

# UTJECAJ MIŠIĆNOG ISTEZANJA NA MIŠIĆNU JAKOST MIŠIĆA STRAŽNJE LOŽE NATKOLJENICE

---

Dessardo, Laura

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:767763>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-22**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA**  
**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ FIZIOTERAPIJA**

**Laura Dessardo**

**UTJECAJ MIŠIĆNOG ISTEZANJA NA MIŠIĆNU JAKOST MIŠIĆA STRAŽNJE  
LOŽE NATKOLJENICE**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2023.**

**UNIVERSITY OF RIJEKA**  
**FACULTY OF HEALTH STUDIES**  
**GRADUATE UNIVERSITY STUDY OF PHYSIOTHERAPY**

**Laura Dessardo**

**THE INFLUENCE OF MUSCLE STRETCHING ON THE MUSCLE STRENGTH OF  
THE HAMSTRING MUSCLES**

**Final work/Final thesis**

**Rijeka, 2023.**

## Izvješće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

## Opći podaci o studentu:

Sastavnica	Fakultet zdravstvenih studija
Studij	Diplomski studij Fizioterapija
Vrsta studentskog rada	Diplomski rad
Ime i prezime studenta	Laura Dessardo
JMBAG	0351004472

## Podatci o radu studenta:

Naslov rada	Utjecaj mišićnog istežanja na mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice
Ime i prezime mentora	Hrvoje Vlahović
Datum predaje rada	21.06.2023.
Identifikacijski br. podneska	2120229801
Datum provjere rada	21.06.2023.
Ime datoteke	DESSARDO_DIPLOMSKI1.docx
Veličina datoteke	711,69K
Broj znakova	99676
Broj riječi	16400
Broj stranica	61

## Podudarnost studentskog rada:

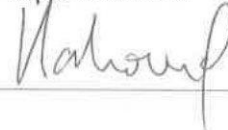
Podudarnost (%)	5%
-----------------	----

## Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	<input checked="" type="checkbox"/>
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	<input type="checkbox"/>
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum  
21.06.2023.

Potpis mentora



# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. <i>Miologija</i> .....	2
1.2. <i>Fiziologija istezanja</i> .....	4
1.3. <i>Vrste istezanja</i> .....	6
1.4. <i>Mišićna kontrakcija</i> .....	7
1.5. <i>Mišićna jakost</i> .....	8
1.6. <i>Dinamometrija</i> .....	9
1.7. <i>Mišići stražnje lože natkoljenice</i> .....	10
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE</b> .....	12
<b>3. ISPITANICI I METODE</b> .....	13
3.1. <i>Ispitanici</i> .....	13
3.2. <i>Postupak i instrumentarij</i> .....	13
3.3. <i>Statistička obrada podataka</i> .....	15
3.4. <i>Etički aspekti istraživanja</i> .....	15
<b>4. REZULTATI</b> .....	16
4.1. <i>Dob, spol, godina studija i dominantna noga</i> .....	16
4.2. <i>Rezultati prvog mjerenja – ROM bez istezanja izražen u centimetrima</i> .....	18
4.3. <i>Rezultati drugog mjerenja – ROM prije i poslije SI-a izražen u centimetrima</i> .....	19
4.4. <i>Rezultati trećeg mjerenja – ROM prije i poslije PIR-a izražen u centimetrima</i> .....	21
4.5. <i>Rezultati mjerenja maksimalne mišićne jakosti (MMJ) izraženi u njutnima</i> .....	23
4.6. <i>Rezultati mjerenja prosječne mišićne jakosti (PMJ) izraženi u njutnima</i> .....	26
4.7. <i>Rezultati mjerenja vremena postizanja MMJ izraženi u sekundama</i> .....	29
<b>5. RASPRAVA</b> .....	32
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	39
<b>7. SAŽETAK</b> .....	40
<b>8. SUMMARY</b> .....	41
<b>9. LITERATURA</b> .....	42
<b>10. PRILOZI</b> .....	53
<b>Prilog A: Popis ilustracija</b> .....	53
<b>Prilog B: Informirani pristanak</b> .....	55
<b>Prilog C: Anketni upitnik</b> .....	56
<b>11. KRATKI ŽIVOTOPIS</b> .....	57

Mentor: doc.dr. sc. Hrvoje Vlahović, prof. reh.

Diplomski rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ u/na \_\_\_\_\_ pred

Povjerenstvom u sastavu:

1. prof.dr.sc. Gordana Starčević Klasan
2. doc.dr.sc. Andrica Lekić
3. doc.dr.sc. Hrvoje Vlahović

## 1. UVOD

Zagrijavanje prije tjelovježbe se smatra ključnim za optimiziranje izvedbe, ali i prevenciju ozljeda (1–3). Tradicionalno se sastoji od više različitih aktivnosti uključujući i različite vrste istezanja muskulature, od statičkog, balističkog, dinamičkog pa sve do istezanja karakterističnog za propioceptivnu neuromuskularnu facilitaciju (*eng. proprioceptive neuromuscular facilitation* ili PNF). Statičko istezanje (SI) najčešće uključuje pomicanje uda do krajnjeg položaja punog opsega pokreta (*eng. range of motion* ili ROM) i zadržavanje tog položaja nekoliko sekundi. Ono se pokazalo učinkovitom metodom povećanja ROM-a zglobova i prevencije mišićno-tetivnih ozljeda (4). Povećan ROM se primarno pripisuje smanjenoj napetosti mišićno-tetivne jedinice kao i povećanoj toleranciji na istezanje (5). S jedne strane, neka istraživanja ukazuju na djelovanje modaliteta istezanja u smislu induciranja akutnih negativnih učinaka te upozoravaju na pažljivu primjenu ili čak potpuno izbjegavanje SI-a prilikom zagrijavanja. Zabilježene su značajno smanjena maksimalna voljna jakost, mišićna sila i kontraktilne značajke odmah nakon primjene SI-a (6–8). S druge strane, pojedini autori u svojim istraživanjima navode potpuno suprotno te tvrde da istezanje ne samo da ne utječe na smanjenje mišićne jakosti već ju potencijalno može i unaprijediti (9,10).

Isto tako, utjecaji drugih modaliteta istezanja na mišiću izvedbu, poput post-izometričke relaksacije, nisu dovoljno istraženi. Post-izometrička relaksacija (*eng. post-isometrical relaxation* ili PIR) je tehnika facilitacije mobilnosti i povećanja ROM-a prilikom koje, kao posljedica umjerene izometričke kontrakcije, dolazi do post-izometričke relaksacije mišića agonista pri čemu se on izdužuje. S obzirom da do sada prikupljeni podaci upućuju na prednosti ovakve vrste istezanja, autori poput Konrad i sur. preporučuju njeno uvrštavanje u rutinu zagrijavanja u svrhu akutnog povećanja ROM-a (11). Suprotno tome, postoje i istraživanja koja bilježe negativan utjecaj PIR-a na mišićnu kontrakciju (12,13). U literaturi, istraživanja učinaka SI-a i PIR-a ne pružaju jasan konsenzus.

Prema Guissard i Duchateau (2004.), prilikom SI-a kroz spore pokrete s niskom amplitudom istezanja kroz relativno dugo vrijeme, ne dolazi do povećavanja refleksne aktivnosti izduljenog mišića već se reducira spinalna ekscitabilnost. Autori opisuju redukciju T i H refleksa (tetivni refleks i Hoffman refleks evocirani i mjereni elektromiografijom) prilikom istezanja izazvanog redukcijom senzitivnosti mišićnog vretena te samim time redukcijom toničke refleksne aktivnosti. Dodatno, Thomas i sur. (2018.) navode da velike amplitude istezanja induciraju spinalne postsinaptičke inhibicijske mehanizme što rezultira nižom ekscitacijom kortikalnih i  $\alpha$ -motornih neurona prilikom istezanja (14,15). PIR je također popularna tehnika istezanja zbog

moćnosti dodatne inhibicije živčanog sustava. Faza intenzivne izometričke kontrakcije povećava aferentnu aktivnost miškulature. Ovakva aktivnost dovodi do hiperpolarizacije dendritičkih krajeva spinalnih  $\alpha$ -motoneurona istegnutog mišića čime se minimalizira ili u potpunosti otklanja učinak refleksne aktivnosti inducirane istezanjem mišića te omogućava povećanje ROM-a. No, Behm i sur. (2015.) tvrde da, iako PIR uzrokuje smanjenje spinalne refleksne osjetljivosti, ono traje otprilike 5 sekundi nakon čega ista dostiže prvotne razine ekscitabilnosti što ju čini učinkovitom metodom akutnog povećanja ROM-a (16).

Zollner i sur. (2012.) pod druge mehanizme odgovorne za povećanje ROM-a ubrajaju deformaciju ekstracelularnog matriksa povezanu s proizvodnjom veze između stanica i ekstracelularnog matriksa od strane staničnih integrina i transmembranih receptora čime se inducira sarkomerogeneza mišićnih stanica. Proizvodnja novih sarkomera dovodi do povećanja mišićne izduljenosti, ali uz manje napetosti potrebne za istezanje mišića do određene duljine. Ovaj se proces veže ne samo za trajanje i frekvenciju istezanja već i za intenzitet i položaj istezanja (17).

Istraživanja Chaabene i sur. (2019.) te Azume i sur. (2020.) ukazuju na pozitivno djelovanje istezanja u vidu prevencije ozljeda u trenažnom procesu, stoga bi učinak SI-a i PIR-a na mišićno-koštani sustav zasigurno valjalo prodornije istražiti (4,18). Pri tome je nužno uzeti u obzir i težnje sportaša da, uz prevenciju ozljeda, dosegnu i održe puni potencijal mišićne izvedbe. Stoga je ključno razumijevanje utjecaja raznih vrsta istezanja kako na ROM tako i na mišićnu jakost. Cilj ovog rada je ispitati učinak statičkog istezanja, post-izometričke relaksacije ili nikakvog istezanja u svrhu pronalaska što optimalnije metode koja će omogućiti prevenciju mišićno-tetivnih ozljeda i povećanje opsega pokreta te mišićne jakosti.

### *1.1. Miologija*

Mišići su kompleksni organi sačinjeni od funkcionalnog mišićnog tkiva. Razlikuju se tri vrste mišićnog tkiva: poprečno-prugasto, srčano i glatko mišićno tkivo (19).

Svaki mišić se sastoji od mišićnog trbuha i tetive. Mišićni trbuh je građen od mišićnih vlakana i vezivnog tkiva koje osigurava njegov oblik, organizaciju vlakana i dovod krvnih žila i živčanih vlakana do svakog mišićnog vlakna. Mišićna vlakna su postavljena usporedno te imaju brojne periferno smještene jezgre i zaobljene krajeve kojima se vežu za tetive odnosno dio mišića kojim se isti veže za kost. Tetive su građene od formiranog vezivnog tkiva, tj. paralelno položenih kolagenih vlakana između kojih se nalaze fibrociti. Obavijene su ovojnicom koja omogućuje njihovo nesmetano gibanje te smanjuje trenje o okolne strukture.



Urastranjem kolagenih vlakana u periost i površinski sloj kosti nastaje pripoj kojim se ostvaruje povezanost tetive i kosti. Svi mišići, kosti, živci i krvne žile su obavijeni mišićnom fascijom, tj. vezivno-tkivnom ovojnicom koja se nalazi površno od epimizija. Osim što obavija svaki zasebni mišić, ona istovremeno i dijeli mišićne skupine u fascijalne odjeljke. Cijeli mišićni sustav inerviraju motorna vlakna cerebrosposinalnog živčanog sustava (19,20).

Poprečno-prugasto mišićno tkivo je građeno od cilindričnih mišićnih stanica. Često se naziva mišićnim vlaknom te gradi rastezljive, elastične i kontraktilne skeletne mišiće. Zbog sposobnosti aktivnog skraćivanja i izduljivanja mišića, pod utjecajem naše volje, skeletni mišići proizvode pokret. Svi mišići su podijeljeni u osnovne funkcionalne jedinice ili motorne jedinice. One se sastoje od jedne živčane stanice i svih mišićnih vlakana koje inervira. Motorna živčana stanica ili alfa motoneuron ima jedan akson koji se dijeli na više ogranaka od kojih svaki inervira po jedno mišićno vlakno s kojim se spaja na motornoj ploči. Veličina motorne jedinice ovisi o broju mišićnih vlakana koje inervira jedna živčana stanica. Sva vlakna se istovremeno kontrahiraju ili ne kontrahiraju uopće po zakonu „sve ili ništa“ (19).

Skeletno mišićno vlakno je obavijeno tankom staničnom membranom sarkolemom. Ona je podijeljena na unutarnji (plazmalema ili plazmatska membrana) i vanjski sloj (bazalna membrana). Unutar ove membrane se nalazi i citoplazma koja se naziva sarkoplazma. Vanjski sloj sarkoleme se spaja s tetivnim vlaknima koja se ujedinjuju u snopove i izgrađuju mišićne tetive. Svaki skeletni mišić je građen od miofibrila koje se sastoje od niza ponavljajućih struktura ili sarkomera. Sarkomera je podjedinica organiziranih tankih niti aktina i debelih niti miozina te predstavlja osnovnu funkcionalnu kontraktilnu jedinicu mišića. Sastoji se od tri osnovna djela: aktinskih i miozinskih niti te Z ploča. Definiira se kao segment između 2 susjedne Z ploče koje povezuju susjedne miofibrile kroz cijelo mišićno vlakno. Aktinske niti su pričvršćene na obje strane Z ploča te ulaze između miozinskih niti koje se nalaze u sredini sarkomere. S obzirom da miozinske i aktinske niti djelomično ulaze jedne između drugih, razlikuju se svijetle i tamne pruge, one izotropne i anizotropne za polariziranu svjetlost. Aktinske niti grade svijetle pruge ili I-pruge dok tamne ili A-pruge grade miozinske niti i krajeve aktinskih niti. Miozinske i aktinske niti su povezane nitastim molekulama bjelančevine titina (19).

Duljina sarkomere je pod kontrolom proprioceptora ili specijaliziranih struktura inkorporiranih unutar mišićnih organa, posebice mišića udova. Proprioceptori su senzori koji pružaju informacije o položaju zglobova, mišićnoj duljini i napetosti mišića. Informacije o promjeni mišićne duljine bilježi proprioceptor zvan mišićno vreteno (19).

Mišićna vretena se nalaze položena usporedno između mišićnih vlakana, pretežito u središnjem dijelu mišićnog trbuha. Ona su ključne strukture u kontroli mišićnog rada, ali i funkcionalne integracije mišićnog sustava u cjelini. Mišićno vreteno bilježi promjene u duljini i napetosti mišića te prenosi dobivene informacije do središnjeg živčanog sustava putem kralježničke moždine što ga čini iznimno bitnom komponentom mišićne kontrakcije. Razlikuju se dvije vrste vlakana unutar mišićnog vretena: intrafuzalna vlakna koja su dugačka i debela te izlaze na krajevima iz vretena te ektrafuzalna vlakna u čijem endomiziju intrafuzalna vlakna i završavaju. Mišićno vreteno ima brzu dinamičku i sporu statičku komponentu koje pružaju informacije o stupnju i brzini promjene u duljini mišića. Brze promjene mogu uzrokovati miotatski refleks ili refleks na istežanje pri čemu dolazi do pružanja otpora promjenama u duljini mišića kontrakcijom istegnuto mišića. Što je promjena naglija to je kontrakcija mišića jača. Suprotno tome, sporija istežanja omogućuju mišićnom vretenu relaksaciju i prilagodbu na veću duljinu (19,20).

Tetivno vreteno ili Golgijev tetivni organ je proprioceptor smješten u tetivi u blizini spoja mišića i tetive, paralelno u odnosu na mišićna vlakna i okomito na mišićno vreteno. Građen je od malih snopova kolagenih vlakna obavijenih tankom ovojnicom i pruža informacije o promjenama mišićne napetosti te indirektno utječe na duljinu mišića reakcijom na istežanje tetive prilikom kontrakcije. Što je kontrakcija agonista snažnija to je i istežanje i stimulacija GTO veća. Podražaj se prenosi iz GTO osjetnim vlaknima do osjetnog ganglija, centralnim vlaknom do kralježničke moždine te preko interneurona dolazi do inhibicije motoneurona za inervaciju agonista. Kada se mišić kontrahira dolazi do povećavanja napetosti tetive i GTO pri čemu GTO bilježi navedene promjene i brzinu promjene napetosti te šalje signal do leđne moždine. Kada ova promjena premaši određenu razinu ona potiče reakciju izduljivanja koja inhibira mišićnu kontrakciju i dovodi do mišićne relaksacije i izduženja. Reakcija elongacije je moguća jer je signaliziranje GTO leđnoj moždini dovoljno jako da prevlada signaliziranje mišićnog vretena (koje izaziva mišićnu kontrakciju). Radi se o tzv. “*double fail-safe*” sustavu koji pomaže smanjiti rizik od ozljede. Nadalje, mišićna kontrakcija može inducirati recipročnu inhibiciju tj. opuštanje antagonističke skupine mišića (19,20).

