

# Razlike u učincima dviju tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na sindrom odgođene mišićne boli

---

Ivković, Jakov

Doctoral thesis / Disertacija

2022

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:117:944658>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-31**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Jakov Ivković

**RAZLIKE U UČINCIMA DVIJU TEHNIKA  
MEHANIČKOGA PODRAŽIVANJA  
MIŠIĆNE FASCIJE PJENASTIM  
VALJKOM NA SINDROM ODGOĐENE  
MIŠIĆNE BOLI**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2022.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Jakov Ivković

**DIFFERENCES IN EFFECTS OF TWO  
FOAM ROLLING TECHNIQUES ON  
DELAYED ONSET OF MUSCLE  
SORENESS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2022



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Jakov Ivković

**RAZLIKE U UČINCIMA DVIJU TEHNIKA  
MEHANIČKOGA PODRAŽIVANJA  
MIŠIĆNE FASCIJE PJENASTIM  
VALJKOM NA SINDROM ODGOĐENE  
MIŠIĆNE BOLI**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Branka Matković, dr. med.

Zagreb, 2022.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Jakov Ivković

**DIFFERENCES IN EFFECTS OF TWO  
FOAM ROLLING TECHNIQUES ON  
DELAYED ONSET OF MUSCLE  
SORENESS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

Prof Branka Matković, MD, PhD.

Zagreb, 2022

Branka Matković, rođ. Jeričević, rođena je 30.05.1953. godine u Borovu. Osnovnu školu i gimnaziju završila je u Zagrebu. Upisala je Medicinski fakultet u Zagrebu 1971. godine, te 1977. godine diplomirala. Obavezni liječnički staž obavila je u kliničkoj bolnici "Sestre milosrdnice" u Zagrebu, nakon čega je položila stručni ispit 1979. godine. Diplomski ispit na postdiplomskom studiju iz Sportske medicine pri Medicinskom fakultetu u Zagrebu položila je 1981. godine. Izradila je magistarski rad pod naslovom "Normativne vrijednosti aerobnog kapaciteta i respiracijskih funkcija učenika starih 15 godina" 1983. godine. Doktorsku disertaciju pod naslovom "Relacije aerobnog kapaciteta i morfoloških karakteristika u djece" obranila je 1990. godine.

Od 1979. godine radi na Fakultetu za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu, kao pripravnik na Katedri za kineziološku fiziologiju i patologiju. Asistent je na predmetu Kineziološka fiziologija od 1980. godine. Od 2000. godine nositelj je predmeta Fiziologija sporta i vježbanja u okviru redovitih i izvanrednih studija, a od 2001. godine i predmeta u okviru doktorskog studija Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Sudjeluje i u nastavi na poslijediplomskim specijalističkim studijima Medicinskog Fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Fizikalna medicina i rehabilitacija, Medicina rada i sporta). Također je voditelj Laboratorija za medicinu sporta i vježbanja – primijenjena fiziologija.

Izabrana je u znanstvenoistraživačko zvanje znanstveni suradnik za znanstveno područje medicine 1992. godine, 2003. godine u zvanje viši znanstveni suradnik, te 2009. godine za znanstvenog savjetnika. U veljači 1997. godine izabrana je za docenta na predmetu Kineziološka fiziologija, 2003. godine za izvanrednog profesora na istom predmetu, te 20. listopada 2009. godine na predmetu Fiziologija sporta i vježbanja u redovitog profesora. U trajno zvanje izabrana je 29. listopada 2015. godine.

Od listopada 2001. godine u dva mandata bila je prodekanica za znanstveni rad Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Od listopada 2005. godine bila je predstojnica Zavoda za Kineziološku antropologiju i metodologiju Kineziološkog fakulteta u dva mandata. Predstojnica je Katedre za medicinu sporta i vježbanja od 2010. godine.

Od 1995. godine urednik je časopisa Hrvatski športskomedicinski vjesnik kojeg izdaje Hrvatski olimpijski odbor i koji redovito izlazi od 1985. godine i bavi se tematikom sportske medicine. Od 2001. glavni je urednik istog časopisa.

Zahvaljujem svojoj mentorici, prof. dr. sc. Branki Matković, na bezrezervnoj podršci tijekom poslijediplomskog doktorskog studija. Hvala na razumijevanju za sve moje upite. Neizmjerno hvala na uloženom vremenu i znanju te savjetima u svim koracima izrade ovog rada.

Hvala na pomoći djelatnicima Katedre za fiziologiju sporta i vježbanja Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, kao i studentima Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji su svojim volonterskim sudjelovanjem omogućili provođenje ovog istraživanja.

Zahvaljujem cijeloj svojoj obitelji i prijateljima na podršci i vjeri u moj uspjeh.

Isprike mom Franu što smo ponekad propustili odlazak u park zbog tatinih obaveza. Nadam se da će jednog dana biti više ponosan nego što će mi to zamjerati.

# RAZLIKE U UČINCIMA DVIJU TEHNIKA MEHANIČKOGA PODRAŽIVANJA MIŠIĆNE FASCIJE PJENASTIM VALJKOM NA SINDROM ODGOĐENE MIŠIĆNE BOLI

## SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja bio je usporediti postoje li razlike u učincima između dviju tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom (roling) na redukciju simptoma sindroma odgođenog mišićnog bola (DOMS).

Istraživanje je provedeno na prigodnom uzorku od 56 muških ispitanika, studenata druge godine Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, slučajnim odabirom podijeljenim u dvije skupine. U prvom dijelu istraživanja provedena su predtestna mjerenja te je učinjen protokol za oštećenje mišića inducirano vježbom (EIMD), koji se sastojao od tri serije maksimalnih sunožnih skokova s pripremom do otkaza. Odmah nakon EIMD-protokola provedeno je mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom tako da je prva skupina provodila kontinuirane kretnje uzdužno po tretiranoj mišićnoj skupini (skupina RK), dok je druga skupina provodila kratke undulirajuće kretnje niz mišićnu skupinu uz brzu kontinuiranu kretanju natrag (skupina RU). Drugi dio istraživanja proveden je 48 sati nakon provođenja EIMD-protokola te su učinjena završna mjerenja opsega natkoljenice, intenziteta bola na vizualno-analognoj ljestvici, aktivnosti kreatin-kinaze, jakosti kvadricepsa, visine maksimalnog sunožnog skoka s pripremom, fleksibilnosti te bola prilikom provođenja rolinga.

Nije uočena statistički značajna razlika u promatranim parametrima između dviju tehnika rolinga.

Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti da nema razlike u učincima dviju promatranih tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na redukciju pojave simptoma DOMS-a te da se tehnika rolinga u oporavku nakon intenzivne tjelesne aktivnosti može izabrati prema vlastitoj preferenciji, dok su potrebna daljnja istraživanja koja bi razjasnila moguću povezanost odnosa tehnike rolinga i vrste mišićne kontrakcije.

**Ključne riječi:** mehaničko podraživanje mišićne fascije, roling, pjenasti valjak, fascija, DOMS.



## **DIFFERENCES IN EFFECTS OF TWO FOAM ROLLING TECHNIQUES ON DELAYED ONSET OF MUSCLE SORENESS**

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to compare whether there are differences in the effects between the two techniques of selfmyofascial release with a foam roller (rolling) on reducing the symptoms of delayed onset of muscle soreness (DOMS).

The research was conducted on a convenience sample of 56 male subjects, second-year students at the Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, who were randomly divided into two groups. In the first part of the study, pre-test measurements and exercise induced muscle damage (EIMD) protocol were performed, which consisted of three sets of countermovement jumps with preparation for exhaustion. Immediately after the EIMD protocol, selfmyofascial release was performed with a foam roller in such a way that the first group performed continuous movements in the longitudinal direction of the treated muscle group (group RK), while the second group performed short undulating movements downward into the muscle group with a rapid continuous movement back (group RU). The second part of the study was conducted 48 hours after the EIMD protocol. This included final measurements of thigh circumference, pain intensity, creatine kinase activity, quadriceps strength, maximal countermovement jump, flexibility, and pain sensation during foam rolling.

No statistically significant difference was found in the observed parameters between the two foam rolling techniques.

Based on the obtained results, we can conclude that there are no differences in the effects of the two observed techniques of selfmyofascial release with a foam roller on the reduction of DOMS symptoms, and that the rolling technique can be chosen according to personal preference during recovery from intense physical activity, while further research is needed to elucidate the possible relationship between the rolling technique and the type of muscle contraction.

**Keywords:** selfmyofascial release, rolling, foam roller, fascia, DOMS.

## SADRŽAJ

1. UVOD U PROBLEM.....	1
1.1. Fascija.....	1
1.2. Sindrom odgođenog mišićnog bola .....	6
1.3. Mehaničko podraživanje mišićne fascije.....	9
1.3.1. Mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom (roling) .....	9
1.3.2. Mehanizam djelovanja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom .....	11
1.4. Utjecaj mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na sindrom odgođenog mišićnog bola .....	13
2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA .....	23
3. METODE ISTRAŽIVANJA.....	24
3.1. Ispitanici .....	24
3.2. Uzorak varijabli .....	26
3.3. Mjerni instrumenti .....	26
3.4. Protokol istraživanja .....	30
3.4.1. Predtestna mjerenja .....	31
3.4.2. Vježbom inducirano oštećenje mišića (EIMD).....	32
3.4.3. Mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom (roling) .....	32
3.4.4. Završna mjerenja (POST-48).....	33
3.5. Metode obrade podataka.....	34
4. REZULTATI.....	35
5. RASPRAVA.....	51
6. ZAKLJUČAK .....	82
7. POPIS LITERATURE .....	84
8. ŽIVOTOPIS I POPIS JAVNO OBJAVLJENIH RADOVA .....	107

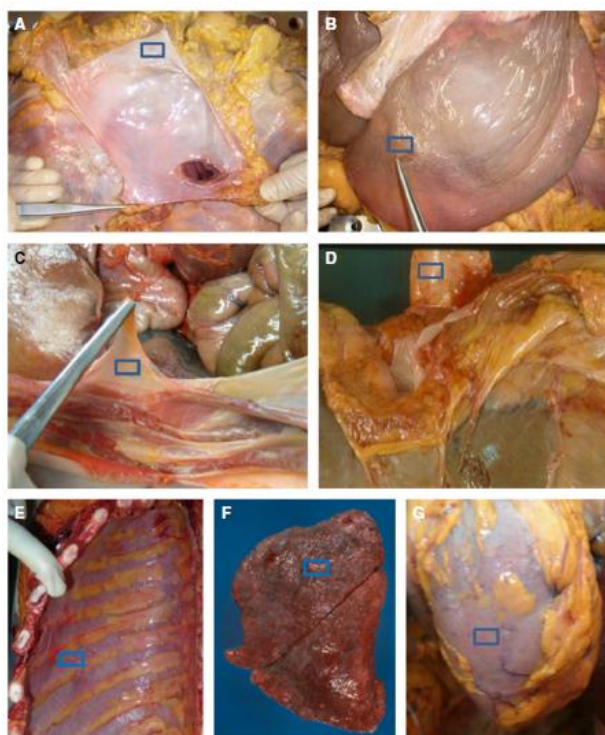
# 1. UVOD U PROBLEM

## 1.1. Fascija

Fasciju se često poistovjećuje s mišićnim ovojem (miofascijama), listovima gustog veziva koji obavijaju i odjeljuju pojedine mišiće ili mišićne skupine u koje su mišići uloženi (137). Međutim premda se značenje pojma fascija mijenjalo tijekom vremena (4, 152), pojam fascija danas svakako ima šire značenje. Postoji više podjela fascije, prvenstveno kao posljedica različitih gledišta, onog tradicionalnijeg koje se temelji na anatomskim značajkama te onog koje je funkcionalno orijentirano prilikom proučavanja fascije (3, 231).

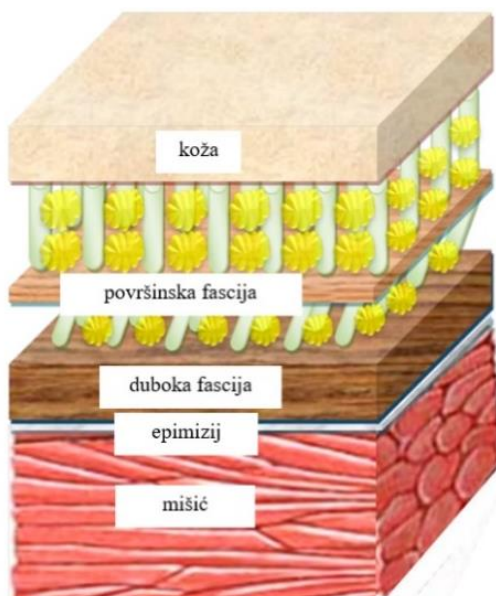
Premda sve više istraživača proučava fasciju i sve je više dostupnog znanja, ne postoji jednoznačna definicija fascije niti je u potpunosti poznata njezina funkcija (4, 87). Međutim može se reći kako je fascija omotač od vezivnog tkiva formiran ispod kože koji pripaja, obavija i odjeljuje: mišiće, kosti i živčana vlakna te druge unutarnje organe. Riječ je o „trodimenzionalnoj mreži“ rahlog i gustog vezivnog tkiva sastavljenoj od jednog ili više slojeva kolagenih vlakana koje daje tijelu funkcionalnu strukturu i pruža okruženje koje omogućuje tjelesnim sustavima funkcioniranje kao cjeline (3, 152).

Kada se govori o pojmu visceralne fascije, njime opisujemo vezivno tkivo koje okružuje organe i daje im oblik ili tvori odjeljke za organe i povezuje ih s mišićno-koštanim sustavom (249).



Slika 1 – Disekcija perikardijalne vreće (A), fascije jetre (B), visceralne fascije abdomena (C), fascije jednjaka (D), visceralne fascije toraksa (E), fascije pluća (F) i fascije bubrega (G) (Stecco i sur. 2017)

Prema Stecco i sur., uz pojedine iznimke, gledajući od kože prema mišićima, razlikuju se tri sloja fascije: površinski, duboki i epimizij (248).



Slika 2 – Dijagram koji prikazuje temeljnu organizaciju potkožnog tkiva, površinske i duboke fascije (Stecco i sur. 2011)

Površinska fascija povezana je retinakulima za kožu i duboku fasciju, čime zapravo tvori trodimenzionalnu mrežu, dok duboka fascija obavija i odjeljuje mišiće, tvori omotače za živce i krvne žile, osnažuje ligamente u području zglobova te povezuje i održava strukture (152, 248). Duboku fasciju čine dva ili tri podsloja kolagenih vlakana, koji također međusobno „klize“ (248). Epimizij obavija mišić (146), a između njega i duboke fascije nalazi se vezivno tkivo bogato hijaluronskom kiselinom, što omogućuje njihovo međusobno „klizanje“ (172, 248). Promjene u koncentraciji hijaluronske kiseline te određena patološka stanja poput traume, sindroma prenaprezanja ili operacijskih zahvata utječu na fiziološko „klizanje“ fascije, te time na fleksibilnost i pojavu bola lokomotornog sustava (37, 150, 246).



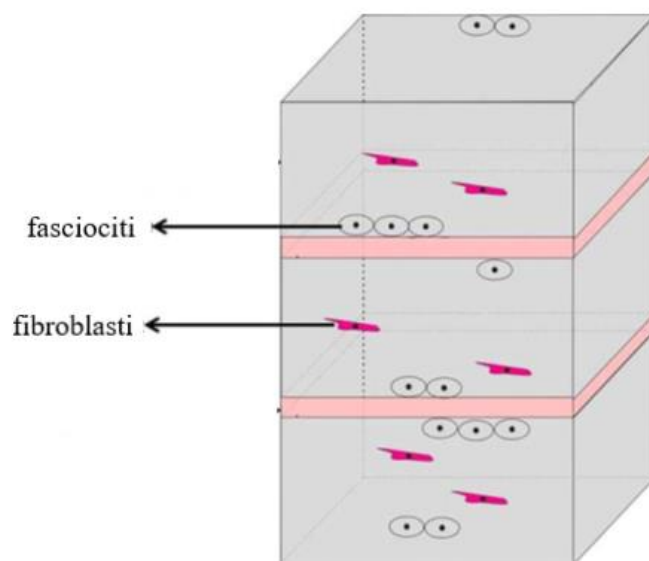
Slika 3 – Makroskopski prikaz duboke fascije medijalnog dijela lakta (Stecco i sur. 2011)

Klizanje fascije, gotovo bez trenja, Guimberteau objašnjava pomoću mikrovakuolarnog sustava, prema kojem površinska fascija nije u formi sloja veziva, već amorfne mase nalik gelu koja se sastoji od poliedarskih mikrovakuola, što omogućuje višesmjernu ekspanziju, kompresiju i deformaciju kao reakciju na unutarnju ili vanjsku napetost. Mikrovakuolarni sustav, osim što omogućuje klizanje i apsorpciju sile, čini i okvir u koji su smještene krvne žile i živci (97).

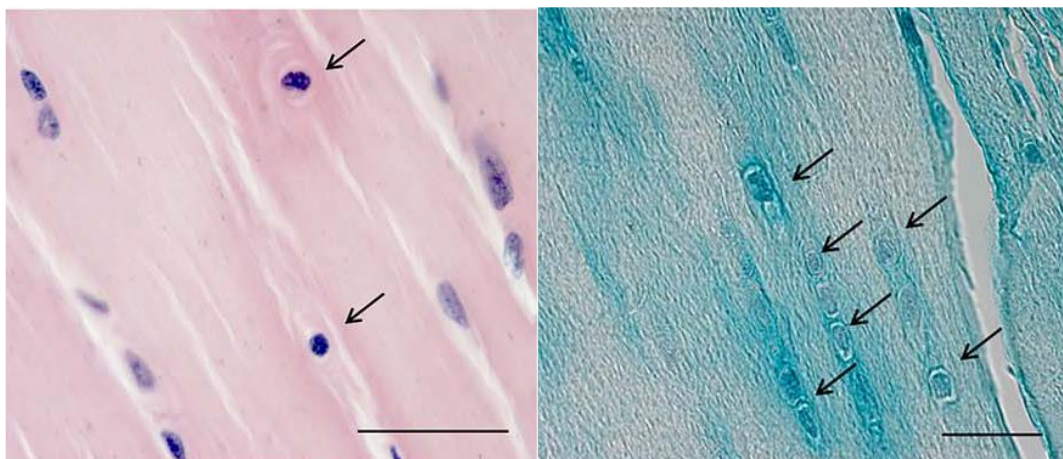
Dokazana je povezanost mišićnih tetiva i fascije u raspodjeli sila i opterećenju enteza – hvatišta tetive na kost (25). Neki autori prijenos sile i biomehaničke osobine fascije pokušavaju objasniti

konceptom miofascijalnih lanaca, prema kojem mišići ne djeluju kao izolirane jedinice, već je riječ o kompleksnom odnosu mišićno-koštanog sustava (32, 75, 145, 266), a temelji se na *tensegrity* modelu u kojem sile vlaka i tlaka zajedno daju veću otpornost i stabilnost strukturi (231, 239). Tako Myersov *Anatomy Trains* koncept holistički gleda na posturu i obrasce kretnji kroz dvanaest miofascijalnih meridijana. Najveći je naglasak u literaturi na tzv. stražnjoj površinskoj miofascijalnoj liniji (engl. *superficial back line*), koja se proteže od plantarne fascije preko Ahilovih tetiva i gastroknemijskog mišića, hamstringsa, sakrotuberalnog ligamenta i erektora kralježnice sve do glave (32, 189). S obzirom na to da je cijelo tijelo prožeto fascijom i pretpostavljene biomehaničke osobine temeljene na miofascijalnim lancima, simptomi poremećaja lokomotornog sustava mogu se pojaviti i udaljeno od izvora tegoba, a isto tako biti temelj za dijagnozu i liječenje jer se provođenjem terapije jednog dijela tijela postiže učinak na udaljene tegobe (32, 37, 53, 94, 124, 266).

S mikroanatomskog gledišta, duboka fascija sastoji se od raznih stanica ugrađenih u ekstracelularni matriks te obilja živčanih završetaka (82). Fibroblasti su predominantne stanice fascije koje primarno služe održavanju strukturalnog integriteta i organizaciji tkiva (82). Stecco i sur. predlažu stanice između podslojeva fascije zvati fasciocitima. Premda su po nekim značajkama slični fibroblastima, fasciociti imaju specifičan položaj između podslojeva fascije, specijalizirani su za biosintezu i izlučivanje hijaluronske kiseline, a imaju i zaobljenu jezgru i citoplazmu ograničenu na perinuklearnu regiju, što ih i morfološki razlikuje od klasičnih fibroblasta (246).



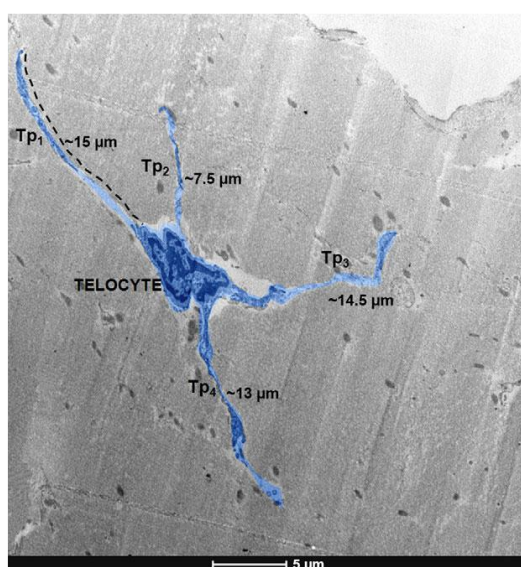
Slika 4 – Dijagram slojeva duboke fascije i lokacija fasciocita (Stecco i sur. 2018)



Slika 5 – Preparat široke fascije bojen hematoksilin-eozinom (lijevo) i alcian plavim bojenjem (desno). Strelice pokazuju zaobljene jezgre i obilan ekstracelularni matriks (Stecco i sur. 2018)

Prema Freiwaldu i sur., fascija nije samo vezivno tkivo pasivnih mehaničkih osobina, već posjeduje miofibroblaste, stanice koje imaju kontraktilne sposobnosti (87) i reguliraju bazalni tonus tkiva (82).

Dawidowitz i Szotek u fasciji opisuju stanice zvane telociti, čija je uloga nepoznata, ali pretpostavlja se da se povezuju u trodimenzionalnu mrežu unutar fascije i mogu sudjelovati u međustaničnoj komunikaciji te regeneraciji i reparaciji tkiva (67, 68, 255).



Slika 6 – Digitalno obojena slika transmisijskog elektronskog mikroskopa telocita široke fascije s karakterističnim dugačkim telopodima (Dawidowicz i sur. 2015)

Langevin i sur. postavili su hipotezu prema kojoj vezivno tkivo, osim anatomske uloge, djeluje kao mehanoosjetljiva signalna mreža koja prima mehanički podražaj i uključena je u „umrežavanje“ tijela i time utječe na fiziološko ili patološko funkcioniranje organskih sustava (151).

Fascija se smatra bogatom živčanim završecima (82, 83), osobito Pacinijevim i Ruffinijevim tjelešcima (37, 247) koji aktivacijom prilikom istezanja fascije, pretpostavlja se, mogu imati ulogu u proprioceptiji i povezivanju pojedinih mišića u funkcijske cjeline i izvođenje kompleksnijih pokreta (147, 248). Istraživanja pokazuju kako fascija sadrži i hormonske receptore (81).

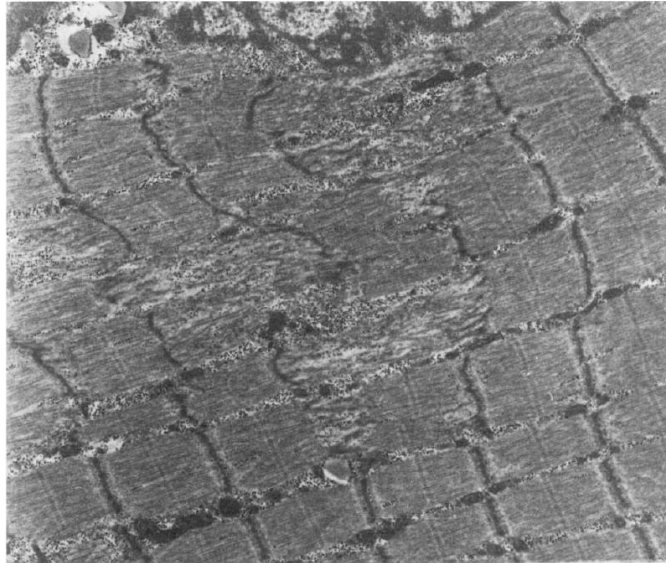
Neki autori tvrde da je u fasciju uklopljen sofisticirani sustav (kanala) koji se naziva tzv. primo-vaskularni sustav (engl. *primo-vascular system*) (12) koji se razlikuje od do sada poznatih struktura poput krvnih žila, a premda se u teoriji povezuje s akupunkturnim meridijanima te pretpostavlja njegova uloga u fiziološkim i patološkim procesima, za sada mu je funkcija još uvijek nepoznata (129, 250, 271).

Premda istraživači i kliničari više ne zanemaruju fasciju, još uvijek nije dovoljno istražena i prisutne su brojne nepoznanice, od definicije i anatomije do funkcije i terapijskih intervencija. Potrebno je daljnjim istraživanjem fascije pokušati povezati anatomiju, (pato)fiziologiju i terapijski pristup.

## **1.2. Sindrom odgođenog mišićnog bola**

Oštećenje mišića inducirano vježbom (engl. *exercise induced muscle damage – EIMD*) nastaje kao posljedica provođenja neuobičajene ili jako intenzivne tjelesne aktivnosti, osobito ekscentričnog tipa (56, 215). Riječ je o mehaničkom oštećenju sarkomere, funkcionalne jedinice mišićnog vlakna, poremećaju u homeostazi kalcija i upalnom odgovoru koji se javlja sekundarno, a što za kliničko očitovanje ima pojavu sindroma odgođenog mišićnog bola (engl. *delayed onset muscle soreness – DOMS*) (54, 56, 74, 258, 276).





Slika 7 – Opsežna disrupcija sarkomera nakon ekscentrične kontrakcije (Newham i sur. 1983)

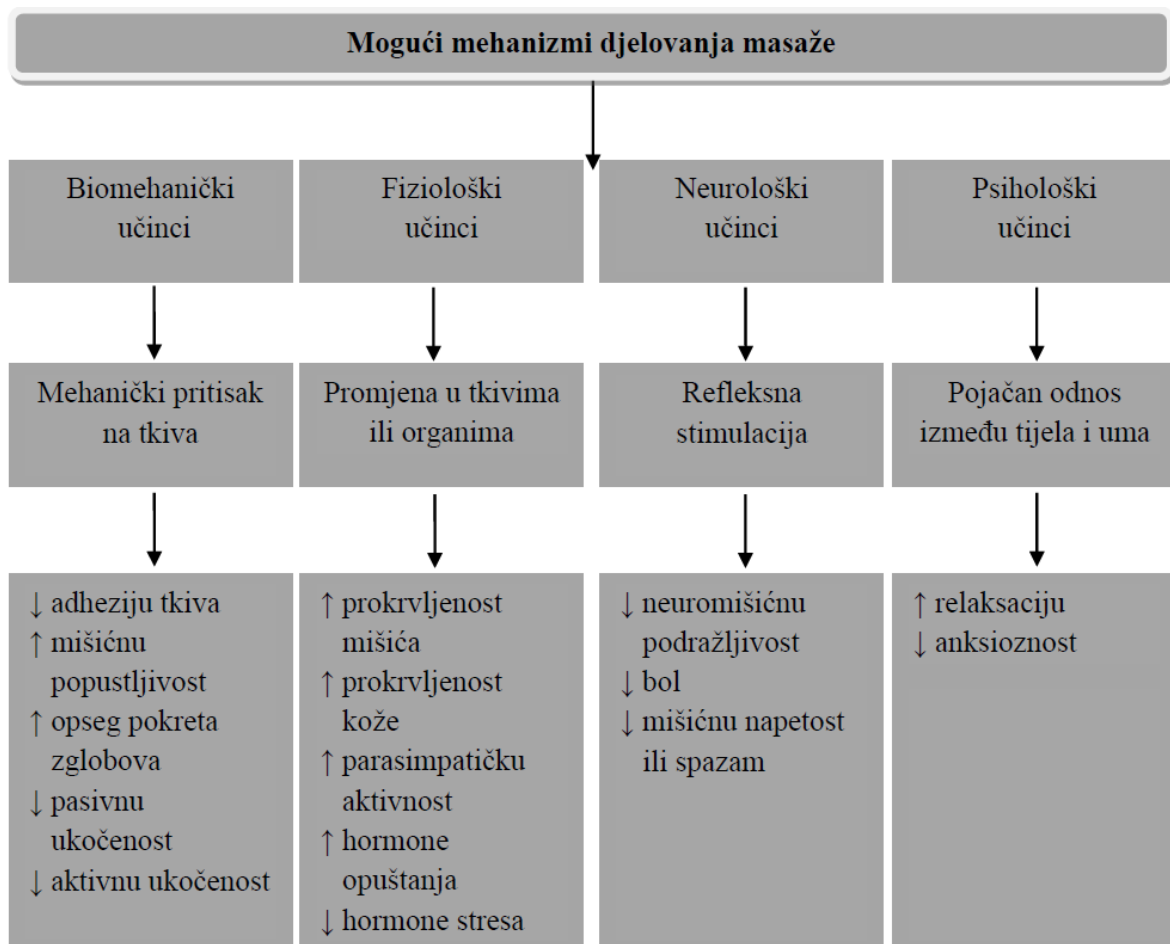
DOMS obuhvaća mišićnu slabost, poremećaj propriocepcije, bol i duboku osjetljivost u mišićima, koji se javljaju obično 24 – 48 sati nakon tjelesne aktivnosti, dostiže maksimum između 48 – 72 sata nakon aktivnosti i prolazi za 5 – 7 dana, a javlja se neovisno o razini tjelesne sprema (15, 34, 215).

EIMD je potencijalno koristan mehanizam koji dovodi do remodeliranja mišića, no prekomjerna oštećenja mogu umanjiti daljnju mogućnost provođenja tjelovježbe u željenom intenzitetu (235), kao i narušiti motivaciju za nastavak vježbanja (132). Posljedično, zbog negativnog utjecaja na motoričke sposobnosti, povećan je rizik od ozljede prilikom provođenja sportskih aktivnosti (52, 243).

Kao posljedica lokalnog oštećenja mišićnog tkiva dolazi, između ostalog, do porasta aktivnosti intramuskularnog enzima kreatin-kinaze (CK) u serumu (14, 29, 70, 131, 141). On se nalazi u citosolu i mitohondrijima tkiva s visokom potrošnjom energije, a uloga mu je kataliziranje reverzibilne fosforilacije kreatina u fosfokreatin i adenzin-difosfata (ADP) u adenzin-trifosfat (ATP) (14) te održavanje homeostaze ATP-a i opskrbljivanje stanice energijom za rad (113). Normalna aktivnost CK-a prema Georgu i sur. iznosi između 22 i 334 U/L za mušku bijelu populaciju (90), a izvor joj je uglavnom skeletno mišićje (29, 90).

Brojne metode koriste se profilaktički ili terapijski s ciljem prevencije pojave DOMS-a, redukcije simptoma ili ubrzanja oporavka (52, 56, 73, 77, 118, 131, 155, 187, 213, 260).

Jedna od njih jest klasična ručna masaža (52, 56, 60, 213). Ona podrazumijeva manipulaciju mekih tkiva u terapijske svrhe. Vjeruje se da mehanički pritisak tijekom masaže smanjuje adheziju tkiva i mišićnu ukočenost, što se može verificirati poboljšanom fleksibilnošću (106). Osim biomehaničkog djelovanja, pretpostavlja se kako masaža ima i fiziološke, neurološke i psihološke mehanizme djelovanja (264).



Dijagram 1 – Teorijski model očekivanih mehanizama djelovanja masaže.

↓ označava smanjenje; ↑ označava povećanje (Weerapong, Kolt 2005)

I dok prema nekim istraživanjima postoji pozitivan učinak masaže na DOMS u vidu smanjenja subjektivnog osjećaja bola mišića i aktivnosti CK-a u serumu (78, 277), kao i poboljšanih performansi (99, 118, 131), prema drugima upitna je učinkovitost i opravdanost njezine primjene (98, 105). To je moguće zbog varijacija među istraživanjima u tretiranoj regiji, tehnici i trajanju masaže, kao i samom provođenju tretmana od strane terapeuta i njegovom iskustvu (52, 136, 213).

### 1.3. Mehaničko podraživanje mišićne fascije

Mehaničko podraživanje mišićne fascije (engl. *myofascial release*) manualna je tehnika kojom terapeut djeluje na miofascijalni kompleks s ciljem smanjenja bola i poboljšanja funkcije (17). Istraživanja su uglavnom pokazala dobar učinak tehnike u liječenju lokomotornog sustava, no s obzirom na lošu kvalitetu istih, nije utvrđena konačna učinkovitost (173). Mehaničko podraživanje mišićne fascije može se provoditi i uz pomoć raznih rigidnih pomagala, tzv. IASTM-tehnika (engl. *instrument-assisted soft tissue mobilisation*), ali i samostalno, bez terapeuta, s pomagalima poput loptica, štapnih masažera, plastičnih cijevi, drvenih ili pjenastih valjaka (engl. *selfmyofascial release*) (24, 120, 125, 128, 212, 236). Premda se IASTM pokazao učinkovitijom metodom za poboljšanje fleksibilnosti u usporedbi s pjenastim valjkom (169, 206), s obzirom na to da je riječ o tehnikama koje zahtijevaju prisutnost educiranog terapeuta, može se razumjeti rastuća popularnost samostalnog mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pomoću pomagala.

#### 1.3.1. Mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom (roling)

Pjenasti se valjak (engl. *foam roller*) u istraživanjima Monteiro i sur. (178, 183), kao i u meta-analizi Wiewelhovea i sur., pokazao superiornim pomagalom za mehaničko podraživanje mišićne fascije nakon tjelesne aktivnosti, u oporavku (265). Početak mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom (roling) veže se uz 1987. godinu i Seana Galaghera (27).



Slika 8 – Različiti pjenasti valjci (<https://myfoamrollers.com/what-size-foam-roller/>)

Rolingom se masa vlastitog tijela prenosi na miofascijalni kompleks putem pjenastog valjka koji se nalazi na podu (23). Time se oponaša učinak ručne masaže (106), a moguće je kroz promjenu položaja tretirati različite dijelove tijela (22, 43). Međutim dok tijekom masaže osoba nema kontrolu nad tretmanom i zapravo je u pasivnom položaju, kod rolinga osoba sama regulira mehanički pritisak na miofasciju pomoću pomagala i tretman je aktivan, tj. zahtjeva voljne kretnje (136). Pjenastim valjkom bolje se tretiraju veće mišićne skupine. Rolling se provodi po individualiziranom protokolu za svaku mišićnu skupinu, ovisno o polazištu i hvatištu, uzdužno (128, 116). Moguće je prilagoditi željeni pritisak na miofascijalni kompleks provodeći roling u sjedećem ili ležećem položaju (116).

Pjenasti valjci variraju u dužini, promjeru, gustoći pjene i površinskom obliku. Standardni je izrađen je od polietilenske pjene promjera 15,24 cm (120). Istraživanje Currana i sur. pokazalo je kako se pomagalom manjeg promjera (9,53 cm) i veće gustoće postiže veći prijenos sile na miofascijalni kompleks po jedinici površine, a pretpostavlja se da se time tretiraju dublji slojevi mekih tkiva i postiže bolji terapijski učinak (61). Stoga je veliki dio dosadašnjih istraživanja proveden s pjenastim valjkom građenim od PVC-cijevi okružene pjenom, a u dijelu su korišteni i oni s vibracijskom komponentom (112). Za tretiranje manjih dijelova, poput plantarne fascije, postoje mini pjenasti valjci promjera 3,55 cm, kakve su koristili Do i Kim u svom istraživanju (76).

