

Priloga broj:	10. 7. 2024.
Opis:	02- 47 /24- 10
Šifra:	
Edicija:	

## KOMISIJA ZA OCENU DOKTORSKE DISERTACIJE

### NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

**Predmet:** Izveštaj o pregledu i oceni doktorske disertacije Miloša Dakića (br. indeksa: 5009/2013), studenta sa programa doktorskih akademskih studija.

Nastavno-naučno veće Univerziteta u Beogradu – Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja na petnaestoj sednici održanoj 4. jula 2024. godine, na predlog Veća doktorskih akademskih studija (02-br. 47/24-8 od 27. juna 2024. godine), donelo je Odluku o formiranju Komisije za ocenu doktorske disertacije Miloša Dakića, pod naslovom: „**Akutni efekti kratkotrajnih masaža na neuromehanička kontraktilna svojstva mišića *rectus femoris***“. Komisija je formirana u sastavu:

1. dr Ivan Ćuk, docent, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, predsednik komisije;
2. dr Saša Đurić, docent, Američki Univerzitet Srednjeg istoka u Kuvajtu – Odeljenje za slobodne umetnosti, član;
3. dr Milivoj Dopsaj, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član;

Doktorska disertacija je završena pod nadzorom:

1. dr Vladimir Ilić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja;
2. dr Lazar Toskić, docent, Univerzitet u Prištini – Kosovska Mitrovica, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja;

Nakon pregleda dostavljenog materijala Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći:

### IZVEŠTAJ:

Kandidat Miloš Dakić je predao finalnu verziju svoje doktorske disertacije pod nazivom: „**Akutni efekti kratkotrajnih masaža na neuromehanička kontraktilna svojstva mišića rectus femoris**“ arhivi fakulteta, 13. juna 2024. godine. Doktorska disertacija sadrži 78 strana, 9 tabela, 5 grafikona, 8 slika i listu od 207 referenci korišćenih u radu. Doktorska disertacija je urađena u potpunosti u skladu sa Pravilnikom o doktorskim studijama Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, kao i sa Uputstvom o formiranju repozitorijuma doktorskih disertacija koji je usvojio Senat Univerziteta u Beogradu. Napisana je na srpskom jeziku i sadrži: naslovnu stranu na srpskom i engleskom jeziku, stranicu sa mentorima, izjavu zahvalnosti na srpskom jeziku, rezime na srpskom i engleskom jeziku, listu skraćenica, sadržaj i glavna poglavlja: Uvod; Dosadašnja istraživanja; Problem, predmet, cilj i zadaci istraživanja; Hipoteze istraživanja; Metodologija istraživanja; Rezultati istraživanja; Diskusija; Zaključak; Literatura, kao i dodatne dokumente koji su navedeni na kraju ovog izveštaja.

#### **Biografija kandidata**

Roden je u Beogradu 22.07.1988. godine. Sa sedam godina se preselio u Pančevo, gde je upisao OŠ „Dura Jakšić“ koju završava sa Vukovom diplomom. U tom periodu počinje da trenira fudbal u klubu „Dinamo“ iz Pančeva. Ljubav prema fudbalu i sportu ga je navela da razmišlja o upisivanju Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja. Godine 2007. završava gimnaziju „Uroš Predić“ u Pančevu, takode sa odličnim uspehom. Voden dugogodišnjom željom, upisuje pomenuti fakultet. Osnovne akademske studije na smeru fudbal završava 2012. (prosek 9,00) i stiče mogućnost upisa Master akademskih studija, što i čini. Završava ih uspešno (prosek 9,22) i upisuje Doktorske studije na matičnom fakultetu. Zahvaljujući saradnji sa profesorima na studijskom programu „Eksperimentalne metode istraživanja humane lokomocije“ uvideo je značaj testiranja i primeni dobijenih rezultata kroz praktičan rad. U tom periodu je počeo da se bavi radom u oblasti rekreacije. Kroz trening sa mladim i starijim sportistima i rekreativcima uvideo je značaj kvalitetnog oporavka u njihovom napretku. Zbog toga je počeo da se ozbiljnije bavi izučavanjem i primenom masaže, koja je i tada bila njegova dugogodišnja strast. Zahvaljujući dobrim povratnim informacijama od strane klijenata, uvideo je značaj primene masaže u ubrzavanju procesa oporavka. To mu je bio glavni motiv i pokretač da detaljnije ispita da li masaža stvarno može dovesti do promene u neuromehaničkim kontraktilnim svojstvima mišića ili se pomenuti efekti mogu objasniti samo subjektivnim osećajem i psihološkim mehanizmima.



## Objavljeni naučni radovi

1. Dakić, M., Toskić, L., Ilić, V., Đurić, S., Dopsaj, M., & Šimenko, J. (2023). The Effects of Massage Therapy on Sport and Exercise Performance: A Systematic Review. *Sports*, 11(6), 110.

2. Dakić, M., Ilić, V., Toskić, L., Duric, S., Šimenko, J., Marković, M., ... & Cuk, I. (2024). Acute Effects of Short-Term Massage Procedures on Neuromechanical Contractile Properties of Rectus Femoris Muscle. *Medicina*, 60(1), 125.

## Struktura doktorske disertacije

Autor u poglavlju **Uvod** navodi da je važnost sporta tolika, da je prožeo gotovo sve sfere društva, od politike, prava i ekonomije, pedagogije i psihologije, medicine i farmacije, kulture i umetnosti, čak i do filozofije i religije. Da sport samim tim predstavlja planetarni fenomen, koji pored samih sportista pokreće i sve ljude oko njih. Ističe ipak, da želi da se bude što bolji i uspješniji često nosi sa sobom i veliki broj negativnih posledica, kako fizičkih, tako i psihičkih. Zbog toga, trening i takmičenje na vrhunskom nivou uvek nose sa sobom određenu količinu stresa koji, ukoliko se ne ukloni ili redukuje, može imati veoma negativne posledice po organizam sportiste ili rezultat. Upravo zbog toga autor sugerise da, kolika je važnost kvalitetnog i stručno vodenog trenažnog rada, podjednaka je važnost kvalitetnog i stručno vodenog oporavka sportista.

U podpoglavlju **Zamor i oporavak** je napomenuto da je potreba za konstantnim pomeranjem sopstvenih granica, obaranje rekorda i osvajanje medalja primarna odlika savremenog sporta. Dugotrajan, predan i naporan rad preduslovi su za ostvarenje svakog ozbiljnijeg sportskog rezultata. Pa ipak, trenažna sredstva određenog obima i intenziteta neumitno dovode do smanjenja radne efikasnosti, tj. do zamora. Današnji režim treninga i takmičenja iscrpljuju organizam sportiste i dovode ga u stanje koje prevazilazi mogućnost pasivnog oporavka. Autor napominje da oporavak predstavlja period od prestanka, odnosno zavšetka aktivnosti, treninga ili takmičenja do vraćanja funkcija organizma na nivo približan nivou u stanju mirovanja. Takođe piše da je poznato da su vrhunski rezultati u direktnoj povezanosti sa sposobnošću mišića da izvrše odgovarajući rad, kao i da se efikasan sportski trenažno-takmičarski sistem ne može ni zamisliti bez pravovremenog i celishodnog sistema i programa oporavka. Vraćanje i poboljšanje mišićnih funkcija nakon treninga ili takmičenja moguće su zahvaljujući primeni različitih vrsta sredstava oporavka. Pored pomenutog pasivnog odmora, postoje još i raznovrsna i mnogobrojna trenažna, psihološka i medicinska sredstva (Mika i sar., 2007). Jedna od korišćenijih metoda oporavka odnosi se na masažu. Iako se mali broj naučnih istraživanja bavio zastupljenošću masaže u sportu, u praksi se može uočiti da svaka ozbiljnija sportska institucija koristi usluge terapeuta, odnosno masera.