### *1.2.Fiziologija istežanja*

Istežanje mišićnog vlakna započinje sarkomerom, osnovnom jedinicom mišićnog vlakna odgovornom za kontrakciju. Kontrakcijom sarkomere dolazi do većeg preklapanja aktinskih i

miozinskih niti. Istezanjem, područje preklapanja se smanjuje i omogućuje mišićnim vlaknima elongaciju. Kada mišićno vlakno dosegne maksimalnu duljinu dolazi do redanja kolagenih vlakna vezivnog tkiva duž istih linija sila opterećenja. Time dolazi do istezanja mišićnog vlakna do potpune elongacije i istezanja okolnog vezivnog tkiva. Na taj način, poravnanje neorganiziranih vlakana u smjeru tenzije pomaže u povratku punom opterećenju ozlijeđenog tkiva nakon mišićne ozljede ili operativnog postupka (21–23).

Postojeća duljina mišića ovisi o broju istegnutih vlakana, baš kao što i mišićna jakost ovisi o broju kontrahiranih vlakana. Stoga, što je veći broj istegnutih vlakana to je veća i duljina istegnutog mišića. Kada je mišić istegnut, istegnuto je i mišićno vreteno. Osnovna zadaća mišićnog vretena je održati mišićni tonus i zaštititi tijelo od ozljede. Ukoliko sila i naglo istezanje premašuju mogućnost sigurne kontrakcije mišića u svrhu prevencije potencijalnih ozljeda, dolazi do aktivacije još jedne neuralne komponente: GTO. Kontrakcija mišića vodi k proizvodnji napetosti na mjestu spajanja trbuha mišića i njegove tetive (u području GTO) čime se posljedično smanjuje i rizik od ozljede (21).

Zadržavanje položaja istegnutosti mišića dovodi do habituacije mišićnog vretena na novu duljinu. Postupno, moguće je „uvježbati“ receptore na podnošenje većih amplituda istezanja. Time dolazi do povećanja fleksibilnosti mišićnog vretena i mogućnosti duljeg istezanja mišića prije kontrakcije. Nadalje, dulje zadržavanje istegnutog položaja omogućava reakciju elongacije izazvanu GTO, omogućujući mišićima relaksaciju. Naravno, lakše je istegnuti ili izduljiti mišić kada se on ne pokušava kontrahirati (19).

Tijelo se na različite načine prilagođava na akutno (ili kratkotrajno) i kronično (ili ponavljajuće) istezanje. Većina istraživanja ukazuje na činjenicu da kod akutnog istezanja dolazi do značajnog povećanja ROM-a, ali i inhibicije motoričkih živaca te istezanja mišićnih sarkomera i tetiva. No, iako razmjer ovih promjena još nije utvrđen, čini se da oblik mišića, raspored stanica, mišićna duljina i doprinos pokretu kao i duljina proksimalnih i distalnih tetiva igraju važnu ulogu. Štoviše, prolazne promjene se manifestiraju kroz smanjenu maksimalnu snagu, silu i izdržljivost. Istraživanja su utvrdila da ponavljajuća ili kronična istezanja u trajanju od 10 do 15 minuta, 3-4 dana tjedno rezultiraju razvojem povećane snage, sile i izdržljivosti kao i bolje fleksibilnosti i mobilnosti. Navedeno se pripisuje činjenici da dolazi do povećanja broja sarkomera u nizu (20).

### 1.3. Vrste istezanja

Istezanje koje se izvodi bez pomoći druge osobe ili pomagala se definira kao aktivno istezanje dok se ono koje se provodi uz pomoć druge osobe ili pomagala naziva pasivnim (21). Postoje četiri osnovne vrste istezanja: statičko, balističko, propioceptivna neuromuskularna facilitacija i dinamičko. Sva navedena istezanja se mogu provoditi jednokratno ili dugoročno stoga mogu biti akutna i kronična (11,20).

Statičko istezanje (SI) je najčešće primjenjivana vrsta istezanja prilikom koje se isteže pojedini mišić ili mišićna skupina zadržavanjem položaja istegnutosti određeni vremenski period (20). Sastoji se od kontroliranih i kontinuiranih pokreta na kraju ROM-a jednog ili više zglobova prilikom čega mišić zadržava izduljenost. Može se provoditi kontrakcijom statične muskulature (aktivno SI) ili korištenjem vanjskih sila poput gravitacije, pomagalima poput elastične trake ili uz pomoć druge osobe (pasivno SI) (24).

Balističko istezanje uključuje pulsirajuće pokrete na kraju ROM-a te ne podrazumijeva zadržavanje položaja u kojem se mišić isteže. S obzirom da ovakva vrsta istezanja može aktivirati miotatski refleks, postoji povećan rizik od zadobivanja mišićno-tetivnih ozljeda (11).

Naziv propioceptivna neuromuskularna facilitacija se odnosi na metode istezanje koja imaju za cilj inkorporirati aktivnost propioceptora istezanjem kontrahiranog mišića kroz ROM u zglobu. Nakon pokreta kroz puni opseg, mišić je opušten i odmoran prije ponovnog istezanja. Ova vrsta istezanja je najkvalitetnija ukoliko se izvodi uz pomoć druge osobe. Dio PNF istezanja predstavljaju PIR i recipročna inhibicija. PIR se temelji na dva mehanizma: a) aktivaciji GTO i b) premještanju mišićnih vlakana uzrokovano mišićnom kontrakcijom što dovodi do promjene mišićnog tonusa. Navedeno nastaje kao posljedica umjerene izometričke kontrakcije koja inducira post-izometričku relaksaciju mišića agonista pri čemu se on izdužuje. Ovom tehnikom se facilitira mobilnost i povećava ROM zgloba. Recipročna inhibicija (*eng. reciprocal inhibition*) se temelji na dva mehanizma: a) voljnoj aktivnosti mišića agonista i inhibiciji mišića antagonista te b) aktivaciji mišićnog vretena koje uzrokuje refleksnu kontrakciju agonističkog mišića i relaksaciju antagonističkog mišića. Primjenom ove tehnike, inhibicijom antagonističkog mišića povećava se pokretljivost u zglobu (25).

Dinamičko istezanje je funkcionalno orijentirano istezanje koje je usmjereno na pokrete specifične za pojedine sportske aktivnosti. Prilikom dinamičkog istezanja dolazi do pokretanja udova kroz ROM veći od uobičajenog. Karakterizirano je njihanjem, skakanjem ili prenaplašenim pokretima koji dovode udove do granice ili preko granice ROM-a. Na ovaj način dolazi do aktivacije propioceptivnog refleksnog odgovora i facilitacije živaca koji aktiviraju

mišićne stanice. Posljedično, živci brže provode impulse i omogućuju brže i jače kontrakcije mišića. S obzirom da dinamičkim istežanjem dolazi do porasta mišićne temperature i proprioceptivne aktivacije, ono se pokazalo kvalitetnom metodom unaprjeđenja sportske izvedbe. Nerijetko se, a pogrešno, izjednačava s balističkim istežanjem. Iako obje vrste istežanja uključuju ponavljajuće pokrete, za razliku od dinamičkog, balističko istežanje se temelji na naglim i pulsirajućim pokretima malog opsega na samoj granici ROM-a (20).

#### *1.4. Mišićna kontrakcija*

Živčane i mišićne stanice su električno nabijene. Njihov naboj u mirovanju ili membranski potencijal u mirovanju je negativan i iznosi -70 mV. Neuron ostvaruju komunikaciju s drugim neuronima i mišićnim stanicama otpuštanjem neurotransmitera koji djeluju omogućujući pozitivnim ionima natrija ulazak u stanicu pri čemu čine membranski potencijal u mirovanju pozitivnim. Kada membranski potencijal dosegne potencijal praga od otprilike -62 mV, stanica se ekscitira, tj. aktivira. Navedeno se naziva valom depolarizacije. Potencijal praga je razina depolarizacije membranskog potencijala koja potiče pokretanje akcijskog potencijala nužna za regulaciju i širenje signala u središnjem i perifernom živčanom sustavu. Aktivirani neuroni potom otpuštaju druge transmiere kako bi ekscitirali živce i samim time izazvali kontrakciju mišićnih stanica (19,20).

Kontrakcija nastaje međusobnim djelovanjem izdanaka miozinskih niti, tj. poprečnih mostova i aktinskih niti. Za vrijeme kontrakcije, aktinske niti se u potpunosti preklapaju s miozinskim a njihovi vrhovi se tek počinju međusobno preklapati. Prilikom mišićnog rada (koncentričnog, ekscentričnog ili izometričkog), miozinske niti kontroliraju količinu i smjer klizanja aktinskih niti preko onih miozinskih. Prilikom ekscentričnog rada, uloga miozinskih niti je spriječiti klizanje i udaljavanje aktinskih niti dok se tokom onog izometričkog niti ne pomiču. Sve vrste rada se iniciraju otpuštanjem iona kalcija iz sarkoplazmatske mrežice do kojeg dolazi kada membranski potencijal mišićnih stanica u mirovanju premaši potencijal praga. Kada se ioni kalcija ponovno vrate u sarkoplazmatski retikulum mišić se opušta i prestaje s radom (19,20).

S obzirom da sarkomera mijenja duljinu prilikom kontrakcije, njezina početna duljina predstavlja ključan faktor mišićne funkcije. Količina proizvedene sile od strane svake sarkomere je pod utjecajem njezine duljine u uzorku sličnom naopakom slovu „U“. Kao takva, jakost se smanjuje kod prekomjerne ili nedostatne duljine sarkomere (20). Kontrakcija može biti izotonička i izometrička. Izotoničku kontrakciju je moguće dodatno podijeliti na onu

koncentričnu, prilikom koje se duljina mišića smanjuje, te onu ekscentričnu, prilikom koje se duljina mišićna povećava. Snaga mišićne kontrakcije ovisi o broju aktiviranih motornih jedinica, ali i o izduženosti i zagrijanosti mišića koja prethodi kontrakciji. Isto tako, zamor smanjuje kontraktilnu sposobnost i samim time jakost i snagu mišića. Prilikom kontrakcije mišić povlači polugu u pravcu skraćivanja mišićnog trbuha i snaga kontrakcije ostaje nepromijenjena kroz cijeli ROM. Tijekom izvođenja pokreta mijenja se kut između tetive mišića i poluge. Što je spomenuti kut veći to je sama kontrakcija snažnija dok manji kut uvjetuje slabiju kontrakciju (19).

### 1.5. Mišićna jakost

Kako bi zbilja razumjeli jakost, nužno je znati razlikovati dva pojma: jakost (*eng. strength*) i snaga (*eng. power*). Dok jakost podrazumijeva silu koju mišić može proizvesti tijekom maksimalne voljne kontrakcije, snaga predstavlja najveću silu generiranu u što kraćoj jedinici vremena (26).

Jakost se definira i kao maksimalna voljna sila pokreta, tj. najveća sila koju je moguće voljno generirati u datom trenutku. Jakost je sposobnost pojedinca da savlada otpore različitog intenziteta (27). Moguće ju je podijeliti na dinamičku i statičku te apsolutnu ili relativnu jakost. S obzirom na vrstu kontrakcije, razlikujemo izometričku, koncentričnu i ekscentričnu mišićnu jakost. Prilikom ekscentrične kontrakcije mišić je u stanju generirati najveću moguću silu dok je koncentrično proizvedena sila najmanja. Izotonička jakost predstavlja maksimalnu podignutu ili pomaknutu masu jednom skupinom mišića. Relativna jakost je definirana kao odnos apsolutne jakosti pokreta na kilogram tjelesne mase i izražava se kilopondima ili njutnima na kilogram tjelesne mase. Jakosna brzina je sposobnost suradnje živčanog i mišićnog sustava u savladavanju otpora maksimalno brzom kontrakcijom. Kada se govori o jakosti, ne smije se izostaviti pojam mišićne izdržljivosti. Jakosna izdržljivost je sposobnost održavanja maksimalne izometričke kontrakcije mišića u produženim uvjetima rada. Eksplozivna jakost je sposobnost generiranja maksimalne mišićne sile u što kraćem vremenskom intervalu. Najveću eksplozivnu jakost mišić može proizvesti u uvjetima kada koncentričnoj kontrakciji prethodi kratka i brza ekscentrična kontrakcija, tj. predistezanje mišića. Izometrička jakost se procjenjuje primjenom uređaja dinamometara kojim procjenjujemo jakost maksimalne voljne kontrakcije izoliranih i velikih mišićnih skupina (28,29).

Mišićna jakost ovisi o živčanim i mišićnim čimbenicima. Živčani čimbenici obuhvaćaju sve faktore koji utječu na sposobnost središnjeg živčanog da inicira i koordinira aktivnost

muskulature. Stoga je moguće razlikovati unutarmišićnu i međumišićnu koordinaciju. Unutarmišićna koordinacija podrazumijeva sve aktivnosti unutar pojedinog mišića koje dovode do kontrolirane proizvodnje i kontrole sile i snage. Ona ovisi o broju, učestalosti i sinkronizaciji aktiviranih motoričkih jedinica. Pojam međumišićna koordinacija obuhvaća voljnu koordiniranu i sinkroniziranu aktivaciju agonističkih, antagonističkih i sinergističkih skupina mišića. Unutarmišićna i međumišićna koordinacija su pod utjecajem senzornog živčanog sustava, mišićnog vretena i GTO. Mišićni čimbenici koji utječu na jakost obuhvaćaju fiziološki poprečni presjek i strukturu mišića, tj. položaj vlakana unutar mišića. Navedeni faktori omogućuju mišiću postizanje punog potencijala prilikom proizvodnje jakosti i snage (28).

### *1.6. Dinamometrija*

Jedan od najčešćih poremećaja mišićne funkcije je mišićna slabost. Prilikom njezine procjene ključno je uzeti u obzir dva važna faktora mišićne funkcije: mišićnu jakost i mišićnu snagu (30).

Dinamometrija je biomehanička metoda mjerenja maksimalnih vrijednosti mišićne sile koja se pokazala kao kvalitetno i pouzdano rješenje u procjeni izometričke jakosti i snage mišića. Korisna je u procjeni spastičnosti, tonusa i sinergijskog djelovanja muskulature ispitanika, neovisno o njihovoj dobi i zdravstvenom stanju (31).

Dinamometar je mjerni instrument koji služi mjerenju mišićne snage, jakosti te izdržljivosti. Njegova primjena je poznata i pod nazivom kvantitativno mišićno testiranje. Razlikujemo tri vrste dinamometara: fiksni (*eng. fixed*), prijenosni (*eng. portable fixed*) i ručni ili tzv. *hand-held* dinamometri (*eng. handheld dynamometry* ili HHD). Fiksni ili izokinetički dinamometri služe mjerenju mišićne snage i jakosti. Vrijednosti koje se dobiju mjerenjima demonstriraju odnose jakosti mišića između dva uda ili agonističke i antagonističke muskulature jednog uda. Navedeno se dobiva kroz koncentrične i ekscentrične kontrakcije protiv promjenjivog otpora individualno prilagođenog svakom ispitaniku. Brzina izvođenja pokreta testiranja je konstantna. Iako predstavlja metodu koja omogućuje najveću razinu objektivnosti i pouzdanosti, zbog visokih troškova primjene, složenosti postupka i potrebe primjereno educiranog ispitivača, ne koristi se kao primarni postupak procjene jakosti i snage pacijenata, ali se često koristi u provedbi istraživanja (32–34). Prijenosni dinamometar je cijenom pristupačan, jednostavan za korištenje i pouzdan (35,36). Omogućuje brzu i objektivnu procjenu jakosti, tj. izometrijskih potencijala muskulature. Standardne ručne prijenosne dinamometre je moguće podijeliti u dvije skupine: *push* i *pull*. Koriste se za mjerenje izoliranih

pokreta i funkcionalnih aktivnosti. Ova vrsta dinamometrije je zasigurno i najzastupljenija zahvaljujući niskim troškovima upotrebe i jednostavnosti primjene. *Push* dinamometar se prislanja na segment tijela koji se ispituje dok je *pull* dinamometar dvokraki pa se tako jedan krak fiksira na ispitivani segment a drugi na nepomičnu podlogu ili predmet. Autori navode neke nedostatke *push* dinamometrije. Među njima valja istaknuti i nužnost pouzdanog ispitivača zadovoljavajuće snage i sposobnosti stabilizacije trupa koje utječu na razinu otpora koji isti može pružiti ispitaniku. Nekvalitetno pružanje otpora može dovesti do pokretanja ispitivanog uda te samim time i do izotoničke kontrakcije. Kako bi mjerenja bila valjana, kontrakcija mora biti izometrijska (37–39). Još jedna manjkavost je nekonzistentnost u pozicioniranju pacijenta koja utječe na izvođenje pokreta (40). Nadalje, nije moguće precizno bilježiti brzinu kojom se proizvodi sila niti je njihova upotreba moguća za svaki segment tijela i sve funkcionalne aktivnosti. Uz sve navedeno, iako se primjena dinamometra pokazala pouzdanom, neka istraživanja pokazuju da ovakvi uređaji značajno podcjenjuju proizvedenu silu (31).

Kako bi osigurali dobivanje objektivnih i što pouzdanijih rezultata HHD, ključna je stabilizacija dijelova tijela koji se ne ispituju i pravilno pozicioniranje ispitanika. Na ovaj način se minimalizira aktivacija kompenzacijskih mehanizama. Dinamometar se uvijek postavlja okomito na ispitivani segment, što dalje od osi zgloba. Time se osigurava najefikasniji i najekonomičniji rad kako ispitanika tako i ispitivača, ali i smanjuje potrebna veličina pružanog otpora od strane ispitivača. Vremensko trajanje otpora je ograničeno na 3 do 5 sekundi. U ovom vremenu se stvara maksimalna napetost i maksimalna jakost (41).