Zbog niske cijene i jednostavne primjene koja nije vremenski i prostorno zahtjevna, roling je pogodan za široku upotrebu u rehabilitaciji, rekreaciji i sportu, kao dio zagrijavanja prije tjelesne aktivnosti ili u oporavku nakon nje (88, 120). Također, nema razlike u ishodima kada se instrukcije ispitanicima daju uživo ili video-putem, što je korisna informacija u slučaju ograničenih resursa (44).

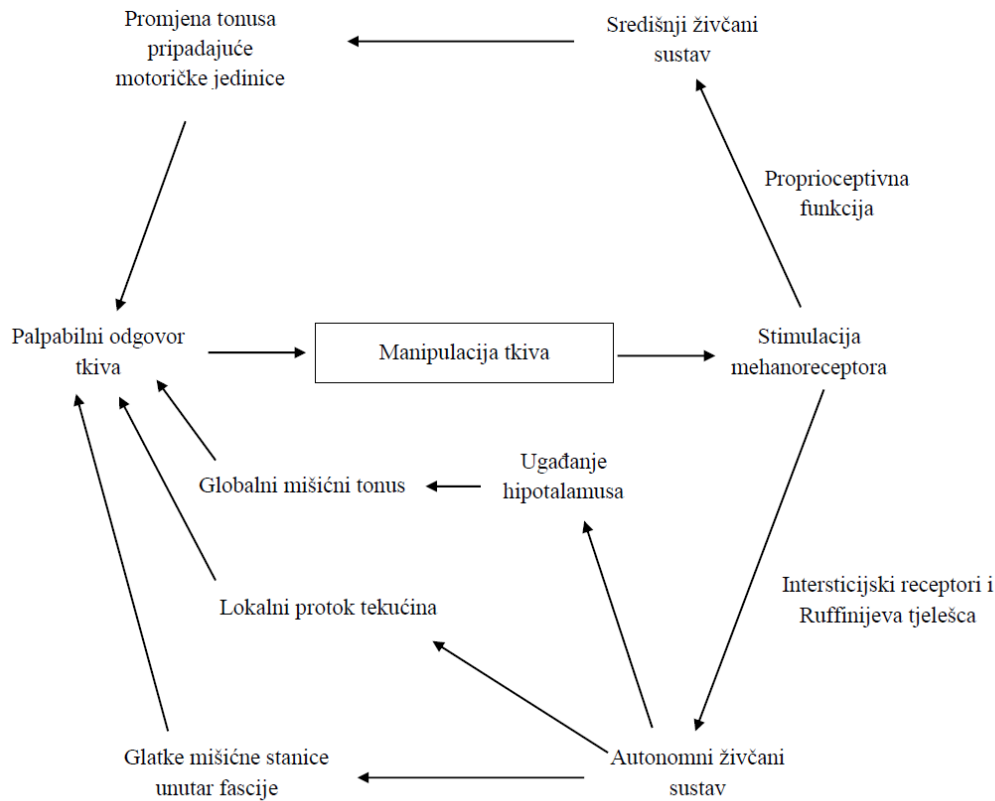
Prema Cheathamovom istraživanju, 81 % fizioterapeuta i trenera koristi pjenasti valjak u svom svakodnevnom radu, uz napomenu kako se tek 3,3 % potencijalnih ispitanika odazvalo istraživanju (50), a kada je riječ o rolingu kao metodi oporavka u nogometaša, koristi se u čak 91 % timova (6). Međutim treneri i terapeuti u rekreativnom ili profesionalnom sportu ili liječenju i dalje modificiraju parametre rolinga sukladno svom iskustvu i osjećaju kako bi postigli željene rezultate (136) unatoč rastućem broju publikacija, a čak 88 % njih smatra da su potrebna daljnja istraživanja koja bi dala odgovor na pitanja vezana za učinke mehaničkoga podraživanja mišićne fascije (50).

### *1.3.2. Mehanizam djelovanja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom*

Istraživanja o mehanizmu djelovanja mehaničkog podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom ograničena su, no postoji nekoliko teorijskih okvira koji se spominju u literaturi. Prema Beardsleyu i Škarabotu, mehaničko podraživanje mišićne fascije može se pokušati objasniti jednim od sljedećih modela: tikstropijom, piezoelektricitetom, fascijalnim adhezijama, staničnim odgovorom, protokom tekućina, upalom fascije ili miofascijalnim žarišnim točkama (22). Na svojstvu materijala da pod utjecajem pritiska ili topline reverzibilno prelazi iz stanja gela u gustu tekućinu temelji se model tikstropije (233). Prema piezoelektričnom modelu nakon pritiska na fasciju dolazi do pojave električnog naboja koji utječe na aktivnost fibroblasta i fibroklasta, stanica koje sudjeluju u metabolizmu kolagena (200, 233). Fascijalne adhezije onemogućavaju normalno klizanje fascije (110, 161), a terapijom je moguće opustiti fasciju (110). Model staničnog odgovora temelji se na procesu zvanom mehanotransdukcija koji podrazumijeva da mehaničko podraživanje fascije dovodi do kaskade koja u konačnici utječe na promjene biokemijskih procesa i ekspresije gena u stanicama (51, 119, 147, 261). Naime mehanički podražaj dovodi do aktivacije kalcijevih kanala, fosforilacije proteina, povećanog staničnog signaliziranja (119) i smanjene ekspresije interleukina (261). Prema modelu protoka tekućina, pretpostavlja se, tekućina u fasciji povećava krutost fascije, a kompresijom dolazi do prolazne promjene tekućeg sadržaja fascije i poboljšanja njezine mobilnosti (41). Fascija postaje manje elastična u akutnoj upali (84), a mehaničko podraživanje mišićne fascije utječe na protok krvi (201) i time može smanjiti upalni proces (22). Slično, povezano s upalom, objašnjava se i model miofascijalnih žarišnih točaka (22). Tretiranjem miofascijalnih žarišnih točaka, pretpostavlja se, dolazi do produžavanja sarkomera izazvanog pritiskom, što poboljšava fleksibilnost. Također popuštanjem pritiska javlja se reaktivna hiperemija koja dovodi do poboljšanja opskrbe mišićnih vlakana kisikom i odstranjivanja medijatora upale, što rezultira povećanjem mišićne snage (35). Premda ne nude odgovor o mehanizmu djelovanja, Krause i sur. ultrazvukom verificiraju učinak rolinga na klizanje dubokog sloja fascije u smislu smanjenog klizanja između površinske i duboke fascije, a povećanog između duboke fascije i mišića (144).

Neurofiziološki mehanizmi djelovanja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije tumače se aktivacijom mehanoreceptora (22, 24, 128, 233, 234). Dolazi do lokalne vazodilatacije kao odgovor na aktivaciju autonomnog živčanog sustava (234), a prijenos informacija od mehanoreceptora do središnjeg živčanog sustava rezultira promjenom tonusa mišića (233).

Spoznaja da je učinak manualne terapije primijenjen kod tretiranja anestetiziranih ljudi, te da nema očekivanog fiziološkog odgovora tkiva bez očuvanog neurološkog odgovora, dovela je u središte neurofiziološke mehanizme djelovanja u manualnoj terapiji (232).



Dijagram 2 – Predloženi neurofiziološki mehanizmi djelovanja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije (Schleip 2003)

U prilog neurofiziološkim mehanizmima djelovanja rolinga govore i istraživanja koja pokazuju da mehaničko podraživanje mišićne fascije ima utjecaj na povišenje praga bola kontralateralnog uda (1, 39, 42, 45, 193) i kontralateralno povećanje fleksibilnosti (89, 135, 139, 193, 273), moguće kao posljedica veće tolerancije na istezanje.

Langevin pak smatra da mehanički podražaj vezivnog tkiva uzrokuje odgovor na tri razine: električni signal koji se prenosi ekstracelularnim matriksom, stanični odgovor u vidu aktivacije fibroblasta te remodeliranje kolagenog matriksa kao dugoročna prilagodba na podražaj (151).

Unatoč mnoštvu predloženih modela, trenutno nema konsenzusa o točnom mehanizmu djelovanja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom (22, 24,72, 112, 120, 238, 265).

#### **1.4. Utjecaj mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na sindrom odgođenog mišićnog bola**

Većina dosadašnjih istraživanja proučavala su učinak mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na fleksibilnost. Premda postoji razlika u ishodima između provedenih istraživanja, roling se može preporučiti s ciljem akutnog poboljšanja fleksibilnosti (22, 24, 43, 128, 240, 265). S druge strane, ne nalaze se čvrsti dokazi kako roling prije tjelesne aktivnosti poboljšava izvedbu drugih motoričkih zadataka, premda se čini da nema ni negativnog učinka istog, te ga se ne preporučuje koristiti kao dio protokola zagrijavanja s ciljem poboljšanja motoričke izvedbe (128, 240).

S obzirom na to da natjecateljski sport, ali i rekreativno provođenje tjelesne aktivnosti podrazumijevaju sve veća opterećenja uz vrlo malo vremena za oporavak, sve je rasprostranjenija i učestalija upotreba pjenastog valjka nakon intenzivne tjelesne aktivnosti s ciljem bržeg oporavka. Neki istraživači tako su proučavali akutni učinak rolinga na subjektivne parametre i motoričku izvedbu neposredno nakon provođenja intenzivne tjelesne aktivnosti (65, 85, 122, 279). U tablici 1 pregledno su prikazani rezultati dosadašnjih istraživanja učinaka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kod sindroma odgođenog mišićnog bola.

<b>Tablica 1 – Dosadašnja istraživanja učinaka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kod DOMS-a</b>								
Istraživanje	Broj ispitanika i vrsta istraživanja	Vrsta tjelesnog opterećenja	Pjenasti valjak	Intervali mjerenja	Trajanje po mišićnoj skupini i tehnika rolinga	Kadenca	Tretirana mišićna skupina	Učinak rolinga na DOMS
Adamczyk (2020)	33 M; 3 skupine; dvije vrste pjenastog valjka, kontrola, pasivni oporavak	1 min; skok iz čučnja	srednja gustoća, glatki i izbrazdani; Ø15 cm	POST-24 POST-48 POST-72	30 puta; kontinuirani	50 x/min	gastroknemijski mišići, kvadricepsi, aduktori, hamstringsi, iliotibijalni traktusi, gluteusi	Pozitivan: -VAS (donji ekstremiteti)
Akinci (2020)	45 (M i Ž); 3 skupine; NMES i aktivni oporavak	15 min; plimetričke vježbe	polipropilenska i poliuretanska pjena; Ø13 cm	POST-0 POST-24 POST-48	90 s; kontinuirani	nije zadana	kvadricepsi, aduktori, hamstringsi, iliotibijalni traktusi, gluteusi	Bez učinka: -NRS (donji ekstremiteti)
D'Amico (2017)	37 M; 2 skupine (18 + 19); kontrola bez tretmana	40x15 m; sprint	ekspandirani polipropilen, visoka gustoća; Ø15,24 cm	PRE POST-0 24h-POST 48h-POST 72h-POST 96h-POST	2 x 60 s, undulirajući	12 x/min	gastroknemijski mišići, kvadricepsi, aduktori, hamstringsi, iliotibijalni traktusi, gluteusi	Pozitivan: -t-test Bez učinka: -visina skoka sa zastojem u čučnju -ROM (aktivna fleksija i abdukcija kuka) -gLMS (mirno stajanje) -NRS (gastroknemijski mišići, kvadricepsi, hamstringsi, gluteusi)



<b>Tablica 1 – Dosadašnja istraživanja učinaka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kod DOMS-a</b>								
Istraživanje	Broj ispitanika i vrsta istraživanja	Vrsta tjelesnog opterećenja	Pjenasti valjak	Intervali mjerenja	Trajanje po mišićnoj skupini i tehnika rolinga	Kadencija	Tretirana mišićna skupina	Učinak rolinga na DOMS
D'Amico (2020)	40 (M i Ž); 2 skupine; kontrola bez tretmana	40 x15 m; sprint	ekspandirani polipropilen, visoka gustoća; Ø15,24 cm	PRE POST-0 24h-POST 48h-POST 72h-POST 96h-POST	2 x 60 sekundi; undulirajući	12 x/min	gastroknemijski mišići, kvadricepsi, aduktori, hamstringsi, iliotibijalni traktusi, gluteusi	Pozitivan: -gLMS (uspinjanje i spuštanje s klupice) Bez učinka: -NRS (gastroknemijski mišići, kvadricepsi, hamstringsi, gluteusi) -visina skoka sa zastojem u čučnju -t-test -frekvencija srca -brzina pulsnog vala
Drinkwater (2019)	11 M; ukriženi ustroj istraživanja; kontrola, pasivni oporavak	6 x 25 ponavljanja; izokinetička kontrakcija kvadricepsa ekscentričnog tipa	etilen-vinil acetat pjena; Ø15 cm	PRE POST-0 24h-POST 48h-POST 72h-POST	180 s; kontinuirani	60 x/min	kvadricepsi, aduktori, hamstringsi, iliotibijalni traktusi, gluteusi (samo desna noga)	Pozitivan: -CMJ -PPT (kvadriceps) Bez učinka: -ROM (pasivna fleksija koljena) -izometrički MVC (kvadriceps) -ON - evocirana kontraktilna svojstva

<b>Tablica 1 – Dosadašnja istraživanja učinaka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kod DOMS-a</b>								
Istraživanje	Broj ispitanika i vrsta istraživanja	Vrsta tjelesnog opterećenja	Pjenasti valjak	Intervali mjerenja	Trajanje po mišićnoj skupini i tehnika rolinga	Kadencija	Tretirana mišićna skupina	Učinak rolinga na DOMS
Kasahara (2022)	28 M; 2 skupine (14 + 14); različite frekvencije vibracije pjenastog valjka	6 x 10 ponavljanja; izokinetička kontrakcija kvadricepsa ekscentričnog tipa	polipropilenska pjena, vibracijski; Ø15 cm	PRE 48h-PRER 48h-POST	3 x 30 s; 30 s stanke; kontinuirani	60 x/min	kvadriceps, (samo dominantna noga)	Pozitivan: -CMJ -VAS (palpacija, istežanje, kontrakcija) -PPT (kvadriceps) -ROM (pasivna fleksija koljena) Bez učinka: -izometrički MVC (kvadriceps) -izokinetički MVC (koncentrično, kvadriceps)
Laffaye (2019)	20 M; kontrola druga noga, bez tretmana	8 x 20 s (10 s stanke); čučanj	visoka gustoća, izbrazdani; Ø16 cm	PRE POST-0 POST-24 POST-48	2 x 60 s, 3 serije; kontinuirani	30 x/min	kvadriceps i natezač široke fascije (samo dominantna noga)	Pozitivan: -ROM (aktivna i pasivna fleksija i ekstenzija kuka) -VAS (roling) Bez učinka: -ROM (aktivna i pasivna fleksija i ekstenzija koljena; aktivna i pasivna fleksija i ekstenzija gležnja) -CMJ -čučanj skok -krutost mišića

<b>Tablica 1 – Dosadašnja istraživanja učinaka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kod DOMS-a</b>								
Istraživanje	Broj ispitanika i vrsta istraživanja	Vrsta tjelesnog opterećenja	Pjenasti valjak	Intervali mjerenja	Trajanje po mišićnoj skupini i tehnika rolinga	Kadencia	Tretirana mišićna skupina	Učinak rolinga na DOMS
Lee (2019)	4 M, 4 Ž; ukriženi ustroj istraživanja; kontrola lažne, kompresijske tajice	30 min; trčanje nizbrdo na traci	visoka gustoća; Ø15,24 cm	PRE POST- EIMD POST-48	2 x 60 s; undulirajući	nije zadana	kvadricepsi, ilitibijalni traktusi, hamstringsi, gluteusi	Pozitivan: -VAS (silazak sa stolice) -RPE kod trčanja (Borg ljestvica) Bez učinka: -vrijeme trčanja (3 km) -VAS (mirno stajanje) -VO <sub>2</sub> -CK
MacDonald (2014)	20 M; 2 skupine (10 + 10); kontrola bez tretmana	10 x 10 ponavljanja; stražnji čučanj sa šipkom	PVC-cijev okružena neoprenskom pjenom; Ø11,16 cm	PRE POST- EIMD 24h-PRER 48h-PRER 72h-PRER	2x60 s; undulirajući	nije zadana	kvadricepsi, aduktori, hamstringsi, iliotibijalni traktusi, gluteusi	Pozitivan: -NRS (čučanj) -CMJ -ROM (pasivna fleksija koljena i kuka; aktivna fleksija kuka) -voljna aktivacija mišića Bez učinka: -ON -izometrički MVC (kvadriceps) -evocirana kontraktilna svojstva*

<b>Tablica 1 – Dosadašnja istraživanja učinaka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kod DOMS-a</b>								
Istraživanje	Broj ispitanika i vrsta istraživanja	Vrsta tjelesnog opterećenja	Pjenasti valjak	Intervali mjerenja	Trajanje po mišićnoj skupini i tehnika rolinga	Kadencija	Tretirana mišićna skupina	Učinak rolinga na DOMS
Nakamura (2020)	17 M; nema kontrole	6 x 10 ponavljanja; izokinetička kontrakcija kvadriicepsa ekscentričnog tipa	PVC-cijev okružena pjenom visoke gustoće; Ø12,7 cm	PRE 48h-PRER 48h-POST	3 x 30 s; 30 s stanke; kontinuirani	60 x/min	kvadriiceps, (samo dominantna noga)	Pozitivan: -izometrički MVC (kvadriiceps) -izokinetički MVC (koncentrično, kvadriiceps) -ROM (pasivna fleksija koljena) -VAS (kontrakcija, palpacija, istezanje)
Nakamura (2022)	14 M; nema kontrole	6 x 10 ponavljanja; izokinetička kontrakcija kvadriicepsa ekscentričnog tipa	polipropilenska pjena, vibracijski; Ø15 cm	PRE 48h-PRER 48h-POST	3 x 30 s; 30 s stanke; statička kompresija	nije zadana	kvadriiceps, (samo dominantna noga)	Pozitivan: -izokinetički MVC (koncentrično, kvadriiceps) -ROM (pasivna fleksija koljena) -CMJ -VAS (kontrakcija, palpacija, istezanje) -PPT (kvadriiceps) -krutost mišića Bez učinka: -izometrički MVC (kvadriiceps)

<b>Tablica 1 – Dosadašnja istraživanja učinaka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kod DOMS-a</b>								
Istraživanje	Broj ispitanika i vrsta istraživanja	Vrsta tjelesnog opterećenja	Pjenasti valjak	Intervali mjerenja	Trajanje po mišićnoj skupini i tehnika rolinga	Kadencija	Tretirana mišićna skupina	Učinak rolinga na DOMS
Naderi (2020)	80 M; 2 skupine (40 + 40); kontrolna, pasivni oporavak	4 x 25 ponavljanja; izokinetička kontrakcija kvadricepsa ekscentričnog tipa	polipropilenska pjena, izbrazdani, Ø14,8 cm	PRE 1h-POST 24h-POST 48h-POST 72h-POST	120 s kontinuirani	60 x/min	kvadriceps (samo desna noga)	Pozitivan: -VAS-palpacija -PPT (kvadriceps) -izokinetički MVC (koncentrično, kvadriceps) -održavanje izometričke kontrakcije -prag detekcije pasivnog pokreta
Pearcey (2015)	8 M; ukriženi ustroj istraživanja; kontrola bez tretmana	10 x 10 ponavljanja; stražnji čučanj sa šipkom	PVC-cijev okružena neoprenskom pjennom; Ø11,16 cm	PRE, 24h-PRER 48h-PRER 72h-PRER	2 x 45 s; 15 s stanke; kontinuirani	50 x/min	kvadricepsi, aduktori, hamstringsi, iliotibijalni traktusi, gluteusi	Pozitivan: -PPT (kvadriceps) -skok u dalj s mjesta -vrijeme trčanja (30 m) -stražnji čučanj sa šipkom (maksimalni broj ponavljanja) Bez učinka: -t-test
Rey (2019)	18 M; 2 skupine (9 + 9); Kontrola, pasivni oporavak	60 min; nogometni trening	visoka gustoća	PRE POST-24	2 x 45 s; 15 s stanke; kontinuirani	50 x/min	kvadricepsi, hamstringsi, gluteusi, aduktori, gastroknemijski mišići	Pozitivan: -t-test -VAS-palpacija -TQR Bez učinka: -CMJ

**Tablica 1 – Dosadašnja istraživanja učinaka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kod DOMS-a**

Istraživanje	Broj ispitanika i vrsta istraživanja	Vrsta tjelesnog opterećenja	Pjenasti valjak	Intervali mjerenja	Trajanje po mišićnoj skupini i tehnika rolinga	Kadenca	Tretirana mišićna skupina	Učinak rolinga na DOMS
								-vrijeme trčanja (5 i 10 m) -S&R
Romero-Moraleda (2017)	21 M, 11 Ž; 2 skupine (16 + 16); neurodinamična mobilizacija	5 x 20 ponavljanja; dubinski skokovi	polistirenska pjena; Ø15 cm	PRE 48h-PRER 48h-POST	5 x 60 s; 30 s stanke; undulirajući	nejasno određen o	kvadricepsi	Pozitivan: -NRS -izometrički MVC (kvadriceps) -EMG-parametri
Romero-Moraleda (2019)	32 M, 6 Ž; 2 skupine (19 + 19); vibracijski i nevibracijski pjenasti valjak	10 x 10 ponavljanja; čučnjevi	polistirenska pjena; Ø15 cm; polipropilenska pjena, vibracijski; Ø13,48 cm	PRE 48h-PRER 48h-POST	5 x 60 s; 30 s stanke; undulirajući	nejasno određen o	kvadricepsi	Pozitivan: -VAS (pasivno, čučanj, izometrička kontrakcija, istezanje) -PPT (kvadriceps) -SmO <sub>2</sub> (nakon čučnjeva) -CMJ -ROM (pasivna i aktivna ekstenzija kuka, pasivna i aktivna fleksija koljena) Bez učinka: -SmO <sub>2</sub> (mirovanje)

<b>Tablica 1 – Dosadašnja istraživanja učinaka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kod DOMS-a</b>								
Istraživanje	Broj ispitanika i vrsta istraživanja	Vrsta tjelesnog opterećenja	Pjenasti valjak	Intervali mjerenja	Trajanje po mišićnoj skupini i tehnika rolinga	Kadencija	Tretirana mišićna skupina	Učinak rolinga na DOMS
Schroeder (2019)	7 M; 13 Ž; kontrola druga noga, bez tretmana	5 x 10 ponavljanja; ekstenzija potkoljenice	srednja gustoća; Ø15 cm	PRE POST-0 24h-POST 48h-POST 72h-POST	2 x 45 s; 60 s stanke; kontinuirani	40 x/min	kvadriceps (samo desna noga)	Bez učinka: -miotometrijski parametri

Popis kratica i oznaka:

M – muški; Ž – žene; Ø – promjer; cm – centimetar; m – metar, km – kilometar; s – sekunda; min – minuta; DOMS – sindrom odgođenog mišićnog bola (engl. *delayed onset muscle soreness*); ON – opseg natkoljenice; CMJ – maksimalni sunožni skok s pripremom; VAS – vizualno analogna ljestvica; NRS – numerička ljestvica (engl. *numeric rating scale*); PPT – prag bola (engl. *pressure-pain threshold*); RPE – subjektivni osjećaj opterećenja; gLMS – ljestvica opće označene magnitude (engl. *general labeled magnitude scale*); TQR – subjektivni osjećaj oporavka (engl. *total quality of recovery*); VO<sub>2</sub> – maksimalni primitak kisika; -SmO<sub>2</sub> – saturacija mišića kisikom; EMG – elektromiografija; NMES – neuromišićna elektrostimulacija; MVC – maksimalna voljna kontrakcija (engl. *maximum voluntary contraction*); \* negativan učinak rolinga; PRE – mjerenje provedeno prije EIMD-protokola i rolinga; POST-EIMD – mjerenje provedeno neposredno nakon EIMD-protokola a prije rolinga; POST-0 – mjerenje provedeno neposredno nakon EIMD-protokola i rolinga; POST-24 – mjerenje provedeno 24 sata nakon EIMD-protokola i rolinga; POST-48 – mjerenje provedeno 48 sati nakon EIMD-protokola i rolinga; POST-72 – mjerenje provedeno 72 sata nakon EIMD-protokola i rolinga; 1h-POST – mjerenje provedeno 1 sat nakon EIMD-protokola a neposredno nakon rolinga; 24h-POST – mjerenje provedeno 24 sata nakon EIMD-protokola a neposredno nakon rolinga; 48h-POST – mjerenje provedeno 48 sati nakon EIMD-protokola a neposredno nakon rolinga; 72h-POST – mjerenje provedeno 72 sata nakon EIMD-protokola a neposredno nakon rolinga; 96h-POST – mjerenje provedeno 96 sati nakon EIMD-protokola a neposredno nakon rolinga; 24h-PRER – mjerenje provedeno 24 sata nakon EIMD-protokola a neposredno prije rolinga; 48h-PRER – mjerenje provedeno 48 sati nakon EIMD-protokola a neposredno prije rolinga; 72h-PRER – mjerenje provedeno 72 sata nakon EIMD-protokola a neposredno prije rolinga.

Premda dosadašnja istraživanja sugeriraju da postoji utjecaj rolinga na redukciju pojedinih simptoma DOMS-a, trenutno ne postoji konsenzus koji bi bio optimalan program rolinga za postizanje željenih učinaka (43, 72, 116, 120, 128, 265). Bitno je napomenuti kako su navedena istraživanja, osim prema rezultatima, i u metodologiji vrlo heterogena. Osim trajanja tretmana i vrste korištenog pomagala, u dosadašnjim istraživanjima koja su proučavala učinak mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na simptome DOMS-a, postoji značajna razlika i u primijenjenoj tehnici rolinga.

Nakamura i sur. ispituju učinak statičke kompresije uz vibracijsko podraživanje miotendinoznog spoja (195), dok neki autori predlažu ciljani roling miofascijalnih žarišnih točaka, koje mogu uzrokovati lokalnu i prenesenu bol, a definiramo ih kao lokalizirana, palpabilna, hiperiritabilna otvrdnuća skeletnog mišića ili mišićne fascije (30, 31, 128, 206). Tako Wilke i sur. nalaze kako statička kompresija pjenastim valjkom na miofascijalnu žarišnu točku povisuje prag bola, za razliku od provođenja kontinuiranog rolinga uzduž mišića od polazišta do hvatišta i natrag (268). Ipak, većina autora roling provodi uzdužno po tretiranoj mišićnoj skupini. Kad se gledaju dosadašnja istraživanja na temu utjecaja rolinga na sindrom odgođenog mišićnog bola, neki autori koristili su kontinuirane kretnje uzduž mišićne skupine u oba smjera (2, 5, 77, 149, 190, 209, 219, 237), drugi istraživači koristili su kratke undulirajuće kretnje niz mišićnu skupinu, a brzo i kontinuiranom kretnjom vraćali se natrag (64, 66, 132, 155, 160, 196, 223, 224), a Nakamura i sur. provodili su tretman pjenastim valjkom u vidu statičke kompresije (192).

Stoga ovo istraživanje ima za cilj istražiti postoji li razlika u učinku između dviju tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na redukciju simptoma DOMS-a, one kod koje se koriste kontinuirane kretnje u oba smjera uzdužno po tretiranoj mišićnoj skupini (RK) i tehnike u kojoj se koriste kratke undulirajuće kretnje niz mišić i brza kontinuirana kretanja natrag (RU).

Nove spoznaje dobivene ovim istraživanjem bit će korisne u sve raširenijoj svakodnevnoj primjeni pjenastog valjka u rekreaciji i sportu te pomoći u određivanju metodologije budućih istraživanja.



## 2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Primarni cilj ovog istraživanja bio je usporediti povezanost mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kratkim undulirajućim kretnjama niz mišić uz brzu kontinuiranu kretnju natrag i kontinuiranih kretnji u oba smjera na redukciju simptoma DOMS-a.

Sekundarni cilj bio je ispitati ima li nakon oštećenja mišića induciranog vježbom razlike između dviju tehnika rolinga na: razinu bola, opseg natkoljenice, aktivnost kreatin-kinaze u kapilarnoj krvi, visinu maksimalnog sunožnog skoka s pripremom, jakost kvadricepsa i fleksibilnost.

Na temelju ciljeva istraživanja postavljene su sljedeće hipoteze:

H1 – Mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom uz korištenje kratkih undulirajućih kretnji niz mišić i brzu kontinuiranu kretnju natrag značajnije smanjuje intenzitet bola u odnosu na kontinuirane kretnje u oba smjera.

H2 – Mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom uz korištenje kratkih undulirajućih kretnji niz mišić i brzu kontinuiranu kretnju natrag značajnije smanjuje aktivnost kreatin-kinaze u odnosu na provođenje kontinuiranih kretnji u oba smjera.

H3 – Mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom uz korištenje kratkih undulirajućih kretnji niz mišić i brzu kontinuiranu kretnju natrag značajnije poboljšava motoričku izvedbu (fleksibilnost, jakost i eksplozivnu snagu) u odnosu na provođenje kontinuiranih kretnji u oba smjera.

### **3. METODE ISTRAŽIVANJA**

#### **3.1. Ispitanici**

U prvom dijelu istraživanja ispitanici su bili detaljno upoznati s planom i ciljevima istraživanja. Sudjelovanje je bilo dobrovoljno, što su ispitanici potvrdili potpisivanjem informiranog pristanka. Istraživanje je usklađeno s Helsinškom deklaracijom i odobrilo ga je Etičko povjerenstvo Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

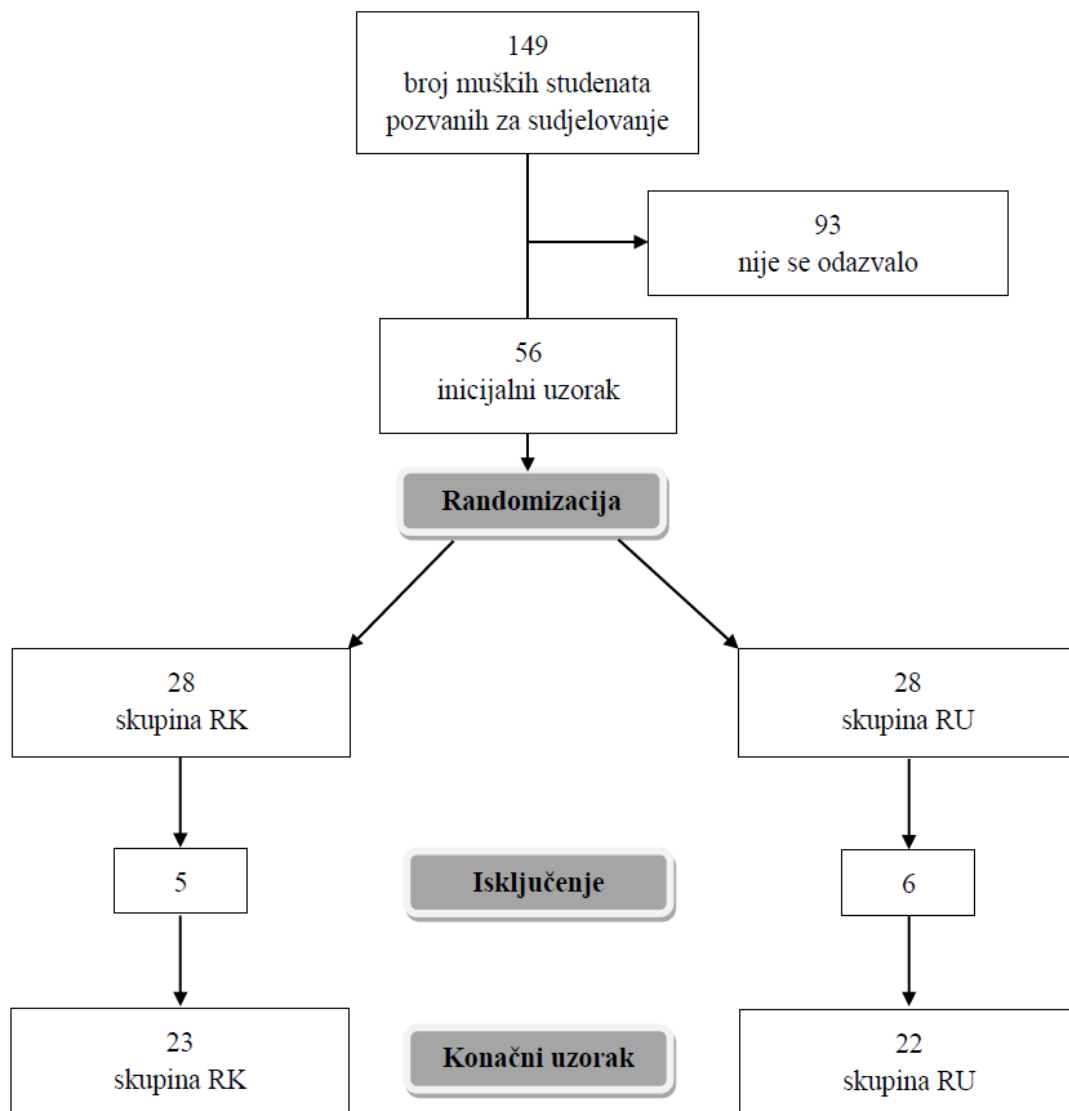
Istraživanje je provedeno u studenom 2017. godine, s prigodnim uzorkom od 56 muških ispitanika, studenata druge godine Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, bez prethodnog iskustva upotrebe pjenastog valjka. Ispitanici su slučajnim odabirom podijeljeni u dvije skupine. Odabir skupine u koju će biti uključen svaki od ispitanika određen je slučajno, uz pomoć prethodno generirane tablice slučajnih brojeva. Randomizacija je provedena u serijama od po 4 ispitanika koji su susljedno alocirani u istu skupinu. Ovisno o skupini, ispitanicima je prikazana tehnika rolinga koju će koristiti tijekom istraživanja.

Kako je prije opisano, tehnika rolinga razlikovala se između dviju ispitivanih skupina tako da je prva skupina roling uzdužno po tretiranoj mišićnoj izvodila koristeći kontinuirane kretnje uzduž mišića u oba smjera (skupina RK), dok je druga skupina provodila undulirajuće kretnje niz mišić uz brzu kontinuiranu kretnju natrag na proksimalni dio mišića (skupina RU). Jedan od ključnih kriterija bila je dob ispitanika, pa su uključeni samo redoviti studenti druge godine studija koji su fakultet upisali odmah nakon završetka srednje škole. Zato se dob ispitanika naknadno neće razmatrati.

Kao kriterij isključivanja iz ispitivanja definirana je recentna ozljeda lokomotornog sustava 3 mjeseca prije početka istraživanja, provođenje neuobičajene i/ili intenzivnije tjelesne aktivnosti 7 dana prije i tijekom provođenja istraživanja, a također su ispitanici upućeni da ne konzumiraju energetske ili alkoholne napitke, ne uzimaju lijekove i dodatke prehrani, ne provode dijetalnu prehranu za vrijeme provođenja istraživanja te ne jedu 2 sata prije mjerenja. Provođenje svakodnevnih aktivnosti u okviru studijskog programa bilo je dopušteno bez ograničenja.

Inicijalni uzorak sastojao se od ukupno 56 ispitanika koji su prethodno opisanom metodologijom podijeljeni u dvije skupine po 28 osoba. Prije provođenja analize, iz obiju skupina isključeno je ukupno 11 ispitanika i to 6 iz skupine RK te 5 iz skupine RU.

Jedan ispitanik isključen je od strane istraživača iz skupine RK zbog neodgovarajuće visokog subjektivnog osjećaja bola prilikom inicijalnog izvođenja čučnja, što je dovelo do zaključka da se nije pridržavao uputa o kriteriju isključivanja iz studije. Zbog nemogućnosti pridržavanja kriterija isključivanja između dvaju mjerenja, zbog bitnih studentskih ili sportskih obaveza, iz istraživanja je isključeno dodatnih 10 ispitanika. U konačnici je u istraživanju sudjelovalo ukupno 45 ispitanika, 23 u skupini RK, a 22 u skupini RU.