U podpoglavlju **Masaža** autor navodi da ona predstavlja jedno od najstarijih sredstava oporavka ili lečenja. Masaža predstavlja mehaničku manipulaciju tkivima korišćenjem ritmičko primenjenih poteza i pritisaka, sa ciljem unapređenja zdravlja i blagostanja (Cafarelli & Flint, 1992; Galloway & Watt, 2004), izazivanjem efekata na vaskularni, mišićni i nervni sistem čoveka (Fellowes i sar., 2004). Veliki je broj različitih tipova i tehnika masaža. Pa ipak, spominje se da se za savremenu masažu, onu kakvu je danas najčešće zamišljamo kada prvo pomislimo na nju, duguje švedskom terapeutu Peru Henriku Lincu koji je razvio sistem tehnika izvođenja terapije, poznat pod nazivom „švedska masaža”. Izdvojio je pet osnovnih tehnika koje i dan danas predstavljaju bazu švedske masaže. To su gladenje (effleurage), gnječenje (petrissage), trljanje (friction), lupkanje (tapotement) i vibracija (vibration). Svaka od pet osnovnih tehnika švedske masaže se sastoji od brojnih varijacija imajući u vidu sam način izvođenja pokreta, deo ruke kojim se masira, frekvenciju pokreta i



intenzitet pritiska. U zavisnosti od potreba i ciljeva klijenata pomenute varijacije masaže se mogu menjati i prilagođavati. Napominje da je u oporavku sportista pored ručne masaže, sve veći broj uređaja i rekvizita uz pomoć kojih se izvode različite vrste tretmana kao što su elektromasaža, vibromasaža, hidromasaža, akupresurna masaža ili masaža mišićne fascije.

U podpoglavlju **Praktična primena masaže** spomenute su brojne uloge i dejstva masaža. Rečeno je takođe da se najvažnija uloga masaže odnosi na njeno delovanje na mišićni i nervni sistem. Najveće i najneistraženije područje dejstva masaže odnosi se na njen uticaj na nervni sistem. Kako je nervni sistem direktno povezan sa svim ostalim sistemima, on je i glavni medijator između masaže i njenih efekata. Pored pomenutih stimulišućih ili opuštajućih dejstava na telesne funkcije, masaža utiče i na brojna stanja povezana sa psihološkim stanjima organizma, kao što su stres, anksioznost, kvalitet sna i druga. Pa ipak, autor piše da se današnji vrhunski sport sve više okreće naučno proverljivim činjenicama. Kada se govori o oporavku sportista, postoji ogroman i naučno nedovoljno istražen prostor. Masažu, kao jednu od čestih metoda oporavka i njena dejstva prate brojne kontraverze i suprotno dobijeni nalazi. U poglavlju koje sledi autor se osvrnuo na neka od dosadašnjih istraživanja koja su ispitivala uticaj masaže na motoričke sposobnosti, kao i na neurofiziološke i neuromehaničke kontraktilne mehanizme povezane sa određenim vidovima fizičkih aktivnosti, a psihološke mehanizme, kao što su smanjenje stresa, anksioznosti i poboljšanje raspoloženja, izostavio je zbog male povezanosti sa samim mišićnim radom. Rezultate i zaključke koji se tiču analize efekata masaža na sva pomenuta područja autor je u svojoj preglednoj studiji već obradio (Dakić i sar., 2023).

U poglavlju **Dosadašnja istraživanja**, autor je iskoristio rezultate iz svoje gore pomenute studije i predstavio rezultate studija koji su se odnosili na uticaj masaže na motoričke sposobnosti, na neurofiziološke parametre, a posebno je kao nedostatak uvideo potrebu za preciznijim metodama provere mišićne funkcije i obradio tematiku o uticaju masaža na neuromehaničke kontraktilne parametre merene metodom tenziomiografije.

U podpoglavlju **Uticaj masaže na motoričke sposobnosti** je navedeno je da je primena masaže u sportu vrlo česta, kao i da velika trenažna opterećenja, ali i sama takmičarska aktivnost u određenoj meri deluju na promene i pad glavnih motoričkih sposobnosti, onemogućavajući na taj način uspešno izvođenje kretnih zadataka. Sila, snaga, brzina, izdržljivost i gipkost predstavljaju glavne motoričke sposobnosti. Spomenute su njihove opšte definicije, a nakon toga i istraživanja koja su se bavila samim uticajem masaže na pomenute sposobnosti.

U podpoglavlju **Uticaj masaže na neurofiziološke parametre** je na početku napomenuto da se najveći broj istraživanja koja su se bavila ispitivanjem uticaja masaže na neki od neurofizioloških parametara odnosila na njen uticaj na zamor i mišićnu bol. Spomenute su definicije i mehanizmi zamora, a zatim je rečeno da se najčešće ispitivan uticaj masaže odnosio na otklanjanje efekata zamora (akutni doživljaj bola, odgođenu mišićnu bol i neuromišićnu aktivnost) Sa druge strane, kada se govorilo o mehanizmima koji dovode do zamora, najčešće je ispitivan uticaj masaže na uklanjanje mlečne kiseline iz mišića, protok krvi, temperaturu i enzim kreatin-kinazu, kao i na efekte zamaranja, akutnu i odgođenu mišićnu bol. Praćenje efekata zamora pruža mogućnost uvida u stanje pojedinih mišića omogućavajući sprovođenje adekvatnih praktičnih koraka. Posmatranje električne aktivnosti mišića, kao rezultat fizioloških stanja membrana mišićnih vlakana odnosi se upravo na jedan od tih praktičnih koraka. Površinska elektromiografija je često korišćena metoda za praćenje efekata masaže na mišićnu aktivnost, a analiza frekvencije EMG signala prepoznata je kao korisno sredstvo za procenu nivoa lokalnog mišićnog zamora (De Luca, 1984; Jurell, 1998). Pa ipak, autor napominje da je nedostatak adekvatnijih, osjetljivijih sistema za merenje



kontraktilnih svojstava mišića nakon zamaranja navodio istraživače da traže alternativne metode koji bi im omogućili tačniji uvid u kontraktilne mehanizme. Pored površinske elektromiografije, neuromišićna funkcija procenjena je korišćenjem ultrazvuka (UZ) (Brancaccio i sar., 2008; Seymour i sar., 2009), magnetne rezonance (MRI) (Ekstrand i sar., 2012), transkranijalne magnetne stimulacije (TMS) (Sidhu i sar., 2009), mehanoniografije (MMG) (Ebersole i sar., 1999; Perry-Rana i sar., 2002), mioton tehnologije (MyotonPRO) (Mooney i sar., 2013), kao i tenziomiografije (TMG). Novija istraživanja izdvojila su tenziomiografiju, kao validnu i pouzdanu metodu za ispitivanje neuromehaničkih kontraktilnih svojstava mišića (Šimunič, B., 2012).