Novi i moderniji dinamometri bilježe niz značajki svake pojedine kontrakcije. Uz promjene izometrijskih potencijala miškulature prilikom naprezanja, registriraju i relativnu veličinu mišićne sile kao i njezin gradijent, maksimalne dobivene vrijednosti sile, maksimalno vrijeme trajanja maksimalnog izometrijskog napora i otpora, trenutak postizanja maksimalne sile i njezine prosječne vrijednosti. Parametri sile se izražavaju u kilogramima ili njutnima, dok se vrijeme trajanja otpora izražava u sekundama (42).

### 1.7. Mišići stražnje lože natkoljenice

Dvoglavi bedreni mišić (*lat. musculus biceps femoris*) je, kao što i sam naziv kaže, dvoglavi mišić postavljen površinski na stražnjoj strani natkoljenice. Nalazi se lateralno u odnosu na poluoopnasti (*lat. musculus semimembranosus*) i polutetivni mišić (*lat. musculus semitendinosus*). Iako glave dvoglavog bedrenog mišića imaju različita polazišta, dijele isto



hvatište. Duga glava (*lat. caput longum*) polazi sa sjedne kvrge (*lat. tuber ischiadicum*) i križno-izbočinskog ligamenta (*lat. ligamentum sacrotuberale*). Kratka glava (*lat. caput breve*) polazi sa srednje trećine lateralne usne linije aspere (*lat. labrum laterale linea aspera*) i lateralne suprakondilarne linije natkoljenične kosti (*lat. linea supracondylaris lateralis*). Neka vlakna počinju i s lateralnog intermuskularnog septuma (*lat. septum intermusculare femoris laterale*). Mišićna vlakna konvergiraju i zajednički se hvataju na glavu goljenične kosti (*lat. caput fibulae*). Dugu glavu dvoglavog bedrenog mišića inervira tibijalni ogranak išijadičnog živca (*lat. nervus ischiadicus, nervus tibialis*), dok kratku glavu inervira zajednički ogranak išijadičnog živca (*lat. nervus peroneus communis*) goljenične kosti (43). Duga glava dvoglavog bedrenog mišića prelazi preko dva zgloba: zgloba kuka i koljena. Ona doprinosi ekstenziji natkoljenice kada je potkoljenica u ekstenziji. Ostvaruje najsnažniju aktivaciju prilikom podizanja trupa iz položaja fleksije u uspravni položaj. Kratka glava sudjeluje u izvođenju pokreta samo u koljenom zglobu. Obje glave sudjeluju u izvođenju fleksije koljenog zgloba i vanjskoj rotaciji potkoljenice kada je koljeno u položaju blage fleksije (44,45).

Poluopnasti mišić je vretenasti mišić stražnje strane natkoljenice. Smješten je dublje u odnosu na polutetivni mišić i medijalnije u odnosu na dvoglavi bedreni mišić. Polazi s sjedne kvrge dubokom plosnatom tetivom i inserira u području stražnje strane medijalnog kondila goljenične kosti (*lat. condylus medialis tibiae*) kratkom završnom tetivom. Inervira ga tibijalni ogranak išijadičnog živca (43). Krvnu opskrbu mu pružaju femoralne (*lat. arteria femoralis*) i poplitealne arterije (*lat. arteria poplitea*). Poluopnasti mišić djeluje prilikom pokreta u zglobu kuka i koljena. Njegov doprinos uvelike ovisi o početnom položaju donjih ekstremiteta. Kada je stopalo na podlozi, on izvodi ekstenziju u zglobu kuka te dovodi trup u uspravan položaj. Kada je stopalo odignuto izvodi fleksiju koljena i unutarnju rotaciju noge. Izvodi ekstenziju natkoljenice kada je potkoljenica ekstendirana. Kada je natkoljenica u punoj ekstenziji izvodi unutarnju rotaciju zgloba kuka (44,45).

Polutetivni mišić je dugi vretenasti mišić koji se nalazi na stražnjoj strani natkoljenice, medijalno u odnosu na dvoglavi bedreni mišić. Polazi sa sjedne kosti i hvata se za proksimalni kraj goljenične kosti ispod medijalnog kondila, za pačetvorinu (*lat. pes anserinus*). Inervira ga tibijalni ogranak išijadičnog živca (43). Krvnu opskrbu mu pruža dubinska bedrena arterija (*lat. arteria profunda femoris*) i medijalne cirkumfleksne bedrene arterije (*lat. arteria circumflexa femoris medialis*). Funkcija polutetivnog mišića je jednaka kao i ona poluopnastog mišića (44,45).

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE

GLAVNI CILJ: Istražiti učinak mišićnog istežanja mišića stražnje lože natkoljenice na mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice.

### SPECIFIČNI CILJEVI:

CILJ 1: Istražiti utjecaj statičkog istežanja i post-izometričke relaksacije na opseg pokreta u zglobu kuka u odnosu na bez istežanja.

CILJ 2: Usporediti učinak statičkog istežanja i post-izometričke relaksacije na povećanje opsega pokreta u zglobu kuka.

CILJ 3: Istražiti utjecaj statičkog istežanja i post-izometričke relaksacije na mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice.

CILJ 4: Usporediti mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice ispitanika bez istežanja, nakon statičkog istežanja te nakon post-izometričke relaksacije.

GLAVNA HIPOTEZA: Mišićno istežanje mišića stražnje lože natkoljenice djeluje na povećanje mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice.

### SPECIFIČNE HIPOTEZE:

HIPOTEZA 1: Statičko istežanje i post-izometrička relaksacija značajno utječu na povećanje opsega pokreta u zglobu kuka u odnosu na bez istežanja.

HIPOTEZA 2: Post-izometrička relaksacija je učinkovitija u povećanju opsega pokreta zgloba kuka u odnosu na statičko istežanje.

HIPOTEZA 3: Statičko istežanje dovodi do smanjenja mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice dok post-izometrička relaksacija dovodi do povećanja mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice.

HIPOTEZA 4: Mišićna jakost mišića stražnje lože natkoljenice ispitanika je najveća nakon post-izometričke relaksacije.

### 3. ISPITANICI I METODE

#### 3.1. *Ispitanici*

Ispitivanje se provelo na prigodnom uzorku od sveukupno 64 studenta 1. i 2. godine preddiplomskog stručnog studija Fizioterapija, Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci, Sveučilišta u Rijeci. Istraživanje je provedeno u prostorima Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci u vremenskom periodu od siječnja 2023. godine do ožujka 2023. godine. Kriteriji uključenja su obuhvaćali: pohađanje 1. ili 2. godine redovnog Preddiplomskog stručnog studija Fizioterapija u akademskoj godini 2022./2023., dob između 18 i 25 godina te mogućnost zauzimanja početnog položaja prilikom izvođenja istraživačkog mjerenja. Iz istraživanja su bili isključeni ispitanici koji nisu bili u mogućnosti zauzeti početni položaj ili im je isti bio kontraindiciran iz zdravstvenih razloga (ozljede mišićno-koštanog sustava, ozljede mekih tkiva, rano postoperativno stanje itd.).

#### 3.2. *Postupak i instrumentarij*

Kako bi se prikupili opći podaci o ispitanicima te utvrdilo zadovoljavaju li prethodno navedene kriterije, iste se uputilo na ispunjavanje kratkog anketnog upitnika izrađenog za potrebe ovog istraživanja. Anketni upitnik se sastojao od dva djela. U prvom djelu se od ispitanika tražilo da navedu svoju dob, spol, godinu studija koju pohađaju te, u svrhu određivanja dominantne noge, odgovore na pitanje „Kada bi ciljali metu, kojom nogom biste udarili nogometnu loptu?“ po uzoru na rad van Melick i sur. (2017.) (46). Drugi dio se sastojao od pitanja kojima se ispitala prisutnost prethodno navedenih isključivih kriterija. Svi ispitanici koji su zadovoljili potrebne kriterije i pristali na sudjelovanje su bili uključeni u istraživanje. Predviđeno vrijeme ispunjavanja upitnika iznosilo je 2 minute. Ispunjavanje upitnika je bilo anonimno te su dobiveni podaci dostupni samo autoru istraživanja. Osim ispunjavanja anketnog upitnika, svakom ispitaniku se mjerio ROM zgloba kuka u početnom položaju elektrogoniometrom te mišićna jakost primjenom ručnog dinamometra tri puta. Mjerenjima su prethodile vježbe zagrijavanja u trajanju od 3,5 minuta kako bi se osigurala zagrijanost mišića i prevenirale ozljede.

Tijekom istraživanja ispitanici su bili testirani jednom tjedno kroz tri tjedna. Tokom prvog testiranja, od ispitanika se zatražilo zauzimanje početnog položaja te im se potom izmjerio ROM i mišićna jakost. Drugo testiranje se sastojalo od mjerenja ROM-a, primjene SI-a, ponovnog mjerenja ROM-a i mjerenja mišićne jakosti. Treće i zadnje testiranje je obuhvaćalo

mjerenje ROM-a, primjenu PIR-a, ponovno mjerenje ROM-a i mjerenje mišićne jakosti.

Prvi dio testiranja je obuhvaćao mjerenje ROM-a iz početnog položaja (izmijenjeni položaj tzv. „ženske špage“, *eng. front split*). U navedenom položaju, potkoljenica stražnje noge ispitanika je postavljena okomito na podlogu te oslonjena na zid dok je prednja noga opružena u koljenu te pozicionirana ispred trupa. Trup je usporedan s potkoljenicom stražnje noge. Navedeni položaj osigurava istezanje četveroglavog natkoljenog mišića (*lat. musculus quadriceps femoris*), preciznije njegove glave, *m. rectus femoris* te ograničava rotaciju zdjelice ispitanika prema stražnjoj nozi koja bi omogućila veće ekscurzije pokreta. Kako bi se osigurala stabilnost ispitanika, iste se uputilo na pridržavanje joga blokovima obostrano postavljenima na podlogu u ravnini kukova. Ispitivač je u ovom položaju na zdjelici locirao vrh prednjeg gornjeg bočnog trna zdjelice (*lat. spina iliaca anterior superior* ili SIAS) na strani stražnje noge ispitanika te centimetrom izmjerio udaljenost iste od podloge. Postupak se ponovio na drugoj strani. Navedeni početni položaj i mjerenje su uzeti po uzoru na istraživanje Sands i sur. (2008.) (47).

Drugi dio testiranja je obuhvaćao primjenu SI-a i PIR-a. Obje tehnike su se primjenjivale 3 puta po 30 sekundi s pauzom od 30 sekundi između ponavljanja po uzoru na istraživanje Barbosa i sur (2020.) (48). Prilikom SI-a, ispitanike se uputilo na guranje zdjelice prema podlozi u početnom položaju, nakon čega je slijedila faza odmora. Tokom PIR-a, ispitanike se uputilo na svjesno statičko kontrahiranje mišića stražnje lože natkoljenice prednje noge kroz 30 sekundi, povećavajući pritisak petom o podlogu. PIR se provodio u skladu s smjernicama Chaitow, opisanih u knjizi „Muscle Energy Techniques“ (2006.) (22). Prilikom faze odmora, ispitanike se uputilo na opuštanje u početnom položaju i istezanje mišića stražnje lože natkoljenice. Postupak se provodio na obje noge. Vrijeme je mjereno štopericom.

Treći dio testiranja je obuhvaćao mjerenje mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice ručnim dinamometrom. Mišićna jakost mjerena je nakon primjene svake tehnike istezanja, u ležećem položaju na trbuhu, s rukama ispitanika postavljenima uz tijelo. Navedeni položaj je odabran na temelju rada Worrell i sur. (1990.) prema kojem pronirani položaj omogućuje facilitaciju optimalnog generiranja momenta sile (49). Primjenom elektrogoniometra se izmjerilo 90° fleksije u koljenom zglobu. Ispitanici su nosili manžetu s kukicom postavljenu preko gornjeg nožnog zgloba (*lat. articulatio talocruralis*) testirane noge. Jedan krak dinamometra se fiksirao na spomenutu manžetu dok je drugi bio povezan s remenom fiksiranim oko struka ispitivača. Prilikom provođenja testiranja, ispitanik je nastojao izvesti fleksiju u zglobu koljena. Ispitivač je pružao otpor masom svoga tijela te time onemogućio pokret. Na ovaj način se postigla izometrijska mišićna kontrakcija. Ispitanici su izveli dva probna mjerenja

kako bi se upoznali s procedurom mjerenja jakosti dinamometrom. Kontrakcija se održavala 5 sekundi po uzoru na istraživanje Keep i sur. (2016.) (50). Bilježena je vrijednost trećeg mjerenja. Predviđeno vrijeme cjelokupnog testiranja iznosilo je 15 minuta po ispitaniku.

Ograničenja ovog istraživanja su nekonzistentnost literature u korištenje terminologije vezane za modalitete istežanja što onemogućuje kvalitetniju usporedbu dobivenih rezultata. Nadalje, kao posljedica nemogućnosti potpune stabilizacije zdjelice, moguće je javljanje kompenzacijskih mehanizama. S obzirom da aktivacija sinergističke muskulature može utjecati na rezultate mjerenja, nužno je uzeti istu u obzir prilikom interpretacije dobivenih vrijednosti. Dodatno, manjkavosti istraživanja uključuju neiskustvo ispitivača, mogućnost javljanja pogrešaka prilikom mjerenja, potencijalno nedostatna snaga stabilizacije trupa te nedovoljan pružani otpor ispitivača prilikom mjerenja mišićne jakosti dinamometrom te mali uzorak istraživanja.

### *3.3. Statistička obrada podataka*

Po završetku istraživanja, dobiveni rezultati su se obradili odgovarajućim statističkim metodama uz pomoć postojeće programske podrške. Zavisnu varijablu predstavljaju ROM i mišićna jakost. Nezavisne varijable obuhvaćaju metodu mišićnog istežanja (bez istežanja, SI ili PIR), spol, dob i dominantnu nogu ispitanika. Vrijednosti mjerenja ROM-a, mišićne jakosti i dobi ispitanika su izražene omjernom ljestvicom dok su metoda mišićnog istežanja, spol te dominantna noga ispitanika izražene nominalnom ljestvicom. Deskriptivnom statistikom izračunale su se srednja vrijednost i standardna devijacija dobi ispitanika. Normalnosti raspodjele podataka se testirala Kolmogorov-Smirnovljevim testom. S obzirom da se ona prikazala kao normalna, vrijednosti ROM-a prije i nakon primjene SI-a i PIR-a kao i mišićna jakost obradile su se parametrijskim Student t-testom za zavisne uzorke. Statistička značajnost prikazana je kao  $P < 0,05$ . Dobiveni podaci su obrađeni ručno uz pomoć programa Statistica 13.3. Pohrana podataka izvršena je uz pomoć Microsoft Office Excel programa.

### *3.4. Etički aspekti istraživanja*

Svaki sudionik bio je upoznat s protokolom istraživanja koje se provodilo u skladu s Etičkim kodeksom i pravilnikom o izradi završnih i diplomskih radova Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci. Istraživanje je prethodno predano Etičkom povjerenstvu za biomedicinska istraživanja Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci te je ishoda suglasnost svakog sudionika.

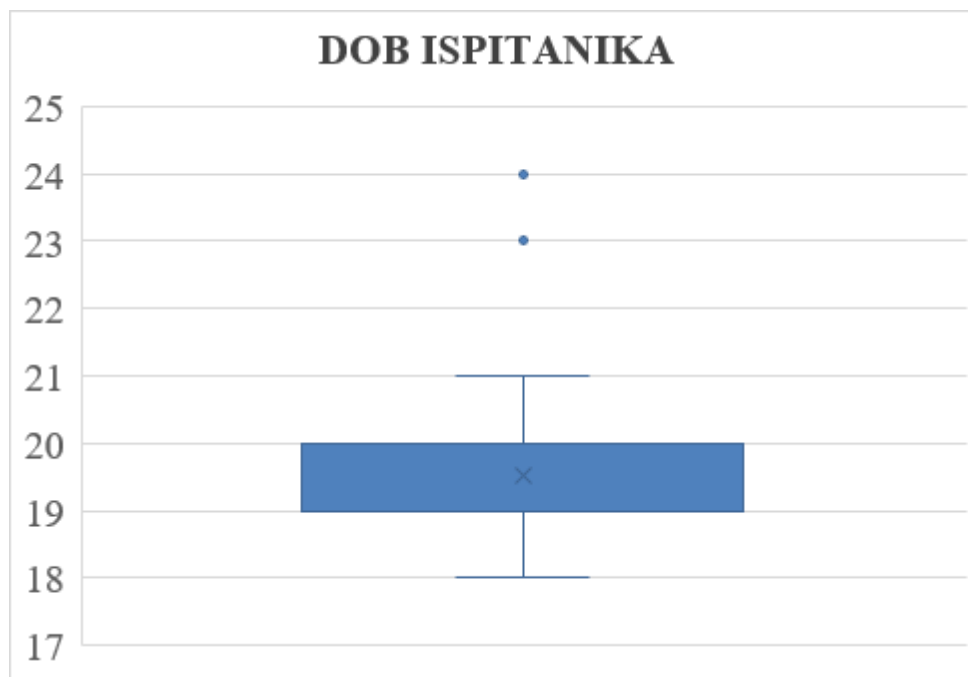
Sudjelovanje u istraživanju je bilo u potpunosti dobrovoljno. Sudionicima je omogućena i osigurana usmena i pisana suglasnost uz obrazloženje mogućnosti odustajanja u bilo kojem trenutku tijekom provedbe istraživanja, zajamčena diskrecija i anonimnost dobivenih podataka. Svi dobiveni podaci su povjerljivi i autor studije se osobno pobrinuo za osiguravanje privatnosti, tako što uvid u ankete ima samo on, a rezultati se nisu povezivali s imenima i prezimenima. Rezultati studije bit će prezentirani na obrani diplomskog rada, te moguće objavljeni u nekom od stručnih ili znanstvenih časopisa, bilo u papirnatom ili online obliku.