Dijagram 3 – Uzorak ispitanika

### 3.2. Uzorak varijabli

Mjerenja su provedena u studenom 2017. godine u Laboratoriju za fiziologiju sporta i vježbanja Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Uzorak varijabli čine:

Antropometrijske mjere

Masa tijela (TM) – kilogrami (kg)

Visina tijela (TV) – centimetri (cm)

Opseg natkoljenice (ON) – centimetri (cm)

Subjektivni parametri:

Intenzitet bola

Biokemijski parametri

Kreatin-kinaza (CK) – jedinica po litri (U/L)

Motoričke sposobnosti

Fleksibilnost hamstringsa – centimetri (cm)

Jakost kvadricepsa (JK) – Njutni (N)

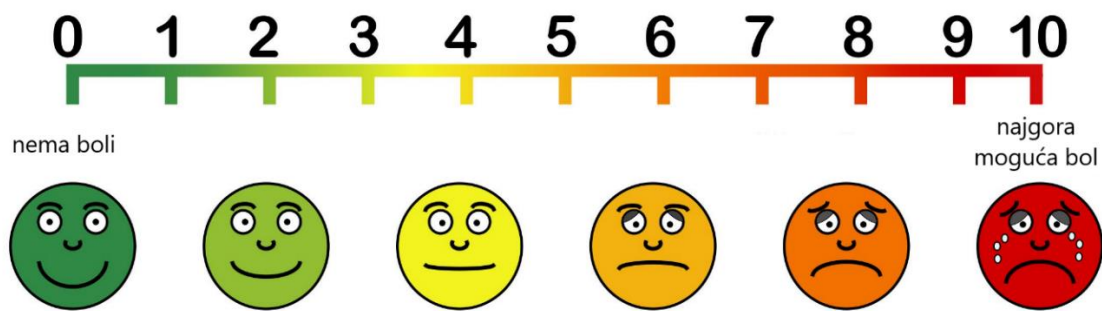
Eksplozivna snaga sunožnog skoka s pripremom (engl. *countermovement jump* – CMJ) – centimetri (cm)

### 3.3. Mjerni instrumenti

Tjelesna masa izmjerena je na digitalnoj vagi proizvođača Boscha, s preciznošću 0,1 kilograma, a visina tijela pomoću antropometra proizvođača GPM, s preciznošću 0,1 centimetara. Iz navedenih podataka izračunali smo indeks tjelesne mase (engl. *body mass index* – BMI).

Ispitanici su markirani na sredini natkoljenice, između trohantera i lateralnog platoa tibije (199) dominantne noge, gdje je izmjeren opseg natkoljenice centimetarskom vrpcom, s preciznošću 0,1 cm. Dominantna noga određena je kao ona kojom bi udarili loptu.

Subjektivni osjećaj bola određivao se pomoću vizualno-analogne ljestvice (engl. *visual analogue scale* – VAS). Riječ je o jednodimenzionalnoj ljestvici za procjenu intenziteta bola. U ovom istraživanju ispitanici su označavali intenzitet bola na horizontalnoj liniji s označenih 11 stupnjeva (0 – 10), gdje je vrijednost 0 označavala odsutnost bola, a 10 najgoru bol koju su mogli zamisliti (107).



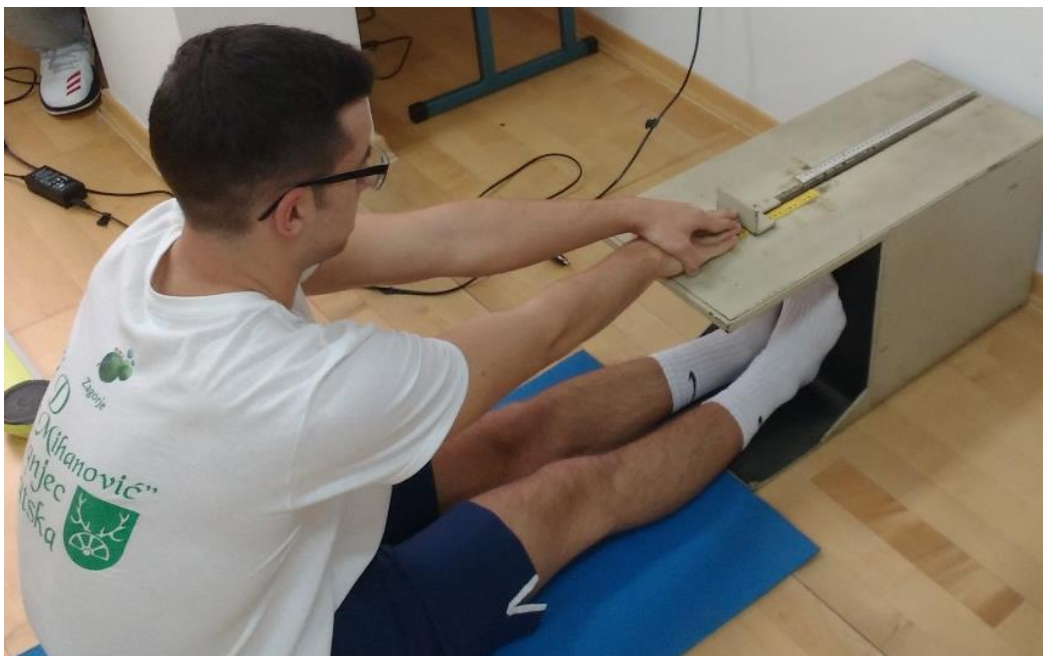
Slika 9 – Jednodimenzionalna ljestvica za procjenu intenziteta bola korištena u istraživanju

U literaturi ćemo često za takvu ljestvicu naći naziv numerička ljestvica (engl. *numeric rating scale* – NRS), dok se VAS-ljestvica često nalazi u obliku horizontalne milimetarske linije s vrijednostima 0 – 100. Te dvije verzije jednodimenzionalnih ljestvica pokazuju dobru korelaciju, uz jednostavniju upotrebu i bolju suradljivost kod korištenja NRS-ljestvice (107, 130). Klinički značajna promjena na jednodimenzionalnim ljestvicama bola jednaka je za sve intenzitete bola i ne ovisi o početnom stupnju (134). Prema dosadašnjim istraživanjima na primjeru kroničnog bola, klinički značajnim smatra se smanjenje na VAS-ljestvici za 2 stupnja ili 30 % od početne vrijednosti (80).

Ispitanici su sukladno uputi označili broj na ljestvici koji najbolje opisuje intenzitet bola u kvadricepsu dominantne noge kod izvođenja čučnja (VAS). Tehnika izvođenja čučnja bila je uz noge postavljene u širini ramena, vanjsku rotaciju stopala od 20-ak stupnjeva i pete stabilno na tlu. Pogled je bio usmjeren naprijed, ruke ispružene, paralelne s tлом, a kralježnica u neutralnom položaju. Ispitanici su se spuštali do položaja u kojem je kuk blago ispod razine koljena, uz napomenu istraživača da spriječe nastanak valgusa koljena i održe ga iznad razine stopala. Također bol na VAS-ljestvici određena je u tridesetoj sekundi rolinga kvadricepsa (VAS-R) dominantne noge.

Aktivnost kreatin-kinaze određena je uzimanjem uzorka kapilarne krvi. Jagodica prsta očišćena je 70 %-tnom otopinom etanola te je po evaporaciji lancetom Accu-check Safe-T-Pro Plus probodena koža i uzet uzorak krvi volumena 32  $\mu$ L pomoću kapilarne cjevčice, Capilette proizvođača Selzer. Uzorak krvi nanesen je na testnu trakicu Reflotron CK i potom je uređajem Roche Reflotron Plus izmjerena aktivnost CK-a u kapilarnoj krvi. Koeficijent varijacije kod ponovljenih mjerenja aktivnosti CK-a tim uređajem, prema Christmasu i sur., iznosio je 20 %, što može čak i prikriti eventualne eksperimentalne učinke (55).

Fleksibilnost ispitanika izmjerena je *sit and reach* (S&R) testom, korištenjem *sit and reach* klupica. Ispitanici su sjedili na podu ispred mjernog instrumenta sa skupljenim nogama i ispruženim koljenima. S dlanovima okrenutim prema dolje, položenom jednom rukom preko druge i ispruženim rukama nagnuli su se prema mjernom instrumentu, klizeći duž mjerne ploče, uz izdisaj, bez trzaja i uz zadržavanje 2 sekunde u krajnjem položaju (13, 111, 117). Na gornjem dijelu instrumenta mjerna je centimetarska vrpca čija nula je na mjestu gdje dolaze ispitanikova stopala. Dohvat ispred razine stopala označen je kao negativan, dok je dohvat iza razine stopala označen kao pozitivan. Preciznost mjerenja iznosila je 0,1 cm, na mjernoj vrpci instrumenta. Ispitanici su izveli test tri puta, a najbolji rezultat uzet je za daljnju statističku analizu.

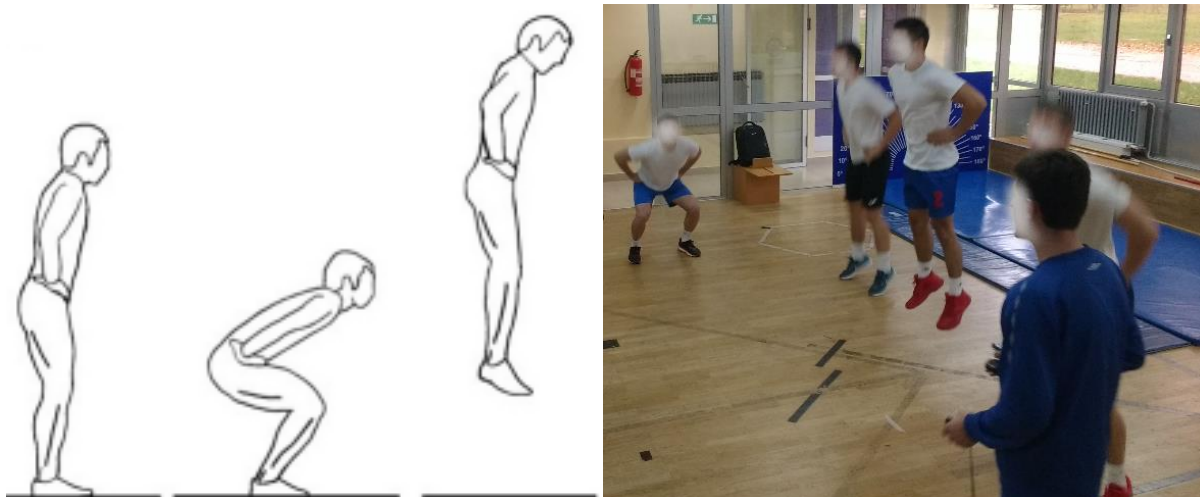


Slika 10 – Izvođenje *sit and reach* testa

*Sit and reach* test učestalo se koristi za mjerenje fleksibilnosti zbog svoje jednostavne procedure i izvedbe. I dok u literaturi nema dovoljno dokaza da je taj test dobra mjera fleksibilnosti slabinske kralježnice (157, 171) i postoji ograničenje njegova izvođenja u osoba s križboljom (16), zbog svoje zadovoljavajuće reproducibilnosti i umjerene razine pouzdanosti u usporedbi s pasivnim podizanjem ispružene noge, može se upotrebljavati za evaluaciju fleksibilnosti hamstringsa (13, 157, 171). S obzirom na to da na rezultate S&R testa utječe doba dana kada je mjerenje provedeno (95), sva mjerenja učinjena su u isto vrijeme.

Jakost kvadricepsa dominantne noge određena je izometričkom kontrakcijom pomoću električnog dinamometra te fiksacijskog uređaja, proizvođača Spremo & Barač. Preciznost korištenog instrumenta iznosila je 1 N. Prema protokolu Heimera i sur., ispitanici su ležali na trbuhu, ramenima uprtim na predviđene podloške i natkoljenice učvršćene pojasom na horizontalnu podlogu neposredno iza poplitealne jame. Mjerena potkoljenica bila je flektirana pod 90 stupnjeva u odnosu na horizontalnu podlogu, a poveska povezana sa sondom električnog dinamometra stavljena je oko gležnja. Za vrijeme ispitivanja ruke ispitanika bile su položene ispod glave (111). Na znak mjerioca, ispitanici su učinili maksimalnu izometričku kontrakciju i zabilježena je jakost kvadricepsa.

Maksimalni sunožni skok s pripremom (CMJ) izmjeren je pomoću Microgateove Optojump Next platforme. Riječ je o mjernom instrumentu koji se sastoji od dvije optičke trake položene na tlo, a između kojih se odašilje signal. Ova platforma visinu skoka izračunava na temelju trajanja faze leta, određenu bilježenjem prekida komunikacije između optičkih traka. Preciznost mjerenja faze leta prema proizvođaču iznosi 1/1000 sekunde, a visina CMJ izražava se u centimetrima uz preciznost mjerenja 0,1 cm. Početna pozicija ispitanika bila je rukama oslonjenim o kukove, stopalima približno u širini ramena, a pogledom usmjerenim ravno ispred.



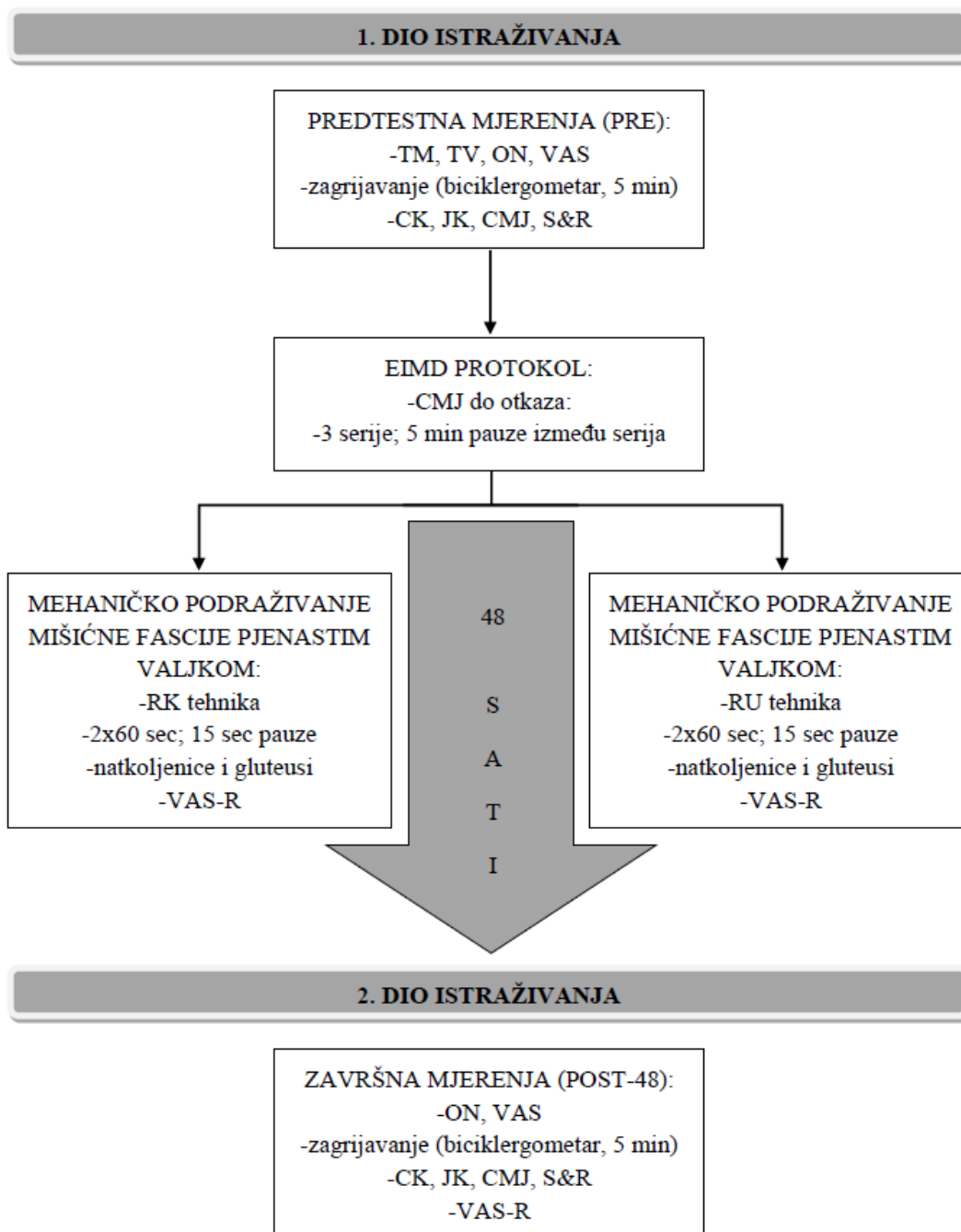
Slika 11 – Prikaz tehnike maksimalnog sunožnog skoka s pripremom (lijevo) (Nagahara 2014); prikaz provođenja EIMD protokola (desno)

Ispitanici su izvodili CMJ bez zamaha ruku, tri puta uzastopce na znak istraživača, a zabilježena je najviša vrijednost skoka. Premda u usporedbi s platformama za mjerenje sile Optojump podcjenjuje visinu skoka za otprilike 2,5 %, s obzirom na izvrsnu pouzdanost u ponovljenim mjerenjima, opravdana je njegova upotreba u mjerenju visine skoka između grupa, kao i praćenju promjena unutar grupe (91, 109).

### 3.4. Protokol istraživanja

Istraživanje je bilo podijeljeno u dva dijela. U prvom dijelu određene su antropometrijske mjere, izvršena su predtestna mjerenja (PRE), EIMD-protokol te mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom (roling). Drugi dio istraživanja proveden je 48 sati nakon provođenja EIMD-protokola, kada su provedena završna mjerenja (POST-48).





Dijagram 4 – Protokol istraživanja

### 3.4.1. Predtestna mjerenja

U sklopu predtestnih mjerenja ispitanicima se izmjerila tjelesna masa (TM, mjerna jedinica kg), tjelesna visina (TV, mjerna jedinica cm). Izmjeren je opseg natkoljenice (ON i VAS). Potom je uslijedilo „zagrijavanje“, u vidu vožnje biciklergometra proizvođača Monark tijekom 5 minuta uz opterećenje od 50 W i kadencu 50/min. Nakon zagrijavanja pristupilo se ostalim mjerenjima: CK, JK, CMJ, S&R.

### *3.4.2. Vježbom inducirano oštećenje mišića (EIMD)*

Nakon završetka PRE-mjerenja, pristupilo se EIMD-protokolu. Cilj provođenja tog protokola bio je izazvati DOMS. U ovom istraživanju korišten je protokol preuzet iz Manojlovića, prema kojem su ispitanici bili upućeni izvoditi 3 serije povezanih CMJ-a bez zamaha ruku do otkaza, uz stanku između serija od 5 minuta. Početna pozicija ispitanika bila je rukama oslonjenim o kukove, dok su stopala bila približno u širini ramena. Ispitanici su bili upućeni da gledaju ravno ispred sebe. Verbalno poticanje ispitanika za vrijeme izvođenja skokova bilo je standardizirano. Otkaz je definiran kao nemogućnost ispitanika da izvrše odraz od podloge (166). Kako bismo osigurali maksimalni angažman i motivaciju ispitanika, osim verbalnog poticanja istraživača, EIMD-protokol provodio se u skupinama po 4 ispitanika.

### *3.4.3. Mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom (roling)*

Odmah nakon EIMD-protokola ispitanici su mehanički podraživali mišićnu fasciju pjenastim valjkom TriggerPoint Grid X, građenim od PVC-cijevi okružene tvrdom EVA-pjenom, promjera 13,97 cm. Rolling se provodio u skupinama po 4 ispitanika, na muskulaturi prednje, unutarnje, stražnje i vanjske strane natkoljenica te gluteusima.

Kako je ranije navedeno, tehnika rolinga razlikovala se između dviju ispitivanih skupina tako što je prva skupina roling provodila uzdužno po tretiranoj mišićnoj skupini koristeći kontinuirane kretnje uzduž mišića u oba smjera (skupina RK), dok je druga skupina izvodila undulirajuće kretnje niz mišić uz brzu kontinuiranu kretanju natrag na proksimalni dio mišića (skupina RU). Ispitanicima je posebno naglašeno da roling treba provoditi cijelom dužinom mišića, što bliže polazištu/hvatištu mišićne skupine koja se tretira te uz maksimalan prijenos tjelesne mase putem pomagala na miofascijalni kompleks.

Prvo se pristupilo rolingu prednje strane nedominantne natkoljenice. Ispitanici su se okrenuli potrbušno i oslonili na laktove. Dominantna noga bila je lagano svinuta u koljenu, odmaknuta od tijela, a stopalo položeno na tlo. Krenuvši od spine ilijake anterior superior nedominantne noge, roling se provodio duž kvadricepsa do baze patele. Rolling unutarnje strane nedominantne natkoljenice provodio se također u potrbušnom položaju, uz oslonac na laktove te stopalo dominantne noge. U kuku nedominantne noge napravljena je fleksija i vanjska rotacija te fleksija u koljenom zglobu. Proksimalni dio aduktora dominantne noge postavljen je na pjenasti

valjak, a roling se provodio do medijalnog kondila femura. Mišići stražnje strane natkoljenice tretirani su uz oslonac na dlanove i stopalo dominantne noge flektirane u kuku i koljenu. Roling se provodio od glutealnog nabora do poplitealne jame. Roling gluteusa provodio se u istom položaju ruku i dominantne noge, ali tako da ispitanik sjedne na pjenasti valjak i prekriži stopalo nedominantne noge preko koljena dominantne noge. Gluteusi su tretirani od crijevne i križne kosti prema hvatištu gluteusa maksimuma na femuru i iliotibijalnom traktusu. Na kraju je proveden roling vanjske strane nedominantne natkoljenice. Ispitanici su dominantnu nogu flektirali u kuku i koljenu, prebacili preko tretirane noge i postavili stopalo na podlogu. Roling se provodio uzdužno po iliotibijalnom traktusu, od velikog trohantera do lateralnog kondila femura. Isti postupak mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom ponovljen je na dominantnoj nozi te je određen VAS-R u tridesetoj sekundi rolinga kvadricepsa.



Slika 12 – Roling kvadricepsa

Svaka regija tretirana je 2 x 60 sekundi, uz 15 sekundi stanke između svake minute rolinga. Kadenca je bila zadana, 50 x/min za RK, a 3 – 5 x/min za RU skupinu. Ukupno trajanje tretmana bilo je 25 minuta po ispitaniku, uz nadzor istraživača i upute o stankama i promjenama tretirane mišićne skupine.

#### 3.4.4. Završna mjerenja (POST-48)

Nakon mjerenja ON-a i određivanja VAS-a, provedeno je zagrijavanje po ranije opisanom protokolu te su učinjena ostala mjerenja: CK, JK, CMJ i S&R.

Nakon završetka mjerenja ispitanici su ponovno provodili roling kvadricepsa dominantne noge, istom tehnikom kao u prvom dolasku te je zabilježen VAS-R u 30. sekundi rolinga.

### 3.5. Metode obrade podataka

U statističkoj obradi podataka korištena su dva statistička paketa – Statistica (TIBCO Software Inc. (2020). Data Science Workbench, version 14. <http://tibco.com>.) i Jamovi (The jamovi project (2021). jamovi (Version 2.2.5). Retrieved from <https://www.jamovi.org>). Vrijednosti varijabli mjerenih nominalnom i ordinalnom ljestvicom prikazane su kontingencijskim tablicama. Vrijednosti varijabli mjerenih omjernom ljestvicom prikazane su pomoću uobičajenih deskriptivnih parametara – srednje vrijednosti i standardne devijacije te medijana i gornjeg i donjeg kvartila, odnosno interkvartilnog raspona. Normalnost raspodjele varijabli mjerenih omjernom ljestvicom ispitana je Shapiro-Wilkovim testom. U okviru ispitivanja normalnosti razdiobe, prikazane su i vrijednosti asimetrije (engl. *skewness*) razdiobe, kao i histogram razdiobe vrijednosti svake varijable. Ovisno o normalnosti distribucije varijabli korišteni su odgovarajući parametrijski, odnosno neparametrijski testovi. Vrijednosti varijabli mjerenih omjernim ljestvicama uspoređene su između dvaju skupina (RU i RK) Studentovim t-testom (kod normalno distribuiranih varijabli) odnosno Mann-Whitneyjevim U-testom (kod varijabli koje nisu slijedile normalnu razdiobu). Za iste varijable usporedba između dvaju mjerenja kod istih ispitanika provedena je odgovarajućim testovima za parne uzorke: parametrijskim testom za zavisne uzorke, tj. t-testom za zavisne uzorke ili neparametrijskim testom za zavisne uzorke, tj. Wilcoxonovim testom.

Korelacije među kontinuiranim varijablama ispitane su također odgovarajućim parametrijskim (Pearsonova korelacija), odnosno neparametrijskim testom (Spearmanova korelacija). U rezultatima su prikazane vrijednosti koeficijenta korelacije, kao i statistička značajnost. Razina statističke značajnosti postavljena je na 0,05. Vrijednosti p koje su se nalazile između 0,05 i 0,10 tumačene su kao statistički granično značajne te na odgovarajući način komentirane u tekstu.

#### 4. REZULTATI

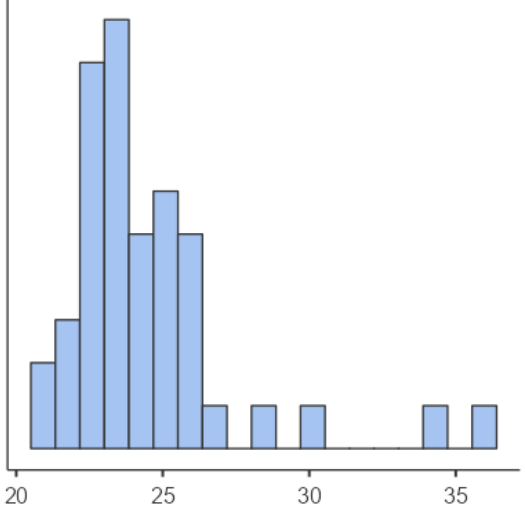
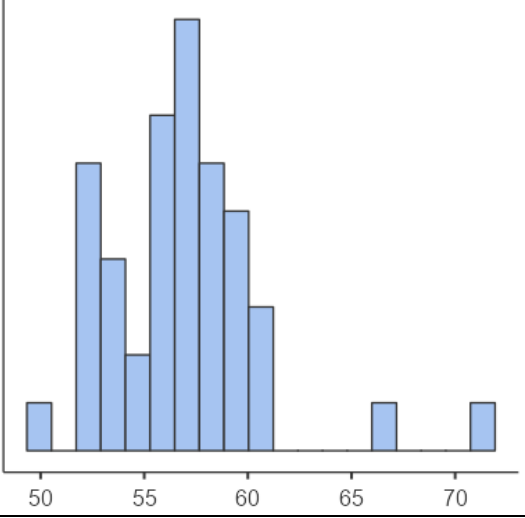
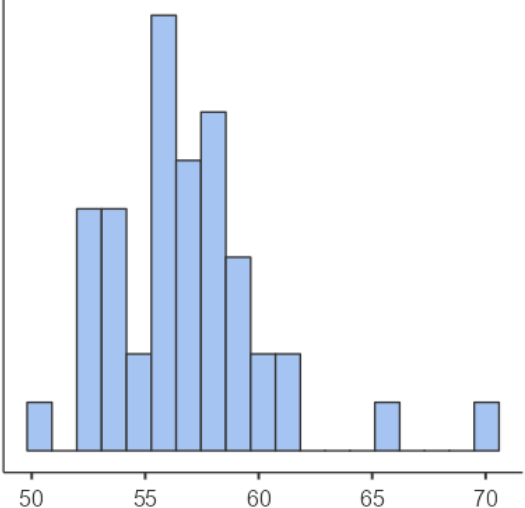
Tablica 2 odnosi se na vrijednosti svih promatranih varijabli prilikom uključivanja u istraživanje.

<b>Tablica 2 – Inicijalne vrijednosti promatranih varijabli</b>							
	<b>N*</b>	<b>M</b>	<b>Med</b>	<b>SD</b>	<b>IKR</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
TM	45	81,8	80,7	11,12	10,8	64	124
TV	45	182,6	183,4	6,54	8	167	194,7
BMI	45	24,5	23,8	2,94	2,39	20,9	36
ON1	45	56,9	57	3,76	4,6	50	71,4
VAS1	45	0,044	0	0,208	0	0	1
CK1	45	197	160	107	156	58	484
JK1	45	438	440	114	155	248	737
CMJ1	45	36,4	36,3	4,55	7	27,5	46,2
S&R1	45	11,1	11	6,52	9,4	-1,2	27,2
VAS-R1	45	4,93	5	1,4	2	1	7

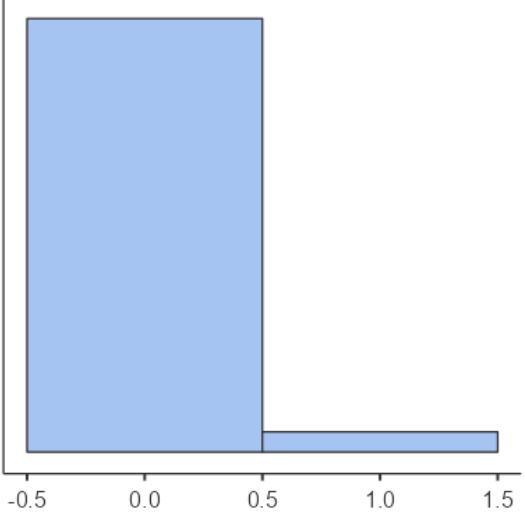
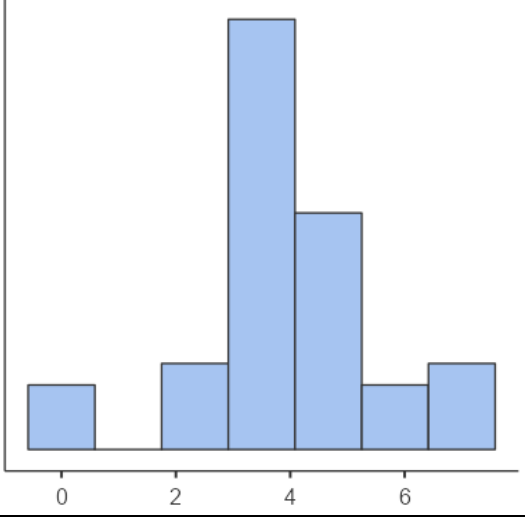
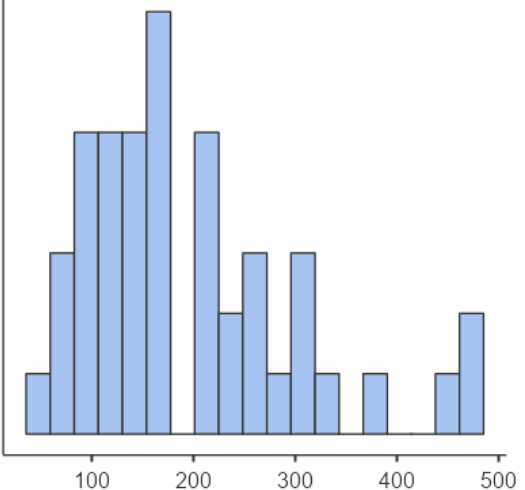
\* M = srednja vrijednost; N = broj ispitanika; Med = medijan; SD = standardna devijacija; IKR = interkvartilni raspon; Min/Maks = najniža i najviša izmjerena vrijednost

Tablica 3 prikazuje rezultate ispitivanja normalnosti distribucije za varijable mjerene omjernom ljestvicom (u istraživanju nije bilo varijabli mjenjenih intervalnom ljestvicom). Prikazane su vrijednosti asimetrije distribucije (engl. *skewness*) kao i p vrijednost Shapiro-Wilkovog testa za svaku varijablu.

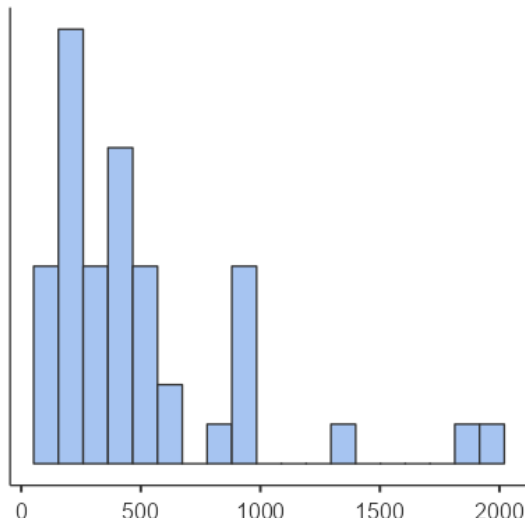
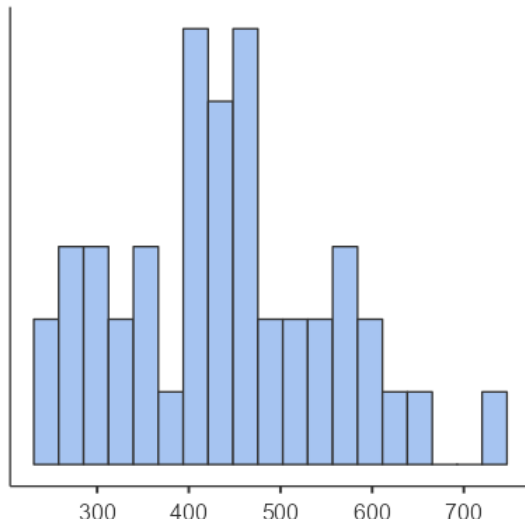
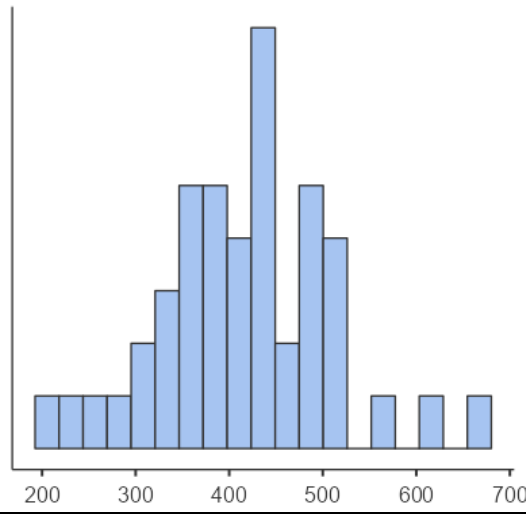
**Tablica 3 – Normalnost distribucije varijabli mjerenih omjernom ljestvicom**

Varijabla	Asimetrija	Shapiro-Wilkov p	Grafički prikaz distribucije
BMI	2,26	<0,001	
ON1	1,32	<0,001	
ON2	1,17	0,007	

**Tablica 3** – Normalnost distribucije varijabli mjerenih omjernom ljestvicom

Varijabla	Asimetrija	Shapiro-Wilkov p	Grafički prikaz distribucije
VAS1	4,58	< 0,001	
VAS2	-0,332	0,022	
CK1	1,07	0,001	

**Tablica 3** – Normalnost distribucije varijabli mjerenih omjernom ljestvicom

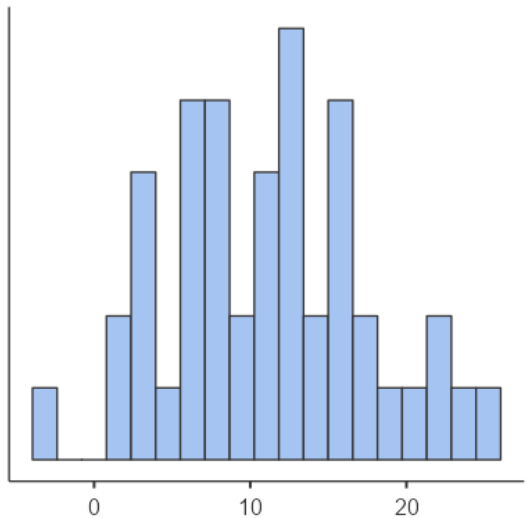
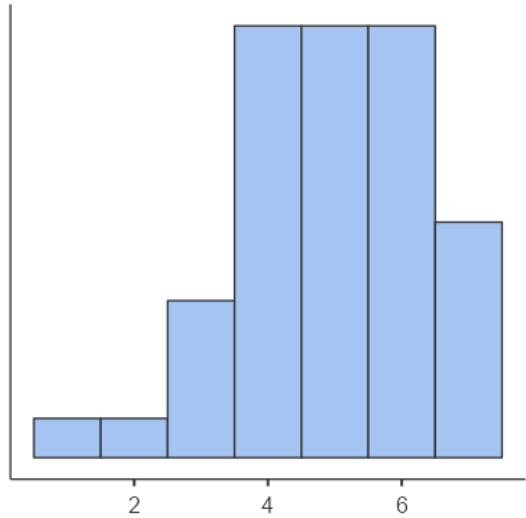
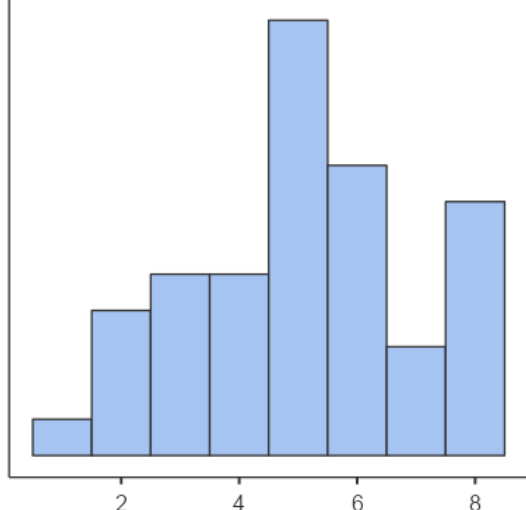
Varijabla	Asimetrija	Shapiro-Wilkov p	Grafički prikaz distribucije
CK2	2,1	<0,001	 <p>The histogram for CK2 shows a distribution that is highly right-skewed. The x-axis ranges from 0 to 2000 with major ticks every 500 units. The y-axis represents frequency. The highest frequency is observed in the first bin (0-200), followed by a sharp decline. There are several smaller peaks at higher values, notably around 500, 1000, 1500, and 2000.</p>
JK1	0,366	0,483	 <p>The histogram for JK1 shows a distribution that is roughly bell-shaped and centered around 450. The x-axis ranges from 200 to 750 with major ticks every 100 units. The y-axis represents frequency. The distribution is relatively symmetric, with a peak frequency around 450 and a range from approximately 200 to 750.</p>
JK2	0,255	0,874	 <p>The histogram for JK2 shows a distribution that is roughly bell-shaped and centered around 450. The x-axis ranges from 200 to 700 with major ticks every 100 units. The y-axis represents frequency. The distribution is relatively symmetric, with a peak frequency around 450 and a range from approximately 200 to 700.</p>



**Tablica 3** – Normalnost distribucije varijabli mjerenih omjernom ljestvicom

Varijabla	Asimetrija	Shapiro-Wilkov p	Grafički prikaz distribucije
CMJ1	-0,0143	0,646	
CMJ2	0,263	0,323	
S&R1	0,312	0,714	

**Tablica 3** – Normalnost distribucije varijabli mjerenih omjernom ljestvicom

Varijabla	Asimetrija	Shapiro-Wilkov p	Grafički prikaz distribucije
S&R2	0,162	0,932	 <p>A histogram showing the distribution of the S&amp;R2 variable. The x-axis ranges from 0 to 20 with major ticks at 0, 10, and 20. The distribution is roughly bell-shaped and centered around 10-12. The bars are light blue with black outlines.</p>
VAS-R1	-0,495	0,011	 <p>A histogram showing the distribution of the VAS-R1 variable. The x-axis ranges from 0 to 7 with major ticks at 2, 4, and 6. The distribution is skewed to the right, with a peak around 4-5. The bars are light blue with black outlines.</p>
VAS-R2	-0,133	0,029	 <p>A histogram showing the distribution of the VAS-R2 variable. The x-axis ranges from 0 to 8 with major ticks at 2, 4, 6, and 8. The distribution is skewed to the right, with a peak around 5-6. The bars are light blue with black outlines.</p>

Kako bi daljnje analize bile moguće, potrebno je utvrditi da su inicijalne vrijednosti među skupinama usporedive, što je također indirektni pokazatelj da je randomizacija provedena na ispravan način.

