1</sup>; Riebe, D<sup>1</sup>; Blanpied, P<sup>2</sup>; Hatfield, D<sup>1</sup>. The Effects of Foam Rolling on Myofascial Release and Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25():p S30-S31, March 2011. | DOI: 10.1097/01.JSC.0000395625.08079.28
- Henning, C. J., Stovern, O., Porcari, J. P., Arney, B. E., Doberstein, S., Emineth, K., i Foster, C. (2019). The acute effects of foam rolling on ankle and knee range of motion, hamstring flexibility, agility, and vertical jump height. *International Journal of Research in Exercise Physiology*, 14(2), 44-54.
- Kariški, S., Goranović, S. i Valdevit, Z. (n.d.) Tehnika u rukometu.
- Konrad, A., Tilp, M., i Nakamura, M. (2021). A Comparison of the Effects of Foam Rolling and Stretching on Physical Performance. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in physiology*, 12, 720531. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.720531>
- Laffaye, G., Da Silva, D. T., i Delafontaine, A. (2019). Self-myofascial release effect with foam rolling on recovery after high-intensity interval training. *Frontiers in physiology*, 10, 1287



- Milanović, D.(2004) Teorija treninga : priručnik za praćenje nastave i pripremanje ispita. Zagreb. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Milanović, L. (2011). Razlike u morfološkim i funkcionalnim parametrima između sportaša u momčadskim sportovima na različitim igračkim pozicijama (doktorski rad) Kineziološki fakultet, Zagreb.
- Phillips, J. (2017). *The Effect of Foamrolling Duration on Subsequent Power Performance* (Doctoral dissertation, Ithaca College).
- Peacock, C. A., Krein, D. D., Silver, T. A., Sanders, G. J., i VON Carlowitz, K. A. (2014). An Acute Bout of Self-Myofascial Release in the Form of Foam Rolling Improves Performance Testing. *International journal of exercise science*, 7(3), 202–211.
- Schroeder, A. N., Best, T. M. (2015). Is self myofascial release an effective preexercise and recovery strategy? A literature review. *Curr Sports Med Rep*. 14 (3),200-8.
- Smith, Jason C.; Pridgeon, Brooke; Hall, MacGregor C.. Acute Effect of Foam Rolling and Dynamic Stretching on Flexibility and Jump Height. *Journal of Strength and Conditioning Research* 32(8):p 2209-2215, August 2018. | DOI: 10.1519/JSC.0000000000002321
- Stojanov, J. (2017). *Sportska masaža u funkciji oporavka sportaša* (Diplomski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:541551>
- Su, H., Chang, N. J., Wu, W. L., Guo, L. Y., i 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. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0102>
- Tsai, W. C., i Chen, Z. R. (2021). The acute effect of foam rolling and vibration foam rolling on drop jump performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3489
- Wärnström, M. (2016). The effects of Foam Rolling and Static Stretching on bilateral forward jumping ability and flexibility of the hamstrings musculature.

- Weerapong, P., Hume, P. A., i Kolt, G. S. (2005). The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(3), 235–256. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535030-00004>
- Wiewelhove, T., Döweling, A., Schneider, C., Hottenrott, L., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., i Ferrauti, A. (2019). A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Frontiers in physiology*, 10, 376. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00376>
- Wiewelhove T.(2021). To roll or not to roll: Evidence of the effectiveness of foam rolling. (Vol. 37, str.60-65).
- Yildiz, S., Gelen, E., Çilli, M., Karaca, H., Kayihan, G., Ozkan, A., i Sayaca, C. (2020). Acute effects of static stretching and massage on flexibility and jumping performance. *Journal of musculoskeletal i neuronal interactions*, 20(4), 498–504.