#### **4. REZULTATI**

Od sveukupno 64 studenata (21 muškarac i 43 žene) 1. i 2. godine preddiplomskog stručnog studija Fizioterapija, njih 30 je uključeno u istraživanje. Od onih koji nisu zadovoljili ulazne kriterije, troje ih je bilo starije od 25 godina, sedmero nije bilo u mogućnosti zauzeti položaj iz zdravstvenih razloga (položaj je bio kontraindiciran zbog prethodnih ozljeda mišićno-koštanog sustava), dvadesetero nije bilo u mogućnosti zauzeti početni položaj (od toga njih šestero zbog smanjenog opsega plantarne fleksije stopala te četrnaest zbog skraćenosti četveroglavog bedrenog mišića). Četvero ispitanika nije redovito pohađalo nastavu prilikom prikupljanja ispitanika te ih se stoga nije moglo uvrstiti u istraživanje. Dvije ispitanice nisu bile u mogućnosti zauzeti početni položaj na obje strane, stoga se bilježilo rezultate samo za desnu nogu. Shodno tome, izmjeren je ROM i mišićna jakost na sveukupno 30 ispitanika za desnu nogu te 28 ispitanika za lijevu nogu.

##### *4.1. Dob, spol, godina studija i dominantna noga*

Dob studenata Fakulteta zdravstvenih studija je u intervalu  $(19,53 \pm 1,31)$  godina (Graf 1.). Najmlađi ispitanik je u vrijeme provođenja istraživanja imao 18 godina dok je onaj najstariji imao 24 godine.



**Graf 1.** Box & Whiskers prikaz dobi ispitanika

U istraživanje je od 43 žena uključeno njih 25 dok je od 21 muškarca uključeno samo 5 (Tablica 1.).

Od sveukupno 30 ispitanika, svi su bili redoviti studenti preddiplomskog stručnog studija Fizioterapija, 18 na 1. godini i 12 na 2. godini studija (Tablica 1.).

Na pitanje „Kada bi ciljali metu, kojom nogom biste udarili nogometnu loptu?“ sveukupno 25 ispitanika (83,33%) je odgovorilo da bi to učinilo desnom nogom dok bi njih 5 (16,67%) to učinilo lijevom (Tablica 1.).

**Tablica 1.** Prikaz spola, godine studija i dominantne noge

	SPOL		GODINA STUDIJA		DOMINANTNA NOGA	
	MUŠKI	ŽENSKI	1.	2.	DESNA	LIJEVA
<b>N</b>	5	25	18	12	25	5

4.2. Rezultati prvog mjerenja – ROM bez istezanja izražen u centimetrima

Tablica 2. Rezultati mjerenja ROM-a desne i lijeve noge bez istezanja

ISPITANIK	Udaljenost SIAS-a desne noge od podloge (cm)	Udaljenost SIAS-a lijeve noge od podloge (cm)
1	52,6	56,4
2	48,2	53,2
3	45,8	45,9
4	50	49,6
5	61,2	62
6	34,2	37,9
7	49,4	42,8
8	35,3	47
9	33,3	34,7
10	50	50
11	29,6	41
12	45,4	45,7
13	33,4	42
14	52,4	54,1
15	45	51
16	38,6	48
17	55	
18	46	45,9
19	50,8	53,3
20	54,3	53,6
21	56,4	
22	55,7	56
23	38,2	41,2
24	37,4	39,2
25	45,4	52,1
26	42	43,8
27	58,4	59,2
28	31	46,9
29	53,1	58,3
30	53,5	51,5
<b>Aritmetička sredina (cm)</b>	46,05	48,65
<b>Standardna devijacija (cm)</b>	±8,86	±6,85

Rezultati mjerenja ROM-a obje noge bez istezanja su prikazani u Tablici 2. Aritmetička sredina udaljenosti SIAS-a od podloge za desnu nogu iznosi  $46,05 \pm 8,86$  cm a za lijevu  $48,65 \pm 6,85$  cm (Tablica 2.).



4.3. Rezultati drugog mjerenja – ROM prije i poslije SI-a izražen u centimetrima

Tablica 3. Rezultati mjerenja ROM-a desne i lijeve noge prije i poslije SI-a

ISPITANIK	Udaljenost SIAS-a desne noge od podloge prije (cm)	Udaljenost SIAS-a desne noge od podloge poslije (cm)	Udaljenost SIAS-a lijeve noge od podloge prije (cm)	Udaljenost SIAS-a lijeve noge od podloge poslije (cm)
1	41,6	39	52,2	40
2	41,7	32	45	29,4
3	52,6	39	47,5	41
4	49	40,4	48,2	41,6
5	62,7	53,6	56,8	52,2
6	48,7	44	41,9	35,6
7	48	37,8	44,4	31,7
8	29,3	26	30,1	42,2
9	34,6	22,1	37,3	21,8
10	45,4	39,4	53	44,3
11	42	36	46,9	33,8
12	34,2	26,6	40,9	32,4
13	28,8	26	40	32,5
14	55,1	50,6	53	48
15	46,8	40,5	50,3	38
16	51,5	34,4	46,7	40,3
17	49,5	44,3		
18	47,5	34,9	47	34,8
19	50,2	44,9	50,1	40,4
20	53	45,8	48,9	40,4
21	48,3	36,8		
22	55,6	53	54,7	48,3
23	36,1	19,4	31,4	24
24	38	34,7	39,6	36,4
25	51,7	36,3	44,2	39
26	40,3	36,4	46,9	40,1
27	57,4	51,4	57,3	46,5
28	50,5	22	48,9	27,3
29	51,4	46,5	51,1	52,8
30	49,1	45	45,6	43,2
<b>Aritmetička sredina (cm)</b>	46,353	37,960	46,425	38,500
<b>Standardna devijacija (cm)</b>	±8,190	±9,250	±6,689	±7,720
<b>P</b>	<b>0,00000</b>		<b>0,00000</b>	

Rezultati mjerenja ROM-a obje noge prije i poslije SI-a su prikazani u Tablici 3.

Aritmetička sredina udaljenosti SIAS-a od podloge za desnu nogu prije intervencije SI-a iznosi  $46,35 \pm 8,19$  cm. Nakon SI-a aritmetička sredina iznosi  $37,96 \pm 9,25$  cm. Pri mjerenju lijeve noge prije intervencije SI-a dobivena je aritmetička sredina od  $46,43 \pm 6,69$  cm dok ona nakon intervencije iznosi  $38,5 \pm 7,72$  cm (Tablica 3.).

Uspoređene su vrijednosti ROM-a desnog i lijevog zgloba kuka prije i nakon intervencije u obliku primjene SI-a uz prethodno ispitivanje normalnosti Kolmogorov-Smirnovljevim testom normalnosti. S obzirom da se raspodjela pokazala u skladu s normalnom te su podaci numerički, korišten je Studentov t-test za zavisne uzorke. Utvrdilo se statistički značajno povećanje ROM-a zgloba kuka desne ( $P=0,00$ ) i lijeve noge ( $P=0,00$ ) (Tablica 3.).

4.4. Rezultati trećeg mjerenja – ROM prije i poslije PIR-a izražen u centimetrima

Tablica 4. Rezultati mjerenja ROM-a desne i lijeve noge prije i poslije PIR-a

ISPITANIK	Udaljenost SIAS-a desne noge od podloge prije (cm)	Udaljenost SIAS-a desne noge od podloge poslije (cm)	Udaljenost SIAS-a lijeve noge od podloge prije (cm)	Udaljenost SIAS-a lijeve noge od podloge poslije (cm)
1	46	40,4	49,5	44,9
2	43,4	25,6	47	30,8
3	40,5	38,9	49,6	44,2
4	49,6	33,3	49,8	31,8
5	56,4	51,1	54,8	51
6	46	35,2	40	28,4
7	41,5	35,1	40	29,8
8	28,7	23,2	33,3	24
9	37,7	35	35,3	28,7
10	47,4	36,6	46,9	39,9
11	51	34,9	54,7	44,5
12	36,1	35,3	48	36,2
13	33	27,3	38,2	29,1
14	54,7	44	53,2	49,1
15	46,4	39	55	38,6
16	52,4	38	49	33,6
17	43,4	38,6		
18	50,5	38,7	52,3	34,9
19	47,7	36,5	48,9	38,4
20	53	43,2	50,4	44,3
21	57,4	41		
22	56,6	51,6	52,1	48,2
23	24	18	27,6	17,7
24	43,6	33,9	41,4	36,4
25	46,1	36	44,4	32,3
26	48,1	34,5	44	37,6
27	53,8	44,9	52	39,2
28	44,3	22	40	29,1
29	51,8	47,6	53	43,2
30	52	38,2	50,9	40,1
<b>Aritmetička sredina (cm)</b>	46,103	36,587	46,475	36,643
<b>Standardna devijacija (cm)</b>	±8,107	±7,794	±7,094	±7,981
<b>P</b>	<b>0,000000</b>		<b>0,000000</b>	

Rezultati mjerenja ROM-a obje noge prije i poslije PIR-a su prikazani u Tablici 4.

Aritmetička sredina udaljenosti SIAS-a od podloge prilikom mjerenja desne noge koje je prethodilo intervenciji PIR-a iznosi  $46,1 \pm 8,11$  cm. Aritmetička sredina nakon PIR-a iznosi  $36,59 \pm 7,79$  cm. Pri mjerenju lijeve noge prije intervencije dobivena je aritmetička sredina od  $46,48 \pm 7,09$  cm, dok ona nakon intervencije iznosi  $36,64 \pm 7,98$  cm (Tablica 4.).

Uspoređene su vrijednosti ROM-a desnog i lijevog zgloba kuka prije i nakon intervencije u obliku primjene PIR-a uz prethodno ispitivanje normalnosti Kolmogorov-Smirnovljevim testom normalnosti. S obzirom da se raspodjela pokazala u skladu s normalnom te da su podaci numerički, korišten je Studentov t-test za zavisne uzorke. Utvrdilo se statistički značajno povećanje ROM-a zgloba kuka desne ( $P=0,00$ ) i lijeve strane ( $P=0,00$ ) (Tablica 4.).

Uspoređivanjem promjene ROM-a nakon primjene SI-a i onog nakon PIR-a nije utvrđena statistički značajna razlika ni za desnu ( $P>0,05$ ) ni za lijevu ( $P>0,05$ ) nogu (Tablica 5.).

**Tablica 5.** Rezultati Student t-testa usporedbe promjene ROM-a nakon SI-a i PIR-a

	Desna noga		Lijeva noga	
	Razlika ROM nakon SI-a (cm)	Razlika ROM nakon PIR-a (cm)	Razlika ROM nakon SI-a (cm)	Razlika ROM nakon PIR-a (cm)
<b>Aritmetička sredina (cm)</b>	8,393	9,517	7,925	9,832
<b>Standardna devijacija (cm)</b>	$\pm 5,718$	$\pm 5,211$	$\pm 6,109$	$\pm 4,226$
<b>N</b>	30		28	
<b>P</b>	0,331		0,142	

4.5. Rezultati mjerenja maksimalne mišićne jakosti (MMJ) izraženi u njutnima

**Tablica 6.** Maksimalna mišićna jakost mišića stražnje lože natkoljenice desne i lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a

ISPITANIK	MMJ mišića stražnje lože natkoljenice desne noge bez istežanja (N)	MMJ mišića stražnje lože natkoljenice desne noge nakon SI-a (N)	MMJ mišića stražnje lože natkoljenice desne noge nakon PIR-a (N)	MMJ mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge bez istežanja (N)	MMJ mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge nakon SI-a (N)	MMJ mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge nakon PIR-a (N)
1	178	165	201	174	172	186
2	110	52	83	109	98	78
3	150	99	133	130	137	126
4	149	158	175	126	116	136
5	92	161	126	13,1	157	169
6	139	109	162	105	132	117
7	132	167	144	137	149	138
8	114	142	138	112	110	124
9	125	113	106	126	113	96
10	103	94	113	136	102	146
11	179	224	225	161	204	202
12	100	117	106	122	105	123
13	119	115	121	130	124	119
14	126	150	119	132	104	132
15	179	199	195	192	187	187
16	118	120	94	118	99	119
17	138	172	178			
18	195	174	182	156	204	172
19	197	217	232	162	148	177
20	97	129	114	82	114	119
21	81	106	95			
22	223	214	241	216	185	216
23	109	101	136	125	103	126
24	189	159	139	170	155	157
25	124	111	119	144	129	131
26	120	134	138	138	136	145
27	245	177	201	180	177	170
28	131	131	125	97	143	115
29	152	163	146	135	140	96
30	207	173	169	214	155	147

Rezultati mjerenja maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice obje noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a su prikazani u Tablici 6.

Aritmetička sredina maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice desne noge prije intervencije iznosi  $144,03 \pm 41,81$  N, nakon SI-a  $144,87 \pm 40,48$  N te nakon PIR-a  $148,53 \pm 42,68$  N. Aritmetička sredina maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge prije intervencije iznosi  $137,22 \pm 40,65$  N, nakon SI-a  $139,21 \pm 32,1$  N te nakon PIR-a  $141,75 \pm 33,16$  N (Tablica 7.).

Daljnjom obradom podataka se pokušalo utvrditi postojanje statističkog značaja u razlici maksimalne mišićne jakosti između one izmjerene bez istežanja, nakon SI-a te nakon PIR-a. Raspodjela podataka se prethodno ispitala Kolmogorov-Smirnovljevim testom normalnosti. Ista se pokazala u skladu s normalnom te je korišten Studentov t-test za zavisne uzorke. Nije utvrđeno postojanje statističke značajnosti između maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice desne noge generirane bez istežanje i nakon SI-a ( $P > 0,05$ ), između one generirane bez istežanja i nakon PIR-a ( $P > 0,05$ ) niti između one generirane nakon SI-a i nakon PIR-a ( $P > 0,05$ ) (Tablica 7.).

**Tablica 7.** Rezultati Student t-testa za maksimalnu mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice desne noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a

Modalitet istežanja	Aritmetička sredina (N)	Standardna devijacija (N)	N	P
<b>Bez istežanja</b>	144,033	$\pm 41,809$	30	0,885
<b>SI</b>	144,867	$\pm 40,481$	30	
<b>Bez istežanja</b>	144,033	$\pm 41,809$	30	0,335
<b>PIR</b>	148,533	$\pm 42,681$	30	
<b>SI</b>	144,867	$\pm 40,481$	30	0,370
<b>PIR</b>	148,533	$\pm 42,681$	30	

Nije utvrđeno postojanje statističke značajnosti između maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge generirane bez istežanje i nakon SI-a ( $P > 0,05$ ), između one generirane bez istežanja i nakon PIR-a ( $P > 0,05$ ) niti između one generirane nakon SI-a i

nakon PIR-a ( $P>0,05$ ) (Tablica 8.).

**Tablica 8.** Rezultati Student t-testa za maksimalnu mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a

Modalitet istežanja	Aritmetička sredina (N)	Standardna devijacija (N)	N	P
<b>Bez istežanja</b>	137,218	±40,653	28	0,779
<b>SI</b>	139,214	±32,100	28	
<b>Bez istežanja</b>	137,218	±40,653	28	0,521
<b>PIR</b>	141,750	±33,159	28	
<b>SI</b>	139,214	±32,100	28	0,524
<b>PIR</b>	141,750	±33,159	28	

Uspoređivanjem promjene maksimalne mišićne jakosti nakon primjene SI-a i one nakon PIR-a nije utvrđena statistički značajna razlika ni za desnu ( $P>0,05$ ) ni za lijevu nogu ( $P>0,05$ ) (Tablica 9.).