<b>Tablica 4 – Vrijednosti osnovnih parametara pri uključivanju u istraživanje</b>					
<b>Parametar</b>	<b>Skupina</b>	<b>N</b>	<b>M (SD)</b>	<b>Med (DK – GK)</b>	<b>p</b>
<b>BMI</b>	<b>RK</b>	23	24,83 (3,04)	23,99 (22,61 – 25,92)	0,433 <sup>§</sup>
	<b>RU</b>	22	24,19 (2,87)	23,71 (22,99 – 24,58)	
<b>ON1</b>	<b>RK</b>	23	57,48 (3,56)	58,8 (54,2 – 59,8)	0,029 <sup>§</sup>
	<b>RU</b>	22	56,31 (3,96)	56,2 (53,6 – 57,2)	
<b>VAS1</b>	<b>RK</b>	23	0 (0)	0 (0 – 0)	0,609 <sup>§</sup>
	<b>RU</b>	22	0,09 (0,29)	0 (0 – 0)	
<b>CK1</b>	<b>RK</b>	23	202,44 (108,91)	160 (125 – 272)	0,759 <sup>§</sup>
	<b>RU</b>	22	190,97 (106,65)	164,5 (111 – 231)	
<b>JK1</b>	<b>RK</b>	23	430,74 (112,86)	425 (352 – 485)	0,681*
	<b>RU</b>	22	444,95 (117,75)	455 (343 – 515)	
<b>CMJ1</b>	<b>RK</b>	23	35,38 (4,37)	36 (31,9 – 37,6)	0,128*
	<b>RU</b>	22	37,45 (4,59)	38,9 (33,1 – 40,5)	
<b>S&amp;R1</b>	<b>RK</b>	23	10,31 (6,29)	11 (4 – 13,3)	0,397*
	<b>RU</b>	22	11,98 (6,8)	11,3 (8,3 – 17)	
<b>VAS-R1</b>	<b>RK</b>	23	4,87 (1,55)	5 (4 – 6)	0,954 <sup>§</sup>
	<b>RU</b>	22	5 (1,27)	5 (4 – 6)	

\* Studentov t-test; <sup>§</sup> Mann-Whitneyjev U test

M = srednja vrijednost; N = broj ispitanika; Med = medijan; DK/GK = donji i gornji kvartil

Kako je vidljivo iz Tablice 4, razlike među skupinama pri uključivanju u istraživanje nisu bile statistički značajne, pa je moguće skupine dalje uspoređivati s obzirom na način rolinga.

Iznimka od toga je varijabla ON1 (inicijalna vrijednost opsega natkoljenice u cm), koja je bila statistički značajno viša u skupini RK. To će se uzeti u obzir pri obradi podataka.

Tablice koje slijede prikazuju vrijednosti drugog mjerenja. S obzirom na to da se radi o drugom mjerenju, nakon što je kod ispitanika već bila primijenjena neka od metoda rolinga, prikaz rezultata nešto je drugačiji. U svakoj tablici prikazani su deskriptivni parametri kako slijedi: M = srednja vrijednost; N = broj ispitanika; Min/Maks = najviša i najniža vrijednost; SD = standardna devijacija; +/- 95 % IP = intervali pouzdanosti; Med = medijan; DK/GK = donji i gornji kvartil. U zaglavlju tablice prikazana je i vrijednost p (statistička značajnost razlika između skupina RK i RU), izračunata odgovarajućim parametrijskim (oznaka \*) ili neparametrijskim testom (oznaka §).

Iako razlike niti u jednoj od varijabli prikazanih u tablicama 5 – 11 ne dostižu razinu statističke značajnosti ( $p < 0,05$ ), razlike u opsegu natkoljenice u završnom mjerenju (ON2) i maksimalnom sunožnom skoku s pripremom u drugom mjerenju (CMJ2) mogu se označiti kao statistički granično značajne ( $0,05 < p < 0,10$ ).

<b>Tablica 5 – Opseg natkoljenice u završnom mjerenju (<math>p = 0,078^{\S}</math>)</b>										
<b>Skupina</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>SD</b>	<b>-95 % IP</b>	<b>+95 % IP</b>	<b>DK</b>	<b>Medijan</b>	<b>GK</b>
<b>RK</b>	57,32	23	49,90	65,60	3,59	55,77	58,87	54,00	57,80	59,60
<b>RU</b>	56,23	22	52,30	69,60	3,51	54,67	57,78	54,20	56,15	56,90
<b>Ukupno</b>	56,78	45	49,90	69,60	3,55	55,72	57,85	54,20	56,40	58,40

<b>Tablica 6 – Intenzitet bola na vizualno analognoj ljestvici u završnom mjerenju</b>										
<b>(<math>p = 0,224^{\S}</math>)</b>										
<b>Skupina</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>SD</b>	<b>-95 % IP</b>	<b>+95 % IP</b>	<b>DK</b>	<b>Medijan</b>	<b>GK</b>
<b>RK</b>	3,83	23	2,00	7,00	1,34	3,25	4,40	3,0	3,0	5,00
<b>RU</b>	4,09	22	0,00	7,00	2,11	3,15	5,03	3,0	5,0	5,00
<b>Ukupno</b>	3,96	45	0,00	7,00	1,74	3,43	4,48	3,0	4,0	5,00

<b>Tablica 7 – Aktivnost kreatin-kinaze u završnom mjerenju (<math>p = 0,357^s</math>)</b>										
Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	562,65	23	138,00	1970,00	456,38	365,30	760,00	246,00	386,00	888,00
<b>RU</b>	422,09	22	105,00	1880,00	366,11	259,76	584,42	187,00	383,00	527,00
<b>Ukupno</b>	493,93	45	105,00	1970,00	416,13	368,91	618,95	236,00	384,00	546,00

<b>Tablica 8 – Jakost kvadricepsa u završnom mjerenju (<math>p = 0,904^*</math>)</b>										
Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	412,83	23	213,00	675,00	102,16	368,65	457,01	356,00	424,00	479,00
<b>RU</b>	416,23	22	272,00	616,00	86,49	377,88	454,57	355,00	411,00	478,00
<b>Ukupno</b>	414,49	45	213,00	675,00	93,77	386,32	442,66	356,00	414,00	478,00

<b>Tablica 9 – Maksimalni sunožni skok s pripremom u završnom mjerenju (<math>p = 0,085^*</math>)</b>										
Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	35,54	23	29,20	47,40	4,38	33,65	37,44	31,40	35,70	37,90
<b>RU</b>	37,83	22	30,90	45,00	4,32	35,92	39,75	33,80	38,85	41,70
<b>Ukupno</b>	36,66	45	29,20	47,40	4,46	35,32	38,00	33,40	36,30	40,10

<b>Tablica 10 – Sit and reach test u završnom mjerenju (<math>p = 0,275^*</math>)</b>										
Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	10,03	23	1,10	23,20	5,94	7,47	12,60	6,20	9,30	12,30
<b>RU</b>	12,15	22	-3,20	25,20	6,87	9,10	15,19	6,90	12,75	16,50
<b>Ukupno</b>	11,07	45	-3,20	25,20	6,43	9,14	13,00	6,80	10,90	15,40

**Tablica 11 – Intenzitet bola na vizualno-analognoj ljestvici tijekom rolinga kvadricepsa u završnom mjerenju ( $p = 0,909^{\S}$ )**

Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	5,09	23	1,00	8,00	2,09	4,18	5,99	4,00	5,00	7,00
<b>RU</b>	5,09	22	2,00	8,00	1,74	4,32	5,86	4,00	5,00	6,00
<b>Ukupno</b>	5,09	45	1,00	8,00	1,90	4,52	5,66	4,00	5,00	6,00

Tablice 12 – 18 prikazuju razlike između prvog i drugog mjerenja. S obzirom na to da je u prvoj tablici pokazano da nije bilo statistički značajnih razlika između dviju skupina prilikom uključivanja u istraživanje (s iznimkom varijable ON1), metodološki je opravdano prikazati razlike između prvog i drugog mjerenja i te razlike potom analizirati odgovarajućim statističkim testovima.

Niti za jednu od promatranih varijabli vrijednost  $p$  ne doseže razinu statističke značajnosti ( $p < 0,05$ ).

**Tablica 12 – Razlika u opsegu natkoljenice između dvaju mjerenja ( $p = 0,672^*$ )**

Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	-0,161	23	-1,000	1,500	0,579	-0,411	0,089	-0,600	-0,200	0,200
<b>RU</b>	-0,082	22	-1,800	1,400	0,664	-0,376	0,213	-0,500	-0,100	0,300
<b>Ukupno</b>	-0,122	45	-1,800	1,500	0,616	-0,307	0,063	-0,600	-0,200	0,200

**Tablica 13 – Razlika u intenzitetu bola na vizualno-analognoj ljestvici između dvaju mjerenja ( $p = 0,312^{\S}$ )**

Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	3,83	23	2,00	7,00	1,34	3,25	4,40	3,00	3,00	5,00
<b>RU</b>	4,00	22	0,00	7,00	2,09	3,07	4,93	3,00	4,00	5,00
<b>Ukupno</b>	3,91	45	0,00	7,00	1,73	3,39	4,43	3,00	4,00	5,00

**Tablica 14 – Razlika u aktivnosti kreatin-kinaze između dvaju mjerenja ( $p = 0,099^{\S}$ )**

Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	360,2	23	-60,0	1829,0	428,5	174,9	545,5	89,0	175,5	511,0
<b>RU</b>	231,1	22	-84,0	1662,0	362,7	70,3	392,0	29,0	137,0	314,0
<b>Ukupno</b>	297,1	45	-84,0	1829,0	398,6	177,3	416,9	60,0	162,0	410,0

**Tablica 15 – Razlika u jakosti kvadricepsa između dvaju mjerenja ( $p = 0,704^*$ )**

Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	-17,91	23	-305,00	188,00	111,84	-66,28	30,45	-63,0	-5,0	42,0
<b>RU</b>	-28,73	22	-156,00	127,00	73,24	-61,20	3,74	-85,0	-29,0	23,0
<b>Ukupno</b>	-23,20	45	-305,00	188,00	94,04	-51,45	5,05	-63,0	-27,0	39,0

**Tablica 16 – Razlika u maksimalnom sunožnom skoku s pripremom između dvaju mjerenja ( $p = 0,741^{\S}$ )**

Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	0,165	23	-6,500	3,900	2,165	-0,771	1,101	-1,100	0,000	1,800
<b>RU</b>	0,382	22	-2,500	3,200	1,436	-0,255	1,019	-0,600	0,550	1,500
<b>Ukupno</b>	0,271	45	-6,500	3,900	1,828	-0,278	0,820	-0,600	0,500	1,600

**Tablica 17 – Razlika u *sit and reach* testu između dvaju mjerenja ( $p = 0,445^*$ )**

Skupina	M	N	Min	Maks	SD	-95 % IP	+95 % IP	DK	Medijan	GK
<b>RK</b>	-0,274	23	-4,700	5,000	1,881	-1,087	0,540	-1,20	-0,30	0,700
<b>RU</b>	0,168	22	-4,600	4,700	1,974	-0,707	1,043	-1,30	0,40	1,000
<b>Ukupno</b>	-0,058	45	-4,700	5,000	1,918	-0,634	0,519	-1,20	0,10	0,800

<b>Tablica 18 – Razlika u intenzitetu bola tijekom rolinga kvadricepsa na vizualno-analognoj ljestvici između dvaju mjerenja (p = 0,856*)</b>										
<b>Skupina</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>	<b>SD</b>	<b>-95 % IP</b>	<b>+95 % IP</b>	<b>DK</b>	<b>Medijan</b>	<b>GK</b>
<b>RK</b>	0,217	23	-5,000	7,000	2,315	-0,784	1,219	-1,00	0,00	2,000
<b>RU</b>	0,091	22	-4,000	5,000	2,348	-0,950	1,132	-1,00	0,00	1,000
<b>Ukupno</b>	0,156	45	-5,000	7,000	2,306	-0,537	0,848	-1,00	0,00	1,000

Rezultati prikazani u tablici 19 odnose se na:

- sve ispitanike (obje skupine) – stupac „Svi“
- ispitanike iz skupine RK
- ispitanike iz skupine RU.

Rezultati prikazuju p-vrijednosti provedenih testova.

<b>Tablica 19 – Statistička značajnost razlika između 1. i 2. mjerenja</b>			
<b>Skupina → Parametar ↓</b>	<b>Svi</b>	<b>RK</b>	<b>RU</b>
<b>ON</b>	0,109	0,106	0,590
<b>VAS</b>	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>CK</b>	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>JK</b>	0,105	0,451	0,079
<b>CMJ</b>	0,325	0,717	0,226
<b>S&amp;R</b>	0,841	0,492	0,693
<b>VAS-R</b>	0,755	0,663	0,924

Tablica 19 pokazuje da postoje statistički značajne razlike između prvog i drugog mjerenja u:

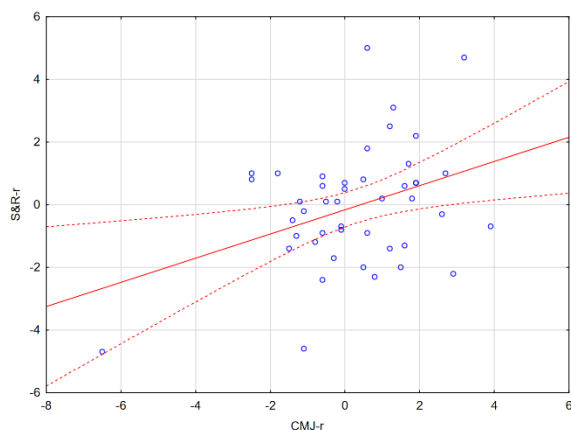
- intenzitetu bola na vizualno analognoj ljestvici
- aktivnosti kreatin-kinaze.



Gornje vrijedi za sve ispitanike, kao i za svaku skupinu pojedinačno. Iz vrijednosti prikazanih u tablicama moguće je zaključiti da su vrijednosti VAS-a i CK-a statistički značajno niže na prvom mjerenju u usporedbi s drugim mjerenjem.

Tablica 20 prikazuje korelacije među promatranim parametrima. Radi se o korelacijama među razlikama između prvog i drugog mjerenja. Statistički značajne korelacije označene su crveno, a one koje su na granici statističke značajnosti ( $0,05 < p < 0,10$ ) označene su zeleno. Statistički značajne ili granično značajne korelacije prikazane su i grafički.

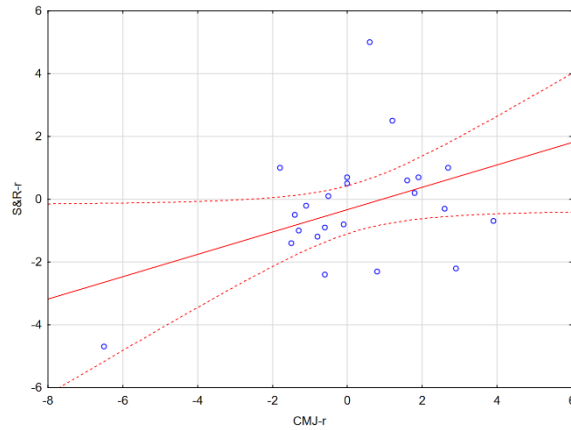
<b>Tablica 20 – Korelacije među razlikama vrijednosti promatranih parametara (<u>svi ispitanici</u>)</b>							
	<b>ON-r</b>	<b>VAS-r</b>	<b>CK-r</b>	<b>JK-r</b>	<b>CMJ-r</b>	<b>S&amp;R-r</b>	<b>VAS-R-r</b>
<b>ON-r</b>		0,1473	0,0643	-0,1232	-0,0583	-0,2181	0,1576
		p = 0,334	p = 0,675	p = 0,420	p = 0,704	p = 0,150	p = 0,301
<b>VAS-r</b>			0,1211	-0,0174	-0,1755	-0,0365	0,0434
			p = 0,428	p = 0,909	p = 0,249	p = 0,812	p = 0,777
<b>CK-r</b>				-0,2200	-0,0949	-0,1584	0,0443
				p = 0,146	p = 0,535	p = 0,299	p = 0,773
<b>JK-r</b>					0,1740	-0,1410	-0,1600
					p = 0,253	p = 0,355	p = 0,294
<b>CMJ-r</b>						<b>0,3672</b>	0,1861
						<b>p = 0,013</b>	p = 0,221
<b>S&amp;R-r</b>							0,0221
							p = 0,885
<b>VAS-R-r</b>							



Grafikon 1 – Korelacija između maksimalnog sunožnog skoka s pripremom i *sit and reach* testa

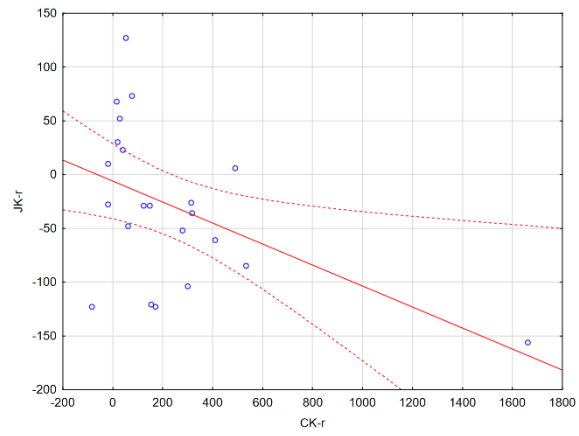
Tablice 21 i 22 te grafikoni 2 i 3 na sljedećim stranicama prikazuju iste korelacije, ali prema promatranim skupinama ispitanika.

<b>Tablica 21 – Korelacije među razlikama vrijednosti promatranih parametara (<u>samo skupina RK</u>)</b>							
	<b>ON-r</b>	<b>VAS-r</b>	<b>CK-r</b>	<b>JK-r</b>	<b>CMJ-r</b>	<b>S&amp;R-r</b>	<b>VAS-R-r</b>
<b>ON-r</b>		0,0386	-0,0181	-0,0851	-0,2019	-0,0761	0,1663
		p = 0,861	p = 0,935	p = 0,700	p = 0,355	p = 0,730	p = 0,448
<b>VAS-r</b>			-0,0994	0,0798	-0,3493	-0,2801	0,1009
			p = 0,652	p = 0,717	p = 0,102	p = 0,195	p = 0,647
<b>CK-r</b>				-0,1035	-0,1047	-0,1550	-0,1025
				p = 0,639	p = 0,635	p = 0,480	p = 0,642
<b>JK-r</b>					0,2067	-0,1952	-0,2057
					p = 0,344	p = 0,372	p = 0,347
<b>CMJ-r</b>						0,4096	0,2455
						p = 0,052	p = 0,259
<b>S&amp;R-r</b>							-0,0149
							p = 0,946
<b>VAS-R-r</b>							



Grafikon 2 – Korelacija između maksimalnog sunožnog skoka s pripremom i *sit and reach* testa u skupini RK

<b>Tablica 22 – Korelacije među razlikama vrijednosti promatranih parametara (<u>samo skupina RU</u>)</b>							
	<b>ON-r</b>	<b>VAS-r</b>	<b>CK-r</b>	<b>JK-r</b>	<b>CMJ-r</b>	<b>S&amp;R-r</b>	<b>VAS-R-r</b>
<b>ON-r</b>		0,2088	0,1796	-0,1795	0,1241	-0,3600	0,1545
		p = 0,351	p = 0,424	p = 0,424	p = 0,582	p = 0,100	p = 0,492
<b>VAS-r</b>			0,3247	-0,1137	-0,0412	0,1072	0,0097
			p = 0,140	p = 0,614	p = 0,856	p = 0,635	p = 0,966
<b>CK-r</b>				<b>-0,4830</b>	-0,0540	-0,1289	0,2150
				<b>p = 0,023</b>	p = 0,811	p = 0,568	p = 0,337
<b>JK-r</b>					0,1090	-0,0534	-0,1026
					p = 0,629	p = 0,813	p = 0,650
<b>CMJ-r</b>						0,3167	0,1092
						p = 0,151	p = 0,628
<b>S&amp;R-r</b>							0,0654
							p = 0,773
<b>VAS-R-r</b>							



Grafikon 3 – Korelacija između aktivnosti kreatin-kinaze i jakosti kvadricepsa u skupini RU

## 5. RASPRAVA

Cilj našeg istraživanja bio je usporediti učinak dviju različitih tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na redukciju simptoma DOMS-a.

Hipoteza je išla u prilog tome da će roling koji se provodi kratkim undulirajućim kretnjama niz mišićnu skupinu uz brzu kontinuiranu kretnju natrag na proksimalni dio mišića imati veći učinak na redukciju pojave simptoma DOMS-a u odnosu na roling koji se provodi kontinuiranim kretnjama u oba smjera. Točnije, pretpostavljeno je kako undulirajući roling značajnije smanjuje intenzitet bola tijekom izvođenja čučnja i aktivnost kreatin-kinaze te dovodi do značajnijeg poboljšanja motoričke izvedbe u odnosu na kontinuirani roling.

Dosadašnja istraživanja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom vrlo su heterogena u metodologiji i u rezultatima, te ne postoji konsenzus o optimalnom programu rolinga kojim bi se smanjio nastanak simptoma DOMS-a (43, 112, 120, 265).

Mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom ne može se ispitivati *sljepo* za ispitanika, no budući da su obje skupine ovog istraživanja provodile roling, isključen je potencijalni placebo učinak rolinga na rezultate (265). S druge strane kad se uključi kontrolna skupina koja odmara za vrijeme rolinga eksperimentalnih skupina, ne smije se zanemariti niti mogući učinak same aktivnosti rolinga u eksperimentalnim skupinama na rezultate, napose kod dužeg trajanja tretmana (108, 182). Jones i sur. doskočili su tome tako što je kontrolna skupina izvodila iste kretnje kao kod rolinga, samo na *skateboardu*, bez mehaničkoga podraživanja mišićne fascije (123), a Griefahn i sur. u svojoj placebo skupini provodili su roling uz minimalni prijenos sile na miofascijalni kompleks (93). S obzirom na to da je za postavljanje u položaj za roling potrebna izometrička kontrakcija mišića, Wilkerson i sur. kao kontrolu postavili su ispitanike u izometričke položaje koji odgovaraju položajima prilikom rolinga (269), a Phillips i sur. osim u izometrički položaj, pod tretirane mišićne skupine stavili su i jastučić za grijanje jer se pretpostavlja da roling utječe na zagrijavanje miofascije (108, 212). U svakom slučaju, nedostatak kontrolne skupine jedno je od ograničenja ovog istraživanja.

Pathania i Muragod provodili su roling na ispitanicima iznad 65 godina te naveli poboljšanje fleksibilnosti u *sit and reach* testu nakon petominutnog rolinga hamstringsa (206). Poboljšanje fleksibilnosti i funkcionalnog kapaciteta mjereno pomoću *Senior Fitness Testa* nalazi se u

istraživanju Yanga i sur., provedenom na sobama starijima od 60 godina nakon pasivnog vibracijskog rolinga u trajanju od 60 sekundi po mišićnoj skupini (272). Dio istraživanja proveden je na sportašima (23, 96, 142, 149, 157, 188, 210, 219, 220, 256, 278), a neka istraživanja provedena su na prigodnom uzorku studenata (27, 64, 66, 104, 123, 135, 159, 190, 192, 197, 237, 242, 244, 251, 262, 275, 279). Međutim u pravilu dosadašnja istraživanja utjecaja rolinga na fleksibilnost provodila su se na zdravim, manje ili više tjelesno aktivnim ispitanicima, bez bolova, povišenog tonusa ili priraslica, što moguće ograničava mehaničke učinke rolinga na miofascijalni kompleks (24). S obzirom na uzorak ispitanika, navedeno potencijalno ograničenje prisutno je i u našem istraživanju. Ipak, ovaj prigodni uzorak ispitanika, studenata kineziološkog fakulteta, smatramo dobrim izborom za ispitivanje utjecaja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na DOMS jer je vjerojatnije da će mlađa, sportski aktivna populacija koristiti pjenasti valjak kao metodu oporavka nakon intenzivne tjelesne aktivnosti. Međutim moguće je da bi učinak EIMD-protokola i ishod rolinga bio drugačiji primjerice kod netreniranih osoba ili u gerijatrijskoj populaciji, što treba ispitati u daljnjim istraživanjima, dok u istraživanjima primarno vezanim za ishode mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom u rehabilitaciji svakako treba razmišljati o drugačijem izboru uzorka ispitanika.

Elastosonografijom iliotibijalnog traktusa verificirao se različit učinak rolinga u ispitanika koji imaju 6 mjeseci iskustva korištenja pomagala, u usporedbi s onima koji su roling provodili prvi put (170). Premda je moguće da nedostatak iskustva mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom utječe negativno na učinkovitost tretmana i rezultate istraživanja (7), te time nedostatak iskustva rolinga može biti ograničavajući čimbenik, u našem radu ranije iskustvo bilo je isključni kriterij. Naime, s obzirom na to da je cilj bio istražiti utjecaj različitih tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na redukciju simptoma DOMS-a, ranije iskustvo rolinga podrazumijevalo bi da svaki ispitanik već ima razvijen svoj *stil* provođenja rolinga koji bi u manjoj ili većoj mjeri odgovarao primljenim uputama i time mogao utjecati na kvalitetu provođenja zadane tehnike rolinga. Ovako su ispitanici bili u ravnopravnom početnom položaju te roling provodili slijedeći upute dobivene edukacijom uz nadzor istraživača. Svakako je potrebno razmisliti da se buduća istraživanja, ovisno o cilju, provode na ispitanicima s ranijim iskustvom rolinga, s obzirom na to da iskustvo i način provođenja rolinga mogu biti bitni za uspješnu upotrebu pomagala i time postizanje željenog terapijskog učinka (61, 170, 256).

Postoji razlika u pojavi mišićno-koštanog bola između muškaraca i žena (221), što se može pokušati objasniti postojanjem receptora za spolne hormone u fasciji (81). Gledajući žene, nakon intenzivne tjelesne aktivnosti nalazi se različit odgovor na oporavak mišićne snage i aktivnost CK-a, ovisno o fazi menstrualnog ciklusa (168). Kod aktivacije mišića autori ne nalaze razliku između spolova nakon mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom (38, 57). Ipak uzorak miješan po spolu može utjecati na izometričku jakost kvadricepsa (57), anaerobnu snagu (121) i prag bola (262), premda ne potvrđuju svi autori razliku u pragu bola između muškaraca i žena nakon provođenja rolinga (42). Konrad i sur. nalaze akutno veći porast fleksibilnosti u muških ispitanika kad se intenzivno dinamičko zagrijavanje provodi nakon rolinga (142). Gledajući eksplozivnu snagu, u dva istraživanja D'Amica i sur. provedena prema istom protokolu EIMD-a, istim pjenastim valjkom, protokolom i tehnikom rolinga, nalazi se drugačiji ishod, što je moguće posljedica uzorka miješanog po spolu u jednom od istraživanja te manjeg učinka rolinga na oporavak agilnosti u ispitanika ženskog spola (64, 66). Moguće je kako razlika između spolova u motoričkoj izvedbi nakon mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom nastaje kao posljedica razlike u mišićnoj masi između muškaraca i žena (57, 121), dok se razlike između spolova u učinku rolinga na fleksibilnost mogu pripisati inicijalno većoj fleksibilnosti ženskih ispitanika (142).

Iz navedenih razloga u ovo istraživanje uključeni su samo muški ispitanici, zdravi, tjelesno aktivni, koji su i po pitanju dobi bili homogeni, međutim navedeno ograničava interpretaciju rezultata ovog istraživanja na druge dobne skupine, neutrenirane osobe, kao i osobe ženskog spola.

Cavanaugh i sur. pretpostavljaju kako pretilost može utjecati na učinak mehaničkoga podraživanja mišićne fascije zbog volumena potkožne masti (38). U ovom radu kod izbora ispitanika nije se uzimao u obzir udio masnog tkiva ili indeks tjelesne mase (BMI, od engl. *body mass index*). S obzirom na izabrani prigodni uzorak studenata kineziološkog fakulteta samo su tri ispitanika imala BMI iznad  $30 \text{ kg/m}^2$ , što nije bilo dovoljno za daljnju analizu. Indeks tjelesne mase bio je statistički značajno povezan isključivo s opsegom natkoljenice i to u oba mjerenja, što je očekivani nalaz.

Rey i sur. proveli su istraživanje na profesionalnim nogometašima te zaključili kako mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom odmah nakon intenzivne tjelesne aktivnosti dovodi do poboljšanja agilnosti i subjektivnog osjećaja oporavka te smanjenja bola prilikom

palpacije mišića, a nema učinka na visinu skoka, vrijeme trčanja i fleksibilnost u usporedbi s kontrolom skupinom koja je provodila pasivni oporavak (219). Kod interpretacije ovog istraživanja treba imati na umu da je kao EIMD-protokol odabran nogometni trening u trajanju od 60 minuta te se može postaviti pitanje je li navedena aktivnost, kojoj su profesionalni nogometaši izloženi svakodnevno pa nije neuobičajena, bila dovoljno intenzivna da izazove sindrom odgođenog mišićnog bola. Također ako pretpostavimo da je intenzitet nogometnog treninga bio dovoljno velik, završno mjerenje bilo je provedeno 24 sata nakon provedenog EIMD-protokola te moguće nije došlo do maksimalnog razvoja simptoma DOMS-a, što može utjecati na dobivene rezultate.

U drugima od ranijih istraživanja utjecaja rolinga na simptome DOMS-a, tretman je također proveden odmah nakon EIMD-protokola (2, 5, 149, 155), u nekima 48 sati nakon EIMD-protokola (132, 192, 196, 223, 224), u pojedinima prije svakog intervala mjerenja (64, 66, 77, 190, 237), a u nekima pak nakon svakog intervala mjerenja (160, 209).

Nakamura i sur. u svojim istraživanjima govore o učinku rolinga u vidu smanjenja bola u mišićima te smanjenja redukcije izvedbe motoričkih zadataka nastale nakon razvoja DOMS-a. Treba uzeti u obzir da je u tom istraživanju mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom provedeno 48 sati nakon EIMD-protokola u već razvijenom DOMS-u, a mjerenja, osim inicijalnog, napravljena su neposredno prije i poslije rolinga (192, 196). Isti protokol istraživanja vezano za vrijeme provođenja rolinga, samo s ciljem proučavanja dvije različite frekvencije vibracijskog rolinga, proveli su Kasahara i sur. (132). Također ispitivanje razlike u učinku neurodinamične mobilizacije i rolinga (224) te vibracijskog i nevibracijskog pjenastog valjka (223), na više varijabli, uz navedeni protokol istraživanja provela je Romero Moraleda sa suradnicima. Time je zapravo ispitan akutni učinak rolinga na promatrane varijable kod razvijenih simptoma DOMS-a, a ne utjecaj rolinga na redukciju pojave simptoma i/ili ubrzavanje oporavka od DOMS-a.

Razlika u redoslijedu provođenja kontrolnih mjerenja i rolinga između istraživanja Naderija i sur., Drinkwatera i sur. i D'Amica i sur. s jedne te Pearceya i sur. i MacDonalda i sur. s druge strane (64, 66, 77, 160, 190, 209) otežava usporedbu navedenih istraživanja jer je moguće da u prvoj skupini spomenutih istraživanja također dolazi do prikaza gore spomenutog akutnog učinka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom, s obzirom na to da se roling provodi neposredno prije svakog mjerenja.