U podpoglavlju **Uticaj masaže na neuromehaničke kontraktilne parametre merene metodom tenziomiografije** govorilo se o tenziomiografskoj metodi procene mišićnog stanja. Prevažna uloga tenziomiografije bila je vezana za medicinska istraživanja i kliničku primenu, ali je kasnije počela da se primenjuje u sportu, sportskoj medicini i treningu (Atiković i sar., 2015). Od tada su se neprestano pronalazile nove uloge i načini njene primene u različitim oblastima sporta, a sve u funkciji njegovog unapređenja. TMG tehnologija se zasniva na mišićnom odgovoru na odgovarajući električni stimulus. Prednost ove metode je u tome što je neinvazivna, ne zahteva od ispitanika fizičko naprezanje, ne dovodi do pojave nastanka zamora, ne zavisi od ispitanikove motivacije, a što je dodatno važno, lako je prenosiva. Ona omogućava detektovanje neuromehaničkih promena prilikom spoljašnje elektrostimulacije mišića, korišćenjem senzora koji beleži radialna pomeranja (radial displacement) trbuha mišića. Ovaj senzor sa velikom preciznošću pruža informacije o vremenu kontrakcije mišića ( $T_c$ ), odloženom vremenu kontrakcije mišića ( $T_d$ ), vremenu relaksacije mišića ( $T_r$ ), vremenu trajanja kontrakcije ( $T_s$ ) i maksimalnom vertikalnom pomeranju mišića ( $D_m$ ) (Rey i sar., 2012). Zahvaljujući pomenutim varijablama, TMG se koristi u proceni brzine i krutosti mišića, kao i lateralne i funkcionalne asimetrije, čime je postao važan instrument u procesu sportskog treninga, prevenciji povreda i procesu rehabilitacije (García-García i sar., 2019). Zbog svoje osetljivosti u detektovanju promena stanja mišića, TMG može da otkrije vrednosti određenih parametara kojima se može efikasnije sprovesti trenažni ciklus. Iako se može uočiti konstantan porast vidova masažnih terapija u sportu, kao i povećan trend korišćenja tenziomiografije, kao veoma korisnog sredstva u proceni mišićne funkcije, vrlo je mali broj istraživanja koja su ispitivala uticaj i razlike u efektima različitih masaža na neuromehanička kontraktilna svojstva mišića korišćenjem te metode. Autor je takođe primetio da se u dosadašnjim istraživanjima koja su se bavila proučavanjem masaže, uočio veliki broj metodoloških varijanti i nedostataka, koji su otežali interpretiranje rezultata i izvođenje zaključaka o njenim efektima. Glavni nedostaci odnosili su se na neprecizno objašnjene eksperimentalne procedure i protokol (Robertson i sar., 2004). Oni su se gotovo u svim istraživanjima razlikovali na neki način, počev od tehnika izvođenja masaže i nedovoljno pojašnjenog načina izvođenja tih tehnika, preko nekonzistentnog vremena trajanja masaže, brzine izvođenja masaže (kadence), jačine primenjenog pritiska, načina merenja efekata masaže, primenljivosti u sportskoj praksi, malog uzorka ispitanika, odsustva kontrolne grupe, različitih procedura zagrevanja, zamaranja i dr. Stoga će ovo istraživanje imati za cilj da pored ispitivanja akutnih efekata manuelne, vibracione i perkusivne masaže na neuromehanička kontraktilna svojstva mišića, jasno definiše i parametre koji su se u dosadašnjim istraživanjima uglavnom zapostavljali, otežavajući interpretaciju rezultata. Time bi trebalo da se olakša put istraživačima i utiče na pokušaj stvaranja jedinstvene metodologije budućih istraživanja.

U poglavlju **Problem, predmet, cilj i zadaci istraživanja**, navodi se da se **problem** ovog istraživanja odnosi na proširenje dosadašnjih studija koja su se bavila izučavanjem efekata masaže kao često upotrebljivanog sredstva oporavka. **Predmet** istraživanja predstavljao je

ispitivanje efekata tri tipa kratkotrajnih masaža (manuelne, vibro-mehaničke i perkusivno-mehaničke) na neuromehanička kontraktilna svojstva mišića natkolenice nakon zamora. **Cilj** istraživanja obuhvatio je ispitivanje i poređenje akutnih efekata četiri različita tipa kratkotrajnog oporavka na neuromehanička kontraktilna svojstva mišića *rectus femoris* procenjenih TMG metodom nakon izometrijskog protokola zamaranja.

**Zadaci** koje je trebalo sprovesti kako bi se realizovao postavljeni cilj istraživanja su se odnosili na:

1. Prikupljanje ispitanika.
2. Upoznavanje ispitanika sa testovima i procedurom merenja.
3. Merenje telesne visine (*TV*), telesne mase (*TM*) i maksimalne voljne izometrijske kontrakcije (*MVIK*).
4. Procenu neuromehaničkih kontraktilnih svojstava mišića *m. rectus femoris*-a u stanju mirovanja (*TMG<sub>MIR</sub>*).
5. Sprovođenje protokola zagrevanja.
6. Sprovođenje protokola zamaranja.
7. Procena neuromehaničkih kontraktilnih svojstava mišića *m. rectus femoris*-a neposredno nakon protokola zamaranja (*TMG<sub>ZAM</sub>*).
8. Sprovođenje jednog od četiri različita tipa kratkotrajnog oporavka:
  - pasivan odmor (*PO*),
  - manuelna masaža (*MM*),
  - vibro-mehanička masaža (*VM*) ili
  - perkusivno-mehanička masaža (*PM*).
9. Procenu neuromehaničkih kontraktilnih svojstava mišića *m. rectus femoris*-a neposredno nakon tretmana (*TMG<sub>GOPOR</sub>*).
10. Procenu neuromehaničkih kontraktilnih svojstava mišića *m. rectus femoris*-a 5 minuta nakon procedure protokola zamaranja (*TMG<sub>ZAM5</sub>*).
11. Statističku analizu dobijenih podataka.
12. Prikazivanje i interpretaciju nalaza

.U poglavlju **Hipoteze istraživanja** su na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja i u skladu sa ciljevima istraživanja definisane i postavljene hipoteze.

H1 – očekuje se značajan uticaj različitih vrsta oporavka na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe.

H1.1. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne manuelne masaže na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe.

H1.1.1. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne manuelne masaže na vreme kontrakcije (*Tc*) tretirane mišićne grupe.

H1.1.2. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne manuelne masaže na maksimalno vertikalno pomeranje mišića (*Dm*) tretirane mišićne grupe.

H1.1.3. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne manuelne masaže na odloženo vreme kontrakcije (*Td*) tretirane mišićne grupe.