**Tablica 9.** Rezultati Student t-testa usporedbe promjene maksimalne mišićne jakosti nakon SI-a i PIR-a

	Desna noga		Lijeva noga	
	Razlika MMJ nakon SI-a (N)	Razlika MMJ nakon PIR-a (N)	Razlika MMJ nakon SI-a (N)	Razlika MMJ nakon PIR-a (N)
<b>Aritmetička sredina (N)</b>	0,833	4,500	-2,214	0,321
<b>Standardna devijacija (N)</b>	±31,270	±25,156	±25,400	±23,136
<b>N</b>	30		28	
<b>P</b>	0,370		0,524	

4.6. Rezultati mjerenja prosječne mišićne jakosti (PMJ) izraženi u njutnima

**Tablica 10.** Prosječna mišićna jakost mišića stražnje lože natkoljenice desne i lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a

ISPITANIK	PMJ stražnje lože natkoljenice desne noge bez istežanja (N)	PMJ mišića stražnje lože natkoljenice desne noge nakon SI-a (N)	PMJ mišića stražnje lože natkoljenice desne noge nakon PIR-a (N)	PMJ mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge bez istežanja (N)	PMJ mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge nakon SI-a (N)	PMJ mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge nakon PIR-a (N)
1	128	138	161	151	137	160
2	88	43	69	73	80	66
3	119	63	98	102	82	106
4	121	139	148	97	93	110
5	73	124	108	95	129	140
6	102	85	134	80	118	91
7	111	147	125	104	118	101
8	90	125	119	92	82	106
9	86	83	83	91	87	70
10	83	45	99	115	53	94
11	144	185	215	141	168	178
12	71	85	94	95	82	104
13	97	98	102	107	97	105
14	101	123	100	102	87	104
15	154	160	153	166	152	149
16	100	103	79	89	82	89
17	107	142	152			
18	150	151	158	111	178	150
19	163	184	189	127	127	146
20	43	106	104	58	101	89
21	56	99	86			
22	199	192	203	188	157	190
23	96	86	124	104	91	111
24	160	129	120	134	124	123
25	107	96	101	133	110	106
26	93	107	120	114	108	120
27	184	157	167	144	155	155
28	105	109	107	86	117	105
29	134	143	135	109	110	80
30	182	146	148	179	121	122

Prosječna mišićna jakost mišića stražnje lože natkoljenice obje noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a je prikazana u Tablici 10.



Aritmetička sredina prosječne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice desne noge prije intervencije iznosi  $114,9 \pm 38,23$  N, nakon SI-a  $119,77 \pm 38,38$  N te nakon PIR-a  $126,70 \pm 36,61$  N. Aritmetička sredina prosječne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge prije intervencije iznosi  $113,82 \pm 31,22$  N, nakon SI-a  $112,36 \pm 30,4$  N te nakon PIR-a  $116,79 \pm 31,14$  N (Tablica 11.).

Kako bi se utvrdilo postojanje statističkog značaja u razlici prosječne mišićne jakosti između one bez primjene intervencije te nakon primjene svake od dviju metoda istežanja, raspodjela podataka se ispitala Kolmogorov-Smirnovljevim testom normalnosti te, s obzirom da se ista pokazala normalnom, su se podaci obradili Studentovim t-testom za zavisne uzorke. Nije utvrđeno postojanje statističke značajnosti između mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice desne noge generirane bez istežanja i nakon SI-a ( $P > 0,05$ ) niti između one generirane nakon SI-a i nakon PIR-a ( $P > 0,05$ ). No, razlika prosječne mišićne jakosti između one generirane bez istežanja i nakon PIR-a se pokazala kao statistički značajna ( $P = 0,02$ ) (Tablica 11.).

**Tablica 11.** Rezultati Student t-testa za prosječnu mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice desne noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a

Modalitet istežanja	Aritmetička sredina (N)	Standardna devijacija (N)	N	P
<b>Bez istežanja</b>	114,900	$\pm 38,233$	30	0,373
<b>SI</b>	119,767	$\pm 38,382$	30	
<b>Bez istežanja</b>	114,900	$\pm 38,233$	30	0,020
<b>PIR</b>	126,700	$\pm 36,610$	30	
<b>SI</b>	119,767	$\pm 38,382$	30	0,068
<b>PIR</b>	126,700	$\pm 36,610$	30	

Nije utvrđeno postojanje statističke značajnosti između prosječne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge generirane bez istežanje i nakon SI-a ( $P > 0,05$ ), između one generirane bez istežanja i nakon PIR-a ( $P > 0,05$ ) niti između one generirane nakon SI-a i nakon PIR-a ( $P > 0,05$ ) (Tablica 12.).

**Tablica 12.** Rezultati Student t-testa za prosječnu mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a

Modalitet istežanja	Aritmetička sredina (N)	Standardna devijacija (N)	N	P
<b>Bez istežanja</b>	113,821	±31,216	28	0,785
<b>SI</b>	112,357	±30,399	28	
<b>Bez istežanja</b>	113,821	±31,216	28	0,487
<b>PIR</b>	116,786	±31,137	28	
<b>SI</b>	112,357	±30,399	28	0,227
<b>PIR</b>	116,786	±31,137	28	

Uspoređivanjem promjene prosječne mišićne jakosti nakon primjene SI-a i one nakon PIR-a nije utvrđena statistički značajna razlika ni za desnu ( $P>0,05$ ) ni za lijevu nogu ( $P>0,05$ ) (Tablica 13.).

**Tablica 13.** Rezultati Student t-testa usporedbe promjene prosječne mišićne jakosti nakon SI-a i nakon PIR-a

	Desna noga		Lijeva noga	
	Razlika PMJ nakon SI-a (N)	Razlika PMJ nakon PIR-a (N)	Razlika PMJ nakon SI-a (N)	Razlika PMJ nakon PIR-a (N)
<b>Aritmetička sredina (N)</b>	4,867	11,800	4,867	2,964
<b>Standardna devijacija (N)</b>	±29,466	±26,283	±29,466	±22,280
<b>N</b>	30		28	
<b>P</b>	0,068		0,227	

4.7. Rezultati mjerenja vremena postizanja MMJ izraženi u sekundama

**Tablica 14.** Vrijeme postizanje maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice desne i lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a

ISPITANIK	Vrijeme postizanja MMJ mišića stražnje lože natkoljenice desne noge bez istežanja (s)	Vrijeme postizanja MMJ mišića stražnje lože natkoljenice desne noge nakon SI-a (s)	Vrijeme postizanja MMJ mišića stražnje lože natkoljenice desne noge nakon PIR-a (s)	Vrijeme postizanja MMJ mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge bez istežanja (s)	Vrijeme postizanja MMJ mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge nakon SI-a (s)	Vrijeme postizanja MMJ mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge nakon PIR-a (s)
1	2,5	3,5	3	4,8	3	2,2
2	2,5	2,4	3	5	1,3	2,4
3	5	0,5	1,3	1,8	1,2	0,6
4	4	5	4	2,3	3,7	2,2
5	1,7	1,1	2,2	3,2	4,7	2,9
6	2,8	4,2	2,6	3,9	3,7	4,3
7	3,4	1,2	0,9	1,2	5	1,4
8	1,8	3,7	1	2,5	1,1	3
9	2,2	3,1	2,1	2,5	3,8	4,2
10	2	1,2	2	4,6	4,8	3,9
11	1,4	1,9	1,3	0,9	1,4	3,2
12	1,7	0,5	5	1,8	4,1	3,9
13	2,5	2,4	2,2	1,3	4,2	2,5
14	1,5	1,8	3,9	4,1	4,2	2
15	3,2	2,2	2,8	3,6	1,3	2,5
16	1,3	3,1	4	3,3	2,9	2,9
17	4,3	3,3	1,7			
18	4	3,8	2	3,7	2,6	4,5
19	4,8	3	3,1	0,8	2,2	3,9
20	5	3,2	2,5	5	3,8	4,4
21	0,9	1,5	2			
22	2,5	1	1,4	2,4	1,5	0,8
23	2,6	0,9	1,9	1,4	2,5	4,6
24	3,8	1,1	1,1	3,7	2,2	2,8
25	4,8	0,9	1,9	1,9	0,7	1
26	2,8	1,9	1,2	1,6	4,5	2,5
27	0,9	0,6	3,5	5	0,8	0,7
28	3,4	1,6	1,2	3,7	2,5	4,9
29	2,1	1,4	2,5	1,4	1,6	1,6
30	0,7	1,1	0,9	1,2	1	0,7

Vrijeme postizanje maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice obje noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a je prikazano u Tablici 14.

Aritmetička sredina vremena postizanja maksimalne mišićne jakosti desne noge prije intervencije iznosi  $2,74 \pm 1,28$  s, nakon SI-a  $2,1 \pm 1,22$  s te nakon PIR-a  $2,27 \pm 1,06$  s (Tablica 15.). Aritmetička sredina vremena postizanja maksimalne mišićne jakosti lijeve noge prije intervencije iznosi  $2,81 \pm 1,39$  s, nakon SI-a  $2,73 \pm 1,39$  s te nakon PIR-a  $2,73 \pm 1,32$  s (Tablica 16.).

U svrhu utvrđivanja postojanja statističkog značaja u razlici vremena dosezanja maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice između one izmjerene bez istežanja, nakon SI-a te nakon PIR-a, korišten je Studentov t-test za zavisne uzorke. Prethodno se ispitala raspodjela podataka Kolmogorov-Smirnovljevim testom normalnosti koja se pokazala u skladu s normalnom. Utvrđeno je postojanje statističke značajnosti između vremena postizanja maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice desne noge bez istežanja i nakon SI-a ( $P=0,032$ ), no to nije bio slučaj prilikom usporedbe vremena postizanja maksimalne mišićne jakosti mjerene bez istežanja i nakon PIR-a ( $P>0,05$ ) niti između one postignute nakon SI-a i nakon PIR-a ( $P>0,05$ ) (Tablica 15.).

**Tablica 15.** Rezultati Student t-testa za vrijeme postizanja maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice desne noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a

Modalitet istežanja	Aritmetička sredina (s)	Standardna devijacija (s)	N	P
<b>Bez istežanja</b>	2,737	$\pm 1,279$	30	0,032
<b>SI</b>	2,103	$\pm 1,221$	30	
<b>Bez istežanja</b>	2,737	$\pm 1,279$	30	0,165
<b>PIR</b>	2,273	$\pm 1,057$	30	
<b>SI</b>	2,103	$\pm 1,221$	30	0,521
<b>PIR</b>	2,273	$\pm 1,057$	30	

Nije utvrđeno postojanje statističke značajnosti vremena postizanja maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge bez istežanja i nakon SI-a ( $P>0,05$ ), između

one postignute bez istežanja i nakon PIR-a ( $P>0,05$ ) niti između one postignute nakon SI-a i nakon PIR-a ( $P>0,05$ ) (Tablica 16.).

**Tablica 16.** Rezultati Student t-testa za vrijeme postizanja maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a

Modalitet istežanja	Aritmetička sredina (s)	Standardna devijacija (s)	N	P
<b>Bez istežanja</b>	2,807	±1,386	28	0,820
<b>SI</b>	2,725	±1,389	28	
<b>Bez istežanja</b>	2,807	±1,386	28	0,821
<b>PIR</b>	2,732	±1,321	28	
<b>SI</b>	2,725	±1,389	28	0,980
<b>PIR</b>	2,732	±1,321	28	

Uspoređivanjem promjene vremena postizanja maksimalne mišićne jakosti nakon primjene SI-a i one nakon PIR-a nije utvrđena statistički značajna razlika ni za desnu ( $P>0,05$ ) ni za lijevu nogu ( $P>0,05$ ) (Tablica 17.).

**Tablica 17.** Rezultati Student t-testa usporedbe promjene vremena postizanja maksimalne mišićne jakosti nakon SI-a i nakon PIR-a

	Desna noga		Lijeva noga	
	Razlika vremena postizanja MMJ nakon SI-a (s)	Razlika vremena postizanja MMJ nakon PIR-a a (s)	Razlika vremena postizanja MMJ nakon SI-a a (s)	Razlika vremena postizanja MMJ nakon PIR-a a (s)
<b>Aritmetička sredina (s)</b>	-0,633	-0,463	-0,082	-0,075
<b>Standardna devijacija (s)</b>	±1,540	±1,781	±1,893	±22,280
<b>N</b>	30		28	
<b>P</b>	0,521		0,980	

## 5. RASPRAVA

Cilj ovog rada je bio ispitati učinak statičkog istezanja i post-izometričke relaksacije mišića stražnje lože natkoljenice na opseg pokreta i mišićnu jakost te usporediti prikupljene vrijednosti s onima dobivenima bez primjene bilo kakvih metoda istezanja. Kako bi se ostvarilo bolje shvaćanje odnosa modaliteta istezanja, opsega pokreta i mišićne izvedbe, ali i u svrhu utvrđivanja sličnosti i razlika u uzorku i metodologiji, korisno je usporediti rezultate našeg istraživanja s onima drugih autora.

Dobivene vrijednosti našeg istraživanja jasno ukazuju na statistički značajno povećanje ROM-a nakon SI-a i nakon PIR-a u odnosu na bez istezanja (Tablica 3. i Tablica 4.). Povećanje ROM-a nakon primjene oba modaliteta bilježe i Behm i sur. (2015.), no ističu da je prilikom akutne primjene ovakvih metoda povećanja ROM-a rezultat kratkog vijeka, do 30 minuta. Povećanje ROM-a pripisuju akutnoj redukciji mišićne i tetivne napetosti i neurološkim adaptacijama koje dovode do bolje tolerancije na istezanje (16). Vernetta-Santana i sur. su 2015. godine objavili istraživanje provedeno nad studentima fizioterapije isključivo muškog spola kako bi utvrdili akutne učinke aktivnog izoliranog SI-a na opseg aktivnog i pasivnog pokreta fleksije u zglobu kuka. Autori navode statistički značajno povećan kako aktivnog ( $P < 0,05$ ) tako i pasivnog ( $P < 0,001$ ) ROM-a nakon primjene aktivnog izoliranog SI-a (51). Kao i u slučaju našeg rada, istraživanje Li i sur. (2020.) je provedeno na studentima u dobi od 19 do 24 godine. U svrhu mjerenja ROM-a autori su se koristili tzv. testom pasivnog odizanja ispružene noge (*eng. passive straight leg raise test* ili PSLR) kojim su ujedno i ispitivali fleksibilnost mišića stražnje lože natkoljenice te primjenom izokinetike testirali koncentričnu snagu spomenute muskulature. Dobiveni podaci se poklapaju s našima: ROM u zglobu kuka se značajno povećao nakon primjene intervencije SI-a i PIR-a i kod ispitanika muškog ( $P = 0,001$ ) i ženskog spola ( $P = 0,001$ ). Valja uzeti u obzir da se intervencija u obliku istezanja sastojala od kombinacije vježbi koje su uključivale PIR, SI te dinamičko istezanje te da se, za razliku od našeg istraživanja, program vježbanja provodio 3 puta tjedno kroz 8 tjedana. Stoga se radilo o praćenju dugoročne učinkovitosti istezanja, ne njenog akutnog djelovanja (52).

Kao ni u slučaju Lempke i sur. (2018.), ni ovim istraživanjem nisu dobiveni podaci koji upućuju na statistički značajne razlike u primjeni SI-a i PIR-a na povećanje ROM-a (53). Naime, iako su se obje metode pokazale djelotvorne, nisu utvrđene razlike u njihovoj učinkovitosti (Tablica 5.). Behm i sur. (2015.) navode kako PIR uključuje fazu statičkog istezanja praćenu intenzivnom izometričkom kontrakcijom istegnutog mišića te dodatnim istezanjem istog odmah po kraju kontrakcije. Samom činjenicom da su u PIR inkorporirani

elementi SI-a, moguće je da ova dva modaliteta dijele iste temeljne mehanizme koji dovode do akutnog povećanja ROM-a čime bi se mogao objasniti izostanak značajnih razlika u njihovoj primjeni (16). No, dostupni su i radovi čiji se rezultati kose s navedenim. Kao primjer takvih je moguće izdvojiti onaj Miyahara i sur. (2013.) i Gunn i sur. (2018.) u kojima su zabilježeni bolji rezultati u povećanju ROM-a mišića stražnje lože natkoljenice nakon primjene PIR-a u odnosu na SI-a (54,55). Suprotno tome, unatoč činjenici da se Thomas i sur. (2018.) slažu da su oba modaliteta istezanja učinkovita u povećanju ROM-a, navode bolje rezultate nakon SI-a u odnosu na PIR za čak 5% (14). Pri usporedbi ovih podataka treba uzeti u obzir da su Gunn i sur. (55) u svom radu primjenjivali PIR intenziteta 100% u kombinaciji s mobilizacijom mekih tkiva te se ne može sa sigurnošću tvrditi da bi do istih ishoda došlo i da se PIR primjenjivao samostalno te da su Thomas i sur. promatrali učinke nakon ponavljajućih istezanja kroz dulji vremenski period, što u našem istraživanju nije bilo slučaj (47). Razumno je stoga pretpostaviti da modaliteti istezanja različito djeluju na povećanje ROM-a ne samo ovisno o tipologiji, već i o intenzitetu i frekvenciji primjene, ali i nadopuni njihove uporabe drugim intervencijama (17). Modificiranje viskoelastičnih svojstava mišića, osjeta ispitanika, sarkomerogeneze i smanjenje ekscitabilnosti motornog neurona su glavne komponente koje utječu na ROM (14).