Pretpostavljamo da provođenje rolinga odmah nakon EIMD-protokola može utjecati na tijek razvoja i intenzitet simptoma DOMS-a. U našem je istraživanju stoga mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom provedeno odmah nakon EIMD-protokola, ali ne i prije završnog mjerenja, s obzirom na to da nam je cilj bio istražiti utjecaj mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na redukciju pojave simptoma DOMS-a, dok bi se provođenjem rolinga neposredno prije završnog mjerenja moguće prikazali samo eventualni akutni učinci rolinga na promatrane varijable. Iz istog razloga, mogućeg akutnog učinka rolinga, kao i ranije prikazane činjenice kako se simptomi DOMS-a javljaju obično 24 – 48 sati nakon tjelesne aktivnosti, a dostižu maksimum između 48 – 72 sata nakon takve aktivnosti (15, 34, 215), u našem istraživanju nije provedeno mjerenje odmah nakon EIMD-protokola i rolinga, a prije razvoja simptoma DOMS-a, kako su to ranije učinili neki od autora (5, 64, 66, 77, 149, 190), već samo 48 sati nakon EIMD-protokola. Potrebno je napomenuti da postoji mogućnost da je završno mjerenje u našem istraživanju učinjeno prerano, odnosno prije maksimalnog razvoja simptoma sindroma odgođenog mišićnog bola.

Fleckenstein i sur. provedli su istraživanje u kojem su usporedili učinak *preventivnog* i *regenerativnog* rolinga u odnosu na kontrolu skupinu, gdje se preventivni provodi prije oštećenja mišića induciranog vježbom, a regenerativni poslije. Jakost kvadricepsa mjerena je prije, odmah poslije i 5 minuta nakon provedenog EIMD-protokola. Ne nalazi se statistički značajna razlika između ispitivanih skupina, no zamjećuje se trend pozitivnog učinka regenerativnog rolinga na jakost kvadricepsa (85). Međutim i ovdje zapravo govorimo o akutnom učinku rolinga nakon EIMD-protokola, a ne o utjecaju rolinga na pojavu ili oporavak DOMS-a, s obzirom na to da se u spomenutom istraživanju u trenutku mjerenja još nije razvio sindrom odgođenog mišićnog bola. Stoga u budućim istraživanjima utjecaja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na redukciju simptoma sindroma odgođenog mišićnog bola, kod izrade protokola istraživanja, posebnu pozornost potrebno je obratiti na trenutak kada se roling provodi, kao i na intervale provođenja mjerenja kako bi se izbjegla mogućnost da se rezultati pripisuju akutnom učinku rolinga i kako bi se eventualni učinci nedvojbeno mogli pripisati prevenciji, odnosno redukciji pojave simptoma DOMS-a, ili s druge strane, ubrzavanju oporavka kod razvijenog DOMS-a. Tako bi se razjasnilo je li podjela Fleckensteina i sur. opravdana.

Mehaničko podraživanje mišićne fascije, manualna tehnika na čijem se principu temelji roling, koristi pritisak u trajanju od 90 do 120 sekundi (18), no trajanje tretmana manualne terapije može biti i do 5 minuta (205). Roling oponaša učinak ručne masaže (106), a ona tijekom 5 – 6 minuta smanjuje motoričku izvedbu (8, 9, 11). Korištenje drugih pomagala za mehaničko podraživanje mišićne fascije pokazuje trend pozitivne korelacije između trajanja tretmana i porasta fleksibilnosti (28, 253). Pretpostavlja se da dulji roling može biti povezan s rezultatima (256), pa i ključan za uspjeh tretmana, ovisno o željenim ishodima. Većina autora volumen tretmana određuju vremenskim trajanjem jedne ili više serija rolinga, uz najčešće zadanu kadencu, dok manji dio autora volumen određuje brojem ponavljanja (2, 21, 61, 71, 126, 153, 254).

Prema Guillotu i sur. za poboljšanje fleksibilnosti dovoljan je roling koji traje 20 sekundi (96). Nakamura i sur. ne nalaze pozitivan učinak rolinga na fleksibilnost nakon tretmana koji traje 30 sekundi, već zaključuju da je za poboljšanje fleksibilnosti roling potrebno provoditi u trajanju od 90 sekundi (194). Ipak, Morales-Artacho i sur. nakon rolinga 5 x 60 sekundi ne nalaze učinak tretmana na fleksibilnost (184), no u navedenom istraživanju prvo mjerenje učinjeno je s odmakom, 5 minuta nakon rolinga, što je moglo utjecati na rezultate. Pepper i sur. također ne nalaze pozitivan učinak rolinga u trajanju od 5 x 60 sekundi, uz naglasak kako se u navedenom istraživanju određivala pasivna adukcija kuka nakon rolinga iliotibijalnog traktusa (211).

Philips i sur., kao i Monteiro sa suradnicima u svojim istraživanjima, nalaze pozitivnu korelaciju između volumena tretmana i poboljšanja fleksibilnosti (178, 180, 212), no isto ne potvrđuju druga istraživanja (59, 71, 96, 197). Couture i sur. u svojoj studiji nisu zabilježili povećanu fleksibilnost u odnosu na početna mjerenja u objema skupinama, kod rolinga koji je trajao 2 x 10 sekundi i onoga koji je trajao 4 x 30 sekundi (59). S druge strane Guillot i sur. nalaze jednako povećanje fleksibilnosti kod rolinga u trajanju 20 sekundi i onog u trajanju 40 sekundi (96), de Souza i sur. između rolinga u trajanju 30 – 40 sekundi (2 x 10 ponavljanja) i 60 – 80 sekundi (2 x 20 ponavljanja) (71), a Nehring i sur. između rolinga u trajanju 30 i 120 sekundi (197). Monteiro i sur. zaključuju kako je za akutno poboljšanje funkcionalnosti pokreta, primjenom *Functional Movement Screen* (FMS) testa potreban roling duljine najkraće 90 sekundi, dok se kod kraćeg volumena ne nalaze statistički značajni učinci. Autori zaključuju da je navedeno poboljšanje funkcionalnosti pokreta moguće indirektan rezultat poboljšanja fleksibilnosti (180).

Roling u trajanju 30 sekundi (65, 108, 123, 194) ili 60 sekundi (23) ne dovodi do pozitivnog učinka na izvođenje drugih motoričkih zadataka. S druge strane Reiner i sur. nalaze pozitivan učinak 3 x 60 sekundi rolinga na jakost kvadricepsa (217), premda neki autori zaključuju da prolongirano trajanje tretmana akutno može dovesti do negativnog učinka na motoričke sposobnosti (179, 181, 182, 212) te se ne preporučuje dulje od 90 sekundi prije tjelesne aktivnosti, zbog moguće lošije izvedbe pojedinih motoričkih zadataka (179, 182). Nakamura i sur. usporedbom triju različitih volumena rolinga ne nalaze, pozitivne ili negativne, učinke na izometričku jakost kvadricepsa nakon 300 sekundi rolinga (194), kao što ni Hansen i sur. ne nalaze učinak rolinga u trajanju 30, 60 ili 90 sekundi na anaerobni kapacitet (104).

Hughes i Ramer pregledom literature zaključili su kako najkraće trajanje rolinga 90 sekundi po mišićnoj skupini smanjuje osjećaj bola odmah nakon tjelesne aktivnosti, a dulji tretman nelinearno produljuje trajanje navedenog ishoda (116). Romero-Moraleda i sur. roling ciljane mišićne skupine provodili su 5 x 60 sekundi, a Naderi i sur. 120 sekundi u četiri navrata, uz pozitivan učinak na redukciju simptoma DOMS-a (190, 223, 224) i pretpostavku pozitivne korelacije između trajanja tretmana i učinka (224).

Premda je u budućim istraživanjima potrebno razlučiti koje je optimalno trajanje mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom za pojedini željeni ishod, uz stanke ili bez njih između serija, u našem istraživanju roling se provodio 2 x 60 sekundi, uz 15 sekundi stanke jer je prema ranijim istraživanjima utvrđeno da navedeno ili kraće trajanje rolinga ima pozitivan učinak na redukciju nekih od simptoma DOMS-a (2, 64, 66, 132, 149, 155, 160, 190, 192, 196, 209, 219), a pregledom literature Skinner i sur. zaključuju kako roling do 120 sekundi nema štetan učinak na izvedbu pojedinih motoričkih zadataka (240). Također izabrano trajanje tretmana realno je za svakodnevnu primjenu, za razliku od onog duljeg, poput 10 x 30 sekundi uz 30 sekundi stanke između serija rolinga, kakvo su primjerice koristili Killen i sur. u svom istraživanju (139).

Prema Međunarodnom udruženju za proučavanje bola (IASP), bol je definiran kao neugodno osjetno i emocionalno iskustvo povezano sa stvarnim ili potencijalnim oštećenjem tkiva, ili iskustvo opisano u kontekstu takve ozljede (115, 214).

Nakon 30 ili 120 sekundi mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom Nehring i sur. ne nalaze akutno povišenje praga bola mjereno algometrom (197). S druge strane Cheatham i Baker u svom istraživanju nalaze akutno povišenje praga bola nakon 120 sekundi mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim (42). Prema Vaughanu i McLaughlinu, provođenje 180 sekundi rolinga također akutno povisuje prag bola, ali se učinak ne nalazi u mjerenju provedenom 5 minuta nakon tretmana (262).

Kod DOMS-a bol u mišićima nastaje kao posljedica mehaničkog oštećenja mišićnih vlakana i sekundarno nastalog upalnog odgovora (56). Pretpostavlja se da je u podlozi smanjenja bola nakon rolinga povećanje protoka krvi i brže odstranjivanje upalnih produkata (2, 22, 77).

S ciljem usporedbe triju različitih metoda oporavka, rolinga, neuromišićne elektrostimulacije i aktivnog oporavka, Akinci i sur. proveli su istraživanje na 45 ispitanika podijeljenih u tri skupine. Premda je više varijabli mjereno akutno, samo mišićni bol promatran je tijekom 48 sati. Istraživanjem se nije pronašla razlika u mišićnom bolu na numeričkoj ljestvici između promatranih eksperimentalnih skupina. No istraživači nalaze inicijalno visoke vrijednosti bola u grupi koja provodi roling jer se on provodi uz tjelesno zahtjevne položaje, napose za gornje ekstremitete (5). Moramo napomenuti kako u navedenom radu postoji nedovoljno informacija kada i kako se mišićni bol inicijalno mjerio, pretpostavljamo da je to učinjeno nevezano za pojedinu mišićnu skupinu, u mirovanju, nakon provedenog EIMD-protokola i rolinga, dok se 24 i 48 sati kasnije mjerenje provodilo telefonski, što može utjecati na dobivene rezultate. Također uzorak ispitanika bio je miješan po spolu. Adamczyk i sur. u svom su radu također više varijabli mjerili akutno, a mišićni bol na VAS-ljestvici promatrali do 96 sati nakon tjelesnog opterećenja. Usporedbom dviju različitih vrsta pjenastog valjka s kontrolnom skupinom koja je provodila pasivni oporavak, nalaze smanjenje mišićnog bola u objema eksperimentalnim skupinama (2). Lee i sur. u svom istraživanju nalaze pozitivan učinak rolinga na smanjenje bola na VAS-ljestvici kod spuštanja sa stolice visoke 45 centimetara, kao i na subjektivni osjećaj opterećenja (engl. *rate of perceived exertion* – RPE) na Borgovoj ljestvici s ocjenama 6 – 20 kod trčanja. Bitno je napomenuti da nije riječ o statistički značajnom učinku rolinga na sprječavanje pojave DOMS-a nakon EIMD-protokola, već o razlici u RPE-u između grupe koja je provodila mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom i kontrolne skupine, što može imati praktično značenje (155). U prilog pozitivnom utjecaju rolinga na redukciju subjektivnih simptoma DOMS-a govori i više drugih istraživanja (2, 64, 77, 132, 149, 155, 160, 190, 192, 196, 209, 219, 224), no istraživanje D'Amica i Gillisa ne nalazi pozitivan

utjecaj rolinga na smanjenje mišićnog bola u odnosu na kontrolnu skupinu (66). Protokol za EIMD, vrsta pjenastog valjka i način rolinga bili su identični između tog i drugog istraživanja D'Amica i sur., no u prvom se mišićni bol na gLMS-u (engl. *general labeled magnitude scale*) u donjim ekstremitetima određivao prilikom mirnog stajanja (66), dok je u drugom zabilježen prilikom uspinjanja i spuštanja s klupice visine 45,72 cm (64). Moguće je da je metoda ispitivanja mišićnog bola utjecala na izostanak učinka rolinga na subjektivne simptome DOMS-a u prvom spomenutom istraživanju. Također u spomenutom istraživanju D'Amica i Gillisa protokol dinamičkog zagrijavanja proveden je prije mjerenja (66), dok je u nekim istraživanjima ispitivanje razine mišićnog bola provedeno prije zagrijavanja (64, 77, 155, 160, 209, 219) ili zagrijavanja nije bilo (132, 190, 192, 196), što moguće utječe na rezultate.

U ovom radu intenzitet bola na vizualno-analognoj ljestvici, za vrijeme izvođenja čučnja, mjereno je prije protokola zagrijavanja kako bi se isključio spomenuti mogući učinak zagrijavanja na percepciju mišićnog bola. Prva razlika i pripadajuća statistička značajnost za bol na vizualno-analognoj ljestvici odnosila se na razlike u mjerenjima, tj. na razliku između prvog i drugog mjerenja za pojedinu skupinu ispitanika kao i za sve ispitanike. Rezultati su prikazani u tablici 13. Srednja vrijednost razlike između prvog i drugog mjerenja unutar skupine RK iznosi 3,83. Za isti parametar, razlika u skupini RU iznosi 4,00. Razlika u promjeni odnosno pogoršanju bola na VAS-ljestvici nije statistički značajna između skupina RK i RU ( $p = 0,312$ ). Zaključujemo da se ne nalazi statistički značajna razlika između promatranih tehnika rolinga na intenzitet mišićnog bola prilikom izvođenja čučnja ( $p = 0,312$ ), te hipoteza H1, kako mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom uz provođenje undulirajućih kretnji niz mišić i brzu kontinuiranu kretnju natrag značajnije smanjuje intenzitet bola u odnosu na roling kontinuiranim kretnjama u oba smjera, nije potvrđena.

Također promatrane su razlike u parnim mjerenjima, tj. poboljšanje, odnosno pogoršanje unutar jedne skupine kao i u svih ispitanika tijekom trajanja istraživanja. Ti rezultati prikazani su u tablici 19. Razlike u parnim mjerenjima za intenzitet bola na vizualno-analognoj ljestvici bile su statistički značajne kako u skupini RK tako i u skupini RU, kao i za cijeli promatrani skup ispitanika ( $p < 0,001$  u sva tri slučaja). Navedeni porast intenziteta bola na vizualno-analognoj ljestvici ukazuje kako je upotrijebljeni EIMD-protokol izazvao željeno mišićno oštećenje i DOMS.

Upitno je može li se mehaničkim podraživanjem mišićne fascije pjenastim valjkom postići sila potrebna za modificiranje vezivnog tkiva, primjerice zadebljanja fascije koja se mogu dovesti u vezu s kliničkim simptomima, a također potvrditi i radiološkom obradom (20). Hall i Smith, kao ni Pepper i sur. ne nalaze učinak rolinga iliotibijalnog traktusa, gustog vezivnog tkiva bez značajnijeg kontraktilnog svojstva, na adukciju kuka (101,211). Pretpostavlja se kako je za postizanje trajnih promjena vezivnog tkiva i uspjeh manualne terapije potreban mehanički pritisak između 24 i 115 kilograma (259). Stoga Behm i Wilke u svom radu zaključuju kako je termin mehaničko podraživanje mišićne fascije (engl. *selfmyofascial release*) zapravo pogrešan jer nije za očekivati postizanje dovoljne sile na miofascijalni kompleks rolingom pjenastim valjkom, te što sve više spoznaja govori u prilog tome kako nije riječ isključivo o lokalnom mehaničkom učinku na meka tkiva već i o neurofiziološkim mehanizmima (24). Yoshimura i sur. nakon mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom nalaze poboljšanje u opsegu kretnji gležnja, ali ne nalaze promjenu u dužini plantarne aponeuroze mjerene ultrazvukom, što znači da roling ne utječe na morfologiju mišića, već su drugi mehanizmi odgovorni za povećanje fleksibilnosti (275). MacDonald i sur. u svom istraživanju ne nalaze poboljšanje evociranih kontraktilnih značajki mišića i isključuju oporavak mišića kao mogući mehanizam djelovanja rolinga. Sugeriraju kako je moguće da roling djeluje smanjenjem neuralne inhibicije zbog ubrzavanja oporavka vezivnog tkiva kao posljedica smanjene upale i pojačane biogeneze mitohondrija te smanjenja aktivacije nociceptora, što omogućava bolju komunikaciju od aferentnih receptora u vezivnom tkivu (160).

Lastova i sur. proveli su istraživanje kako bi ispitali utjecaj mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na autonomni živčani sustav kroz mjerenje krvnog tlaka i varijabilnosti srčanog ritma (153). U svom istraživanju nalaze smanjenje krvnog tlaka nakon rolinga više mišićnih skupina u normotenzivnih ispitanika, u trajanju 15-ak minuta, a učinak se zadržava 30 minuta nakon tretmana, te zaključuju da dolazi do smanjivanja aktivnosti simpatikusa, a pojačavanja aktivnosti parasimpatikusa (153). Navedeno smanjenje krvnog tlaka u trajanju 30 minuta potvrđuju u svom istraživanju Ketelhut i sur. (138). Zaključuju kako je potrebno daljnjim istraživanjima procijeniti potencijalni protektivni kardiovaskularni učinak rolinga (138, 153).

S druge strane Yang i sur. nalaze povišenje sistoličkog krvnog tlaka nakon vibracijskog rolinga u trajanju 16 minuta, ne veće od onog u kontrolnoj skupini koja je provodila statičko istezanje (272). Bitna razlika između navedenih istraživanja bila je što je su kod Yang i sur. ispitanici imali između 60 i 80 godina, što je moglo utjecati na tu razliku, kao i što se roling provodio

pasivno, od strane istraživača, uz vibracijsku komponentu. Također Lastova i sur. prvom mjerenju pristupaju tek 10 minuta nakon tretmana, Ketelhut i sur. odmah nakon tretmana, i u njemu nalaze inicijalno povišenje krvnog tlaka, koji se potom smanjuje u mjerenju 15 minuta nakon tretmana, dok su Yang i sur. jedino mjerenje napravili odmah nakon rolinga (138, 153, 272).

U svom istraživanju, Lastova i sur. zaključuju i da roling ne dovodi do statistički značajne promjene frekvencije srca, što potvrđuju i druga istraživanja (138, 153, 269, 272). Međutim promatrajući karakteristične komponente varijabilnosti srčanog ritma, snagu u dijelu spektra visoke i niske frekvencije te njihov omjer koji govori o udjelu simpatičke i parasimpatičke aktivnosti, nalaze pojačanje parasimpatičke komponente (153). Kada se promatra frekvencija srčanog ritma i brzina pulsog vala u sindromu odgođenog mišićnog bola, D'Amico i sur. ne nalaze razliku između rolinga i kontrolne skupine, kao ni poboljšanje izvedbe promatranih motoričkih zadataka te zaključuju kako se ne može povezati učinak autonomnog živčanog sustava na ubrzavanje oporavka od DOMS-a (64).

Dok neki autori sugeriraju kako razina sile prenesene na miofascijalni kompleks može utjecati na ishod rolinga (2, 22, 59, 61), Grabow i sur. svojim su istraživanjem zaključili da, upotrebom drugačijeg pomagala, različiti intenziteti mehaničkoga podraživanja mišićne fascije, između 50 – 90 % subjektivnog osjećaja nelagode, ne dovode do razlike u učinku rolinga na fleksibilnost te nije potrebno roling provoditi u zoni bola (92).

Prema istraživanju Okamotoa i sur., nakon rolinga dolazi do porasta koncentracije dušikovog monoksida u plazmi, što su autori protumačili pozitivnim učinkom na arterijsku funkciju i smanjenje krutosti arterija (201), no s druge strane moguće je riječ o posljedici ozljede endotela (88). Kvantificiranje prijenosa tjelesne mase na miofascijalni kompleks u budućim istraživanjima bitno je ne samo zbog određivanja sile potrebne za postizanje željenog terapijskog učinka već i kako ne bi došlo do potencijalnih štetnih učinaka prilikom pretjeranog mehaničkog opterećenja tretiranog tkiva, osobito krvnih žila i živaca (88). Svakako treba spomenuti kako u dosadašnjim istraživanjima nisu zabilježeni štetni učinci rolinga (240), a prema stručnjacima okupljenima u međunarodnu studiju provedenu prema Delphi metodi 2021. godine, roling je kontraindiciran ili nije preporučljiv za provođenje kod osoba s prijelomom kosti ili otvorenom ranom, kao i kod onih s lokalnom upalom mekog tkiva, dubokom venskom trombozom, osteomijelitisom ili osificirajućim miozitisom (19).

Nekoliko istraživača mjerilo je silu prenesenu na miofascijalni kompleks pomoću tenziometrijske platforme na koju je bio postavljen pjenasti valjak (21, 30, 160, 162, 188), a neki istraživači koristili su digitalnu vagu za procjenu postotka prijenosa sile (59,237). Ovisno o tretiranoj mišićnoj skupini i tehnici, na pjenasti valjak preneseno je između 27 i 68 % tjelesne mase (136), a Baumgart i sur. i Couture i sur. navode kako se tijekom rolinga najveća sila na miofascijalni kompleks postiže kada je pomagalo na proksimalnom dijelu tretirane mišićne skupine (21, 59). Tek je potrebno istražiti eventualni utjecaj navedene krivulje opterećenja na ishode rolinga.

U velikom dijelu istraživanja sila prenesena na miofascijalni kompleks određena je subjektivno tako da su ispitanici bili upućeni prenijeti maksimalni udio tjelesne mase na pjenasti valjak (38, 59, 62, 77, 104, 132, 135, 159, 161, 175, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 190, 192, 195, 226, 229, 252, 256, 267, 278), kako je bilo određeno i u ovom radu, dok u drugima nije definiran intenzitet pritiska na pomagalo (5, 23, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 108, 123, 160, 179, 184, 188, 207, 208, 210, 244, 262) ili je određen pomoću VAS-ljestvice (85, 140, 142, 149).

MacDonald i sur. nalaze smanjenje sile prenesene na miofascijalni kompleks u mjerenju izvršenom 24 sata nakon EIMD-protokola. Istovremeno dolazi do očekivanog porasta bola na numeričkoj ljestvici kod provođenja rolinga, a već u sljedećem mjerenju nakon 48 sati bol se prilikom provođenja rolinga smanjuje. Autori tumače kako roling pozitivno djeluje na redukciju simptoma DOMS-a, s obzirom na to da se u skupini koja je provodila roling vrhunac mišićnog bola mjenog na numeričkoj ljestvici prilikom izvođenja čučnja, kao i bola prilikom provođenja rolinga, nalazi 24 sata nakon EIMD-protokola, dok se u kontrolnoj skupini vrhunac mišićnog bola nalazi 48 sati nakon provedenog EIMD-protokola (160). Potrebno je napomenuti kako u ovom istraživanju autori nisu uputili ispitanike da prenesu maksimalnu silu na pjenasti valjak, što je moguće moglo promijeniti rezultate vezane za razinu sile i bol prilikom provođenja rolinga.

Promatrajući intenzitet bola na vizualno-analognoj ljestvici tijekom provođenja rolinga kvadricepsa dominantne noge, ne nalazi se statistički značajna razlika između ispitivanih skupina u razlici u VAS-R-u između prvog i drugog mjerenja ( $p = 0,856$ ). Premda sila prenesena na miofascijalni kompleks u našem radu nije bila kvantificirana, što se može smatrati jednim od ograničenja ovog istraživanja, nepostojanje razlike u razini bola tijekom mehaničkoga podraživanja mišićne fascije između promatranih skupina bitno je kako



eventualna jača bol za vrijeme tretmana kod jedne od ispitivanih tehnika ne bi izazvala protektivni spazam (48), što bi moglo utjecati na rezultate.

Istraživanje Cheatham i Stulla pokazuje kako površinski uzorak pomagala ima učinak na fleksibilnost i prag bola u smislu lošijeg učinka glatkog pjenastog valjka u odnosu na izbrazdana pomagala. Navedeno je moguće posljedica manjeg pritiska na miofascijalni kompleks kada je u pitanju glatki pjenasti valjak (49). S druge strane Adamczyk i sur. usporedbom glatkog i izbrazdanog pjenastog valjka srednje gustoće zaključuju kako nema razlike u vrsti pjenastog valjka koji se koristi na redukciju mišićnog bola i smanjenje laktata u krvi (2). Jedna od razlika između navedenih istraživanja je što su Adamczyk i sur. tretman provodili 30 puta uz kadencu od 50/min, dok su Cheatham i Stull ciljanu mišićnu skupinu tretirali 120 sekundi, te je vrijeme trajanja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije moglo utjecati na uočenu razliku.

U našem istraživanju korišten je TriggerPoint Grid X pjenasti valjak, uz trajanje rolinga 2 x 60 sekundi, te na temelju dosadašnjih istraživanja možemo zaključiti kako su izbor pomagala i volumen rolinga bili prikladno određeni da bi mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom bilo učinkovito.

Couture i sur. koristeći pomagalo promjera 15,24 centimetara ne nalaze pozitivan učinak dvaju različitih volumena rolinga na fleksibilnost (2 x 10 sekundi i 4 x 30 sekundi), što je moguće posljedica korištenja pjenastog valjka većeg promjera i manje gustoće (59). S druge strane Su i sur. koriste pomagalo promjera 10 centimetara te nakon 3 x 30 sekundi rolinga po mišićnoj skupini nalaze akutno pozitivan učinak na jakost kvadricepsa i fleksibilnost natkoljene muskulature (252). Premda se u većini istraživanja učinka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na simptome DOMS-a koristi pomagalo promjera 15 centimetara (2, 64, 66, 77, 132, 155, 190, 192, 223, 224), u nekim istraživanjima, a koja su potvrdila pozitivne učinke rolinga i na motoričke sposobnosti, a ne samo na subjektivne simptome DOMS-a, koristio se pjenasti valjak promjera 11,16 centimetara (160, 209), i 12,7 centimetara (309). Naime, Curran i sur. zaključuju u svom istraživanju kako pjenasti valjak manjeg promjera i veće gustoće postiže veći prijenos sile na miofascijalni kompleks po jedinici površine u odnosu na pomagalo većeg promjera i manje gustoće (61). Međutim u navedenom istraživanju nije ispitivana klinička učinkovitost rolinga, dok su Cheatham i Stull proveli istraživanje s ciljem usporedbe pomagala različite gustoće na prag bola i fleksibilnost. Koristeći tri pjenasta valjka različite gustoće, a istog promjera i površinskog uzorka, zaključili su kako nema klinički

značajne razlike u učinku između pomagala različite gustoće, te predlažu gustoću pjenastog valjka koji će se koristiti za mehaničko podraživanje mišićne fascije odrediti za svakog pojedinca individualiziranim pristupom, sukladno doživljaju bola (48). Potrebno je stoga daljnjim istraživanjima razlučiti bi li postojala razlika u učinku rolinga korištenjem pomagala različitog promjera na smanjenje simptoma DOMS-a, u smislu eventualnog boljeg učinka pjenastog valjka manjeg promjera.

Imajući u vidu pozitivan učinak vibracijske terapije u redukciji simptoma DOMS-a (15, 118), Kasahara i sur. u svom istraživanju nalaze pozitivan učinak vibracijskog rolinga na fleksibilnost, intenzitet mišićnog bola i visinu skoka 48 sati nakon provođenja EIMD-protokola. Međutim zaključuju kako su potrebna daljnja istraživanja kojima bi se razlučilo postoji li razlika u učinku vibracijskog rolinga niske ili visoke frekvencije na fleksibilnost u DOMS-u, dok se ne nalaze razlike u učincima kad se promatra odnos frekvencije vibracijskog rolinga te intenzitet bola i druge motoričke sposobnosti (132). Nakamura i sur. također nalaze pozitivan učinak terapije vibracijskim pjenastim valjkom na simptome DOMS-a. Međutim u ovom istraživanju tretman je proveden u vidu statičke kompresije pomagala na središnji dio kvadricepsa uz dodatak vibracijske terapije, a nije bilo uzdužnog tretiranja mišićne skupine pjenastim valjkom. Ipak s obzirom na to da je statička kompresija manje bolna od „klasičnog“ mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom te jednostavnija i time potencijalno primjenjiva za širi krug korisnika, svakako je potrebno daljnjim istraživanjima ispitati mogućnosti primjene statičke kompresije vibracijskim pjenastim valjkom u oporavku nakon tjelesne aktivnosti, ali i u rehabilitaciji (192, 195).

Usporedbom vibracijskog pjenastog valjka u odnosu na klasični, 48 sati nakon provođenja EIMD-protokola, a odmah nakon provedenog rolinga, Romero-Moraleda i sur. zaključili su kako se vibracijskim pjenastim valjkom postiže bolji kratkoročni učinak na smanjenje mišićnog bola u mirovanju na vizualno analognoj ljestvici, na povišenje praga bola te na povećanje pasivne fleksibilnosti kuka. Međutim razlika između vibracijskog i nevibracijskog rolinga ne nalazi se u drugim proučavanim mjerama fleksibilnosti i izvedbi drugih motoričkih zadataka (223). Potrebno je napomenuti kako su korištena pomagala u ovom istraživanju bila drugačijeg promjera, što je moglo utjecati na rezultate.

Pozitivan učinak rolinga vibracijskim pjenastim valjkom u odnosu na klasični nalazi se i u drugim istraživanjima koja akutno promatraju fleksibilnost i razinu bola (46, 103), ali su oprečni rezultati kada se promatra izvedba drugih motoričkih zadataka (89, 103, 154, 156, 217, 218, 227). Pretpostavlja se kako eventualni pojačani učinak vibracijskog rolinga na fleksibilnost i bol nastaje kao posljedica većeg utjecaja vibracije na mehanoreceptore (24, 132, 217). No s druge strane de Benito i sur. te Ruggieri i sur. ne nalaze bolji učinak vibracijskog rolinga u odnosu na nevibracijski promatrajući fleksibilnost (69, 226).

U našem istraživanju korišten je pjenasti valjak bez vibracijske komponente jer je cilj bio istražiti isključivo razliku između dviju tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom, bez interakcije drugih čimbenika. No s obzirom na superioran učinak vibracijskog rolinga u dosadašnjim istraživanjima na neke od ispitivanih varijabli, može se zaključiti kako je opravdano, s ciljem poboljšanja fleksibilnosti ili redukcije subjektivnih simptoma DOMS-a, roling provoditi s pomagalima s dodatkom vibracijske komponente, no potrebna su daljnja istraživanja kako bi se odredio program i frekvencija kojima bi se postigli optimalni željeni ishodi.

Kod DOMS-a dolazi do kretanja upalnih stanica i tekućine u intersticij i nastanka edema (56). U istraživanju MacDonalda i sur. i Drinkwatera i sur. nakon EIMD-protokola nalazi se povećanje opsega natkoljenice, čime je potvrđen navedeni proces (77, 160). S ciljem objektivizacije edema mišića i u našem radu mjereno je opseg natkoljenice centimetarskom vrpcom. Inicijalno je opseg natkoljenice bio statistički značajno veći u skupini RK ( $M = 57,48$  cm u usporedbi s  $56,31$  cm u skupini RU;  $p = 0,029$ ; tablica 4), što se uzelo u obzir pri obradi podataka. Razlika u opsegu natkoljenice između dviju ispitivanih skupina u završnom mjerenju bila je statistički granično značajna ( $p = 0,078$ ; tablica 5), što je očekivano s obzirom na razlike uočene pri uključivanju u istraživanje. Promatrajući razlike u opsegu natkoljenice između prvog i drugog mjerenja između skupina, ne nalazimo statistički značajnu razliku ( $p = 0,672$ ; tablica 12). Također promatrajući razlike u parnim mjerenjima nije pronađena statistička značajnost, kako za sve ispitanike ( $p = 0,109$ ), tako i za skupinu RK ( $p = 0,106$ ) i skupinu RU ( $p = 0,590$ ; tablica 19 za sva tri spomenuta mjerenja). Stoga zaključujemo kako, suprotno od ranije spomenutih istraživanja, u našem istraživanju nije nađeno statistički značajno povećanje opsega natkoljenice koje bi govorilo u prilog edemu mišića u sklopu DOMS-a, što se podudara s nekim drugim ranijim istraživanjima sindroma odgođenog mišićnog bola (63). Zaključno, ne nalazi se razlika između dviju proučavanih tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim

valjkom na pojavu edema mišića. Međutim s obzirom na navedeni način mjerenja, moguće je da izbor nedovoljno osjetljive metode utječe na te rezultate, te da bi ultrazvučno mjerenje dalo preciznije rezultate (36). Stoga je u budućim istraživanjima potrebno izabrati osjetljiviju metodu mjerenja edema mišića.

Subjektivni osjećaj oporavka nakon intenzivne tjelesne aktivnosti moguće je procijeniti pomoću TQR-ljestvice (engl. *total quality of recovery*), gdje veći broj bodova znači bolji oporavak. Prethodna istraživanja pokazala su statistički značajnu inverznu povezanost između TQR i kreatin-kinaze (203), a TQR je povećan u ispitanika koji su provodili roling u odnosu na one koji su provodili aktivni ili pasivni oporavak nakon intenzivne tjelesne aktivnosti (204, 219). Na temelju navedenih rezultata istraživanja koja su proveli Öszua i sur. te Reya i sur., s obzirom na važnost sportaševе percepcije za izvođenje sportske aktivnosti, opravdano je uvesti roling u oporavku, kako bi se poboljšalo subjektivno stanje sportaša prije sljedećeg treninga i angažman na istom (204, 219).

U budućim istraživanjima potrebno je detaljnije istražiti utjecaj rolinga na aktivnost kreatin-kinaze u serumu, kao i mogućnost provođenja subjektivne evaluacije utjecaja rolinga na oporavak nakon DOMS-a pomoću TQR ljestvice koja je jeftina, neinvazivna i laka za provođenje.

Umor koji se javlja nakon intenzivne tjelesne aktivnosti teško je objektivizirati, no jedna od korištenih mjera jest koncentracija laktata u krvi (2, 73). Oporavak i smanjenje koncentracije laktata mogu se ubrzati provođenjem tjelesne aktivnosti tjelesne intenziteta od 50 %  $VO_2$  max (40), a pretpostavlja se da je u podlozi povećan protok krvi u mišićima uzrokovan tjelovježbom (73). Akinci i sur. u svom istraživanju nisu našli razliku u promjeni koncentracije laktata u krvi usporedbom aktivnog oporavka, neuromišićne elektrostimulacije i rolinga provedenog nakon EIMD-protokola, mjereno do 20 minuta nakon opterećenja (5), no u navedenom istraživanju nije bilo kontrolne skupine kojom bi se potvrdila eventualna učinkovitost svih promatranih metoda oporavka. Usporedbom rolinga i pasivnog oporavka, Adamczyk i sur. nalaze pozitivan učinak rolinga na smanjenje laktata u krvi, mjereno do 30 minuta nakon tjelesne aktivnosti (2). Öszu i sur. provode istraživanje s ciljem usporedbe rolinga i aktivnog oporavka na koncentraciju laktata u krvi, uz dodatak kontrolne skupine koja je provodila pasivni odmor, a u kojoj se nalazi smanjena eliminacija laktata u krvi u odnosu na eksperimentalne skupine (204), a te rezultate potvrđuje i istraživanje Kaléna i sur. (127). Međutim D'Amico i Paolone

zaključuju kako roling u usporedbi s pasivnim oporavkom ne ubrzava eliminaciju laktata u krvi (65), što je u skladu s istraživanjima prema kojima masaža ne smanjuje koncentraciju laktata u krvi brže od pasivnog odmora (26, 40), a rolingom se, kao što je i ranije rečeno, oponaša učinak ručne masaže (106). Zaključno, zbog heterogenosti u rezultatima dosadašnjih istraživanja, ne možemo donijeti nedvojbeni zaključak o utjecaju rolinga na koncentraciju laktata u krvi, ali većina istraživanja govori u prilog ubrzanomj eliminaciji laktata u krvi nakon rolinga.