H1.1.4. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne manuelne masaže na održivo vreme kontrakcije (*Ts*) tretirane mišićne grupe.

H1.1.5. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne manuelne masaže na vreme relaksacije (*Tr*) tretirane mišićne grupe.



H1.2. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne vibro-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Hypervolt® na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe.

H1.2.1. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne vibro-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Hypervolt® na vreme kontrakcije (Tc) tretirane mišićne grupe.

H1.2.2. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne vibro-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Hypervolt® na maksimalno vertikalno pomeranje mišića (Dm) tretirane mišićne grupe.

H1.2.3. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne vibro-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Hypervolt® na odloženo vreme kontrakcije (Td) tretirane mišićne grupe.

H1.2.4. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne vibro-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Hypervolt® na održivo vreme kontrakcije (Ts) tretirane mišićne grupe.

H1.2.5. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne vibro-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Hypervolt® na vreme relaksacije (Tr) tretirane mišićne grupe.

H1.3. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne vibro-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Theragun® na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe.

H1.3.1. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne perkusivno-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Theragun® na vreme kontrakcije (Tc) tretirane mišićne grupe.

H1.3.2. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne perkusivno-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Theragun® na maksimalno vertikalno pomeranje mišića (Dm) tretirane mišićne grupe.

H1.3.3. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne perkusivno-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Theragun® na odloženo vreme kontrakcije (Td) tretirane mišićne grupe.

H1.3.4. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne perkusivno-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Theragun® na održivo vreme kontrakcije (Ts) tretirane mišićne grupe.

H1.3.5. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne perkusivno-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Theragun® na vreme relaksacije (Tr) tretirane mišićne grupe.

H2 – očekuje se značajna razlika između različitih vrsta oporavka sa aspekta uticaja na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe.

U poglavlju **Metodologija istraživanja** su se našla 4 podpoglavlja.

U podpoglavlju **Uzorak ispitanika** navedeno je da je u istraživanje uključeno 14 osoba muškog pola, starosti od 20 do 30 godina. Osnovni kriterijum za uključivanje ispitanika u istraživanje je bio da nemaju istoriju neuromišićnih bolesti niti povrede lokomotornog aparata. Ispitanici u toku perioda trajanja eksperimenta nisu bili uključeni ni u kakav proces masaže i suzdržavali su se od dodatnih fizičkih aktivnosti. Takođe, važno je napomenuti da su ispitanici bili upoznati sa procedurama, protokolima i rizicima istraživanja, ali da su ostali neupućeni u glavne ciljeve istraživanja. Studija je bila odobrena od strane Etičke komisije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu (br. 2650/23-2), a sva merenja su bila obavljena u skladu sa Helsinškom Deklaracijom.



U podpoglavljju **Protokol istraživanja** rečeno je da je istraživanje sprovedeno uz korišćenje dizajna ponovljenih meranja (*repeated-measures design*) u kojem su ispitanici morali da posete istraživačku laboratoriju pet puta. Prvog dana su bili upoznati sa protokolom eksperimenta i upotrebom posebno dizajniranog izometrijskog dinamometra. Pored telesne visine i mase, procenjena je i njihova maksimalna voljna izometrijska kontrakcija. U preostala četiri dolaska, protokol istraživanja je bio zasnovan na proceni TMG parametara, kao i na procedurama zamaranja i oporavka. TMG analize su bile sprovedene u mirovanju, nakon procedure zamaranja, nakon tretmana oporavka i pet minuta nakon zamaranja, kako bi se utvrdili akutni efekti tretmana. U ovom istraživanju su se koristile četiri različite procedure oporavka, manuelna masaža, vibro-mehanička masaža, perkusivno-mehanička masaža i pasivni odmor. Sva merenja su bila izvedena pod istim uslovima, od strane istih iskusnih merilaca.

U podpoglavljju **Procedure istraživanja** opisano je kako se vršila procena neuromehaničkih kontraktibilnih svojstava metodom tenziomiografije, procena MVIK, metoda zagrevanja i zamaranja ispitanika, kao i procedure oporavka. Procena neuromehaničkih kontraktibilnih svojstava mišića *rectus femoris* izvršena je metodom tenziomiografije (TMG-BMC, Ljubljana, Slovenija), uz poštovanje svih procedura koje je preporučio proizvođač. Ispitanici su bili postavljeni u relaksirani ležeći položaj, sa uglom od 120° između natkolenice i potkolenice, a neposredno pre postavljanja elektroda od njih se zatražilo da izvrše voljnu kontrakciju, kako bi se vizuelnom i palpatornom metodom odredio tačan položaj za njihovo postavljanje. Varijable koje su praćene i analizirane su vreme kontrakcije ( $T_c$ ), vreme potrebno da se dostigne od 10% do 90% maksimalnog vertikalnog pomeranja mišića, odloženo vreme kontrakcije ( $T_d$ ), vreme potrebno da se nakon početka električne stimulacije dostigne 10% od maksimalnog vertikalnog pomeranja mišića, vreme relaksacije ( $T_r$ ), vreme potrebno da se kontrakcija vrati sa 90% na 50% od maksimalnog vertikalnog pomeranja mišića, vreme trajanja kontrakcije ( $T_s$ ), vreme koje protekne od 50% pri fazi kontrakcije do 50% pri fazi relaksacije i maksimalno vertikalno pomeranje mišića tokom električne nevoljne stimulacije ( $D_m$ ). Procena maksimalne voljne izometrijska kontrakcije, procedure zagrevanja i zamaranja bile su izvedene u prilagođenoj podesivoj stolici, specijalno dizajniranoj za ovu vrstu testiranja. Ispitanici su bili u sedećem položaju, čvrsto pričvršćeni kaiševima preko grudni, kukova i butina. Kruti remen i senzor sile su bili postavljeni na oko 2cm iznad bočnog maleolusa desnog stopala, tako da je ugao u zglobu kolena iznosio 120° (puna ekstenzija kolena je iznosila 180°). Za procenu MVIK, od ispitanika se tražilo da izvrše tri maksimalne kontrakcije sa 2 minuta odmora između njih. Kontrakcije su trajale 3 do 5 sekundi, a za to vreme oni su bili verbalno podsticani kako bi zaista pružili maksimum. Najveća vrednost je bila izabrana kao referenca za predstojeće procedure. Sve vreme, učesnici su na ekranu postavljenom ispred njih imali vizuelnu povratnu informaciju o nivou dostignute mišićne sile prilikom kontrakcije. Kao proceduru zagrevanja, ispitanici su izvodili tri izometrijske kontrakcije u trajanju od 40 sekundi, na nivou od 40% od svoje MVIK-e sa 30 sekundi odmora između. Procedura zamaranja se sastojala od pet kontrakcija na 40% od MVIK od mišićnog otkaza, sa jednim minutom odmora između kontrakcija (Marshall i sar., 2021). Mišićni otkaz je definisan kao trenutak kada učesnik ne bude bio u stanju da održi zadatu mišićnu silu i ona opadne za više od 10%. Radi lakše vizuelne povratne informacije, na ekranu monitora je ispod zadatog intenziteta kontrakcije bila postavljena horizontalna granična linija. Kada je reč o procedurama oporavka, u ovoj studiji se pored manuelne, izvodila i vibro-mehanička i perkusivno-mehanička masaža. Sve tretmane izvodio je terapeut sa dugogodišnjim iskustvom. U manuelnoj masaži su se izvodile četiri različite tehnike po 15 sekundi (gladenje, trljanje, lupkanje, vibracija). Što se tiče vibro-mehaničke masaže, koristio se uređaj Hipervolt®, dok je kada je u pitanju perkusivno-mehanička masaža korišćen Theragun®. Primenjene masaže su pratile pravac pružanja mišićnih vlakana m. *rectus*



*femoris*, a terapeut je koristio umerenu silu i brz pokret. Ono što takode treba istaći jeste da su ispitanici tokom masaže davali subjektivnu povratnu informaciju o intenzitetu pritiska (García-Sillero i sar., 2021).