Vrlo mali broj pronađenih istraživanja uzima u obzir intenzitet istezanja. Evidentno je da još nije postignut konsenzus o standardizaciji procedure kontrole intenziteta istezanja te svaki autor na različiti način opisuje intenzitet primjenjivan u svom radu. Tako Ayala i sur. (2013.) te Blazevich i sur. (2014.) opisuju primijenjen intenzitet istezanja kao intenzitet koji je maksimalno podnošljiv, Cipriani i Johnson (2012.) navode da on mora dostići granicu nelagode dok Vernetta-Santana i sur. (2015.) navode da je cilj postići maksimalan osjećaja istegnutosti koji prethodi boli (51,56–58).

Tako su, primjerice, Sheard i sur. (2010.) naveli da se, prilikom pokušaja optimiziranja povećanja ROM-a u sportaša primjenom PIR-a, najpoželjnije pokazalo izazivanje kontrakcije intenziteta otprilike 65% maksimalne voljne izometričke kontrakcije (59). Drugi autori poput Park i Lim (2020.) se u svojim radovima zalažu za primjenu nižih intenziteta te tvrde da PIR intenziteta od otprilike 40% maksimalne voljne izometričke kontrakcije dovodi do značajnijeg povećanja fleksibilnosti u odnosu na onu od 10% (60). Navedenu tvrdnju podupiru i Kwak i Ryu (2015.) koji dijele mišljenje da je za postizanje većih amplituda pokreta dovoljan umjeren do nizak intenzitet istezanja (61).

Thomas i sur. (2023.) ističu kako 8 ili više tjedana primjene SI-a utječu na porast dinamičke mišićne snage u maloj do umjerenom mjeri (62). Weppeler i Magnusson (2010.) podržavaju takve navode te tvrde da istezanje kroz određen vremenski period (3 do 8 tjedana) pridonosi

prilagodbi tolerancije na istežanje te time opravdavaju veće promjene ROM-a kod pojedinaca koji se istežu više puta tjedno (63). Akutno povećanje ROM-a nakon SI-a se pripisuje konkomitentnom porastu kapaciteta tolerancije na istežanje i promjenama mehaničkih svojstava (npr. smanjena mišićna napetost) (16). Prema Thomas i sur. (2018.) trajanje istežanja kod kroničnog istežanja predstavlja ključnu komponentu u povećanju ROM-a dok to ne igra ulogu prilikom akutnog istežanja (14).

Unatoč brojnim istraživanjima o utjecaju raznih vrsta istežanja na mišićnu izvedbu, literatura ne pruža jasan konsenzus. Prema Li i sur. (2020.), mehanizmi induciranja povećanja jakosti kroz intervencije fleksibilnosti nisu još u potpunosti objašnjeni. No, predložena je nekolicina teorija njihovog djelovanja među kojima se ističu one povećanog regrutiranja i aktivacije motoričkih jedinica (*eng. increased motor unit recruitment and activation*) te povećana refleksna osjetljivost (*eng. increased reflex sensitivity*) (52).

Vrijednosti dobivene našim istraživanjem ukazuju na nepostojanje statistički značajne razlike u mišićnoj jakosti nakon primjene SI-a i PIR-a u odnosu na bez istežanja (Tablica 7. i Tablica 8.). Također, ne postoji statistički značajna razlika u vrijednostima dobivenima prilikom usporedbe djelovanja ova dva modaliteta istežanja na mišićnu jakost (Tablica 9.).

Do istih zaključaka su došli i Lim i sur. (2014.) provedbom istraživanja s ciljem razjašnjavanja učinaka SI-a i PIR-a na ROM, mišićnu aktivaciju i statičku ravnotežu nakon primjene usmjerene na mišiće stražnje lože natkoljenice. Navode kako su oba modaliteta učinkovita u povećanju ROM-a bez induciranja negativnog djelovanja na mišićnu aktivaciju te ravnotežu (64). Opisano potvrđuju i Vernetta-Santana i sur. (2015.) koji navode izostanak statistički značajnog utjecaja SI-a i PIR-a na mišićnu jakost iako se ono provodilo u 4 serije po 12 ponavljanja, što je više u odnosu na naše ispitivanje (51). U skladu s time su rezultati rada Nakao i sur. (2021.) koji ne bilježe statistički značajne promjene maksimalne izometričke ni izokinetičke mišićne jakosti, no prilikom uspoređivanja tih rezultata valja uzeti u obzir da se radi o podacima dobivenima nakon 4-tjednog programa SI-a, a ne o akutno mjerenim vrijednostima (65). Nadalje, da Fonseca Silva Reis i sur. (2013.) u svom istraživanju naglašavaju da PIR i SI ne djeluju u smislu induciranja slabljenja maksimalne voljne kontrakcije ni EMG mišićne aktivnosti (66). Zaidi i sur. (2023.) predlažu da je dugotrajnom primjenom PIR-a moguće postići učinak na mišićnu elektromiografsku aktivnost dok kod SI-a to nije slučaj ni nakon akutne ni kronične primjene (67).

Suprotno tome, Miyahara i sur. (2013.) ističu kako rezultati njihovog istraživanja sugeriraju da oba modaliteta istežanja negativno djeluju na izometričku maksimalnu jakost (54). Autori koji su pronašli slične dokaze u pravilu preporučaju izbjegavanje dulje primjene SI-a i PIR-a manje



od 10 minuta prije fizički zahtjevnih zadataka kako bi se minimalizirali negativni učinci istezanja na mišićnu izvedbu (16). Dodatno, Maddigan i sur. (2012.) su prilikom istraživanja učinka primjene asistiranog i ne-asistiranog SI-a te PIR-a došli do sličnih zaključaka. Premda su utvrdili da navedene metode dovode do povećanja ROM-a u sličnoj mjeri, uočili su da nakon njihove primjene dolazi do smanjenja kvalitete izvedbe, no ne po pitanju negativnih učinaka na izometričku maksimalnu jakost već postizanja nižih kutnih brzina te manje brzine izvođenja pokreta. Stoga preporučuju primjenu SI-a i PIR-a u svrhu povećanja ROM-a, no ne u slučaju sportaša koji bi potencijalno riskirali lošiju sportsku izvedbu zbog smanjene brzine pokreta (68).

Nekolicina istraživanjima među kojima i ono Pinto i sur. (2014.) te Avloniti i sur. (2016.) ističu jasnu uzročno posljedičnu vezu doziranja primjene istezanja i odgovora mišićno-koštanog sustava. Autori navode kako istezanje dulje od 60 sekundi negativno djeluje na razinu izvedbe dok ono kraće (30 do 60 sekundi) neznajčajno utječe na mišićnu jakost ili čak može djelovati u smislu akutnog unaprjeđenja brzine i agilnosti. Navode i kako pojedinci čija je izvedba sporija te su lošije agilnosti mogu više beneficirati od kratkih protokola SI-a (69,70). Uzevši u obzir opće sporije dostizanje maksimalne mišićne jakosti većine ispitanika u našem istraživanju, ovime je potencijalno moguće opravdati brže vrijeme dostizanja maksimalne mišićne kontrakcije ispitanika nakon primjene SI-a. Ebadi i sur. (2018.) su proveli istraživanje tokom kojega se od ispitanika tražilo da trče 5 minuta nakon čega su provodili 17 vježbi istezanja po 15, 30 i 45 sekundi. Po završetku istezanja je slijedilo izokinetičko testiranje kojim se utvrdilo da zadržavanje položaja istegnutosti 15 sekundi povećava izokinetičku jakost dok ono od 30 i 45 sekundi istu smanjuje (71). S obzirom da se izokinetička jakost pokazala veća nakon primjene istezanja u trajanju od 15 sekundi, valjalo bi istražiti utjecaj primjene modaliteta istezanja kraćeg trajanja i na izometričku jakost. Stoga bi bilo poželjno ispitati primjenu SI-a i PIR-a, ali trajanja kraćeg od 30 sekundi.

Nedostatak statistički značajne razlike mišićne jakosti nakon primjene modaliteta istezanja našeg istraživanja se može prepisati i nedovoljnom standardizacijom aktivnosti ispitanika van procesa mjerenja s obzirom da se nisu uzimale u obzir van-nastavne aktivnosti studenata te je razumno pretpostaviti da ih nisu svi provodili u jednakoj mjeri niti na jednak način. Dodatno, zbog opće niskih razina mišićne jakosti ispitanika i prije bilo kakve intervencije, moguće objašnjenje je da je učinak intervencija istezanja na jakost ograničen u slučaju pojedinaca s relativno niskom jakosti tj. da on ovisi i o statusu utreniranosti (52).

Iako u našem istraživanju nismo ispitivali razlike u djelovanju modaliteta istezanja po spolovima, postoje radovi koji su istražili navedenu temu. Tako primjerice Yu i sur. (2022.) nisu

pronašli razlike u djelovanju PIR-a na ROM među spolovima, no Warneke i sur. (2023.) su provođenjem istraživanja o razlikama među spolovima u hipertrofiji, maksimalnoj jakosti i povećanju ROM-a nakon istezanja ustanovili da, iako u oba spola dolazi do porasta navedenih parametara, dolazi do većeg unaprjeđenja spomenutih sposobnosti kod muškaraca. Dodatno, Li i sur. (2020.) su stavili naglasak na razlike u reakciji muškaraca i žena na programe vježbi istezanja, točnije, naveli da kod muškaraca nije došlo do porasta jakosti mišića stražnje lože nakon primjene SI-a i PIR-a ( $P=0,39$ ) dok se u slučaju ispitanica ta razlika pokazala statistički značajnom ( $P=0,009$ ) (52,72,73). Budući da je omjer žena i muškaraca uzorka našeg istraživanja iznosio 5:1 (Tablica 1.), treba uzeti u obzir neravnomjernost zastupljenosti spolova prilikom analiziranja podataka. S obzirom da drugi autori navode statističku značajnost u generiranju mišićne jakosti među spolovima, nehomogenost uzorka možda objašnjava lošije rezultate mišićne jakosti nakon primjene oba modaliteta istezanja od očekivanih.

Povrh toga, istraživanje Sheard i sur. (2009.) je pokazalo niske razine suradnje ispitanika i terapeuta prilikom provođenja PIR-a. Naime, rezultati istraživanja ukazuju na nepridržavanja uputa ispitivača od strane sportaša prilikom primjene ove tehnike što može dodatno otežati ostvarivanje realnih vrijednosti mišićne jakosti te razjasniti nepostojanje statistički značajne razlike u mišićnoj jakosti prije i nakon primjene SI-a i PIR-a (74).

Pretragom literature se pokazalo da veliki broj istraživanja, među kojima i naše, nije uključivalo dinamičke aktivnosti nakon istezanja. Naime, njihova primjena, po nekim autorima, značajno utječe na modificiranje djelovanja istezanja na mišićnu izvedbu. Ukoliko se spomenute aktivnosti implementiraju, ne dolazi do induciranja negativnog djelovanja istezanja na mišićnu izvedbu već isključivo reduciranja rizika od mišićnih ozljeda i povećanja ROM-a (16). Reiner i sur. (2021.) predlažu da je stoga, u slučaju uključivanja PIR-a u proces zagrijavanja, poželjno ukomponirati i specifične vježbe kojima se aktivira prethodno istegnuta muskulatura kako bi se neutralizirao negativan učinak istezanja na mišićnu izvedbu, a istovremeno održao povećani ROM (75). Konrad i sur. (2022.) svojim istraživanjem podupiru opisane tvrdnje te navode kako primjena PIR-a četveroglavog bedrenog mišića i troglavog gnjatnog mišića (*lat. musculus triceps surae*) umjerenog trajanja uz dinamičke aktivnosti nakon istezanja ne utječu na ekonomičnost trčanja (76).

Iako naše istraživanje nije ponudilo rezultate koji ukazuju na statistički značajnu razliku u mišićnoj jakosti bez i nakon modaliteta istezanja niti je usporedbom metoda istezanja ustanovljena razlika u njihovoj učinkovitosti, utvrđena je statistički značajna razlika u prosječnoj mišićnoj jakosti isključivo desne noge ispitanika (Tablica 11.) nakon primjene PIR-a što je moguće povezati s činjenicom da je desna noga dominantna u čak 83,33% ispitanika

(Tablica 1.). Pretraživanjem literature nisu pronađeni radovi usmjereni na analiziranje prosječne mišićne jakosti nakon primjene modaliteta istežanja te shodno tome nije moguće usporediti dobivene podatke. S obzirom da su Chiu i sur. (2016.) kroz svoje istraživanje dobili podatke koji ukazuju na to da dominantna i nedominantna noga u različitoj mjeri reagiraju na istežanje, moguće je da se radi o faktoru koji može utjecati i na prosječnu mišićnu jakost (77). Dodatno, Bohm i sur. (2015.) nude dokaze o distinktivnoj razlici svojstava Ahilove tetive u populaciji koja se bavi sportovima specifičnim po opterećenju primarno jedne noge. Uočena asimetrija može biti rezultat različitih profila opterećenja tijekom svakodnevnih i sportskih aktivnosti. Autori su utvrdili povećanu mišićnu napetost dominantne noge u odnosu na onu nedominantnu te isto opravdali značajnom razlikom u napetosti tetive prije istežanja između dva uda (78). Ukoliko napetost tetive pa i samog mišića prije istežanja značajno utječe na ishode istežanja, a Hoffman i sur. (2021.) povezuju veću mišićnu napetost s većom proizvodnjom jakosti, moguće je objasniti veću prosječnu mišićnu jakost nakon primjene PIR-a samo jedne noge, one dominantne (77–79). Sukladno opisanom, s istim je moguće povezati i brže vrijeme dostizanja maksimalne mišićne kontrakcije ispitanika u našem istraživanju nakon primjene SI-a desne noge (Tablica 15.) kao one dominantne u odnosu na lijevu (Tablica 16.), dok nakon primjene PIR-a nije zabilježena razlika u vremenu postizanja maksimalne mišićne kontrakcije ni za jednu nogu (Tablica 16. i Tablica 17.). Također, usporedbom SI-a i PIR-a nije pronađena razlika u istom parametru (Tablica 17.).

Glavno ograničenje ove studije je mali broj ispitanika te činjenica da se nije nadziralo aktivnosti ispitanika koje su prethodile intervencijama pa se stoga nije uzimao u obzir zamor ni tjelesne aktivnosti kojima su se ispitanici bavili u danima koji su prethodili mjerenju. Poželjno bi bilo ponoviti ispitivanje na skupini ispitanika koji nisu uključeni u kompetitivne sportove ili redovite programe vježbanja ili na isključivo onima koji su uključeni u identične programe vježbanje kako bi se minimalizirao utjecaj tjelesne aktivnosti kao vanjskog faktora (80). Nadalje, zbog akademskih i privatnih obaveza ispitanika, nije bilo moguće osigurati redovito mjerenje svakog ispitanika 3 puta kroz 3 tjedna što je potencijalno utjecalo na usporedbe maksimalne mišićne jakosti, prosječne mišićne jakosti i vremena postizanja maksimalne mišićne jakosti.

Po pitanju usporedbe dobivenih rezultata s drugim istraživanjima, možda i najveću prepreku predstavlja nekonzistentnost autora u korištenju terminologije opisivanja modaliteta istežanja. Stoga se prilikom uspoređivanja rezultata nije vodilo nazivljem već opisom intervencija istežanja. Značajne razlike u metodologiji istraživanja (trajanje, intenzitet, mišićna

skupina, demografska obilježja ispitanika) otežavaju utvrđivanje značaja SI-a i PIR-a na ROM i mišićnu jakost.

## 6. ZAKLJUČAK

Unatoč brojnim objavljenim radovima i godinama istraživanja, utjecaj SI-a i PIR-a na opseg pokreta i mišićnu jakost nije u potpunosti razjašnjen. S obzirom da su već dobro poznati benefiti istezanja na prevenciju ozljeda, teži se pronalasku načina uvođenja njihovih modaliteta u svakodnevne trenažne, ali i terapijske programe. No, kako bi se održala pa i unaprijedila kvaliteta mišićne izvedbe, ključno je unaprijediti znanje o pratećim mehanizmima koji na nju mogu djelovati, kako poticajno tako i inhibirajuće. Na temelju podataka mjerenja ovog istraživanja zaključuje se da SI i PIR značajno utječu na povećanje opsega pokreta zgloba kuka, no ne postoji razlika u učinkovitosti njihove primjene. Nadalje, niti SI niti PIR ne utječu na razinu maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice te ne postoji razlika u učinkovitosti njihove primjene. Dobivene vrijednosti sugeriraju na statistički značajno povećanje prosječne mišićne jakosti nakon PIR-a te brže vrijeme postizanja maksimalne mišićne kontrakcije desne noge nakon SI-a. Međutim, nije dokazano značajno djelovanje SI-a i PIR-a niti na prosječnu mišićnu jakost niti na vrijeme postizanja maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge. Navedeno potencijalno predstavlja rezultat primjene opisanih modaliteta na dominantnu (desnu) nogu, no potrebni su dodatni radovi kako bi se potvrdila ova nagađanja. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u učinkovitosti primjene SI-a i PIR-a ni na prosječnu mišićnu jakost ni na vrijeme postizanja maksimalne mišićne kontrakcije obje noge.

Dobiveni rezultati su pretežno u skladu s dostupnom literaturom te mogu poslužiti kao vodilja prilikom planiranja programa treninga opće populacije i sportaša. Sve navedeno govori u prilog implementacije ovih modaliteta istezanja u preventivne, terapijske ali i sportske aktivnosti.