Teorija prema kojoj su laktati odgovorni za razvoj DOMS-a napuštena je (52). Koncentracija laktata u krvi ne može se povezati s razinom smanjenja izvedbe motoričkih zadataka, no postoji korelacija između koncentracije laktata u krvi nakon intenzivne tjelesne aktivnosti i kasnijeg porasta aktivnosti kreatin-kinaze, što znači da se koncentracija laktata u krvi ipak može povezati s mišićnim oštećenjem (165). Naime otpuštanje CK-a u krvotok indirektni je biokemijski pokazatelj oštećenja mišićnih vlakana i DOMS-a (163, 187). Vrhunac aktivnosti CK-a u serumu očekuje se 2 – 4 dana nakon intenzivnog tjelesnog opterećenja (141, 163), a snižavanje nakon 7 – 14 dana (215). Određivanje aktivnosti kreatin-kinaze u kapilarnoj krvi jednostavna je i financijski dostupna metoda (187), njezin porast nakon tjelesne aktivnosti ovisi o mišićnoj skupini koja je opterećena, kao i tipu kontrakcija (141), a bolje korelira s intenzitetom provedenih vježbi nego njezinim trajanjem (14). Međutim Lee i sur. nakon EIMD-protokola koji se sastojao od 30 minuta trčanja nizbrdo ne nalaze značajnu promjenu bazalne aktivnosti CK-a kod trkača, što obeshrabruje za daljnje korištenje kreatin-kinaze kao pokazatelja mišićnog ograničenja u utreniranih sportaša (155).

Unatoč ranije spomenutoj lošoj reproducibilnosti (55) i ograničenoj upotrebi aktivnosti kreatin-kinaze kao biokemijskog pokazatelja mišićnog oštećenja (155), u ovom istraživanju kao marker mišićnog oštećenja korištena je upravo razina aktivnosti CK-a iz uzorka kapilarne krvi. Međutim porast aktivnosti kreatin-kinaze korišten je kao kvalitativni marker postojanja mišićnog oštećenja, a ne kvantitativni indikator opsega tog oštećenja jer se ne nalazi pozitivna korelacija između razine porasta aktivnosti CK-a u serumu s jedne i veće bolnosti mišića i sniženih funkcionalnih sposobnosti s druge strane (167). Iz istog razloga daljnjim praćenjem aktivnosti CK-a ne bi se mogao egzaktno procijeniti oporavak (29, 141, 167).

Kod dijela ispitanika zamijećena je povišena aktivnost CK-a već u prvom mjerenju. Navedeno je moguće zbog činjenice kako su ispitanici studenti kineziološkog fakulteta, s povećanom tjelesnom aktivnosti u okviru studijskih programa koja im je bila dopuštena tijekom provođenja

istraživanja. Nadalje dosadašnje spoznaje govore o povišenoj bazalnoj aktivnosti CK-a u mirovanju u sportaša, što se povezuje s povećanom mišićnom masom i trenažnim procesom (29). Međutim ne može se isključiti niti mogućnost da se ispitanici nisu pridržavali uputa istraživača vezano za suzdržavanje od provođenja neuobičajene i/ili intenzivnije tjelesne aktivnosti 7 dana prije i za vrijeme provođenja istraživanja, kao i drugih ranije navedenih uputa vezanih za konzumaciju hrane i pića.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da aktivnost kreatin-kinaze u kapilarnoj krvi, kao i intenziteta bola na vizualno-analognoj ljestvici prilikom izvođenja čučnja, statistički značajno rastu između prvog i drugog mjerenja u objema ispitivanim skupinama ( $p < 0,001$ ; tablica 19). Stoga možemo zaključiti kako je provedenim EIMD-protokolom došlo do željenog oštećenja mišićnih vlakana i razvoja DOMS-a. Promatrajući razlike u aktivnosti kreatin-kinaze između prvog i drugog mjerenja uočava se statistički značajna i negativna linearna korelacija u skupini RU između promjene aktivnosti kreatin-kinaze i promjene jakosti kvadricepsa ( $r = 0,4830$ ;  $p = 0,023$ ; tablica 22). Porast aktivnosti kreatin-kinaze bio je dakle povezan sa smanjenjem jakosti kvadricepsa. Iz rezultata u tablici i grafikonu koji prikazuju korelaciju u razlikama između prvog i drugog mjerenja za ispitanike iz skupine RU, moguće je zaključiti da je statistička značajnost posljedica stršeće vrijednosti (engl. *outlier*) u aktivnosti kreatin-kinaze za jednog ispitanika. Budući da se sve opažene vrijednosti nalaze u okviru mogućih vrijednosti razlika između dvaju mjerenja te da se u literaturi opisuju visoko-senzitivne osobe kojima aktivnost kreatin-kinaze pojačano raste nakon tjelesnog opterećenja (engl. *high-responders*) (29, 141, 166), u statističkoj analizi odlučeno je da se te vrijednosti ne izostavljaju iz analize podataka. S obzirom na to da se nalazi statistički granično značajna razlika između skupina u razlici aktivnosti kreatin-kinaze između dvaju mjerenja ( $p = 0,099$ ; tablica 14), gdje nalazimo veći porast aktivnosti kreatin-kinaze u skupini RK, odnosno manji u skupini RU, potrebno je provesti istraživanje s većim uzorkom ispitanika. Tako bi bilo moguće potvrditi ili opovrgnuti postojanje statistički značajne razlike promjene u navedenoj varijabli između dvaju promatranih skupina. Promatrajući aktivnost kreatin-kinaze u završnom mjerenju našeg istraživanja ne nalazi se statistički značajna razlika između dviju promatranih skupina ( $p = 0,357$ ; tablica 7).

Na temelju rezultata može se zaključiti da kod skupine RU nije došlo do značajnijeg smanjenja aktivnosti kreatin-kinaze u odnosu na skupinu RK, te hipoteza H2 nije potvrđena.

Fleksibilnost možemo definirati kao slobodnu i bezbolnu maksimalnu amplitudu pokreta u jednom ili više zglobova (94). Trening fleksibilnosti i povećanje opsega pokreta mogu pozitivno djelovati na mišićno-koštano zdravlje (174), a kada su smanjeni, mogu dovesti do nepravilnog opterećenja mišićno-koštanog sustava i time povećanog rizika od nastanka ozljeda (10, 174, 257, 270, 274).

Rezultati do sada provedenih istraživanja o akutnom utjecaju rolinga na fleksibilnost heterogeni su, moguće zbog velikih varijacija u odabiru uzorka, uključnim kriterijima, broju uključenih ispitanika, korištenom pomagalu, prijenosu sile, tehnici, kadenci i trajanju rolinga te izboru testa kojim se fleksibilnost kvantificirala (22, 43, 72, 116, 120, 265). Navedena razlika u metodologiji i rezultatima provedenih istraživanja otežava kvalitetnu analizu i međusobnu usporedbu, kao i donošenje konačnog zaključka o utjecaju rolinga na fleksibilnost.

Tako se u dijelu dosadašnjih istraživanja ne nalazi akutni učinak rolinga na povećanje fleksibilnosti (30, 59, 65, 93, 162, 184, 188, 211, 256, 263, 267, 278), dok drugi zaključuju da roling akutno može povećati fleksibilnost (23, 33, 44, 46, 47, 69, 71, 76, 89, 101, 103, 132, 135, 139, 142, 144, 154, 156, 158, 159, 161, 164, 169, 175, 177, 178, 180, 183, 194, 195, 196, 197, 202, 206, 207, 210, 212, 218, 220, 222, 223, 226, 227, 241, 244, 252, 254, 272, 273, 275), a istovremeno ne dolazi do smanjenja drugih motoričkih sposobnosti (23, 89, 132, 139, 142, 154, 156, 159, 161, 164, 194, 195, 197, 207, 218, 222, 223, 227, 252). Prema meta-analizi Konrada i sur., učinak je mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom i statičkog istezanja na akutno povećanje fleksibilnosti usporediv (143). U usporedbi s rolingom, statičko istezanje, koje je najčešće korištena metoda za povećanje fleksibilnosti (102, 128), može dovesti do smanjenja drugih motoričkih sposobnosti, osobito kada traje dulje od 60 sekundi (100, 133, 216, 218, 225), te time može dovesti do ozljede (58). Zato je prije tjelesne aktivnosti u kojoj je uz fleksibilnost bitna izvedba i drugih motoričkih zadatak, poželjnije provođenje rolinga za zagrijavanje (24, 120, 143, 218).

Su i sur. uspoređuju učinak statičkog i dinamičkog istezanja i rolinga na fleksibilnost i snagu mišića u trajanju 3 x 30 sekundi po mišićnoj skupini. S obzirom na to da je u istraživanju prije pojedine intervencije provedeno zagrijavanje na biciklergometru, a potom se u rezultatima nalazi bolji učinak rolinga na fleksibilnost u odnosu na druga dva tretmana (252), može se neizravno zaključiti da roling u kombinaciji s aktivnim zagrijavanjem u vidu bicikliranja dovodi do poboljšanja fleksibilnosti bez istodobnog negativnog učinka na snagu mišića. Ako se želi

postići najveće moguće povećanje fleksibilnosti uz dovoljno vremena za provođenje tretmana, prema Mohru i sur., roling zajedno sa statičkim istezanjem dovodi to značajnijeg poboljšanja fleksibilnosti u odnosu na monotretmane (175). Ipak nije poznato koji volumen rolinga u kombinaciji s drugim modalitetima može dovesti do poboljšanja fleksibilnosti, a bez negativnog učinka na izvedbu drugih motoričkih zadataka (256).

Ne potvrđuju sva istraživanja sinergistički učinak rolinga i statičkog istezanja na fleksibilnost (148, 186, 242). Pojedini autori u svojim radovima nalaze da statičko istezanje (256), dinamičko istezanje (244), bicikliranje (184) ili površinsko zagrijavanje (202) poboljšavaju učinak rolinga na fleksibilnost, međutim nema statistički značajne razlike između kombiniranog tretmana u odnosu na monotretman statičkim istezanjem, dinamičkim istezanjem, bicikliranjem ili površinskim zagrijavanjem na fleksibilnost (184, 202, 244, 256). Pregledom rezultata četiriju istraživanja, Anderson i sur. zaključuju da roling u kombinaciji s dinamičkim istezanjem ne utječe na značajnije poboljšanje fleksibilnosti u odnosu na samostalno provođenje dinamičkog istezanja (7). Također, prema Konradu i sur., intenzivno zagrijavanje, provedeno prije ili poslije mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom ne dovodi do dodatnog povećanja fleksibilnosti u *sit and reach* testu u odnosu na monotretman rolingom. Nadalje, nije uočen pozitivan učinak dodatka intenzivnog zagrijavanja rolingu na druge motoričke sposobnosti. Stoga se, prema autorima, mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom može provoditi samostalno, bez dodatka intenzivnog zagrijavanja s ciljem vremenski učinkovitog poboljšanja fleksibilnosti (142).

Dinamička kontrakcija uklopljena u program mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom dovodi do značajnijeg poboljšanja aktivne dorzalne fleksije gležnja (159), odnosno pasivne fleksije koljena i povišenja praga bola (47), ali ne i na izvedbu drugih motoričkih zadataka (159) u odnosu na monotretman rolingom. U budućim istraživanjima potrebno je ispitati učinak tehnike mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom uz dodatak dinamičkih kontrakcija na redukciju simptoma DOMS-a, što su provodili Lyu i sur. te Cheatham sa suradnicima u svojim istraživanjima (42, 44, 45, 47, 48, 49, 159).

Vigotsky i sur. proučavali su utjecaj rolinga kvadricepsa na fleksibilnosti. Ekstenzija kuka i fleksija koljena mjerene su modificiranim Thomasovim testom. Autori su zaključili kako roling ne utječe na poboljšanje fleksibilnosti, međutim na rezultate je moglo utjecati to što u navedenom istraživanju nije bila zadana kadenca i provodilo se dinamičko zagrijavanje (263).



S obzirom na to da nema konsenzusa u dosadašnjoj literaturi, 46 % fizioterapeuta i trenera sugerira svojim klijentima da kadencu rolinga odrede sami za sebe, dok dodatnih 17 % ne podučava klijente o kadenci kod propisivanja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom (50). Usporedbom različite kadanice rolinga kvadricepsa, 6 puta u minuti nasuprot 60 puta u minuti, autori ne nalaze razliku u aktivnom opsegu koljenog zgloba između skupina, kao niti u odnosu na kontrolnu skupinu (267). Griefahn i sur. ne nalaze poboljšanje fleksibilnosti prilikom modificiranog Schoberovog testa nakon provođenja rolinga u trajanju 3 x 30 sekundi, dok istovremeno ultrazvučnom analizom nalaze povećanu mobilnost torakolumbalne fascije (93). Moguće je kako postignuto poboljšanje mobilnosti fascije nije dovoljno za kliničku relevantnost, a pitanje je bi li drugačiji protokol, ponajviše vezano za veći volumen rolinga, mogao utjecati na ishod.

Točno određena vanjska sila kod izvođenja pasivnog opsega pokreta u kontroliranim uvjetima kretnji u samo jednom zglobu korištena je u istraživanju Couturea i sur., kako bi se postigla objektivnost u mjerenju (59). Silu kod pasivne kretnje kvantificirali su i Murray i sur. (188) i Yoshimura i sur. (275), dok se u drugim studijama uglavnom koristi subjektivni dojam nelagode ispitanika ili osjećaj istraživača (23, 44, 46, 47, 48, 49, 66, 71, 77, 132, 140, 144, 149, 156, 160, 161, 164, 169, 175, 177, 184, 186, 192, 194, 195, 212, 220, 223, 241, 242, 252, 254). Budući da istraživanja govore u prilog tome da roling povisuje prag bola, moguće je da povećanje fleksibilnosti, u studijama u kojima su se za određivanje fleksibilnosti koristile subjektivne mjere, proizlazi iz upotrebe veće sile kod postizanja najvećeg mogućeg opsega pokreta, kao posljedica rolingom smanjenog osjećaja nelagode ili bola, a ne zbog samog učinka rolinga na miofascijalni kompleks (59). U prilog povećanoj toleranciji na istezanje hamstringsa kao razlogu poboljšanja fleksibilnosti govore neki autori, u čijim istraživanjima se uz poboljšanje fleksibilnosti ne nalazi smanjenje krutosti mišića (140, 145, 194, 230), premda i u tom parametru postoje razlike u ishodima između istraživanja (21, 162, 184, 195, 217, 237, 267).

I dok su akutni učinci rolinga na fleksibilnost ipak zabilježeni u velikom dijelu istraživanja, na temelju raspoloživih podataka ne može se sa sigurnošću donijeti zaključak o duljem učinku rolinga na fleksibilnost (116, 240). Nakon jednog tretmana, Nakamura i sur. zaključuju da 2 minute nakon rolinga dolazi do poboljšanja fleksibilnosti, no učinak se ne nalazi 30 minuta nakon tretmana (194). Škarabot i sur. nalaze da se učinak rolinga na fleksibilnost gubi nakon 10 minuta (256), dok u istom vremenskom intervalu MacDonald i sur. nalaze poboljšanje fleksibilnosti koljenog zgloba (161). U mjerenju provedenom 15 minuta nakon rolinga

Penichet-Tomas i sur. nalaze poboljšanu fleksibilnost u *sit and reach* testu u odnosu na početno mjerenje (210). Yoshimura i sur. poboljšanje pasivne dorzalne fleksije stopala zamjećuju do 30 minuta nakon mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom (275). Monteiro sa suradnicima u svojim istraživanjima nalazi povećanje fleksibilnosti 20 minuta nakon rolinga, a rezultati u mjerenju učinjenom 30 minuta nakon tretmana oprečni su (178, 183). Gledajući učinak ponavljalog mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom tijekom duljeg razdoblja, provođenjem tretmana 2 x tjedno nakon 3 tjedna nalazi se poboljšanje opsega kretnji u koljenom zglobu (228). Junker i Stöggel te Pathania i Muragod nakon 12 tretmana provedenih tijekom 4 tjedna nalaze poboljšanje fleksibilnosti hamstringsa mjereno *sit and reach* testom (126, 206), kao Stovern i sur. nakon rolinga 3 x tjedno tijekom 6 tjedana (251) te Boguszewski i sur. nakon rolinga 2 x tjedno tijekom 2 mjeseca (27). Kiyono i sur. nalaze poboljšanje opsega dorzalne fleksije gležnja nakon 15 tretmana tijekom 5 tjedana, a Smith i sur. nakon 12 tretmana rolinga provedenih tijekom 6 tjedana (140, 242). Guillot i sur. u promatranju fleksibilnosti donjih ekstremiteta nakon 15 tretmana i ukupno 7 tjedana nalaze poboljšanje fleksibilnosti kukova (96).

Brengesjö nakon 45 sekundi rolinga po tretiranoj mišićnoj skupini ne nalazi učinak na fleksibilnost u odnosu na kontrolu za koju je korištena kontralateralna noga (30). S obzirom na ranije prikazano kontralateralno poboljšanje fleksibilnosti kao posljedicu mogućeg neurofiziološkog djelovanja rolinga (89, 135, 139, 273), uzimanje kontralateralne noge kao kontrole ograničava interpretaciju rezultata navedenog istraživanja. Premda Laffaye i sur. u svom radu nalaze pozitivan učinak rolinga na simptome DOMS-a u smislu poboljšanja fleksibilnosti kuka, ali i smanjenja bola na VAS-ljestvici, kao kontrola korištena je netretirana noga, što je iz gore navedenih razloga jedno od ograničenja istraživanja (149). Također s oprezom treba tumačiti i istraživanje Schroedera i sur., u kojem se ne nalazi učinak rolinga na miotonometrijske parametre zbog korištenja kontralateralne noge kao kontrole, (237), te u budućim istraživanjima ne bi trebalo koristiti netretiranu nogu kao kontrolu učinka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom.

Udaljeno djelovanje rolinga na fleksibilnost potkrepljuju i druga istraživanja (76, 177, 178, 180, 183). Poboljšanje fleksibilnosti nalazi se i nakon rolinga antagonista (275). Tako Monteiro i sur. smatraju kako iz neurofiziološke perspektive nije bitno koja regija tijela je tretirana mehaničkim podraživanjem mišićne fascije pjenastim valjkom (180), a navedeno može biti korisno u praktičnom radu kad se želi postići učinak bez izravnog tretiranja ciljane, potencijalno

oštećene, mišićne skupine (139, 177, 193). Odnose između tretirane mišićne skupine i fleksibilnosti potrebno je ispitati u daljnjim istraživanjima mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom.

Morales-Artacho i sur. nakon rolinga u trajanju 5 x 60 sekundi ne nalaze učinak rolinga na fleksibilnost (184). U navedenom istraživanju kao mjera fleksibilnosti učinjena je pasivna ekstenzija koljena tijekom koje se i u istraživanjima drugih skupina autora ne nalazi pozitivan učinak rolinga na poboljšanje fleksibilnosti (184, 230). Moguće je da izbor testa za mjerenje fleksibilnosti, ovisno o tome je li riječ o aktivnom ili pasivnom pokretu, a ovisno i koji dio tijela je tretirana a koji se evaluira, može utjecati na rezultate istraživanja i interpretaciju istih. Također bitno je razlučiti je li kod testa kojim se mjerila fleksibilnost riječ o pokretu u jednoj zgloboj razini u kontroliranim i objektiviziranim uvjetima ili je riječ o kompleksnom pokretu na koji utječe više zgloboj razina, čiji se utjecaj na rezultat ne može isključiti (180), a kakav je korišten kao mjera fleksibilnosti hamstringsa i u ovom istraživanju. Nadalje na rezultate istraživanja, premda su korištene metode najčešće zadovoljavajuće reproducibilnosti i umjerene razine pouzdanosti, može utjecati pogreška prilikom izvođenja mjerenja (240). Nije za zanemariti niti mogućnost da poboljšanje pasivne fleksibilnosti ne znači nužno povećanu mobilnost prilikom izvođenja funkcionalnih pokreta (185).

DOMS dovodi do smanjenja fleksibilnosti (52, 98). Nekoliko istraživanja promatralo je utjecaj rolinga na fleksibilnost nakon razvoja DOMS-a. Dio njih ne nalazi pozitivan učinak (66, 77, 219), dok se u drugima navodi pozitivan učinak rolinga na povećanje fleksibilnosti (132, 149, 160, 196, 223).

U istraživanju D'Amica i Gillisa, zagrijavanje je vrlo intenzivno i dinamičko, dok se kod MacDonalda i sur. sastojalo od petominutne vožnje biciklergometra, što je moglo dovesti do razlike u ishodu (66, 160, 263). Ipak, Ray i sur. i Drinkwater i sur. fleksibilnost ispituju prije provođenja zagrijavanja (77, 219), čime je odbačen potencijalni učinak zagrijavanja na fleksibilnost, ali ne nalaze učinak rolinga na povećanje fleksibilnosti. Tako da se, premda postoje brojne opisane metodološke razlike između provedenih istraživanja, ne može dati konačan odgovor o učinku rolinga na fleksibilnost kod sindroma odgođenog mišićnog bola.

Između ostalih, cilj našeg rada bio je ispitati je li fleksibilnost u DOMS-u povećana nakon provođenja undulirajućeg rolinga u odnosu na roling kontinuiranom tehnikom, a ispitanici su zagrijavanje provodili na biciklergometru, kao u istraživanju MacDonalda i sur. (160), ali uz opterećenje od 50 Watta i kadencu 50 okretaja u minuti, te je time eventualni učinak intenzivnog zagrijavanja na rezultate isključen. Međutim ostaje otvoreno pitanje bi li rezultati ovog istraživanja vezano za fleksibilnost bili drugačiji da prije provođenja *sit and reach* testa nije uopće provedeno nikakvo zagrijavanje.

Prema rezultatima ovog istraživanja, ne nalazimo statistički značajno smanjenje fleksibilnosti parnih uzoraka između prvog i drugog mjerenja u objema ispitivanim skupinama ( $p = 0,492$  za RK i  $p = 0,693$  za RU; tablica 19), što znači da nakon provedenog EIMD-protokola i razvoja DOMS-a nije došlo do očekivanog smanjenja fleksibilnosti u *sit and reach* testu između dvaju mjerenja za obje skupine. Moguće je objašnjenje spomenuto. Budući da provedeni *sit and reach* test nije strogo specifičan za hamstringse, već na njega utječe i fleksibilnost slabinske kralježnice (16, 157, 171), više je riječ o procjeni, a ne izravnoj mjeri fleksibilnosti hamstringsa (171). Izbor testa za mjerenje fleksibilnosti stoga možemo navesti kao jedno od ograničenja ovog istraživanja te je u budućim istraživanjima preporučljivo koristiti drugu varijablu koja će biti specifičnija za tretiranu mišićnu skupinu. S druge strane, s obzirom na to da se ne nalazi statistički značajno smanjena fleksibilnost između dvaju mjerenja, moguće je da postoji pozitivan učinak obiju tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na fleksibilnost, no s obzirom na nedostatak kontrolne skupine, navedeno nije moguće sa sigurnošću potvrditi. Usporedba ranijih istraživanja koja su promatrala učinak rolinga na redukciju simptoma DOMS-a s našim, vezano za fleksibilnost 48 sati nakon protokola za vježbom inducirano oštećenje mišića i mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom nije odgovarajuća zbog heterogenosti u metodologiji te u niti jednom od ranijih istraživanja ne nalazimo usporediv protokol rolinga, intervale mjerenja i test izabran za mjerenje fleksibilnosti.

Promatrajući razliku u fleksibilnosti mjerenu *sit and reach* testom u dvama mjerenja između promatranih skupina ne nalazi se statistički značajna razlika ( $p = 0,445$ ; tablica 17).

Zaključno, na temelju rezultata ovog istraživanja može se zaključiti kako RU ne dovodi do poboljšanja fleksibilnosti u odnosu na RK.

Premda u dosadašnjoj literaturi postoje dovoljno uvjerljivi dokazi da roling poboljšava fleksibilnost, nije jasan učinak na druge motoričke sposobnosti. To je moguće posljedica metodoloških razlika među studijama, izbora pomagala, tehnike i kadenca rolinga (22, 120, 212).

Prema da Silvi i sur., roling kvadricepsa u trajanju 60 sekundi između dviju serija ekstenzije koljena ne utječe na broj ponavljanja do otkaza u usporedbi s kontrolnom skupinom koja je provodila pasivni oporavak (62). S druge strane Monteiro i sur. u svojim istraživanjima navode da se broj ponavljanja izvođenja ekstenzije koljena smanjuje s volumenom rolinga kvadricepsa, u trajanju 60, 90 ili 120 sekundi (179, 182). U drugom istraživanju Monteiro i sur. rolingom antagonista između triju serija ekstenzije koljena nalaze smanjenje motoričke izvedbe u odnosu na kontrolnu skupinu, a također između dviju eksperimentalnih, gdje je smanjenje broja ponavljanja vezano uz veći volumen rolinga, 60 ili 120 sekundi po tretiranoj mišićnoj skupini (181). Suprotno tome Santana i sur. nalaze poboljšanje u broju ponavljanja ekstenzije koljena kada se između serija provodi roling antagonista u trajanju 60 sekundi po mišićnoj skupini, ali i agonista ili obiju mišićnih skupina u odnosu na kontrolnu skupinu (229). Razlika između navedenih dvaju istraživanja je što su Monteiro i sur. dva volumena rolinga antagonista proučavali u jednom dolasku, u razmaku od 10 minuta, dok su Santana i sur. mjerenja radili u razmaku od 48 sati, što je moglo dovesti do značajnijeg oporavka između testiranja i tako utjecati na rezultate (181, 229). Također kod Monteiro i sur. kadenca nije bila zadana, što može utjecati na ukupno prenesenu silu na miofascijalni kompleks i umor zbog izometričkog položaja u kojem se roling provodi (108, 179, 181, 182, 229). Smanjena izdržljivost akutno nakon rolinga potvrđuje se istraživanjem Akincija i sur., gdje ispitanici nakon rolinga u trajanju od 90 sekundi po mišićnoj skupini mogu učiniti manji broj čučnjeva uz opterećenje u odnosu na skupinu koja je provodila aktivni oporavak (5).

Prema Reiner i sur., provođenje rolinga kvadricepsa u ukupnom trajanju 180 sekundi akutno povećava izometričku jakost (217), no isto nije potvrđeno u istraživanju Behare i Jacobsona nakon rolinga kvadricepsa, hamstringsa, gluteusa i gastroknemijskog mišića u trajanju od 60 sekundi po mišićnoj skupini (23) ili MacDonalda i sur. nakon rolinga u trajanju 120 sekundi (161). Nakon EIMD-protokola roling kvadricepsa u trajanju 90 sekundi (279) ili cijelih natkoljenica, gluteusa i gastroknemijskog mišića u trajanju 30 sekundi po mišićnoj skupini (85) ne utječe statistički značajno na jakost kvadricepsa, kao ni na druge motoričke ishode (65, 122), no zamjećuje se trend pozitivnog učinka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim

valjkom na jakost kvadricepsa (85). Macgregor i sur. nakon rolinga kvadricepsa u trajanju 120 sekundi ne nalaze učinak na jakost kvadricepsa akutno nakon tretmana, kao niti 15 minuta kasnije, no navode povećanu jakost 30 minuta nakon provođenja rolinga te zaključuju kako se roling treba provoditi 30 ili više minuta prije aktivnosti u kojima je bitna jakost (162).

Razvojem DOMS-a dolazi do smanjenja jakosti mišića (34, 52, 70, 131, 258). Prema Romero-Moraledi i sur., roling u trajanju 5 x 60 sekundi dovodi do statistički značajnog oporavka maksimalne izometričke voljne kontrakcije kod DOMS-a (224), a prema Nakamuri i sur. oporavak izometričke kontrakcije javlja se nakon 90 sekundi rolinga (196). Međutim potrebno je napomenuti da se u navedenom istraživanju roling provodio 48 sati nakon EIMD-protokola te se oporavak odnosi na vrijednosti jakosti kvadricepsa neposredno prije rolinga, no jakost je u završnom mjerenju i dalje snižena u odnosu na inicijalne vrijednosti. Ni ovdje nije moguće isključiti spomenuti akutni učinak rolinga na jakost kvadricepsa u razvijenom DOMS-u, a dodatno ograničenje istraživanja je i što nije bilo kontrolne skupine. S druge strane poboljšanje izometričke jakosti kvadricepsa ne nalaze Nakamura i sur. u istraživanju u kojem se tretiranje mišića provodilo u vidu statičke kompresije pomoću vibracijskog pjenastog valjka (192). Također Drinkwater i sur. kod rolinga u trajanju 180 sekundi, MacDonald i sur. kod tretmana od 2 x 60 sekundi te Kasahara i sur. kod rolinga 3 x 30 sekundi ne nalaze pozitivan učinak rolinga na oporavak najveće moguće izometričke voljne kontrakcije (77, 132, 160). Pearcey i sur. pretpostavljaju da mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom ne utječe na izvedbu izometričkih zadataka koji se provode u jednom zglobu, ali može poboljšati izvedbu kompleksnih dinamičkih kretnji koje se izvode u više zglobnih razina (209).

S obzirom na varijable izabrane za ovo istraživanje, ispitanici su provodili mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom za cijele natkoljenice i glutealnu muskulaturu, obostrano. Naime, prema Cavanaughu i sur., izolirani roling kvadricepsa dovodi do smanjene aktivacije bicepsa femorisa, dok se rolingom obiju mišićnih skupina ne nalazi navedeni učinak (38), što opravdava odluku o tretmanu više mišićnih skupina, uključenih u izvođenje motoričkih zadataka.

Imajući u vidu postojanje i funkciju Golgijevog tetivnog organa, čijom stimulacijom dolazi do smanjenja tonusa mišića, otvara se pitanje bi li se roling trebao provoditi ciljano na miotendinoznim spojevima s ciljem opuštanja tonusa i povećanja fleksibilnosti, razmišljajući istovremeno o mogućim negativnim učincima na izvedbu drugih motoričkih zadataka (79, 128).

Nakamura i sur. uspoređivali su akutni učinak vibracijskog rolinga uzduž mišićne skupine te statičke vibracije u području miotendinoznog spoja, odnosno trbuha mišića potkoljenice. Prema rezultatima, ne nalazi se razlika u motoričkim sposobnostima između promatranih skupina. Autori nalaze poboljšanje fleksibilnosti u svim trima skupinama bez utjecaja na izvedbu drugih motoričkih zadataka, a jedina razlika između skupina nalazi se kod promatranja krutosti mišića (195). U ovom istraživanju roling se provodio cijelom dužinom mišića, kao i u većini ranijih istraživanja utjecaja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije na simptome DOMS-a (2, 64, 66, 77, 132, 149, 160, 196, 209, 219, 224, 237), uz naglasak ispitanicima da tijekom rolinga priđu što bliže polazištu/hvatištu mišićne skupine koja se tretira.

U našem radu uočeno je smanjenje jakosti kvadricepsa u svih promatranih ispitanika. Srednje smanjenje jakosti kvadricepsa u svih ispitanika iznosilo je 23,2 N, a bilo je izraženije u skupini RU ( $M = 28,73$  N) nego u skupini RK ( $M = 17,19$  N). Ipak uočene razlike između skupina nisu bile statistički značajne ( $p = 0,704$ ; tablica 15).

Promatrajući razlike u parnim uzorcima mjerenja, također nije pronađena statistička značajnost, kako za sve ispitanike ( $p = 0,105$ ) tako i za skupinu RK ( $p = 0,451$ ). Međutim, u skupini RU uočena je granična statistička značajnost ( $p = 0,079$ ; tablica 19 za sva tri rezultata). Stoga, uz pretpostavku pozitivnog učinka mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na oporavak jakosti kvadricepsa nakon DOMS-a, moguće je da postoji bolji učinak rolinga uz kontinuirane kretnje uzduž mišića na oporavak jakosti kvadricepsa, što je potrebno razlučiti u budućim istraživanjima s većim uzorkom ispitanika, kojim bi se moguće dokazala statistička značajnost promjene u navedenoj varijabli.

Kad se promatra vrijeme sprinta, rezultati istraživanja oprečni su. Pearcey i sur. nalaze nakon rolinga poboljšanje vremena sprinta na 30 metara, dok Rey i sur. ne nalaze isto nakon sprinta na 5 ili 10 metara. Razlika se može pokušati objasniti različitom metodologijom istraživanja. Dok je u jednom proveden ukriženi ustroj istraživanja na samo 8 ispitanika, u drugom je istraživanje učinjeno na 18 ispitanika podijeljenih u dvije skupine, a značajna je razlika i u tjelesnoj aktivnosti izabranoj za izazivanje odgođenog mišićnog bola. Navedena dva istraživanja proučavala su i agilnost provođenjem t-testa, također uz oprečne rezultate. Rey i sur. nalaze pozitivan učinak rolinga na agilnost, za razliku od Pearceya i sur. (209,219), što je moguće posljedica istih metodoloških ograničenja u istraživanjima. Agilnost kod sindroma odgođenog mišićnog bola promatrao je i D'Amico sa suradnicima, s oprečnim rezultatima

između dvaju provedenih istraživanja. U jednom nalazi pozitivan učinak rolinga na t-test, u smislu da roling reducira smanjenje motoričke izvedbe nastale EIMD-protokolom u usporedbi s kontrolnom skupinom, dok u drugom ne nalazi pozitivan učinak rolinga na agilnost (64, 66), što je moguće posljedica ranije spomenutog uzorka miješanog po spolu u drugom istraživanju (64) te manjeg učinka rolinga na oporavak agilnosti u ispitanika ženskog spola. Međutim potrebno je naglasiti kako u istraživanju koje govori o pozitivnom učinku rolinga na agilnost u DOMS-u postoji razlika između skupina u izvođenju t-testa i kod uključivanja u istraživanje (66).

Za razliku od aktivnog dinamičkog zagrijavanja (86, 176, 245), roling akutno ne utječe na visinu skoka prema većini provedenih istraživanja (21, 23, 108, 123, 142, 158, 218, 241). Potrebno je napomenuti kako su se u dva istraživanja tretirali samo hamstringsi, što je moglo utjecati na rezultate (142, 218). Međutim i u ovom slučaju rezultati istraživanja o učinku mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom nisu unificirana. Tako prema Peacocku i sur. te Richmanu i sur. 30 sekundi, a Sağiroğlu 2 x 30 sekundi rolinga po mišićnoj skupini, povećava CMJ (208, 220, 227).

Romero-Franco i sur. u svom istraživanju dolaze do zaključka kako dodatak rolinga trčanju u trajanju 45 sekundi po mišićnoj skupini dovodi do većeg poboljšanja CMJ-a u odnosu na monotretman trčanjem te da se učinak zadržava 10 minuta nakon tretmana (222). S druge strane Phillips i sur. navode da prolongirano trajanje rolinga od 300 sekundi smanjuje visinu skoka u odnosu na 60 sekundi rolinga (212).

Nakon provođenja intenzivne tjelesne aktivnosti Jo i sur. ne nalaze akutni utjecaj rolinga na CMJ u odnosu na kontrolnu skupinu (122), uz trajanje rolinga 2 x 30 sekundi po mišićnoj skupini. Prema dijelu autora ne nalazi se pozitivan utjecaj rolinga na visinu skoka nakon razvijenog DOMS-a (64, 66, 149, 219). Laffaye i sur. u svom istraživanju provodili su roling samo jedne noge, i to samo prednje i lateralne strane natkoljenice (149), što je moglo utjecati na izostanak učinka rolinga na CMJ s obzirom na kompleksnost kretnji u navedenom testu. Također provedeno intenzivno zagrijavanje trajanja 10 minuta moglo je utjecati na motoričku izvedbu. S druge strane dio autora zaključuje da roling reducira smanjenje visine skoka nastale DOMS-om (77, 160, 192, 223). Pretpostavlja se da navedeni utjecaj na visinu skoka može biti, barem djelomično, uzrokovan povećanom tolerancijom bola (77).