U podpoglavlju **Statistička analiza podataka** se navodi da je u radu primenjena deskriptivna statistika i univarijatna analiza varijanse (ANOVA). Od deskriptivne statistike primenjena je srednja vrednost (MEAN) i standardna devijacija (SD). Za utvrđivanje normalnosti distribucije podataka izmerenih parametara korišćeni su koeficijenti zakrivljenosti (skewness) i izduženosti (kurtosis). Za analizu efekata procedure oporavka (pasivni odmor, manuelna, vibro-mehanička i perkusivno-mehanička masaža) primenjena je analiza varijanse ponovljenih merenja (repeated-measures ANOVA) gde se utvrđivala razlika između različitih merenja (inicijalno merenje u mirovanju, merenje posle zamaranja, merenje posle tretmana i 5-minuta nakon zamaranja). Takode, primenjena je dvosmerna analiza varijanse (two-way between-within ANOVA) kako bi se utvrdila razlika između procedura oporavka. Za utvrđivanje značajnih razlika, korišćen je Bonferoni post-hoc test. Takode, izračunat je i parcijalni Eta kvadrat ( $\eta^2$ ), pri čemu su se veličine efekta od 0.01, 0.06 i iznad 0.14 smatrale malim, srednjim i velikim. Statistička značajnost (alpha) će biti postavljena na  $p=0.05$ . Sva statistička procedura obavljena je u programu SPSS19 (IBM).

U poglavlju **Rezultati**, prikazana je osnovna deskriptivna statistika (srednje vrednosti, standardne devijacije, minimalne i maksimalne vrednosti), ali i vrednosti normalnosti distribucije podataka (skewness i kurtosis) izmerenih parametara TMG u četiri različite vremenske tačke (u mirovanju, neposredno nakon zamaranja, neposredno nakon procedure oporavka i 5-minuta nakon zamaranja), a nakon četiri različite procedure kratkotrajnog oporavka (pasivni odmor, manuelna masaža, vibro-mehanička masaža i perkusivno-mehanička masaža). U skoro svim postupcima, vrednosti Tc i Dm su se smanjivale nakon protokola zamaranja, a zatim postepeno ponovo povećavale (PO : Tc MIR 0% > Tc ZAM -10.70% > Tc OPOR -9.96% > Tc ZAM5 -7.01%; Dm MIR 0% > Dm ZAM -25.77% > Dm OPOR -23.08 > Dm ZAM5 -20.88; MM : Tc MIR 0% > Tc ZAM -17.47% > Tc OPOR -11.9% > Tc ZAM5 -8.92%; Dm MIR 0% > Dm ZAM -23.93% > Dm OPOR -16.03% > Dm ZAM5 -14.93%; VM : Tc MIR 0% > Tc ZAM -19.12% > Tc OPOR -15.81% > Tc ZAM5 -8.82%; Dm MIR 0% > Dm ZAM -26.61% > Dm OPOR -26.10% > Dm ZAM5 -18.35%; PM : Dm MIR 0% > Dm ZAM -26.28% > Dm OPOR -23.04% > Dm ZAM5 -21.68%). Jedina drugačija situacija odnosila se na vreme kontrakcije, koje je nastavilo da opada i nakon primenjene perkusivno-mehaničke masaže, da bi tek nakon toga krenulo da raste, što se uočilo pri sledećem merenju, 5 minuta nakon zamaranja (PM : Tc MIR 0% > Tc ZAM -16.41% > Tc OPOR -18.32% > Tc ZAM5 -14.12%). Protokol zamaranja uticao je i na smanjenje vrednosti ostalih parametara (PO : Td MIR 0% > Td ZAM -7.14%; Ts MIR 0% > Ts ZAM -30.84%; Tr MIR 0% > Tr ZAM -37.02%; MM : Td MIR 0% > Td ZAM -11.25%; Ts MIR 0% > Ts ZAM -39.90%; Tr MIR 0% > Tr ZAM -45.43%; VM : Td MIR 0% > Td ZAM -7.33%; Ts MIR 0% > Ts ZAM -16.85%; Tr MIR 0% > Tr ZAM -28.20%; PM : Td MIR 0% > Td ZAM -8.82%; Ts MIR 0% > Ts ZAM -31.66%; Tr MIR 0% > Tr ZAM -16.92%). Što se tiče efekata različitih procedura oporavka, odmah nakon pasivnog odmora Td je nastavio da se smanjuje (PO : Td ZAM 0% > Td OPOR -2.26%), dok su vrednosti Ts i Tr porasle (PO : Ts ZAM 0% > Ts OPOR +14.59%; Tr ZAM 0% > Tr OPOR +27.36%). Neposredno nakon manuelne masaže, kod sva tri parametra je uočen trend povećanja vrednosti (MM : Td ZAM 0% > Td OPOR +2.71%; Ts ZAM 0% > Ts OPOR +45.57%; Tr ZAM 0% > Tr OPOR +83.81%). Vibro-mehanička masaža je dovela do neznatnog smanjenja Td i Ts (VM : Td ZAM 0% > Td OPOR -0.47%; Ts ZAM 0% > Ts OPOR -1.70%), dok je Tr poraslo (VM : Tr ZAM 0% > Tr OPOR +15.29%). Merenje nakon perkusivno-mehaničke masaže otkrilo je nastavak blagog opadanja Td (PM : Td ZAM 0% > Td OPOR -2.30%), ali sa druge strane porasta vrednosti Ts i Tr (PM : Ts ZAM 0% > Ts OPOR +36.60%; Tr ZAM 0% > Tr OPOR +46.32%). Vremenski interval od pet