## 7. SAŽETAK

**Uvod:** Utjecaj istezanja na mišićnu jakost potiče oprečna razmišljanja stručnjaka što čini samo uvrštavanje modaliteta istezanja u proces zagrijavanja ponešto kontroverznima unatoč benefitima koji uključuju povećanje opsega pokreta i prevenciju ozljeda. Iako jedni tvrde da primjena kako statičkog istezanja tako i post-izometričke relaksacije negativno djeluje na mišićnu izvedbu, drugi to opovrgavaju. Glavni cilj ovog istraživanja je bio ispitati akutni utjecaj mišićnog istezanja na mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice.

**Materijali i metode:** U istraživanju je dobrovoljno sudjelovalo 30 ispitanika (25 žena i 5 muškaraca) dobi od 18 do 24 godine. Svi ispitanici su mjereni tri puta (1 tjedno), bez primjene istezanja te nakon primjene statičkog istezanja i post-izometričke relaksacije. Opseg pokreta se mjerio u položaju izmijenjene „ženske špage“ po uzoru na Sands i sur. (2008.) centimetarskom trakom od vrha prednjeg gornjeg bočnog trna zdjelice stražnje noge do podloge prije i nakon primjene intervencije. Mišićna jakost je mjerena ručnim dinamometrom te su uspoređivane vrijednosti maksimalne mišićne jakosti, prosječne mišićne jakosti te vremena postizanja maksimalne mišićne jakosti izmjerene bez istezanja te nakon primjene oba opisana modaliteta istezanja.

**Rezultati:** Utvrđeno je statistički značajno povećanje opsega pokreta nakon primjene statičkog istezanja (desna noga  $P=0,00$ ; lijeva noga  $P=0,00$ ) i nakon primjene post-izometričke relaksacije (desna noga  $P=0,00$ ; lijeva noga  $P=0,00$ ). Što se tiče mišićne jakosti, nije došlo do statistički značajnih promjena osim u dominantne noge u prosječnoj mišićnoj jakosti nakon primjene statičkog istezanja ( $P=0,02$ ) te vremenu postizanja maksimalne mišićne jakosti nakon primjene post-izometričke relaksacije ( $P=0,03$ ).

**Zaključak:** Statičko istezanje i post-izometrička relaksacija značajno djeluju na povećanje opsega pokreta bez negativnog djelovanja na mišićnu izvedbu, stoga predstavljaju koristan alat u prevenciji ozljeda i unaprjeđenju izvedbe sportaša.

**Ključne riječi:** mišićno istezanje, mišićna jakost, opseg pokreta

## 8. SUMMARY

**Introduction:** The impact of stretching on muscle strength encourages conflicting opinions of experts which makes the inclusion of stretching modalities in the warm-up process somewhat controversial despite benefits that include increased range of motion and injury prevention. Although some claim that the application of both static stretching and post-isometric relaxation has a negative effect on muscle performance, others refute these claims. The main goal of this research was to examine the acute impact of muscle stretching on the muscle strength of the hamstrings muscles.

**Materials and methods:** 30 respondents (25 women and 5 men) between the ages of 18 and 24 voluntarily participated in the research. All subjects were measured three times (1x week), before stretching and after applying static stretching and post-isometric relaxation. The range of motion was measured in the position of the modified front split suggested by Sands et al. (2008.) with a centimeter strip from the top of the front upper lateral spine of the pelvis of the hind leg to the base before and after the application of the intervention. Muscle strength was measured with a manual dynamometer and the values of maximum muscle strength, average muscle strength and time needed to generate maximum muscle strength measured without stretching and after applying each of the two previously described modalities were compared.

**Results:** A statistically significant increase in range of motion was found after the application of static stretching (right leg  $P=0,00$ ; left leg  $P=0,00$ ) and post-isometric relaxation (right leg  $P=0,00$ ; left leg  $P=0,00$ ). There were no statistically significant improvements in muscle strength except for the dominant leg in average muscle strength after static stretching ( $P=0,02$ ) and speed of achieving maximal muscle strength after post-isometric relaxation ( $P=0,03$ ).

**Conclusion:** Static stretching and post-isometric relaxation have a significant effect on increasing the range of motion without causing a negative effect on muscle performance and therefore represent a useful tool in preventing injuries and improving the performance of athletes.

**Keywords:** muscle stretching, muscle strength, range of motion

## 9. LITERATURA

1. Gurton WH, Faulkner SH, James RM. Effect of Warm-Up and Sodium Bicarbonate Ingestion on 4-km Cycling Time-Trial Performance. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2021 Nov 1 [citirano 5.12.2022.];16(11):1573–9.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33831843/>
2. Padua E, D’Amico AG, Alashram A, Campoli F, Romagnoli C, Lombardo M, et al. Effectiveness of Warm-Up Routine on the Ankle Injuries Prevention in Young Female Basketball Players: A Randomized Controlled Trial. *Medicina (Kaunas)* [Internet]. 2019 Oct 1 [citirano 5.12.2022.];55(10).  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31623096/>
3. Tsurubami R, Oba K, Samukawa M, Takizawa K, Chiba I, Yamanaka M, et al. Warm-Up Intensity and Time Course Effects on Jump Performance. *J Sports Sci Med* [Internet]. 2020 Dec 1 [citirano 5.12.2022.];19(4):714–20.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33239945/>
4. Chaabene H, Behm DG, Negra Y, Granacher U. Acute Effects of Static Stretching on Muscle Strength and Power: An Attempt to Clarify Previous Caveats. *Front Physiol* [Internet]. 2019 Nov 29 [citirano 5.12.2022.];10.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31849713/>
5. Takeuchi K, Akizuki K, Nakamura M. Association between static stretching load and changes in the flexibility of the hamstrings. *Sci Rep* [Internet]. 2021 Dec 1 [citirano 5.12.2022.];11(1):21778.  
Dostupno na: [/pmc/articles/PMC8571324/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3571324/)
6. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2011 Nov [citirano 5.12.2022.];111(11):2633–51.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21373870/>
7. Babault N, Kouassi BYL, Desbrosses K. Acute effects of 15min static or contract-relax stretching modalities on plantar flexors neuromuscular properties. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2010 Mar [citirano 5.12.2022.];13(2):247–52.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19428295/>



8. Opplert J, Genty JB, Babault N. Do Stretch Durations Affect Muscle Mechanical and Neurophysiological Properties? *Int J Sports Med* [Internet]. 2016 Aug 1 [citirano 5.12.2022.];37(9):673–9.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27191211/>
9. Sato S, Kiyono R, Takahashi N, Yoshida T, Takeuchi K, Nakamura M. The acute and prolonged effects of 20-s static stretching on muscle strength and shear elastic modulus. *PLoS One* [Internet]. 2020 Feb 1 [citirano 23.4.2023.];15(2).  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32027694/>
10. Gesel FJ, Morenz EK, Cleary CJ, Laroche DP. Acute Effects of Static and Ballistic Stretching on Muscle-Tendon Unit Stiffness, Work Absorption, Strength, Power, and Vertical Jump Performance. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2022 Aug 1 [citirano 23.4.2023.];36(8):2147–55.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33201157/>
11. Konrad A, Stafilidis S, Tilp M. Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sports*. 2017 Oct 1;27(10):1070–80.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27367916/>
12. Mikolajec K, Waskiewicz Z, Maszczyk A, Bacik B, Kurek P, Zajac A. Effects of stretching and strength exercises on speed and power abilities in male basketball players. *Isokinet Exerc Sci*. 2012 Jan 1;20(1):61–9.  
Dostupno na:  
[https://www.researchgate.net/publication/259005683\\_Effects\\_of\\_Stretching\\_and\\_Strength\\_Exercises\\_on\\_Speed\\_and\\_Power\\_Abilities\\_in\\_Male\\_Basketball\\_Players](https://www.researchgate.net/publication/259005683_Effects_of_Stretching_and_Strength_Exercises_on_Speed_and_Power_Abilities_in_Male_Basketball_Players)
13. Bradley PS, Olsen PD, Portas MD. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2007 [citirano 23.4.2023.];21(1):223–6.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17313299/>
14. Thomas E, Bianco A, Paoli A, Palma A. The Relation Between Stretching Typology and Stretching Duration: The Effects on Range of Motion. *Int J Sports Med* [Internet]. 2018 Apr 1 [citirano 24.4.2023.];39(4):243–54.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29506306/>

15. Guissard N, Duchateau J. Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. *Muscle Nerve* [Internet]. 2004 Feb [citirano 18.5.2023.];29(2):248–55.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14755490/>
16. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: A systematic review. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism* [Internet]. 2015 Oct 7 [24.4.2023.];41(1):1–11.  
Dostupno na: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/apnm-2015-0235>
17. Zöllner AM, Abilez OJ, Böhl M, Kuhl E. Stretching skeletal muscle: chronic muscle lengthening through sarcomerogenesis. *PLoS One* [Internet]. 2012 Oct 1 [citirano 26.4.2023.];7(10).  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23049683/>
18. Azuma N, Someya F. Injury prevention effects of stretching exercise intervention by physical therapists in male high school soccer players. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2020 Nov 1 [citirano 29.12.2022.];30(11):2178–92.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33463794/>
19. Bobinac D, Dujmović M. *Osnove anatomije*. 3rd ed. Žgaljić J, editor. Rijeka: Glosa; 2003. 67–90 p.
20. Nelson AG, Jouko Kokkonen. *Stretching anatomy*. Champaign, Il: Human Kinetics; 2021. 5-10 p.
21. Riley DA, Van Dyke JM. The effects of active and passive stretching on muscle length. *Phys Med Rehabil Clin N Am* [Internet]. 2012 Feb [citirano 5.12.2022.];23(1):51–7.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22239873/>
22. Chaitow L, Helge Franke. *Muscle energy techniques*. 4th ed. Edinburgh ; New York: Churchill Livingstone/Elsevier; 2013. 77-86 p.
23. Schoenenberger AD, Foolen J, Moor P, Silvan U, Snedeker JG. Substrate fiber alignment mediates tendon cell response to inflammatory signaling. *Acta Biomater*. 2018 Apr 15;71:306–17.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29530822/>

24. Arntz F, Markov A, Behm DG, Behrens M, Negra Y, Nakamura M, et al. Chronic Effects of Static Stretching Exercises on Muscle Strength and Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review with Multi-level Meta-analysis. *Sports Med* [Internet]. 2023 Mar 31 [citirano 23.4.2023.];53(3):723.  
Dostupno na: [/pmc/articles/PMC9935669/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39935669/)
25. Sonal A. Comparison between post isometric relaxation and reciprocal inhibition manuevers on hamstring flexibility in young healthy adults: randomized clinical trial. *Int J Med Res Health Sci* [Internet]. 2016 [citirano 7.12.2022.];5(1):33–7.  
Dostupno na: [www.ijmrhs.com](http://www.ijmrhs.com)
26. Starosta W, Petryński W. Izabrani problemi međunarodne terminologije znanosti o ljudskom kretanju. *Kinesiology*. 2007 Jul 10;39.(1.):5–14.  
Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/clanak/24079>
27. Milanović D, Šalaj S, Jukić I, Gregov C. Teorija treninga: kineziologija sporta. *Food Policy* [Internet]. 2013 [citirano 5.12.2022.];(97):1–79.  
Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/681382>
28. Marković G. Jakost i snaga u sportu: definicija, determinante, mehanizmi prilagodbe i trening. 6. godišnja međunarodna konferencija „Kondicijska priprema sportaša“. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2008. pozvano predavanje  
Dostupno na:  
[https://arhiva-2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/3882558/mod\\_resource/content/1/Jakost%20i%20snaga%20u%20sportu%20-%20definicija%2C%20determinante%2C%20mehanizmi%20prilagodbe%20i%20trening.pdf](https://arhiva-2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/3882558/mod_resource/content/1/Jakost%20i%20snaga%20u%20sportu%20-%20definicija%2C%20determinante%2C%20mehanizmi%20prilagodbe%20i%20trening.pdf)
29. Heimer S, Čajevac R, Jaklinović-Fressl Ž, et al. *Medicina sporta* [Internet]. 1st ed. Heimer S, editor. *Medicina sporta*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2006 [citirano 16.4.2023.]. 513–524 p.  
Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/257092>
30. Gerrits KH, Beltman MJ, Koppe PA, Konijnenbelt H, Elich PD, de Haan A, et al. Isometric muscle function of knee extensors and the relation with functional performance in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2009 Mar [citirano 5.12.2022.];90(3):480–7.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19254615/>

31. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM R* [Internet]. 2011 May [citirano 5.12.2022.];3(5):472–9.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21570036/>
32. Cvjetkovic DD, Bijeljic S, Palija S, Talic G, Radulovic TN, Kosanovic MG, et al. Isokinetic Testing in Evaluation Rehabilitation Outcome After ACL Reconstruction. *Med Arch* [Internet]. 2015 Feb 1 [citirano 12.5.2023.];69(1):21–3.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25870471/>
33. Scoz RD, Amorim CF, Mazziotti BOA, da Silva RA, Vieira ER, Lopes AD, et al. Diagnostic Validity of an Isokinetic Testing to Identify Partial Anterior Cruciate Ligament Injuries. *J Sport Rehabil* [Internet]. 2020 [citirano 12.5.2023.];29(8):1086–92.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31825887/>
34. El Mhandi L, Bethoux F. Isokinetic testing in patients with neuromuscular diseases: a focused review. *Am J Phys Med Rehabil* [Internet]. 2013 Feb [citirano 12.5.2023.];92(2):163–78.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23051758/>
35. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM R* [Internet]. 2011 May [citirano 8.12.2022.];3(5):472–9.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21570036/>
36. Martins J, da Silva JR, da Silva MRB, Bevilaqua-Grossi D. Reliability and validity of the belt-stabilized handheld dynamometer in hip-and knee-strength tests. *J Athl Train*. 2017 Sep 1;52(9):809–19.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28787180/>
37. van der Made AD, Paget LDA, Altink JN, Reurink G, Six WR, Tol JL, et al. Assessment of Isometric Knee Flexor Strength Using Hand-Held Dynamometry in High-Level Rugby Players Is Intertester Reliable. *Clin J Sport Med* [Internet]. 2021 Sep 1 [citirano 8.12.2022.];31(5):e271–6.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31842051/>
38. Chen B, Liu L, Chen L bin, Cao X, Han P, Wang C, et al. Concurrent Validity and Reliability of a Handheld Dynamometer in Measuring Isometric Shoulder Rotational

- Strength. *J Sport Rehabil* [Internet]. 2021 Aug 1 [citirano 8.12.2022.];30(6):965–8.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33465764/>
39. Mentiplay BF, Tan D, Williams G, Adair B, Pua YH, Bower KJ, et al. Assessment of isometric muscle strength and rate of torque development with hand-held dynamometry: Test-retest reliability and relationship with gait velocity after stroke. *J Biomech* [Internet]. 2018 Jun 25 [citirano 8.12.2022.];75:171–5.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29731325/>
40. Hirano M, Katoh M, Gomi M, Arai S. Validity and reliability of isometric knee extension muscle strength measurements using a belt-stabilized hand-held dynamometer: a comparison with the measurement using an isokinetic dynamometer in a sitting posture. *J Phys Ther Sci* [Internet]. 2020 [citirano 8.12.2022.];32(2):120–4.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32158074/>
41. Chamorro C, Armijo-Olivo S, de La Fuente C, Fuentes J, Javier Chiroso L. Absolute reliability and concurrent validity of hand held dynamometry and isokinetic dynamometry in the hip, knee and ankle joint: Systematic review and meta-analysis. *Open Medicine (Poland)* [Internet]. 2017 Jan 1 [citirano 8.12.2022.];12(1):359–75.  
Dostupno na: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/med-2017-0052/html>
42. Bobinac D. Osnove biomehanike. Interna skripta. Rijeka: Sveučilište u Rijeci; 2003. 4-17 p.
43. Križan Z. Pregled građe grudi, trbuha, zdjelice, noge i ruke. 3rd ed. Vol. 3. Zagreb: Školska knjiga; 1997. 243–245 p.
44. Rodgers CD, Raja A. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Hamstring Muscle. *StatPearls* [Internet]. 2022 Jan 29 [citirano 8.12.2022.];  
Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546688/>
45. Bobinac D. Osnove kineziologije: analiza pokreta i stavova ljudskog tijela. 1st ed. Rijeka: Fintrade & tours d.o.o.; 2010. 48–55 p.
46. van Melick N, Meddeler BM, Hoogeboom TJ, Nijhuis-van der Sanden MWG, van Cingel REH. How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PLoS One* [Internet]. 2017 Dec 1 [citirano 12.4.2023.];12(12).  
Dostupno na: [/pmc/articles/PMC5747428/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32158074/)