Premda postoji razlika u zagrijavanju i korištenom pjenastom valjku, protokol rolinga između dvaju istraživanja D'Amica i sur. i onog MacDonalda i sur. gotovo je istovjetan (64, 66, 160). Nalazi se međutim razlika u EIMD-protokolu, vremenu provođenja rolinga u odnosu na mjerenje varijabli te u načinu mjerenja visine skoka. U jednom je za mjerenje visine skoka korišten CMJ (160), dok se u drugima prije skoka naglasilo zastajanje u donjem položaju pokreta, što je prema autorima moglo dovesti do smanjenja eksplozivne snage (64, 66). Naime za provođenje maksimalnog sunožnog skoka s pripremom, kao i t-testa, potrebno je iskorištavanje ciklusa istežanja i skraćivanja (engl. *stretch-shortening cycle* – SSC), dok zastajanje u donjem položaju pokreta prije skoka onemogućuje potpuno iskorištavanje ciklusa istežanja i skraćivanja, no potrebno je daljnjim istraživanjima ispitati tu pretpostavku (66).

Romero-Moraleda i sur. u svojim su istraživanjima ispitivali utjecaj rolinga na CMJ (223) i JK (224) nakon provođenja EIMD-protokola te našli pozitivan učinak rolinga na navedene varijable. Isto su ispitivali i Kasahara i sur. i Nakamura i sur. te zabilježili pozitivan učinak vibracijskog rolinga na CMJ (132, 192). U navedenim istraživanjima mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom učinjeno je 48 sati nakon provedenog EIMD-protokola, a mjerenja, osim inicijalno, odmah prije i poslije rolinga. Ne može se stoga isključiti da poboljšanje eksplozivne snage u radovima Romero-Moralede i sur., Nakamure i sur. te Kasahare i sur. nije posljedica akutnog, i moguće kratkoročnog, učinka rolinga u razvijenom DOMS-u, a ne redukcija pojave simptoma DOMS-a u smislu preventivnog učinka rolinga na razvoj DOMS-a ili učinka rolinga na ubrzavanje oporavka. Bitno je napomenuti i da se oporavak maksimalnog sunožnog skoka s pripremom nalazi u odnosu na vrijednosti prije rolinga, no visina skoka u završnom mjerenju i dalje je snižena u odnosu na inicijalne vrijednosti (132, 192, 223).

U ovom istraživanju eksplozivna snaga mjerena je pomoću CMJ-a, 48 sati nakon izvođenja EIMD-protokola i tretmana rolingom, a prema istraživanju MacDonalda i sur. u tom je intervalu zabilježen pozitivan učinak rolinga na smanjenje redukcije visine skoka izazvane DOMS-om (160). Korišteni EIMD-protokol, prema Manojloviću, sastojao se upravo od provođenja triju serija CMJ-a do otkaza (166), što osigurava aktivaciju i izazivanje oštećenja mišića induciranog vježbom u mišićnim skupinama uključenima u izvođenje tog pokreta.

Naime izbor protokola za oštećenje mišića inducirano vježbom različitim opterećenjem pojedinih mišićnih skupina može drugačije utjecati na tijelo, a time i na vrijednost promatranih varijabli, te je opravdano ciljano ispitivanje utjecaja mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na oporavak nakon pojedine tjelesne aktivnosti (66).

Promatrajući razlike između prvog i drugog mjerenja, uočava se statistički značajna i pozitivna linearna korelacija ( $r = 0,3672$ ;  $p = 0,013$ ; tablica 20) za sve ispitanike između promjene maksimalnog sunožnog skoka s pripremom i *sit and reach* testa. Moguće je zaključiti da je poboljšanje eksplozivne snage u drugom mjerenju bilo statistički značajno povezano s poboljšanjem fleksibilnosti. Promatrano prema skupinama ta razlika bila je granično značajna u skupini RK ( $r = 0,4096$ ;  $p = 0,052$ ; tablica 21), dok u skupini RU to nije bio slučaj ( $r = 0,3167$ ;  $p = 0,151$ ; tablica 22). Iz rezultata u tablicama i grafikonima koji prikazuju korelaciju u razlikama između prvog i drugog mjerenja za ispitanike iz skupine RK, kao i za sve ispitanike, moguće je zaključiti da je i u ovom slučaju statistička značajnost posljedica nekoliko stršćih vrijednosti (engl. *outlier*). Budući da se sve opažene vrijednosti nalaze u okviru mogućih vrijednosti razlika između dvaju mjerenja, u statističkoj analizi odlučeno je da se te vrijednosti ne izostavljaju iz analize podataka.

Razlike za vrijednosti CMJ-a između dviju skupina u završnom mjerenju statistički su granično značajne ( $p = 0,085$ ; tablica 9), što je vjerojatno moguće barem dijelom pripisati razlikama uočenima pri uključivanju ( $p = 0,128$ ; tablica 4).

U našem istraživanju nalazimo nešto veći porast visine skoka u skupini koja je provodila mehaničko podraživanje undulirajućom tehnikom ( $M = 0,382$  cm) u odnosu na skupinu koja je provodila kontinuirani roling ( $M = 0,165$  cm). Navedena promjena nije statistički značajna ( $p = 0,741$ ; tablica 16), no istu spominjemo s obzirom na istraživanje MacDonalda i sur. koji su također provodili roling undulirajućom tehnikom te zaključili da mehaničko podraživanje mišićne fascije pjenastim valjkom utječe na poboljšanje dinamičkih kontrakcija u odnosu na izometričke (160).

U ovom istraživanju dakle nije nađena statistički značajna razlika u visini maksimalnog sunožnog skoka s pripremom između promatranih skupina te se zaključuje da nema razlike između dviju ispitivanih tehnika rolinga na CMJ. Indirektno, s obzirom na to da nema statistički značajne redukcije u visini skoka između dvaju mjerenja, koju se može očekivati razvojem

DOMS-a, a uz pretpostavku učinka rolinga, moguće je da su obje tehnike mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom pozitivno utjecale na eksplozivnu snagu, no navedeno također nije moguće sa sigurnošću potvrditi s obzirom na nedostatak kontrolne skupine.

Zaključno, prema rezultatima ovog istraživanja ne nalaze se statistički značajne razlike između promatranih tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na fleksibilnost, jakost i eksplozivnu snagu, te se može zaključiti da hipoteza H3 nije potvrđena, uz napomenu da moguće postoji bolji učinak na jakost kvadricepsa u skupini koja je provodila roling kontinuiranim kretnjama uzduž mišića.

S obzirom na to da se promatrane skupine ne razlikuju statistički značajno u niti jednoj od promatranih varijabli te da su sve postavljene hipoteze odbačene, zaključujemo da nema razlike u učincima dviju promatranih tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na redukciju pojave simptoma DOMS-a, te da se tehnika rolinga može izabrati prema vlastitoj preferenciji.

Ipak iz dobivenih rezultata, premda su potrebna daljnja istraživanja koja bi razjasnila odnos tehnike rolinga i vrste mišićne kontrakcije, možemo pretpostaviti da se kod aktivnosti za koje je primarno potrebna izometrička kontrakcija u oporavku može preporučiti provođenje mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom uz kontinuirane kretnje uzduž mišića, dok se kod aktivnosti za koje je potrebna primarno dinamička kontrakcija u oporavku može preporučiti provođenje mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom undulirajućim kretnjama niz mišićnu skupinu uz kontinuiranu kretnju natrag.

## 6. ZAKLJUČAK

Premda nedostaju neoborivi dokazi o pozitivnom učinku rolinga, pjenasti valjak često se koristi u pripremi za tjelesnu aktivnost u smislu poboljšanja fleksibilnosti, ali i u oporavku nakon tjelesne aktivnosti. Razlog je vjerojatno u niskoj cijeni i mogućnosti prijenosa pomagala te jednostavnoj primjeni koja ne zahtijeva posebne prostorne uvjete niti puno vremena, a može se upotrebljavati i doma ili na radnom mjestu.

Unatoč sve brojnijim istraživanjima o utjecaju rolinga, postoji velika varijacija u metodologiji i rezultatima te je izazovno tumačiti rezultate, uspoređivati provedena istraživanja i nedvojbeno zaključiti postoje li pozitivni učinci rolinga na sindrom odgođenog mišićnog bola. Navedeno se može pokušati obrazložiti činjenicom da ne postoji konsenzus struke o optimalnom programu rolinga.

Cilj ovog istraživanja bio je usporediti dvije različite tehnike mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na redukciju simptoma sindroma odgođenog mišićnog bola. Prva tehnika rolinga sastojala se od kontinuiranih kretnji uzdužno po mišićnoj skupini, a druga od undulirajućih kretnji niz mišićnu skupinu uz brzu kontinuiranu kretnju natrag.

Prema rezultatima istraživanja, 48 sati nakon provedenog protokola za oštećenje mišića inducirano vježbom i rolinga, ne nalazi se statistički značajna razlika između dviju tehnika mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom na intenzitet bola, opseg natkoljenice, aktivnost kreatin-kinaze u kapilarnoj krvi, visinu maksimalnog sunožnog skoka s pripremom, jakost kvadricepsa i fleksibilnost u sindromu odgođenog mišićnog bola.

Na temelju do sada provedenih istraživanja opravdano je korištenje rolinga u oporavku nakon intenzivne tjelesne aktivnosti, primarno s ciljem smanjenja subjektivnih simptoma DOMS-a i poboljšanja fleksibilnosti. Može se pretpostaviti da trajanje tretmana do ukupno 2 minute neće dovesti do negativnog utjecaja na izvedbu drugih motoričkih zadataka, a izbor pomagala, tehniku i kadencu rolinga preporučuje se individualno prilagoditi svakom pojedincu, ovisno o subjektivnom doživljaju bola, no pri tome imajući u vidu mogući bolji učinak vibracijskih pjenastih valjaka i pomagala manjeg promjera. Također u oporavku nakon intenzivne tjelesne aktivnosti, ako je aktivnost primarno vezana uz provođenje izometričkih kontrakcija, može se preporučiti provođenje mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom uz

kontinuirane kretnje uzduž mišića, dok se kod aktivnosti za koje je potrebna primarno dinamička kontrakcija može preporučiti provođenje mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom undulirajućim kretnjama niz mišićnu skupinu uz brzu kontinuiranu kretnju natrag. Međutim navedeno je potrebno potvrditi budućim, metodološki kvalitetnim istraživanjima, koja bi uključivala i kontrolnu skupinu. Kako bi se optimiziralo utrošeno vrijeme i učinak tretmana, potrebno je odrediti minimalno trajanje rolinga kojim se postiže željeni učinak na smanjenje simptoma DOMS-a, kao i razlučiti hoće li produženo vrijeme tretmana dovesti do dodatne koristi ili možda prolongirani tretman može uzrokovati negativne učinke na izvedbu pojedinih motoričkih zadataka ako se provodi neposredno prije nove tjelesne aktivnosti. Potrebno je u budućim istraživanjima također proučiti koje je pomagalo optimalno za roling, koji je pritisak pomagala na miofascijalni kompleks potreban za učinak, koju kadencu koristiti prilikom rolinga te treba li roling provoditi u serijama, s koliko stanke između serija i koji broj ponavljanja, a sve kako bi se u budućnosti odredio optimalan program mehaničkoga podraživanja mišićne fascije pjenastim valjkom kojim bi se postizali željeni terapijski učinci na sindrom odgođenog mišićnog bola, kao i optimiziranje upotrebe pjenastog valjka prije provođenja tjelesne aktivnosti ili u rehabilitaciji.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Aboodarda SJ, Spence AJ, Button DC. Pain pressure threshold of a muscle tender spot increases following local and non-local rolling massage. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16:265.
2. Adamczyk JG, Gryko K, Boguszewski D. Does the type of foam roller influence the recovery rate, thermal response and DOMS prevention? *PLoS One.* 2020;15(6):e0235195.
3. Adstrum S, Hedley G, Schleip R, Stecco C, Yucesoy CA. Defining the fascial system. *J Bodyw Mov Ther.* 2017;21(1):173-7.
4. Adstrum S, Nicholson H. A history of fascia. *Clin Anat.* 2019;32(7):862-70.
5. Akinci B, Zenginler Yazgan Y, Altinoluk T. The effectiveness of three different recovery methods on blood lactate, acute muscle performance, and delayed-onset muscle soreness: a randomized comparative study. *J Sports Med Phys Fitness.* 2020;60(3):345-54.
6. Altarriba-Bartes A, Peña J, Vicens-Bordas J, Casals M, Peirau X, Calleja-González J. The use of recovery strategies by Spanish first division soccer teams: A cross-sectional survey. *Phys Sportsmed.* 2021;49(3):297-307.
7. Anderson BL, Harter RA, Farnsworth JL. The Acute Effects of Foam Rolling and Dynamic Stretching on Athletic Performance: A Critically Appraised Topic. *J Sport Rehabil.* 2020;30(3):501-6.
8. Arabaci R. Acute effects of pre-event lower limb massage on explosive and high speed motor capacities and flexibility. *J Sports Sci Med.* 2008;7(4):549-55.
9. Arazi H, Asadi A, Hoseini K. Comparison of two different warm-ups (static-stretching and massage): Effects on flexibility and explosive power. *Acta Kinesiol.* 2012;6(1):55-9.
10. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med.* 2004;32(S1):5-16.
11. Arroyo-Morales M, Fernández-Lao C, Ariza-García A, Toro-Velasco C, Winters M, Díaz-Rodríguez L, Cantarero-Villanueva I, Huijbregts P, Fernández-De-las-Peñas C. Psychophysiological effects of preperformance massage before isokinetic exercise. *J Strength Cond Res.* 2011;25(2):481-8.
12. Avila Gonzalez CA, Driscoll M, Schleip R, Wearing S, Jacobson E, Findley T, Klingler W. Frontiers in fascia research. *J Bodyw Mov Ther.* 2018;22(4):873-80.

13. Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, Santonja F. Reproducibility and criterion-related validity of the sit and reach test and toe touch test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young adults. *Phys Ther Sport*. 2012;13(4):219-26.
14. Baird MF, Graham SM, Baker JS, Bickerstaff GF. Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *J Nutr Metab*. 2012;2012:960363.
15. Bakhtiary AH, Safavi-Farokhi Z, Aminian-Far A. Influence of vibration on delayed onset of muscle soreness following eccentric exercise. *Br J Sports Med*. 2007;41(3):145-8.
16. Baltaci G, Un N, Tunay V, Besler A, Gerçeker S. Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students. *Br J Sports Med*. 2003;37(1):59-61.
17. Barnes JF. *Myofascial Release: The Search for Excellence, a Comprehensive Evaluatory and Treatment Approach*. Rehabilitation Services Inc.; 1990.
18. Barnes MF. The basic science of myofascial release: morphologic change in connective tissue. *J Bodyw Mov Ther*. 1997;1(4):231-8.
19. Bartsch KM, Baumgart C, Freiwald J, Wilke J, Slomka G, Turnhöfer S, Egner C, Hoppe MW, Klingler W, Schleip R. Expert Consensus on the Contraindications and Cautions of Foam Rolling-An International Delphi Study. *J Clin Med*. 2021;10(22):5360. – 302
20. Baumann F, Brühlmann P, Andreisek G, Michel BA, Marincek B, Weishaupt D. MRI for diagnosis and monitoring of patients with eosinophilic fasciitis. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;184(1):169-74.
21. Baumgart C, Freiwald J, Kühnemann M, Hotfiel T, Hüttel M, Hoppe MW. Foam Rolling of the Calf and Anterior Thigh: Biomechanical Loads and Acute Effects on Vertical Jump Height and Muscle Stiffness. *Sports*. 2019;7(1):27.
22. Beardsley C, Škarabot J. Effects of self-myofascial release: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther*. 2015;19(4):747-58.
23. Behara B, Jacobson BH. Acute Effects of Deep Tissue Foam Rolling and Dynamic Stretching on Muscular Strength, Power, and Flexibility in Division I Linemen. *J Strength Cond Res*. 2017;31(4):888-92.
24. Behm DG, Wilke J. Do Self-Myofascial Release Devices Release Myofascia? Rolling Mechanisms: A Narrative Review. *Sports Med*. 2019;49(8):1173-81.
25. Benjamin M, Kaiser E, Milz S. Structure-function relationships in tendons: a review. *J Anat*. 2008;212(3):211-28.

26. Bielik V. Effect of different recovery modalities on anaerobic power in off-road cyclists. *Biol Sport*. 2010;27(1):59-63
27. Boguszewski D, Falkowska M, Adamczyk JG, Białoszewski D. Influence of foam rolling on the functional limitations of the musculoskeletal system in healthy women. *Biomed Hum Kinet*. 2017 Feb 1;9(1):75-81.
28. Bradbury-Squires DJ, Noftall JC, Sullivan KM, Behm DG, Power KE, Button DC. Roller-massager application to the quadriceps and knee-joint range of motion and neuromuscular efficiency during a lunge. *J Athl Train*. 2015;50(2):133-40.
29. Brancaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin Sports Med*. 2008;27(1):1-18.
30. Brengesjö O, Lohaller J. Effects of foam rolling on ankle joint ROM and hamstring flexibility (thesis). University of Gothenburg; 2017.
31. Bron C, Dommerholt JD. Etiology of myofascial trigger points. *Curr Pain Headache Rep*. 2012;16(5):439-44.
32. Burk C, Perry J, Lis S, Dischiavi S, Bleakley C. Can Myofascial Interventions Have a Remote Effect on ROM? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Sport Rehabil*. 2019;29(5):650-6.
33. Bushell JE, Dawson SM, Webster MM. Clinical relevance of foam rolling on hip extension angle in a functional lunge position. *J Strength Cond Res*. 2015;29(9):2397-403.
34. Byrne C, Twist C, Eston R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: theoretical and applied implications. *Sports Med*. 2004;34(1):49-69.
35. Cagnie B, Dewitte V, Coppeters I, Van Oosterwijck J, Cools A, Danneels L. Effect of ischemic compression on trigger points in the neck and shoulder muscles in office workers: a cohort study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2013;36(8):482-9.
36. Casanova N, Reis JF, Vaz JR, Machado R, Mendes B, Button DC, Pezarat-Correia P, Freitas SR. Effects of roller massager on muscle recovery after exercise-induced muscle damage. *J Sports Sci*. 2018;36(1):56-63.
37. Casato G, Stecco C, Busin R. Role of fasciae in nonspecific low back pain. *Eur J Transl Myol*. 2019;29(3):159-63.
38. Cavanaugh MT, Aboodarda SJ, Hodgson DD, Behm DG. Foam Rolling of Quadriceps Decreases Biceps Femoris Activation. *J Strength Cond Res*. 2017;31(8):2238-45.
39. Cavanaugh MT, Döweling A, Young JD, Quigley PJ, Hodgson DD, Whitten JH, Reid JC, Aboodarda SJ, Behm DG. An acute session of roller massage prolongs voluntary



- torque development and diminishes evoked pain. *Eur J Appl Physiol*. 2017;117(1):109-17.
40. Cè E, Limonta E, Maggioni MA, Rampichini S, Veicsteinas A, Esposito F. Stretching and deep and superficial massage do not influence blood lactate levels after heavy-intensity cycle exercise. *J Sports Sci*. 2013;31(8):856-66.
  41. Chaitow L. Research in Water and Fascia. *Massage Today* 2009;9(6).
  42. Cheatham SW, Baker R. Differences in pressure pain threshold among men and women after foam rolling. *J Bodyw Mov Ther*. 2017;21(4):978-82.
  43. Cheatham SW, Kolber MJ, Cain M, Lee M. 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. *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10(6):827-38.
  44. Cheatham SW, Kolber MJ, Cain M. Comparison of video-guided, live instructed, and self-guided foam roll interventions on knee joint range of motion and pressure pain threshold: A randomized controlled trial. *Int J Sports Phys Ther*. 2017;12(2):242-9.
  45. Cheatham SW, Kolber MJ. Does Roller Massage With a Foam Roll Change Pressure Pain Threshold of the Ipsilateral Lower Extremity Antagonist and Contralateral Muscle Groups? An Exploratory Study. *J Sport Rehabil*. 2018;27(2):165-9.
  46. Cheatham SW, Stull KR, Kolber MJ. Comparison of a Vibration Roller and a Nonvibration Roller Intervention on Knee Range of Motion and Pressure Pain Threshold: A Randomized Controlled Trial. *J Sport Rehabil*. 2019;28(1):39-45.
  47. Cheatham SW, Stull KR. Comparison of a foam rolling session with active joint motion and without joint motion: A randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2018;22(3):707-12.
  48. Cheatham SW, Stull KR. Comparison of three different density type foam rollers on knee range of motion and pressure pain threshold: a randomized controlled trial. *Int J Sports Phys Ther*. 2018;13(3):474-82.
  49. Cheatham SW, Stull KR. Roller massage: Comparison of three different surface type pattern foam rollers on passive knee range of motion and pain perception. *J Bodyw Mov Ther*. 2019;23(3):555-60.
  50. Cheatham SW. Roller massage: a descriptive survey of allied health professionals. *Journal of sport rehabilitation*. 2019;28(6):640-9.
  51. Chen CS, Ingber DE. Tensegrity and mechanoregulation: from skeleton to cytoskeleton. *Osteoarthritis Cartilage*. 1999;7(1):81-94.

52. Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness. *Sports Med.* 2003;33(2):145-64.
53. Cho SH, Kim SH, Park DJ. The comparison of the immediate effects of application of the suboccipital muscle inhibition and self-myofascial release techniques in the suboccipital region on short hamstring. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(1):195-7.
54. Choi SJ. Cellular mechanism of eccentric-induced muscle injury and its relationship with sarcomere heterogeneity. *J Exerc Rehabil.* 2014;10(4):200-4.
55. Christmas B, Taylor L, Smith A, Pemberton P, Siegler JC, Midgley AW. Reproducibility of measurement techniques used for creatine kinase, interleukin-6 and high-sensitivity C-reactive protein determination over a 48 h period in males and females. *Meas Phys Educ Exerc Sci.* 2018;22(3):191-9.
56. Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res.* 2003;17(1):197-208.
57. Cornell DJ, Ebersole KT. Influence of an acute bout of self-myofascial release on knee extension force output and electro-mechanical activation of the quadriceps. *Int J Sports Phys Ther.* 2020;15(5):732-43.
58. Costa PB, Ryan ED, Herda TJ, Defreitas JM, Beck TW, Cramer JT. Effects of static stretching on the hamstrings-to-quadriceps ratio and electromyographic amplitude in men. *J Sports Med Phys Fitness.* 2009;49(4):401-9.
59. Couture G, Karlik D, Glass SC, Hatzel BM. The Effect of Foam Rolling Duration on Hamstring Range of Motion. *Open Orthop J.* 2015;9:450-5.
60. Crane JD, Ogborn DI, Cupido C, Melov S, Hubbard A, Bourgeois JM, Tarnopolsky MA. Massage therapy attenuates inflammatory signaling after exercise-induced muscle damage. *Sci Transl Med.* 2012;4(119):119ra13.
61. Curran PF, Fiore RD, Crisco JJ. A comparison of the pressure exerted on soft tissue by 2 myofascial rollers. *J Sport Rehabil.* 2008;17(4):432-42.
62. Da Silva PR, Monteiro ER, Peixoto CG, de Carvalho AB, Monteiro TM, de Figueiredo TC. Acute Effects of Inter-Set Rest Period Foam Rolling on Repetition Performance in Strength Training. *J. Exerc. Physiol Online.* 2019;22(3):108-15.
63. Dabbs NC, Black CD, Garner J. Whole-Body Vibration While Squatting and Delayed-Onset Muscle Soreness in Women. *J Athl Train.* 2015;50(12):1233-9.
64. D'Amico A, Gillis J, McCarthy K, Leftin J, Molloy M, Heim H, Burke C. Foam rolling and indices of autonomic recovery following exercise-induced muscle damage. *Int J Sports Phys Ther.* 2020;15(3):429-40.

65. D'Amico A, Paolone V. The Effect of Foam Rolling on Recovery Between two Eight Hundred Metre Runs. *J Hum Kinet.* 2017;57:97-105.
66. D'Amico AP, Gillis J. Influence of Foam Rolling on Recovery From Exercise-Induced Muscle Damage. *J Strength Cond Res.* 2019;33(9):2443-52.
67. Dawidowicz J, Matysiak N, Szotek S, Maksymowicz K. Telocytes of Fascial Structures. *Adv Exp Med Biol.* 2016;913:403-24.
68. Dawidowicz J, Szotek S, Matysiak N, Mielańczyk Ł, Maksymowicz K. Electron microscopy of human fascia lata: focus on telocytes. *J Cell Mol Med.* 2015;19(10):2500-6.
69. De Benito AM, Valdecabres R, Ceca D, Richards J, Barrachina Igual J, Pablos A. Effect of vibration vs non-vibration foam rolling techniques on flexibility, dynamic balance and perceived joint stability after fatigue. *PeerJ.* 2019;7:e8000.
70. De Marchi T, Schmitt VM, Danúbia da Silva Fabro C, da Silva LL, Sene J, Tairova O, Salvador M. Phototherapy for Improvement of Performance and Exercise Recovery: Comparison of 3 Commercially Available Devices. *J Athl Train.* 2017;52(5):429-38.
71. De Souza A, Sanchotene CG, Lopes CMD, Beck JA, da Silva ACK, Pereira SM, Ruschel C. Acute Effect of 2 Self-Myofascial Release Protocols on Hip and Ankle Range of Motion. *J Sport Rehabil.* 2019;28(2):159-64.
72. Dębski P, Biały E, Gnat R. The parameters of foam rolling, self-myofascial release treatment: A review of the literature. *Biomed Hum Kinet.* 2019;11(1):36-46.
73. Devlin J, Paton B, Poole L, Sun W, Ferguson C, Wilson J, Kemi OJ. Blood lactate clearance after maximal exercise depends on active recovery intensity. *J Sports Med Phys Fitness.* 2014;54(3):271-8.
74. Devrnja A, Matković B. The effects of a soccer match on muscle damage indicators. *Kinesiology.* 2018;50(1.):112-23.
75. Dischiavi SL, Wright AA, Hegedus EJ, Bleakley CM. Biotensegrity and myofascial chains: A global approach to an integrated kinetic chain. *Med Hypotheses.* 2018;110:90-6.
76. Do K, Yim J. Acute effect of self-myofascial release using a foam roller on the plantar fascia on hamstring and lumbar spine superficial back line flexibility. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2018;7(1):35-40.
77. Drinkwater EJ, Latella C, Wilsmore C, Bird SP, Skein M. Foam Rolling as a Recovery Tool Following Eccentric Exercise: Potential Mechanisms Underpinning Changes in Jump Performance. *Front Physiol.* 2019;10:768.

78. Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2018;9:403.
79. Fama BJ, Bueti DR. The acute effect of self-myofascial release on lower extremity plyometric performance (thesis). Sacred Heart University; 2011.
80. Farrar JT, Young JP Jr, LaMoreaux L, Werth JL, Poole MR. Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Pain.* 2001;94(2):149-58.
81. Fede C, Albertin G, Petrelli L, Sfriso MM, Biz C, De Caro R, Stecco C. Hormone receptor expression in human fascial tissue. *Eur J Histochem.* 2016;60(4):2710.
82. Fede C, Pirri C, Fan C, Petrelli L, Guidolin D, De Caro R, Stecco C. A Closer Look at the Cellular and Molecular Components of the Deep/Muscular Fasciae. *Int J Mol Sci.* 2021;22(3):1411.
83. Fede C, Porzionato A, Petrelli L, Fan C, Pirri C, Biz C, De Caro R, Stecco C. Fascia and soft tissues innervation in the human hip and their possible role in post-surgical pain. *J Orthop Res.* 2020;38(7):1646-54.
84. Findley T, Chaudhry H, Stecco A, Roman M. Fascia research—A narrative review. *J Bodyw Mov Ther.* 2012;16(1):67-75.
85. Fleckenstein J, Wilke J, Vogt L, Banzer W. Preventive and Regenerative Foam Rolling are Equally Effective in Reducing Fatigue-Related Impairments of Muscle Function following Exercise. *J Sports Sci Med.* 2017;16(4):474-9.
86. Fletcher IM. An investigation into the effect of a pre-performance strategy on jump performance. *J Strength Cond Res.* 2013;27(1):107-15.
87. Freiwald J, Baumgart C, Kühnemann M, Hoppe MW. Foam-rolling in sport and therapy—potential benefits and risks: part 1—definitions, anatomy, physiology, and biomechanics. *Sports Orthop. Traumatol.* 2016;32(3):258-66.
88. Freiwald J, Baumgart C, Kühnemann M, Hoppe MW. Foam-Rolling in sport and therapy—Potential benefits and risks: Part 2—Positive and adverse effects on athletic performance. *Sports Orthop. Traumatol.* 2016;32(3):267-75.
89. García-Gutiérrez MT, Guillén-Rogel P, Cochrane DJ, Marín PJ. Cross transfer acute effects of foam rolling with vibration on ankle dorsiflexion range of motion. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2018;18(2):262-7.

90. George MD, McGill NK, Baker JF. Creatine kinase in the U.S. population: Impact of demographics, comorbidities, and body composition on the normal range. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(33):e4344.
91. Glatthorn JF, Gouge S, Nussbaumer S, Stauffacher S, Impellizzeri FM, Maffiuletti NA. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *J Strength Cond Res*. 2011;25(2):556-60.
92. Grabow L, Young JD, Alcock LR, Quigley PJ, Byrne JM, Granacher U, Škarabot J, Behm DG. Higher quadriceps roller massage forces do not amplify range-of-motion increases nor impair strength and jump performance. *J Strength Cond Res*. 2018;32(11):3059-69.
93. Griefahn A, Oehlmann J, Zalpour C, von Piekartz H. Do exercises with the Foam Roller have a short-term impact on the thoracolumbar fascia? - A randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2017;21(1):186-93.
94. Grieve R, Goodwin F, Alfaki M, Bourton AJ, Jeffries C, Scott H. The immediate effect of bilateral self myofascial release on the plantar surface of the feet on hamstring and lumbar spine flexibility: A pilot randomised controlled trial. *J Bodyw Mov Ther*. 2015;19(3):544-52.
95. Guariglia DA, Pereira LM, Dias JM, Pereira HM, Menacho MO, Silva DA, Cyrino ES, Cardoso JR. Time-of-day effect on hip flexibility associated with the modified sit-and-reach test in males. *Int J Sports Med*. 2011;32(12):947-52.
96. Guillot A, Kerautret Y, Queyrel F, Schobb W, Di Rienzo F. Foam Rolling and Joint Distraction with Elastic Band Training Performed for 5-7 Weeks Respectively Improve Lower Limb Flexibility. *J Sports Sci Med*. 2019;18(1):160-71.
97. Guimberteau JC, Delage JP, McGrouther DA, Wong JK. The microvacuolar system: how connective tissue sliding works. . *J Hand Surg Eur*. 2010;35(8):614-22.
98. Gulick DT, Kimura IF, Sitler M, Paolone A, Kelly JD. Various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *J Athl Train*. 1996;31(2):145-52.
99. Guo J, Li L, Gong Y, Zhu R, Xu J, Zou J, Chen X. Massage Alleviates Delayed Onset Muscle Soreness after Strenuous Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol*. 2017;8:747.
100. Haddad M, Dridi A, Chtara M, Chaouachi A, Wong del P, Behm D, Chamari K. Static stretching can impair explosive performance for at least 24 hours. *J Strength Cond Res*. 2014;28(1):140-6.
101. Hall M, Smith JC. The effects of an acute bout of foam rolling on hip range of motion on different tissues. *Int J Sports Phys Ther*. 2018;13(4):652-60.

102. Halperin I, Aboodarda SJ, Button DC, Andersen LL, Behm DG. Roller massager improves range of motion of plantar flexor muscles without subsequent decreases in force parameters. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(1):92-102.
103. Han SW, Lee YS, Lee DJ. The influence of the vibration form roller exercise on the pains in the muscles around the hip joint and the joint performance. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(10):1844-7.
104. Hansen A, Beltz NM, Janot J, Martenson A, Siegmann A, Jagielo A, Erdmann A, Wiggins M. A Dose-Response Relationship Between Myofascial Release & Anaerobic Power Output in Active College-Aged Males. *J Fit Res.* 2016;5(2):10-7.
105. Hart JM, Swanik CB, Tierney RT. Effects of sport massage on limb girth and discomfort associated with eccentric exercise. *J Athl Train.* 2005;40(3):181-5.
106. Hausswirth C, Mujika I. Recovery for performance in sport. *Human Kinetics*; 2013.
107. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual analog scale for pain (vas pain), numeric rating scale for pain (nrs pain), mcgill pain questionnaire (mpq), short-form mcgill pain questionnaire (sf-mpq), chronic pain grade scale (cpgs), short form-36 bodily pain scale (sf-36 bps), and measure of intermittent and constant osteoarthritis pain (icoap). *Arthritis Care Res.* 2011;63(S11):240-52.
108. Healey KC, Hatfield DL, Blanpied P, Dorfman LR, Riebe D. The effects of myofascial release with foam rolling on performance. *J Strength Cond Res.* 2014;28(1):61-8.
109. Healy R, Howard RM, Kenny IC, Harrison AJ. A comparison of methods to examine double and single leg drop jump performance. *Proceedings of the 2014 International Society of Biomechanics in Sports Conference*; 2014.
110. Hedley G. Notes on visceral adhesions as fascial pathology. *J Bodyw Mov Ther.* 2010;14(3):255-61.
111. Heimer S, Matković B, Medved R, Medved V, Žuškin E, Oreb G. *Praktikum kineziološke fiziologije.* Tiskara SENS; 1997.
112. Hendricks S, Hill H, Hollander SD, Lombard W, Parker R. Effects of foam rolling on performance and recovery: A systematic review of the literature to guide practitioners on the use of foam rolling. *J Bodyw Mov Ther.* 2020;24(2):151-74.
113. Hettling H, van Beek JH. Analyzing the functional properties of the creatine kinase system with multiscale 'sloppy' modeling. *PLoS Comput Biol.* 2011;7(8):e1002130
114. <https://myfoamrollers.com/what-size-foam-roller/>
115. <https://www.iasp-pain.org/publications/iasp-news/iasp-announces-revised-definition-of-pain/>

116. Hughes GA, Ramer LM. Duration of myofascial rolling for optimal recovery, range of motion, and performance: A systematic review of the literature. *Int J Sports Phys Ther.* 2019;14(6):845-59.
117. Hui SS, Yuen PY. Validity of the modified back-saver sit-and-reach test: a comparison with other protocols. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(9):1655-9.
118. Imtiyaz S, Veqar Z, Shareef MY. To Compare the Effect of Vibration Therapy and Massage in Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS). *J Clin Diagn Res.* 2014;8(1):133-6.
119. Ingber DE. Tensegrity and mechanotransduction. *J Bodyw Mov Ther.* 2008;12(3):198-200.
120. Ivković J. Samoopuštanje mišicne fascije pjenastim valjkom. *HŠMV.* 2015;30(2):67-77.
121. Janot J, Malin B, Cook R, Hagenbucher J, Draeger A, Jordan M, Quinn E. Effects of Self Myofascial Release and Static Stretching on Anaerobic Power Output. *Journal of Fitness Research.* 2013;2(1):41-54.
122. Jo E, Juache GA, Saralegui DE, Weng D, Falatoonzadeh S. The Acute Effects of Foam Rolling on Fatigue-Related Impairments of Muscular Performance. *Sports.* 2018;6(4):112.
123. Jones A, Brown LE, Coburn JW, Noffal GJ. Effects of foam rolling on vertical jump performance. *International Journal of Kinesiology and Sports Science.* 2015;3(3):38-42.
124. Joshi DG, Balthillaya G, Prabhu A. Effect of remote myofascial release on hamstring flexibility in asymptomatic individuals - A randomized clinical trial. *J Bodyw Mov Ther.* 2018;22(3):832-7
125. Jung J, Choi W, Lee Y, Kim J, Kim H, Lee K, Lee J, Lee S. Immediate effect of self-myofascial release on hamstring flexibility. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2017;6(1):45-51.
126. Junker DH, Stöggel TL. The foam roll as a tool to improve hamstring flexibility. *J Strength Cond Res.* 2015;29(12):3480-5.
127. Kalén A, Pérez-Ferreirós A, Barcala-Furelos R, Fernández-Méndez M, Padrón-Cabo A, Prieto JA, Ríos-Ave A, Abelairas-Gómez C. How can lifeguards recover better? A cross-over study comparing resting, running, and foam rolling. *Am J Emerg Med.* 2017;35(12):1887-91.
128. Kalichman L, Ben David C. Effect of self-myofascial release on myofascial pain, muscle flexibility, and strength: A narrative review. *J Bodyw Mov Ther.* 2017;21(2):446-51.
129. Kang KA, Maldonado C, Perez-Aradia G, An P, Soh KS. Primo vascular system and its potential role in cancer metastasis. *Adv Exp Med Biol.* 2013;789:289-96. – 238

130. Karcioglu O, Topacoglu H, Dikme O, Dikme O. A systematic review of the pain scales in adults: Which to use? *Am J Emerg Med.* 2018;36(4):707-14.
131. Kargarfard M, Lam ET, Shariat A, Shaw I, Shaw BS, Tamrin SB. Efficacy of massage on muscle soreness, perceived recovery, physiological restoration and physical performance in male bodybuilders. *J Sports Sci.* 2016;34(10):959-65.
132. Kasahara K, Yoshida R, Yahata K, Sato S, Murakami Y, Aizawa K, Konrad A, Nakamura M. Comparison of the Acute Effects of Foam Rolling with High and Low Vibration Frequencies on Eccentrically Damaged Muscle. *J Sports Sci Med.* 2022;21(1):112-9.
133. Kay AD, Blazevich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: A systematic review. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(1):154-64.
134. Kelly AM. The minimum clinically significant difference in visual analogue scale pain score does not differ with severity of pain. *Emerg Med J.* 2001;18(3):205-7.
135. Kelly S, Beardsley C. Specific and cross-over effects of foam rolling on ankle dorsiflexion range of motion. *Int J Sports Phys Ther.* 2016;11(4):544-51.
136. Kerautret Y, Di Rienzo F, Eyssautier C, Guillot A. Selective Effects of Manual Massage and Foam Rolling on Perceived Recovery and Performance: Current Knowledge and Future Directions Toward Robotic Massages. *Front Physiol.* 2020;11:598898.
137. Keros P, Pećina M. *Funkcijska anatomija lokomotornog sustava.* Naklada Ljevak; 2006.
138. Ketelhut SI, Möhle M, Hottenrott K. Acute effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial stiffness in healthy young adults. *Artery research.* 2020;26(4):219-22.
139. Killen BS, Zelizney KL, Ye X. Crossover Effects of Unilateral Static Stretching and Foam Rolling on Contralateral Hamstring Flexibility and Strength. *J Sport Rehabil.* 2019;28(6):533-9.
140. Kiyono R, Onuma R, Yasaka K, Sato S, Yahata K, Nakamura M. Effects of 5-Week Foam Rolling Intervention on Range of Motion and Muscle Stiffness. *J Strength Cond Res.* 2020.
141. Koch AJ, Pereira R, Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2014;14(1):68-77.
142. Konrad A, Bernsteiner D, Reiner MM, Nakamura M, Tilp M. An Intense Warm-Up Does Not Potentiate Performance Before or After a Single Bout of Foam Rolling. *J. Sports Sci. Med.* 2022;21(2):145-52.
143. Konrad A, Nakamura M, Paternoster FK, Tilp M, Behm DG. A comparison of a single bout of stretching or foam rolling on range of motion in healthy adults. *Eur J Appl Physiol.* 2022.