minuta nakon protokolzamaranja uticao je na povećanje vrednosti sva tri posmatrana parametra (PO :  $Td_{OPOR\ 0\%} > Td_{ZAMS} +1.85\%$ ;  $Tr_{OPOR\ 0\%} > Tr_{ZAMS} +4.69\%$ ; MM :  $Td_{OPOR\ 0\%} > Td_{ZAMS} +2.20\%$ ;  $Ts_{OPOR\ 0\%} > Ts_{ZAMS} +5.13\%$ ; VM :  $Td_{OPOR\ 0\%} > Td_{ZAMS} +7.48\%$ ;  $Ts_{OPOR\ 0\%} > Ts_{ZAMS} +14.10\%$ ;  $Tr_{OPOR\ 0\%} > Tr_{ZAMS} +22.47\%$ ; PM :  $Td_{OPOR\ 0\%} > Td_{ZAMS} +1.89\%$ ;  $Ts_{OPOR\ 0\%} > Ts_{ZAMS} +0.77\%$ ), osim u slučaju Ts nakon pasivnog odmora (PO :  $Ts_{OPOR\ 0\%} > Ts_{ZAMS} -0.48\%$ ) i Tr nakon manuelne i perkusivne masaže (MM :  $Tr_{OPOR\ 0\%} > Tr_{ZAMS} -22.33\%$ ; PM :  $Tr_{OPOR\ 0\%} > Tr_{ZAMS} -10.93\%$ ). Takođe, na 5 grafikona su prikazane promene u vrednostima posmatranih TMG parametara nakon protokola zamaranja u odnosu na stanje mirovanja, kao i uticaj sve četiri procedure oporavka na pomenute parametre neposredno i pet minuta nakon primenjenih tretmana. Time se čitaocima stvara jasnija slika i olakšava uvid u pomenute odnose. Zatim su prikazani i efekti primenjenih procedura oporavka u odnosu na vremenske tačke u kojoj su merene vrednosti TMG parametara. Time su ispitane razlike svake procedure oporavka ponaosob (pasivni odmor, manuelna, vibro-mehanička i perkusivno-mehanička masaža) u odnosu na inicijalno merenje u mirovanju, merenje posle zamaranja, merenje posle tretmana i 5 minuta nakon zamaranja. U tu svrhu ispitivanja primenjena je analiza varijanse ponovljenih merenja (*repeated-measures ANOVA*). Sa tabele se može videti nivo značajnosti kod parametra Tc (PO – Tc (ms):  $p=0.022$ ; MM – Tc (ms):  $p=0.049$ ; VM – Tc (ms):  $p=0.004$ ; PM – Tc (ms):  $p=0.003$ ), parametra Dm (PO – Dm (mm):  $p=0.006$ ; MM – Dm (mm):  $p=0.070$ ; VM – Dm (mm):  $p=0.031$ ; PM – Dm (mm):  $p=0.004$ ), parametra Td (PO – Td (ms):  $p=0.000$ ; MM – Td (ms):  $p=0.000$ ; VM – Td (ms):  $p=0.000$ ; PM – Td (ms):  $p=0.001$ ), parametra Ts (PO – Ts (ms):  $p=0.403$ ; MM – Ts (ms):  $p=0.421$ ; VM – Ts (ms):  $p=0.524$ ; PM – Ts (ms):  $p=0.144$ ) i parametra Tr (PO – Tr (ms):  $p=0.044$ ; MM – Tr (ms):  $p=0.230$ ; VM – Tr (ms):  $p=0.580$ ; PM – Tr (ms):  $p=0.246$ ). Bonferoni post-hoc test je korišćen kako bi se utvrdilo gde tačno postoje razlike. Procedura zamaranja je značajno dovela do značajnih promena u parametrima Tc (PO – Tc (ms):  $p=0.049$ ; MM – Tc (ms):  $p=0.042$ ; VM – Tc (ms):  $p=0.014$ ; PM – Tc (ms):  $p=0.049$ ), Dm (PO – Dm (mm):  $p=0.002$ ; MM – Dm (mm):  $p=0.047$ ; VM – Dm (mm):  $p=0.022$ ; PM – Dm (mm):  $p=0.004$ ) i Td (PO – Td (ms):  $p=0.024$ ; MM – Td (ms):  $p=0.002$ ; VM – Td (ms):  $p=0.016$ ; PM – Td (ms):  $p=0.024$ ), dok kod parametra Ts (PO – Ts (ms):  $p=0.476$ ; MM – Ts (ms):  $p=0.715$ ; VM – Ts (ms):  $p=1.000$ ; PM – Ts (ms):  $p=0.341$ ) i Tr (PO – Tr (ms):  $p=0.972$ ; MM – Tr (ms):  $p=1.000$ ; VM – Tr (ms):  $p=1.000$ ; PM – Tr (ms):  $p=1.000$ ), to nije bio slučaj. Nakon pasivnog odmora i dalje su postojale razlike u odnosu na stanje mirovanja kod parametara Tc ( $p=0.008$ ), Dm ( $p=0.002$ ) i Td ( $p=0.000$ ), dok to nije bio slučaj kod parametara Ts ( $p=1.000$ ) i Tr ( $p=1.000$ ). Nakon primene manuelne masaže, a u odnosu na inicijalno merenje, uočene su razlike kod Tc ( $p=0.030$ ) i Td ( $p=0.003$ ), dok su se vrednosti Dm vratile na približan nivo u odnosu na merenje pre procedure zamaranja ( $p=0.148$ ). Ts i Tr su ostale nepromenjene (MM – Ts (ms):  $p=1.000$ ; Tr (ms):  $p=1.000$ ). Nakon primene vibro-mehaničke i perkusivno mehaničke masaže takođe nije bilo promena u vrednostima Tc, Dm i Td, odnosno p-vrednosti su ostale značajno različite u odnosu na inicijalno merenje (VM – Tc (ms):  $p=0.043$ ; Dm (mm):  $p=0.027$ ; Td (ms):  $p=0.022$ ); PM – Tc (ms):  $p=0.001$ ; Dm (mm):  $p=0.018$ ; Td (ms):  $p=0.001$ ). Vrednosti Ts i Tr se takođe nisu promenile (VM – Ts (ms):  $p=1.000$ ; Tr (ms):  $p=1.000$ ; PM – Ts (ms):  $p=1.000$ ; Tr (ms):  $p=1.000$ ). Poslednje merenje, odnosno merenje 5 minuta nakon procedura zamaranja otkrilo je da su manuelna, odnosno vibro-mehanička masaža uticale na vraćanje vrednosti Tc i Dm na nivo iz mirovanja (MM – Tc (ms):  $p=0.287$ ; Dm (mm):  $p=0.205$ ; VM – Tc (ms):  $p=0.399$ ; Dm (mm):  $p=0.105$ ), dok kod pasivnog odmora i perkusivne-masaže to nije bio slučaj (PO – Tc (ms):  $p=0.028$ ; Dm (mm):  $p=0.005$ ; PM – Tc (ms):  $p=0.001$ ; Dm (mm):  $p=0.009$ ). Vrednosti Td su se samo kod vibro-mehaničke masaže vratile na nivo iz mirovanja (VM – Td (ms):  $p=1.000$ ), kod kod ostalih procedura oporavka nisu (PO – Td (ms):  $p=0.001$ ; MM – Td (ms):  $p=0.000$ ; PM – Td (ms):  $p=0.002$ ). Nije bilo uticaja procedura oporavka na parametre