47. Sands WA, McNeal JR, Stone MH, Haff GG, Kinser AM. Effect of vibration on forward split flexibility and pain perception in young male gymnasts. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2008 [citirano 14.12.2022.];3(4):469–81.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19223672/>
48. Barbosa GM, Trajano GS, Dantas GAF, Silva BR, Vieira WHB. Chronic Effects of Static and Dynamic Stretching on Hamstrings Eccentric Strength and Functional Performance: A Randomized Controlled Trial. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2020 Jul 1 [citirano 17.12.2022.];34(7):2031–9.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30789583/>
49. Worrell TW, Denegar CR, Armstrong SL, Perrin DH, Worrell A, Denegar TW, et al. Effect of Body Position on Hamstring Muscle Group Average Torque. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy* [Internet]. [citirano 17.12.2022.];11:449–52.  
Dostupno na:  
<http://www.orthopt.org/Theoriginalpublicationisavailableathttp://www.jospt.org/>
50. Keep H, Luu L, Berson A, Garland SJ. Validity of the Handheld Dynamometer Compared with an Isokinetic Dynamometer in Measuring Peak Hip Extension Strength. *Physiotherapy Canada* [Internet]. 2016 Jan 21 [citirano 17.12.2022.];68(1):15.  
Dostupno na: </pmc/articles/PMC4961312/>
51. Vernetta-Santana M AVLRFALBJ. Acute effect of active isolated stretching technique on range of motion and peak isometric force. *J Sports Med Phys Fitness*. 2015 Nov;55(11).  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25359132/>
52. Li S, Garrett WE, Best TM, Li H, Wan X, Liu H, et al. Effects of flexibility and strength interventions on optimal lengths of hamstring muscle-tendon units. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2020 Feb 1 [citirano 11.4.2023.];23(2):200–5.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31623958/>
53. Lempke L, Wilkinson R, Murray C, Stanek J. The Effectiveness of PNF Versus Static Stretching on Increasing Hip-Flexion Range of Motion. *J Sport Rehabil* [Internet]. 2018 May 1 [citirano 11.4.2023.];27(3):289–94.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28182516/>
54. Miyahara Y, Naito H, Ogura Y, Katamoto S, Aoki J. Effects of proprioceptive

- neuromuscular facilitation stretching and static stretching on maximal voluntary contraction. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2013 Jan [citirano 26.4.2023.];27(1):195–201.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22395281/>
55. Gunn LJ, Stewart JC, Morgan B, Metts ST, Magnuson JM, Iglowski NJ, et al. Instrument-assisted soft tissue mobilization and proprioceptive neuromuscular facilitation techniques improve hamstring flexibility better than static stretching alone: a randomized clinical trial. *J Man Manip Ther* [Internet]. 2019 Jan 1 [citirano 26.4.2023.];27(1):15–23.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30692839/>
56. Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, Santonja F. Comparison of active stretching technique in males with normal and limited hamstring flexibility. *Physical Therapy in Sport*. 2013 May;14(2):98–104.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23007137/>
57. Blazeovich AJ, Cannavan D, Waugh CM, Miller SC, Thorlund JB, Aagaard P, et al. Range of motion, neuromechanical, and architectural adaptations to plantar flexor stretch training in humans. *J Appl Physiol (1985)* [Internet]. 2014 Sep 1 [citirano 26.4.2023.];117(5):452–62.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24947023/>
58. Cipriani DJ, Terry ME, Haines MA, Tabibnia AP, Lyssanova O. Effect of stretch frequency and sex on the rate of gain and rate of loss in muscle flexibility during a hamstring-stretching program: a randomized single-blind longitudinal study. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2012 Aug [citirano 26.4.2023.];26(8):2119–29.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22027850/>
59. Sheard PW, Paine TJ. Optimal contraction intensity during proprioceptive neuromuscular facilitation for maximal increase of range of motion. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2010 Feb [citirano 26.4.2023.];24(2):416–21.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20124794/>
60. Park S, Lim W. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching at low-intensities with standing toe touch on developing and maintaining hamstring flexibility. *J Bodyw Mov Ther* [Internet]. 2020 Oct 1 [citirano 26.4.2023.];24(4):561–7.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33218561/>

61. Kwak DH, Ryu YU. Applying proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: optimal contraction intensity to attain the maximum increase in range of motion in young males. *J Phys Ther Sci* [Internet]. 2015 Jul 22 [citirano 26.4.2023.];27(7):2129–32.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26310658/>
62. Thomas E, Ficarra S, Nunes JP, Paoli A, Bellafiore M, Palma A, et al. Does Stretching Training Influence Muscular Strength? A Systematic Review With Meta-Analysis and Meta-Regression. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2023 May 16 [citirano 26.4.2023.];37(5).  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36525533/>
63. Wepler CH, Magnusson SP. Increasing Muscle Extensibility: A Matter of Increasing Length or Modifying Sensation? *Phys Ther* [Internet]. 2010 Mar 1 [citirano 28.4.2023.];90(3):438–49.  
Dostupno na: <https://academic.oup.com/ptj/article/90/3/438/2737895>
64. Lim K Il, Nam HC, Jung KS. Effects on hamstring muscle extensibility, muscle activity, and balance of different stretching techniques. *J Phys Ther Sci* [Internet]. 2014 Feb [citirano 26.4.2023.];26(2):209–13.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24648633/>
65. Nakao S, Ikezoe T, Nakamura M, Umegaki H, Fujita K, Umehara J, et al. Chronic Effects of a Static Stretching Program on Hamstring Strength. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2021 [citirano 24.4.2023.];35(7):1924–9.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30694962/>
66. da Fonseca Silva Reis E, Pereira GB, de Sousa NMF, Tibana RA, Silva MF, Araujo M, et al. Acute effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching on maximal voluntary contraction and muscle electromyographical activity in indoor soccer players. *Clin Physiol Funct Imaging* [Internet]. 2013 Nov [citirano 26.4.2023.];33(6):418–22.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23701400/>
67. Zaidi S, Ahamad A, Fatima A, Ahmad I, Malhotra D, Al Muslem WH, et al. Immediate and Long-Term Effectiveness of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation and Static Stretching on Joint Range of Motion, Flexibility, and Electromyographic Activity of



- Knee Muscles in Older Adults. *J Clin Med* [Internet]. 2023 Apr 1 [citirano 26.4.2023.];12(7).  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37048693/>
68. Maddigan ME, Peach AA, Behm DG. A comparison of assisted and unassisted proprioceptive neuromuscular facilitation techniques and static stretching. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2012 May [citirano 26.4.2023.];26(5):1238–44.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22395273/>
69. Pinto MD, Wilhelm EN, Tricoli V, Pinto RS, Blazevich AJ. Differential effects of 30- vs. 60-second static muscle stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2014 [citirano 27.4.2023.];28(12):3440–6.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24936897/>
70. Avloniti A, Chatzinikolaou A, Fatouros IG, Avloniti C, Protopapa M, Draganidis D, et al. The Acute Effects of Static Stretching on Speed and Agility Performance Depend on Stretch Duration and Conditioning Level. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2016 Oct 1 [citirano 27.4.2023.];30(10):2767–73.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24942171/>
71. Ebadi LA, Çetin E. Duration Dependent Effect of Static Stretching on Quadriceps and Hamstring Muscle Force. *Sports* [Internet]. 2018 Mar 1 [citirano 26.4.2023.];6(1).  
Dostupno na: [/pmc/articles/PMC5969186/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31111111/)
72. Yu S, Lin L, Liang H, Lin M, Deng W, Zhan X, et al. Gender difference in effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on flexibility and stiffness of hamstring muscle. *Front Physiol* [Internet]. 2022 Jul 22 [citirano 26.4.2023.];13.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35941935/>
73. Warneke K, Zech A, Wagner CM, Konrad A, Nakamura M, Keiner M, et al. Sex differences in stretch-induced hypertrophy, maximal strength and flexibility gains. *Front Physiol* [Internet]. 2023 Jan 4 [citirano 26.4.2023.];13.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36685189/>
74. Sheard PW, Smith PM, Paine TJ. Athlete compliance to therapist requested contraction intensity during proprioceptive neuromuscular facilitation. *Man Ther* [Internet]. 2009 Oct [citirano 26.4.2023.];14(5):539–43.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18996733/>

75. Reiner M, Tilp M, Guilhem G, Morales-Artacho A, Nakamura M, Konrad A. Effects of a Single Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching Exercise With and Without Post-stretching Activation on the Muscle Function and Mechanical Properties of the Plantar Flexor Muscles. *Front Physiol* [Internet]. 2021 Sep 14 [citirano 26.4.2023.];12.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34594241/>
76. Konrad A, Tilp M, Stöcker F, Mehmeti L, Mahnič N, Seiberl W, et al. Quadriceps or triceps surae proprioceptive neuromuscular facilitation stretching with post-stretching dynamic activities does not induce acute changes in running economy. *Front Physiol* [Internet]. 2022 Sep 29 [citirano 26.4.2023.];13.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36246108/>
77. Chiu TCR, Ngo HC, Lau LW, Leung KW, Lo MH, Yu HF, et al. An Investigation of the Immediate Effect of Static Stretching on the Morphology and Stiffness of Achilles Tendon in Dominant and Non-Dominant Legs. *PLoS One* [Internet]. 2016 Apr 1 [citirano 26.4.2023.]; (4):e0154443.  
Dostupno na:  
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0154443>
78. Bohm S, Mersmann F, Marzilger R, Schroll A, Arampatzis A. Asymmetry of Achilles tendon mechanical and morphological properties between both legs. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2015 Feb 1 [citirano 26.4.2023.];25(1):e124–32.  
Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24798645/>
79. Hoffman LR, Koppenhaver SL, Macdonald CW, Herrera JM, Streuli J, Visco ZL, et al. Normative Parameters of Gastrocnemius Muscle Stiffness and Associations with Patient Characteristics and Function. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2021 [citirano 27.4.2023.];16(1):41–8.  
Dostupno na: <https://doi.org/10.26603/001c.18803>
80. Iwata M, Yamamoto A, Matsuo S, Hatano G, Miyazaki M, Fukaya T, et al. Dynamic Stretching Has Sustained Effects on Range of Motion and Passive Stiffness of the Hamstring Muscles. *J Sports Sci Med* [Internet]. 2019 Mar 1 [citirano 21.4.2023.];18(1):13.  
Dostupno na: [/pmc/articles/PMC6370952/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34594241/)

## 10. PRILOZI

### Prilog A: Popis ilustracija

#### Tablice

<b>Tablica 1.</b> Prikaz spola, godine studija i dominantne noge .....	17
<b>Tablica 2.</b> Rezultati mjerenja ROM-a desne i lijeve noge bez istežanja.....	18
<b>Tablica 3.</b> Rezultati mjerenja ROM-a desne i lijeve noge prije i poslije statičkog istežanja ...	19
<b>Tablica 4.</b> Rezultati mjerenja ROM-a desne i lijeve noge prije i poslije PIR-a .....	21
<b>Tablica 5.</b> Rezultati Student t-testa usporedbe promjene ROM-a nakon SI-a i PIR-a .....	22
<b>Tablica 6.</b> Maksimalna mišićna jakost mišića stražnje lože natkoljenice desne i lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a .....	23
<b>Tablica 7.</b> Rezultati Student t-testa za maksimalnu mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice desne noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a .....	24
<b>Tablica 8.</b> Rezultati Student t-testa za maksimalnu mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a .....	25
<b>Tablica 9.</b> Rezultati Student t-testa usporedbe promjene maksimalne mišićne jakosti nakon SI-a i PIR-a .....	25
<b>Tablica 10.</b> Prosječna mišićna jakost mišića stražnje lože natkoljenice desne i lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a .....	26
<b>Tablica 11.</b> Rezultati Student t-testa za prosječnu mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice desne noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a .....	27
<b>Tablica 12.</b> Rezultati Student t-testa za prosječnu mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a .....	28
<b>Tablica 13.</b> Rezultati Student t-testa usporedbe promjene prosječne mišićne jakosti nakon SI-a i nakon PIR-a.....	28
<b>Tablica 14.</b> Vrijeme postizanje maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice desne i lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a .....	29
<b>Tablica 15.</b> Rezultati Student t-testa za vrijeme postizanja maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice desne noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a.....	30
<b>Tablica 16.</b> Rezultati Student t-testa za vrijeme postizanja maksimalne mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice lijeve noge bez istežanja, nakon SI-a i nakon PIR-a .....	31
<b>Tablica 17.</b> Rezultati Student t-testa usporedbe promjene vremena postizanja maksimalne mišićne jakosti nakon SI-a i nakon PIR-a.....	31

**Slike**

**Graf 1.** Box & Whiskers prikaz dobi ispitanika .....17

## Prilog B: Informirani pristanak

### OBAVIJEST ZA ISPITANIKE

Poštovani/poštovana, pozivamo Vas na sudjelovanje u istraživanju s ciljem ispitivanja utjecaja mišićnog istezanja na mišićnu jakost mišića stražnje lože natkoljenice. Navedeno se istraživanje provodi u svrhu izrade diplomskog rada. Provesti će se 3 testiranja. Istraživanje obuhvaća mjerenje opsega pokreta zgloba kuka i mjerenje mišićne jakosti mišića stražnje lože natkoljenice. Cilj rada je ispitati učinkovitost statičkog istezanja i post-izometričke relaksacije u povećanju opsega pokreta te istražiti utjecaj statičkog istezanja, post-izometričke relaksacije ili nikakvog istezanja na mišićnu jakost. Istraživanje je anonimno, a Vaše sudjelovanje dobrovoljno te se stoga možete bez ikakvih posljedica povući u bilo koje vrijeme, bez navođenja razloga. Rezultati studije bit će prezentirani na obrani diplomskog rada, te moguće objavljeni u nekom od stručnih ili znanstvenih časopisa, bilo u papirnatom ili online obliku.

### SUGLASNOST ZA SUDJELOVANJE

Potvrđujem da sam ja, \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_, pročitao/pročitala obavijest za gore navedeno istraživanje, te sam imao/imala priliku postavljati pitanja. Shvaćam da je moje sudjelovanje dobrovoljno te da se mogu povući u bilo koje vrijeme, bez navođenja razloga i bez ikakvih posljedica. Obzirom da će rezultati studije biti prezentirani Obzirom da će rezultati studije biti prezentirani na obrani diplomskog rada, te moguće objavljeni u nekom od stručnih ili znanstvenih časopisa, bilo u papirnatom ili online obliku,, bez štetnih učinaka i upotrebe osobnih podataka u druge svrhe, spreman/spremna sam sudjelovati u navedenom istraživanju.

Navedeno potvrđujem vlastoručnim potpisom:

\_\_\_\_\_

## **Privitak C: Anketni upitnik**

Poštovani/poštovana, molimo Vas da u nastavku odgovorite na nekoliko pitanja.

### OPĆI PODATCI:

1. Spol: \_\_\_\_\_
2. Godina rođenja: \_\_\_\_\_
3. Godina studija: \_\_\_\_\_
4. Kada bi ciljali metu, kojom nogom biste udarili nogometnu loptu?  
a) DESNOM      b) LIJEVOM

### POVIJEST BOLESTI (zaokružite):

Imate li zdravstvenih problema koji Vam onemogućavaju i/ili predstavljaju kontraindikaciju za izvođenje istezanja ili maksimalne kontrakcije mišića stražnje lože natkoljenice?

- b) DA      b) NE

Ako DA, navedite o kojim se zdravstvenim problemima radi (npr. ozljede mišićno-koštanog sustava, ozljede mekih tkiva, rano postoperativno stanje itd):

\_\_\_\_\_

***Zahvaljujemo Vam na suradnji!***

***Ovi podaci koristit će se isključivo u svrhe pisanja diplomskog rada.***

## 11. KRATKI ŽIVOTOPIS

Rođena sam 09. srpnja 1998. godine u Rijeci. 2017. godine sam završila srednju Medicinsku školu u Rijeci za fizioterapeutskog tehničara te iste godine upisala i preddiplomski stručni studij Fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija pri Sveučilištu u Rijeci. Po završetku preddiplomskog studija sam odradila pripravnički staž u specijalnoj bolnici za medicinsku rehabilitaciju bolesti srca, pluća i reumatizma „Thalassotherapia Opatija“. U želji za daljnjim akademskim obrazovanjem, za vrijeme obavljanja pripravničkog staža sam upisala i diplomski sveučilišni studij Fizioterapija na istom fakultetu. Od akademske godine 2021./2022. godine radim kao medicinsko osoblje na županijskim i gradskim školskim natjecanjima te volontiram u umirovljeničkom klubu Krimeja. Dodatno, volontirala sam u sklopu „Urban Health Centre 2.0“ te „Social Engagement Framework for Addressing the Chronic-disease challenge“ projekata, na „11. igrama za djecu s poteškoćama u razvoju“ te tijekom utrke „100 milja Istre“. Radila sam kao zamjenska nastavnica fizioterapeutske skupine predmeta u srednjoj Medicinskoj školi u Rijeci i fizioterapeutska tehničarka u Centru za rehabilitaciju Rijeka te već godinu dana redovito surađujem s Udrugom za osobe s cerebralnom i dječjom paralizom Rijeka. S ciljem dodatnog unaprjeđenja svog znanja i rada završila sam 1. i 2. modul tečaja „Proprioceptivne neuromuskularne facilitacije“, stručno usavršavanje „Sustav klasifikacije grubog motoričkog funkcioniranja (GMFCS)“ i „Procjena grubih motoričkih funkcija (GMFM)“ te tečaj „Procjena kvalitete spontanih pokreta“. Redovito sudjelujem na stručnim kongresima i seminarima kao što su „IPNFA Online Congress“, međunarodni neuropsihijatrijski kongres „MIND & BRAIN“ te „Demijelinizacijske bolesti u dječjoj dobi“.