144. Krause F, Wilke J, Niederer D, Vogt L, Banzer W. Acute effects of foam rolling on passive stiffness, stretch sensation and fascial sliding: A randomized controlled trial. *Hum Mov Sci.* 2019;67:102514.
145. Krause F, Wilke J, Vogt L, Banzer W. Intermuscular force transmission along myofascial chains: a systematic review. *J Anat.* 2016;228(6):910-8.
146. Krmpotić-Nemanić J, Marušić A. *Anatomija čovjeka.* Medicinska naklada; 2004.
147. Kumka M, Bonar J. Fascia: a morphological description and classification system based on a literature review. *J Can Chiropr Assoc.* 2012;56(3):179-91.
148. Kyranoudis A, Arsenis S, Ispyrlidis I, Chatzinikolaou A, Gourgoulis V, Kyranoudis E, Metaxas T. The acute effects of combined foam rolling and static stretching program on hip flexion and jumping ability in soccer players. *J Phys Educ Sport.* 2019;19(2):1164-72.
149. Laffaye G, Da Silva DT, Delafontaine A. Self-Myofascial Release Effect With Foam Rolling on Recovery After High-Intensity Interval Training. *Front Physiol.* 2019;10:1287.
150. Langevin HM, Fox JR, Koptiuch C, Badger GJ, Greenan-Naumann AC, Bouffard NA, Konofagou EE, Lee WN, Triano JJ, Henry SM. Reduced thoracolumbar fascia shear strain in human chronic low back pain. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011;12:203
151. Langevin HM. Connective tissue: a body-wide signaling network? *Med Hypotheses.* 2006;66(6):1074-7.
152. Langevin MD, Helene M, Peter A. Communicating about fascia: history, pitfalls, and recommendations. *Int J Ther Massage Bodywork.* 2009;2(4):3-8.
153. Lastova K, Nordvall M, Walters-Edwards M, Allnutt A, Wong A. Cardiac Autonomic and Blood Pressure Responses to an Acute Foam Rolling Session. *J Strength Cond Res.* 2018;32(10):2825-30.
154. Lee CL, Chu IH, Lyu BJ, Chang WD, Chang NJ. Comparison of vibration rolling, nonvibration rolling, and static stretching as a warm-up exercise on flexibility, joint proprioception, muscle strength, and balance in young adults. *J Sports Sci.* 2018;36(22):2575-82
155. Lee EJ, Van Iterson EH, Baker SE, Kasak AJ, Taylor NE, Kang C, Lundstrom CJ, Snyder EM. Foam rolling is an effective recovery tool in trained distance runners. *Sport Sci Health.* 2020;16(1):105-15.
156. Lim JH, Park CB. The immediate effects of foam roller with vibration on hamstring flexibility and jump performance in healthy adults. *J Exerc Rehabil.* 2019;15(1):50-4.

157. López-Miñarro PA, Andújar PS, Rodríguez-García PL. A comparison of the sit-and-reach test and the back-saver sit-and-reach test in university students. *J Sports Sci Med.* 2009;8(1):116-22.
158. Lopez-Samanes A, Del Coso J, Hernández-Davó JL, Moreno-Pérez D, Romero-Rodríguez D, Madruga-Parera M, Muñoz A, Moreno-Pérez V. Acute effects of dynamic versus foam rolling warm-up strategies on physical performance in elite tennis players. *Biol Sport.* 2021;38(4):595-601.
159. Lyu BJ, Lee CL, Chang WD, Chang NJ. Effects of Vibration Rolling with and without Dynamic Muscle Contraction on Ankle Range of Motion, Proprioception, Muscle Strength and Agility in Young Adults: A Crossover Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(1):354.
160. MacDonald GZ, Button DC, Drinkwater EJ, Behm DG. Foam rolling as a recovery tool after an intense bout of physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(1):131-42.
161. MacDonald GZ, Penney MD, Mullaley ME, Cuconato AL, Drake CD, Behm DG, Button DC. An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *J Strength Cond Res.* 2013;27(3):812-21.
162. Macgregor LJ, Fairweather MM, Bennett RM, Hunter AM. The Effect of Foam Rolling for Three Consecutive Days on Muscular Efficiency and Range of Motion. *Sports Med Open.* 2018;4(1):26.
163. Machado M, Willardson JM, Silva DR, Frigulha IC, Koch AJ, Souza SC. Creatine kinase activity weakly correlates to volume completed following upper body resistance exercise. *Res Q Exerc Sport.* 2012;83(2):276-81.
164. Madoni SN, Costa PB, Coburn JW, Galpin AJ. Effects of Foam Rolling on Range of Motion, Peak Torque, Muscle Activation, and the Hamstrings-to-Quadriceps Strength Ratios. *J Strength Cond Res.* 2018;32(7):1821-30.
165. Manojlović V, Erčulj F. Using blood lactate concentration to predict muscle damage and jump performance response to maximal stretch-shortening cycle exercise. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019;59(4):581-6.
166. Manojlović V. Uloga polimorfizama gena ADRB3, ACTN3 i ACE u pokazateljima mišićnoga umora nakon ekscentrično-koncentričnih kontrakcija (dissertation). University of Zagreb, Faculty of Kinesiology; 2016.

167. Margaritis I, Tessier F, Verdera F, Bermon S, Marconnet P. Muscle enzyme release does not predict muscle function impairment after triathlon. *J Sports Med Phys Fitness*. 1999;39(2):133-9
168. Markofski MM, Braun WA. Influence of menstrual cycle on indices of contraction-induced muscle damage. *J Strength Cond Res*. 2014;28(9):2649-56.
169. Markovic G. Acute effects of instrument assisted soft tissue mobilization vs. foam rolling on knee and hip range of motion in soccer players. *J Bodyw Mov Ther*. 2015;19(4):690-6.
170. Mayer I, Hoppe MW, Freiwald J, Heiss R, Engelhardt M, Grim C, Lutter C, Huettel M, Forst R, Hotfiel T. Different Effects of Foam Rolling on Passive Tissue Stiffness in Experienced and Nonexperienced Athletes. *J Sport Rehabil*. 2019;29(7):926-33.
171. Mayorga-Vega D, Merino-Marban R, Viciano J. Criterion-related validity of sit-and-reach tests for estimating hamstring and lumbar extensibility: A meta-analysis. *J Sports Sci Med*. 2014;13(1):1-14.
172. McCombe D, Brown T, Slavin J, Morrison WA. The histochemical structure of the deep fascia and its structural response to surgery. *J Hand Surg Br*. 2001;26(2):89-97.
173. McKenney K, Elder AS, Elder C, Hutchins A. Myofascial release as a treatment for orthopaedic conditions: a systematic review. *J Athl Train*. 2013;48(4):522-7.
174. Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Idoate F, Myer GD. Rectus femoris muscle injuries in football: a clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *Br J Sports Med*. 2013;47(6):359-66.
175. Mohr AR, Long BC, Goad CL. Effect of foam rolling and static stretching on passive hip-flexion range of motion. *J Sport Rehabil*. 2014;23(4):296-9.
176. Montalvo S, Dorgo S. The effect of different stretching protocols on vertical jump measures in college age gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019;59(12):1956-62.
177. Monteiro ER, Costa PB, Corrêa Neto VG, Hoogenboom BJ, Steele J, Silva Novaes JD. Posterior Thigh Foam Rolling Increases Knee Extension Fatigue and Passive Shoulder Range-of-Motion. *J Strength Cond Res*. 2019;33(4):987-94.
178. Monteiro ER, da Silva Novaes J, Cavanaugh MT, Hoogenboom BJ, Steele J, Vingren JL, Škarabot J. Quadriceps foam rolling and rolling massage increases hip flexion and extension passive range-of-motion. *J Bodyw Mov Ther*. 2019;23(3):575-80.
179. Monteiro ER, Neto VG. Effect of different foam rolling volumes on knee extension fatigue. *Int J Sports Phys Ther*. 2016;11(7):1076-81.

180. Monteiro ER, Škarabot J, Vigotsky AD, Brown AF, Gomes TM, Novaes JD. Acute effects of different self-massage volumes on the FMS™ overhead deep squat performance. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12(1):94-104.
181. Monteiro ER, Škarabot J, Vigotsky AD, Brown AF, Gomes TM, Novaes JD. Maximum repetition performance after different antagonist foam rolling volumes in the inter-set rest period. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12(1):76-84.
182. Monteiro ER, Vigotsky A, Škarabot J, Brown AF, Ferreira de Melo Fiuza AG, Gomes TM, Halperin I, da Silva Novaes J. Acute effects of different foam rolling volumes in the interset rest period on maximum repetition performance. *Hong Kong Physiother J.* 2017;36:57-62.
183. Monteiro ER, Vigotsky AD, Novaes JDS, Škarabot J. Acute effects of different anterior thigh self-massage on hip range-of-motion in trained men. *Int J Sports Phys Ther.* 2018;13(1):104-13.
184. Morales-Artacho AJ, Lacourpaille L, Guilhem G. Effects of warm-up on hamstring muscles stiffness: Cycling vs foam rolling. *Scand J Med Sci Sports.* 2017;27(12):1959-69.
185. Moreside JM, McGill SM. Improvements in hip flexibility do not transfer to mobility in functional movement patterns. *J Strength Cond Res.* 2013;27(10):2635-43.
186. Morton RW, Oikawa SY, Phillips SM, Devries MC, Mitchell CJ. Self-Myofascial Release: No Improvement of Functional Outcomes in 'Tight' Hamstrings. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016;11(5):658-63.
187. Murray A, Cardinale M. Cold applications for recovery in adolescent athletes: a systematic review and meta analysis. *Extrem Physiol Med.* 2015;4(1):17.
188. Murray AM, Jones TW, Horobeanu C, Turner AP, Sproule J. Sixty seconds of foam rolling does not affect functional flexibility or change muscle temperature in adolescent athletes. *Int J Sports Phys Ther.* 2016;11(5):765-76.
189. Myers TW. *Anatomy trains: myofascial meridians for manual and movement therapists.* Churchill Livingstone; 2014.
190. Naderi A, Rezvani MH, Degens H. Foam Rolling and Muscle and Joint Proprioception After Exercise-Induced Muscle Damage. *J Athl Train.* 2020;55(1):58-64.
191. Nagahara R, Naito H, Miyashiro K, Morin JB, Zushi K. Traditional and ankle-specific vertical jumps as strength-power indicators for maximal sprint acceleration. *J Sports Med Phys Fitness.* 2014;54(6):691-9.

192. Nakamura M, Kasahara K, Yoshida R, Yahata K, Sato S, Murakami Y, Aizawa K, Konrad A. The Effect of Static Compression via Vibration Foam Rolling on Eccentrically Damaged Muscle. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3):1823.
193. Nakamura M, Konrad A, Kiyono R, Sato S, Yahata K, Yoshida R, Yasaka K, Murakami Y, Sanuki F, Wilke J. Local and Non-local Effects of Foam Rolling on Passive Soft Tissue Properties and Spinal Excitability. *Front Physiol*. 2021;12:702042
194. Nakamura M, Onuma R, Kiyono R, Yasaka K, Sato S, Yahata K, Fukaya T, Konrad A. The Acute and Prolonged Effects of Different Durations of Foam Rolling on Range of Motion, Muscle Stiffness, and Muscle Strength. *J Sports Sci Med*. 2021;20(1):62-68.
195. Nakamura M, Sato S, Kiyono R, Yoshida R, Murakami Y, Yasaka K, Yahata K, Konrad A. Acute Effect of Vibration Roller With and Without Rolling on Various Parts of the Plantar Flexor Muscle. *Front Physiol*. 2021;12:716668.
196. Nakamura M, Yasaka K, Kiyono R, Onuma R, Yahata K, Sato S, Konrad A. The Acute Effect of Foam Rolling on Eccentrically-Induced Muscle Damage. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;18(1):75.
197. Nehring A, Serafim TT, Silva ER, Sprada de Menezes F, Maffulli N, Sanada LS, Okubo R. Effects of Myofascial Self-Release on Range of Motion, Pressure Pain Threshold, and Hamstring Strength in Asymptomatic Individuals: A Randomized, Controlled, Blind Clinical Trial. *J Sport Rehabil*. 2021;30(6):920-5.
198. Newham DJ, McPhail G, Mills KR, Edwards RH. Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *J Neurol Sci*. 1983;61(1):109-22.
199. Norton K, Eston R,. *Kinanthropometry and exercise physiology*. New York, NY, USA:: Routledge; 2018.
200. O'Connell JA. Bioelectric responsiveness of fascia: a model for understanding the effects of manipulation. *Techniques in Orthopaedics*. 2003;18(1):67-73.
201. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Acute effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial function. *J Strength Cond Res*. 2014;28(1):69-73.
202. Oranchuk DJ, Flattery MR, Robinson TL. Superficial heat administration and foam rolling increase hamstring flexibility acutely; with amplifying effects. *Phys Ther Sport*. 2019;40:213-7.
203. Osiecki R, Rubio TB, Coelho RL, Novack LF, Conde JH, Alves CG, Malfatti CR. The total quality recovery scale (TQR) as a proxy for determining athletes' recovery state after a professional soccer match. *J Exerc Physiol Online*. 2015;18(3):27-32.

204. Özsu İ, Gurol B, Kurt C. Comparison of the Effect of Passive and Active Recovery, and Self-Myofascial Release Exercises on Lactate Removal and Total Quality of Recovery. *J Educ Train Stud.* 2018;6(9a):33-42.
205. Paolini J. Review of myofascial release as an effective massage therapy technique. *Athl Ther Today.* 2009;14(5):30-4.
206. Pathania T, Muragod AR. Comparative effect of foam roller and M2T blade on hamstring flexibility in elderly population: A randomized control trial. *Indian Journal of Health Sciences and Biomedical Research (KLEU).* 2019;12(2):160-5.
207. Peacock CA, Krein DD, Antonio J, Sanders GJ, Silver TA, Colas M. Comparing acute bouts of sagittal plane progression foam rolling vs. frontal plane progression foam rolling. *J Strength Cond Res.* 2015;29(8):2310-5.
208. Peacock CA, Krein DD, Silver TA, Sanders GJ, Von Carlowitz KP. An acute bout of self-myofascial release in the form of foam rolling improves performance testing. *Int J Exerc Sci.* 2014;7(3):202-11.
209. Pearcey GE, Bradbury-Squires DJ, Kawamoto JE, Drinkwater EJ, Behm DG, Button DC. Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *J Athl Train.* 2015;50(1):5-13.
210. Penichet-Tomas A, Pueo B, Abad-Lopez M, Jimenez-Olmedo JM. Acute comparative effect of foam rolling and static stretching on range of motion in rowers. *Sustainability.* 2021;13(7):3631.
211. Pepper TM, Brismée JM, Sizer PS Jr, Kapila J, Seeber GH, Huggins CA, Hooper TL. The Immediate Effects of Foam Rolling and Stretching on Iliotibial Band Stiffness: A Randomized Controlled Trial. *Int J Sports Phys Ther.* 2021;16(3):651-61.
212. Phillips J, Diggin D, King DL, Sforzo GA. Effect of Varying Self-myofascial Release Duration on Subsequent Athletic Performance. *J Strength Cond Res.* 2021;35(3):746-53.
213. Poppendieck W, Wegmann M, Ferrauti A, Kellmann M, Pfeiffer M, Meyer T. Massage and Performance Recovery: A Meta-Analytical Review. *Sports Med.* 2016;46(2):183-204.
214. Puljak L, Sapunar D. Fenomen boli–anatomija, fiziologija, podjela boli. *Medicus.* 2014;23(1):7-13.
215. Ravlić-Gulan J, Schnurrer-Luke-Vrbanić T, Boschi V, Vogrin M. Patogenetski mehanizam sindroma zakašnjele mišićne boli. *Med. Flum.* 2007;43(3):179-87.

216. Reid JC, Greene R, Young JD, Hodgson DD, Blazevich AJ, Behm DG. The effects of different durations of static stretching within a comprehensive warm-up on voluntary and evoked contractile properties. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(7):1427-45.
217. Reiner MM, Glashüttner C, Bernsteiner D, Tilp M, Guilhem G, Morales-Artacho A, Konrad A. A comparison of foam rolling and vibration foam rolling on the quadriceps muscle function and mechanical properties. *Eur J Appl Physiol.* 2021;121(5):1461-71.
218. Reiner MM, Tilp M, Guilhem G, Morales-Artacho A, Konrad A. Comparison of A Single Vibration Foam Rolling and Static Stretching Exercise on the Muscle Function and Mechanical Properties of the Hamstring Muscles. *J. Sports Sci. Med.* 2022;21(2):287-97.
219. Rey E, Padrón-Cabo A, Costa PB, Barcala-Furelos R. Effects of Foam Rolling as a Recovery Tool in Professional Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2019;33(8):2194-201.
220. Richman ED, Tyo BM, Nicks CR. Combined Effects of Self-Myofascial Release and Dynamic Stretching on Range of Motion, Jump, Sprint, and Agility Performance. *J Strength Cond Res.* 2019;33(7):1795-803.
221. Rollman GB, Lautenbacher S. Sex differences in musculoskeletal pain. *Clin J Pain.* 2001;17(1):20-4.
222. Romero-Franco N, Romero-Franco J, Jiménez-Reyes P. Jogging and Practical-Duration Foam-Rolling Exercises and Range of Motion, Proprioception, and Vertical Jump in Athletes. *J Athl Train.* 2019;54(11):1171-8.
223. Romero-Moraleda B, González-García J, Cuéllar-Rayó Á, Balsalobre-Fernández C, Muñoz-García D, Morencos E. Effects of Vibration and Non-Vibration Foam Rolling on Recovery after Exercise with Induced Muscle Damage. *J Sports Sci Med.* 2019;18(1):172-180.
224. Romero-Moraleda B, La Touche R, Lerma-Lara S, Ferrer-Peña R, Paredes V, Peinado AB, Muñoz-García D. Neurodynamic mobilization and foam rolling improved delayed-onset muscle soreness in a healthy adult population: a randomized controlled clinical trial. *PeerJ.* 2017;5:e3908.
225. Rubini EC, Costa AL, Gomes PS. The effects of stretching on strength performance. *Sports Med.* 2007;37(3):213-24.
226. Ruggieri RM, Coburn JW, Galpin AJ, Costa PB. Effects of a Vibrating Foam Roller on Ipsilateral and Contralateral Neuromuscular Function and the Hamstrings-to-Quadriceps Ratios. *Int J Exerc Sci.* 2021;14(1):304-23.

227. Sađirođlu İ. Acute effects of applied local vibration during foam roller exercises on lower extremity explosive strength and flexibility performance. *European Journal of Physical Education and Sport Science*. 2017;3(11):20-31
228. Sandrey MA, Lancellotti C, Hester C. The Effect of Foam Rolling Versus IASTM on Knee Range of Motion, Fascial Displacement, and Patient Satisfaction. *J Sport Rehabil*. 2020;30(3):360-7.
229. Santana HG, Lara B, Canuto Almeida da Silva F, Medina Eiras P, Andrade Paz G, Willardson JM, Miranda H. Total Training Volume and Muscle Soreness Parameters Performing Agonist or Antagonist Foam Rolling between Sets. *Sports*. 2021;9(5):57.
230. Satkunskiene D, Ardekani MMZ, Khair RM, Kutraite G, Venckuniene K, Snieckus A, Kamandulis S. Effects of Warm-up on Hamstring Stiffness, Stress-Relaxation, Flexibility and Knee Proprioception in Young Soccer Players. *J Athl Train*. 2021.
231. Schleip R, Jäger H, Klingler W. What is 'fascia'? A review of different nomenclatures. *J Bodyw Mov Ther*. 2012;16(4):496-502.
232. Schleip R. A new explanation of the effect of Rolfing. *Rolf Lines*. 1989; 15(1):18-20.
233. Schleip R. Fascial plasticity—a new neurobiological explanation: Part 1. *J Bodyw Mov Ther*. 2003;7(1):11-9.
234. Schleip R. Fascial plasticity—a new neurobiological explanation: Part 2. *J Bodyw Mov Ther*. 2003;7(2):104-16.
235. Schoenfeld BJ. Does exercise-induced muscle damage play a role in skeletal muscle hypertrophy? *J Strength Cond Res*. 2012;26(5):1441-53.
236. Schroeder AN, Best TM. Is self myofascial release an effective preexercise and recovery strategy? A literature review. *Curr Sports Med Rep*. 2015;14(3):200-8.
237. Schroeder J, Lueders L, Schmidt M, Braumann KM, Hollander K. Foam rolling effects on soft tissue tone, elasticity and stiffness in the time course of recovery after weight training. *Sports Orthop Traumatol*. 2019;35(2):171-7.
238. Simmonds N, Miller P, Gemmell H. A theoretical framework for the role of fascia in manual therapy. *J Bodyw Mov Ther*. 2012;16(1):83-93.
239. Skejić D, Androić B, Bačić D. Tensegrity Structures; Innovative Light Structural Systems. *Prostor: znanstveni časopis za arhitekturu i urbanizam*. 2012;20(1):198-209.
240. Skinner B, Moss R, Hammond L. A systematic review and meta-analysis of the effects of foam rolling on range of motion, recovery and markers of athletic performance. *J Bodyw Mov Ther*. 2020;24(3):105-22.



241. Smith JC, Pridgeon B, Hall MC. Acute Effect of Foam Rolling and Dynamic Stretching on Flexibility and Jump Height. *J Strength Cond Res.* 2018;32(8):2209-15.
242. Smith JC, Washell BR, Aini MF, Brown S, Hall MC. Effects of Static Stretching and Foam Rolling on Ankle Dorsiflexion Range of Motion. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(8):1752-8.
243. Smith LL. Causes of Delayed Onset Muscle Soreness and the Impact on Athletic Performance: A Review. *J Strength Cond Res.* 1992;6(3):135-41.
244. Somers K, Aune D, Horten A, Kim J, Rogers J. Acute Effects of Gastrocnemius/Soleus Self-Myofascial Release Versus Dynamic Stretching on Closed-Chain Dorsiflexion. *J Sport Rehabil.* 2020;29(3):287-93.
245. Souron R, Zambelli A, Espeit L, Besson T, Cochrane DJ, Lapole T. Active versus local vibration warm-up effects on knee extensors stiffness and neuromuscular performance of healthy young males. *J Sci Med Sport.* 2019;22(2):206-11.
246. Stecco C, Fede C, Macchi V, Porzionato A, Petrelli L, Biz C, Stern R, De Caro R. The fasciocytes: A new cell devoted to fascial gliding regulation. *Clin Anat.* 2018;31(5):667-76.
247. Stecco C, Gagey O, Belloni A, Pozzuoli A, Porzionato A, Macchi V, Aldegheri R, De Caro R, Delmas V. Anatomy of the deep fascia of the upper limb. Second part: study of innervation. *Morphologie.* 2007;91(292):38-43.
248. Stecco C, Macchi V, Porzionato A, Duparc F, De Caro R. The fascia: the forgotten structure. *Ital J Anat Embryol.* 2011;16(3):127-38.
249. Stecco C, Sfriso MM, Porzionato A, Rambaldo A, Albertin G, Macchi V, De Caro R. Microscopic anatomy of the visceral fasciae. *J Anat.* 2017;231(1):121-8.
250. Stefanov M, Kim J. Primo vascular system as a new morphofunctional integrated system. *J Acupunct Meridian Stud.* 2012;5(5):193-200.
251. Stovern O, Henning C, Porcari JP, Doberstein S, Emineth K, Arney BE, Foster C. The effect of training with a foam roller on ankle and knee range of motion, hamstring flexibility, agility, and vertical jump height. *Int J Res Exerc Phys.* 2019;15(1):39-49.
252. Su H, Chang NJ, Wu WL, Guo LY, Chu IH. Acute Effects of Foam Rolling, Static Stretching, and Dynamic Stretching During Warm-ups on Muscular Flexibility and Strength in Young Adults. *J Sport Rehabil.* 2017;26(6):469-77.
253. Sullivan KM, Silvey DB, Button DC, Behm DG. Roller-massager application to the hamstrings increases sit-and-reach range of motion within five to ten seconds without performance impairments. *Int J Sports Phys Ther.* 2013;8(3):228-36.

254. Sulowska-Daszyk I, Skiba A. The Influence of Self-Myofascial Release on Muscle Flexibility in Long-Distance Runners. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(1):457.
255. Szotek S, Dawidowicz J, Eyden B, Matysiak N, Czogalla A, Dudzik G, Leśniewicz A, Maksymowicz K. Morphological features of fascia lata in relation to fascia diseases. *Ultrastruct Pathol*. 2016;40(6):297-310.
256. Škarabot J, Beardsley C, Štirn I. Comparing the effects of self-myofascial release with static stretching on ankle range-of-motion in adolescent athletes. *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10(2):203-12.
257. Tak I, Glasgow P, Langhout R, Weir A, Kerkhoffs G, Agricola R. Hip Range of Motion Is Lower in Professional Soccer Players With Hip and Groin Symptoms or Previous Injuries, Independent of Cam Deformities. *Am J Sports Med*. 2016;44(3):682-8.
258. Tee JC, Bosch AN, Lambert MI. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. *Sports Med*. 2007;37(10):827-36.
259. Threlkeld AJ. The effects of manual therapy on connective tissue. *Phys Ther*. 1992;72(12):893-902.
260. Torres R, Ribeiro F, Alberto Duarte J, Cabri JM. Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2012;13(2):101-14. – 210
261. Tozzi P. Selected fascial aspects of osteopathic practice. *J Bodyw Mov Ther*. 2012;16(4):503-19
262. Vaughan B, McLaughlin P. Immediate changes in pressure pain threshold in the iliotibial band using a myofascial (foam) roller. *Int J Ther Rehabil*. 2014;21(12):569-74.
263. Vigotsky AD, Lehman GJ, Contreras B, Beardsley C, Chung B, Feser EH. Acute effects of anterior thigh foam rolling on hip angle, knee angle, and rectus femoris length in the modified Thomas test. *PeerJ*. 2015;3:e1281.
264. Weerapong P, Kolt GS. The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports med*. 2005;35(3):235-56.
265. Wiewelhove T, Döweling A, Schneider C, Hottenrott L, Meyer T, Kellmann M, Pfeiffer M, Ferrauti A. A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. *Front Physiol*. 2019;10:376.
266. Wilke J, Krause F, Vogt L, Banzer W. What is evidence-based about myofascial chains: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97(3):454-61.

267. Wilke J, Niemeyer P, Niederer D, Schleip R, Banzer W. Influence of Foam Rolling Velocity on Knee Range of Motion and Tissue Stiffness: A Randomized, Controlled Crossover Trial. *J Sport Rehabil.* 2019;28(7):711-5.
268. Wilke J, Vogt L, Banzer W. Immediate effects of self-myofascial release on latent trigger point sensitivity: a randomized, placebo-controlled trial. *Biol Sport.* 2018;35(4):349-54.
269. Wilkerson M, Anderson C, Grosicki GJ, Flatt AA. Perceived Pain Responses to Foam Rolling Associate with Basal Heart Rate Variability. *Int J Ther Massage Bodywork.* 2021;14(2):14-21.
270. Wilson A. Effective management of musculoskeletal injury: a clinical ergonomics approach to prevention, treatment, and rehabilitation. Churchill Livingstone Elsevier, 2002.
271. Yang C, Du YK, Wu JB, Wang J, Luan P, Yang QL, Yuan L. Fascia and Primo Vascular System. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2015;2015:303769.
272. Yang WC, Chen CH, Chu LP, Chiu CH, Hsu CH, Yu KW, Ye X. Acute Effects of Vibration Foam Rolling with Light and Moderate Pressure on Blood Pressure and Senior Fitness Test in Older Women. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(21):11186.
273. Ye X, Killen BS, Zelizney KL, Miller WM, Jeon S. Unilateral hamstring foam rolling does not impair strength but the rate of force development of the contralateral muscle. *PeerJ.* 2019;7:e7028.
274. Ylinen, J. *Stretching Therapy: for Sport and Manual Therapies.* Churchill Livingstone Elsevier, 2008.
275. Yoshimura A, Inami T, Schleip R, Mineta S, Shudo K, Hirose N. Effects of Self-myofascial Release Using a Foam Roller on Range of Motion and Morphological Changes in Muscle: A Crossover Study. *J Strength Cond Res.* 2021;35(9):2444-50.
276. Yu JG, Carlsson L, Thornell LE. Evidence for myofibril remodeling as opposed to myofibril damage in human muscles with DOMS: an ultrastructural and immunoelectron microscopic study. *Histochem Cell Biol.* 2004;121(3):219-27
277. Zainuddin Z, Newton M, Sacco P, Nosaka K. Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *J Athl Train.* 2005;40(3):174-80.
278. Zaky HA, Mohamed MK, Barakat MH. The effect of Foam Rolling and Dynamic Stretch on some physical abilities of female Handball Players. *The International Scientific Journal of Physical Education and Sport Sciences* 2021;9(2):59-80.

279. Zorko N, Škarabot J, Garcia-Ramos A, Štirn I. The acute effect of self-massage on the short-term recovery of muscle contractile function. *Kinesiologia Slovenica*. 2016;22(3):31-40.

## 8. ŽIVOTOPIS I POPIS JAVNO OBJAVLJENIH RADOVA

Jakov Ivković rođen je 25. veljače 1985. godine u Zagrebu.

Osnovnu i srednju školu završio je u Zagrebu. Diplomirao je na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2009. godine.

Nakon završenog pripravničkog staža zaposlio se kao liječnik u Specijalnoj bolnici za medicinsku rehabilitaciju Naftalan u Ivanić-Gradu, gdje je u studenom 2011. godine započeo sa specijalističkim usavršavanjem iz fizikalne medicine i rehabilitacije. Od listopada 2016. godine specijalist je fizikalne medicine i rehabilitacije. Od listopada 2020. godine rukovoditelj Odjela sportske rehabilitacije i medicinskog wellnesa u Specijalnoj bolnici za medicinsku rehabilitaciju Naftalan. Završio specijalistički poslijediplomski studij Fizikalna medicina i rehabilitacija, 2017. godine, na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Vanjski je suradnik na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, od rujna 2009. godine, na predmetu Fiziologija sporta i vježbanja.

Zbog sustavnog pristupa problemima mladih liječnika jedan od inicijatora osnivanja (obnove) Hrvatskog društva mladih liječnika Hrvatskog liječničkog zbora. U lipnju 2013. godine na osnivačko-obnoviteljskoj Skupštini izabran za prvog dopredsjednika. Od siječnja 2017. do svibnja 2019. predsjednik Društva.

Osnivač Akademije za politiku u zdravstvu, specifičnog edukacijskog programa za dionike zdravstvenog sustava.

Jedan od osnivača Udruge narodnog zdravlja Andrija Štampar, osnovane s ciljem promicanja javnozdravstvene svijesti u populaciji, sudjelovao u pokretanju Stručno-edukacijskog simpozija "Štamparovi dani". Potpredsjednik Udruge, od osnivanja do prosinca 2021. godine.

Jedan od pokretača CROatian Student Summita (CROSS), najvećeg hrvatskog biomedicinskog studentskog kongresa s međunarodnim sudjelovanjem koji je i danas jedan od najvažnijih i najvećih projekata Studentskog zbora Sveučilišta u Zagrebu. 2008. godine dobitnik Posebne rektorove nagrade za organizaciju kongresa.

Od 2013. do 2017. godine član Hrvatske udruge zdravstvenih djelatnika u košarci. Liječnik hrvatske košarkaške reprezentacije do 20 godina tijekom 2014. i 2015. godine.

Autor je sljedećih radova:

- Djukić Koroljević Z, Ivković J, Vranešić Bender D, Perić P, Vukoja I. Kurkuma: začim ili lijek za osteoartritis? 13. međunarodni znanstveno-stručni skup Hranom do zdravlja, Osijek (2021). Zbornik radova (2022);17-26
- Ivković J, Matković A, Matković BR. Samoopuštanje mišićne fascije pjenastim valjkom. Hrvat. Športskomed. Vjesn. 2015;30(2):68-78
- Ivković J, Vukoja I, Relić D, Mašić M, Plazibat O, Jureša V, Božikov J, Demarin V. Projekt zdravlje svima. Štamparovi dani 2015, Pleternica (2015), Specijalno izdanje časopisa Hrana u zdravlju i bolesti 2015;56-9.
- Krnjević-Pezic G, Kudumovic A, Maricic G, Ivkovic J, Pasic A, Kovacevic M. Effects of Naphthalan therapy in danish psoriasis patients treated in Naftalan special hospital for medical rehabilitation in a 5-year period 2006-2011. Balkan Journal of Health Science 2013;1(3):206-9
- Vukoja I, Čirko M, Ivković J. Sociodemografske karakteristike žena uključenih u Nacionalni program ranog otkrivanja raka dojke (NPRORD) i njihov odaziv – Brodski Drenovac (BD). Medicina Familiaris Croatica 2010;18(2):49-51
- Matković A, Nedić A, Meštrov M, Ivković J. Uobičajena tjelesna aktivnost studenata Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Hrvat. Športskomed. Vjesn. 2010;25(2):87-91

Jakov Ivković

2022.

Doktorski rad