Ts i Tr ( $p > 0.05$ ). Trenutni uticaj bilo koje procedure oporavka u odnosu na stanje nakon zamaranja nije postojao ( $p > 0.05$ ). Uticaj određenog tipa oporavka u odnosu na stanje nakon zamaranja uočeno je samo pri merenju 5 minuta nakon zamora i to nakon vibro-mehaničke masaže kod parametara Tc i Td (VM – Tc (ms):  $p=0.028$ ; Td (ms):  $p=0.000$ ). U ostalim slučajevima vrednosti dobijene 5 minuta nakon procedure zamaranja ostale su približne onima nakon zamaranja ( $p > 0.05$ ). Takođe, razlike u vrednostima merenim nakon tretmana i 5 minuta nakon zamaranja ostale su približne kod svih parametara (Tc, Dm, Td, Ts i Tr) nakon svih procedura oporavka ( $p > 0.05$ ), osim kada je reč o Td, gde su se nakon primene vibro-mehaničke masaže značajno brže vratile ka vrednostima nakon tretmana (VM – Td (ms):  $p=0.000$ ). Za utvrđivanje razlika između procedura oporavka korišćena je dvosmerna analiza varijanse (two-way between-within ANOVA), a prikazani su i rezultati interakcije između procedura oporavka i vremenskih tačaka merenja. Uočeno je da se u odnosu na vrstu oporavka nisu uočile razlike ni kod jednog posmatranog TMG parametra, odnosno da se nije izdvojila procedura kratkotrajnog oporavka (pasivni odmor, manuelna masaža, vibro-mehanička masaža i perkusivno-mehanička masaža) koja bi značajnije uticala ni na vreme kontrakcije, ni na maksimalno vertikalno pomeranje mišića tokom električne nevoljne stimulacije, ni na odloženo vreme kontrakcije, ni na vreme trajanja kontrakcije, ni na vreme relaksacije ( $p > 0.05$ ).

U poglavlju **Diskusija**, autor navodi da je razvijanje adekvatnih sistema oporavka za što efikasniju pripremu sportista jedan od najvažnijih ciljeva u trenažnom procesu, a da sposobnost njihovog oporavka nakon intenzivnog treninga ili takmičenja predstavlja jedan od odlučujućih faktora u dostizanju vrhunskih rezultata. Masaže čine jednu od najčešće korišćenih vrsta oporavka u tu svrhu. Ponavlja da većina dosadašnjih istraživanja koja se bavila proučavanjem uticaja masaža nije sadržala jasno objašnjene eksperimentalne procedure i protokol. Zbog toga je u cilju stvaranja situacije što približnije takmičarskoj, u kojoj terapeut ima vrlo malo vremena da pomogne sportisti da prevaziđe trenutno stanje umora, kreiran protokol u kome je vreme trajanja oporavka izjednačeno sa vremenom trajanja tajmouta, a m. *rectus femoris* je izabran kao jedan od mišića koji je korišćen i opterećen u gotovo svim sportskim aktivnostima. Zatim ponavlja da je ova studija imala za cilj da proceni i uporedi akutne efekte četiri različite metode kratkotrajnog oporavka na neuromehanička kontraktorna svojstva mišića *rectus femoris* primenom TMG metode nakon izometrijski indukovano zamora mišića. Na početku diskusije su izdvojeni glavni nalazi istraživanja. Najvažniji nalaz ove studije bio je da manuelna masaža može da izazove trenutne pozitivne promene kod Dm smanjenjem mišićne krutosti. Takođe, u merenju 5 minuta nakon protokola zamaranja, odnosno nakon odloženog oporavka, manuelna masaža je poboljšala mišićnu funkciju bržim vraćanjem vrednosti Tc i Dm na vrednosti iz stanja mirovanja. Sa druge strane vibro-mehanička masaža je pored na Tc i Dm, uticala i na promene u Td, što ukazuje na akutni odgovor neuromehaničkih svojstava. Međutim, samo je primena vibro-mehaničke masaže dovela do brže promene, odnosno bržeg vraćanja vrednosti Tc i Td, čime se može pretpostaviti da vibracije mogu da igraju ključnu ulogu u oporavku mišića. Dakle, manuelna i vibro-mehanička masaža mogu biti korisne metode oporavka u poboljšanju rada mišića nakon izometrijski izazvanog zamora. Ova studija je pokazala da je protokol koji se sastojao od pet izometrijskih kontrakcija na 40% MVC do otkaza sa jednim minutom odmora uspešno izazvao ove promene smanjenjem i Tc ( $p_{mean}=0.038$ ) i Dm ( $p_{mean}=0.018$ ) vrednosti. Uprkos teorijskim pretpostavkama da bi vrednosti Tc trebalo da rastu sa zamorom, naši rezultati su pokazali suprotan trend. Međutim, kao što je već pomenuto, ovo je u skladu sa nekim ranije sprovedenim studijama. Ovakvi rezultati mogu se objasniti smanjenjem mišićne osetljivosti, optimizacijom kontraktorne komponente proizvodnje sile i na kraju poboljšanjem mišićne funkcije. Smanjenje Tc se takođe može objasniti činjenicom da akutna vežba korišćena u našoj studiji nije izazvala značajan zamor mišića usled efekta akutne nervne



nadraženosti, odnosno post aktivacione potencijacije (PAP). Post aktivaciona potencijacija je fenomen koji se odnosi na ekscitaciju centralnog nervnog sistema i predstavlja fiziološki odgovor na velika opterećenja koja dovode do efikasnijeg i eksplozivnijeg izvršenja pokreta pod manjim opterećenjem, povećanja brzine razvoja sile, čime dolazi do poboljšanja brzine i snage, ali i do nadoknade zamora tokom vežbi izdržljivosti. Drugim rečima, prethodne intenzivne mišićne kontrakcije koje uzrokuju visok stepen nervne stimulacije, mogu da povećavaju naknadnu manifestaciju sile i snage u odnosu na početni nivo. Time ovaj fenomen može da dovede akutnog neuromišićnog poboljšanja i poboljšanja performansi (Beato i sar., 2021; Milić i sar., 2017; Robbins, 2005; Sale i sar., 2002). TMG je validna i osetljiva metoda za detekciju PAP efekata samo kod mišićnih vlakana tipa II, jer mišićna vlakna brzog trzaja efikasnije koriste PAP efekat. Potrebno je napomenuti i da se senzor mora postaviti direktno preko mišićnog trbuha (Abazović i sar., 2022). Navodi da praćenje PAP i njegovog uticaja na TMG nije bio cilj ove studije, i daje upute da bi buduća istraživanja trebalo da posvete više pažnje ovom fenomenu. Kada je reč o Dm, njegove vrednosti nakon procedure zamaranja su se kretale u skladu sa većinom dosadašnjih istraživanja. Smanjenje Dm može dovesti do bržeg mišićnog odgovora i većeg nivoa proizvodnje sile, čime se skraćuje vreme mišićne kontrakcije (Wilson i sar., 2019). Jedno objašnjenje za ovo bi moglo biti smanjena stopa odvajanja veze aktin-miozin (Boyas & Guével, 2011; Fitts, 2008). Ovaj fenomen se može smatrati načinom za skladištenje više energije generisane tokom vežbanja povećanjem mišićne krutosti, a ne smanjenjem mišićne aktivnosti kako se zamor mišića povećava (Dumke i sar., 2010). Krutost mišića je povećana kako bi se prevazišao zamor izazvan izometrijskim testiranjem do otkaza. Ovaj nalaz se može objasniti povećanjem rigidnosti mišićne tetive. Odloženo vreme kontrakcije, poznato i kao vreme reakcije ili aktivacije, kao što je rečeno predstavlja vreme koje protekne od početka električne stimulacije do dostizanja 10% od maksimalnog vertikalnog pomeranja mišića. Ono zavisi od dominantnosti određenog tipa vlakana u toj mišićnoj strukturi, stepena zamora i nivoa aktivacije (Dahmane et al, 2005). U ovoj studiji vrednosti Td su opadale nakon procedure zamaranja ( $p_{mean}=0.016$ ) što je u skladu sa određenim brojem istraživanja (García-Manso i sar., 2011; Giovanelli i sar., 2016; Kalc i sar., 2023; Valenzuela i sar., 2018). Što se tiče uticaja zamora na vreme trajanja kontrakcije i vreme relaksacije mišića, ona su se takođe smanjivala, ali nije uočena statistička značajnost ( $T_s$  (ms):  $p_{mean}=0.633$ ;  $T_r$  (ms):  $p_{mean}=0.993$ ). Prethodne studije koje su ispitivale pouzdanost  $T_s$  i  $T_r$  utvrdile su da ove parametre karakteriše visoka varijabilnost, nepouzdanost i da se više ne preporučuju u praćenju ili testiranju sportista (Carpenter i sar., 2022; Ditroilo i sar., 2013; Lewis i sar., 2022; Piqueras-Sanchiz i sar., 2020; Tous-Fajardo i sar., 2010). Mišićni zamor predstavlja stanje koje ima značajan uticaj na sportske performanse, između ostalog, izazivajući promene u kontraktilnim i mehaničkim osobinama mišića (Westerblad i sar., 2000; MacIntosh & Rassier, 2002). Procedura akutnog mišićnog izometrijskog zamaranja korišćena u ovoj studiji izazivala je funkcionalno oštećenje, koje se manifestovalo promenama mišićnog stanja i neuromišićnog odgovora, promenama u vremenu kontrakcije, odloženom vremenu kontrakcije i mišićnoj krutosti. Postavljene su dve glavne hipoteze i više podhipoteza. Prva glavna hipoteza odnosila se na očekivanje da će masaže kao značajna sredstva oporavka tokom sportskih događaja dovesti do promena u neuromehaničkim kontraktilnim svojstvima tretirane mišićne grupe. Ovo je prva studija koja se bavila metodološkim nedoslednostima među protokolima u vezi sa trajanjem primenjenih masaža. Odmah nakon protokola zamora i TMG merenja, izvršena je jedna od četiri procedure oporavka. Treba napomenuti da je glavna svrha procedura oporavka bila da se vrednosti posmatranih parametara u kojima je došlo do promena u odnosu na prvo merenje što pre vrate na početne, tj. inicijalne vrednosti. Kratkoročne masaže korišćene u ovoj studiji otkrile su neke zanimljive nalaze. Što se tiče  $T_c$ , nijedna od primenjenih procedura oporavka nije imala trenutne efekte, što znači da su razlike



uglavnom ostale značajne nakon tretmana ( $p < 0.05$ ). Međutim, manuelna i vibro-mehanička masaža su uticale na neuromehanička svojstva mišića pet minuta nakon protokola zamaranja u poređenju sa TMG merenjima u mirovanju (MM:  $p=0.287$ ; VM:  $p=0.399$ ). Takođe je utvrđeno da je nakon procedure zamaranja, samo vibro-mehanička masaža rezultirala bržim oporavkom u merenju 5 minuta nakon procedure protokola zamaranja u odnosu na druge procedure oporavka ( $p=0.028$ ). Sa druge strane, povećanje lokalne mišićne krutosti izazvane zamaranjem može uticati na susedna tkiva preko kolagenog vezivnog tkiva (Wilke i sar., 2019). Manuelna i vibro-mehanička masaža su takođe uticale na neuromehanička svojstva mišića pet minuta nakon protokola zamaranja u poređenju sa TMG merenjima u mirovanju (MM:  $p=0.205$ ; VM:  $p=0.105$ ). Međutim, zanimljivo je to da je jedino manuelna masaža imala trenutni, neposredan pozitivan efekat na mišićnu krutost nakon protokola zamaranja u poređenju sa inicijalnim TMG merenjem ( $p=0.148$ ). Ona je rezultirala najbržim vraćanjem Dm na početne vrednosti iz stanja mirovanja. Iskustvo i osećaj terapeuta mogu igrati ključnu ulogu u tome. Štaviše, poslednja tehnika koja se izvodila tokom manuelne masaže bila je tehnika vibracije, pa se može pretpostaviti da bi upravo ona mogla doprinesti smanjenju mišićne krutosti. Perkusivno-mehanička masaža i pasivno mirovanje nisu uticali na promene mišićne krutosti ( $p < 0.05$ ). U odnosu na početno merenje, pasivan odmor, manuelna masaža i perkusivno-mehanička masaža nisu doveli do značajnih promena u odloženom vremenu kontrakcije, niti kada je reč o trenutnim, niti o efektima pet minuta nakon zamaranja ( $p < 0.05$ ). Identična je situacija kada je reč o efektima ovih procedura u odnosu na zamoren mišić, ali i na vrednosti Td između merenja nakon tretmana ( $p > 0.05$ ). Samo je vibro-mehanička masaža uspeła da vrati vrednosti Td pet minuta nakon protokola zamaranja kada se one uporede sa vrednostima iz inicijalnog vremena ( $p=1.00$ ). Uočeno je i da su se vrednosti ovog parametra značajno razlikovale 5 minuta nakon zamaranja u odnosu na merenje neposredno nakon zamaranja ( $p=0.00$ ). Takođe ovo je jedini parameter u ovom istraživanju u kome je uočena i razlika između vrednosti koje su izmerene nakon tretmana i 5 minuta nakon tretmana ( $p=0.00$ ). TMG nije uspeo da detektuje promene u vrednostima koje se odnose na vreme trajanja kontrakcije i vreme relaksacije mišića ( $p > 0.05$ ). Moguće je da su na mišićnom nivou, primenjene vibracije imale pozitivniji efekat u odnosu na perkusije, odnosno udarce. Jedan od mogućih mehanizama za ove nalaze bi mogao biti da terapija vibracijama može stimulisati više mišićnih receptora, što dovodi do povećanog protoka krvi, vaskularne provodljivosti kože i poboljšanog transporta kiseonika u mišićima (Benjamin & Lamp, 1996). Iz ranijih studija je takođe uočeno da primenjene vibracije dovode do mehaničkih oscilatornih pokreta povezanih sa povećanom intramuskularnom temperaturom (Lee i sar., 2018). Zahvaljujući ovim nalazima, možemo pretpostaviti da vibracije mogu da igraju ključnu ulogu u oporavku mišića. Druga glavna hipoteza pretpostavila je da će se pojaviti značajne razlike između različitih vrsta oporavka sa aspekta uticaja na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe. Međutim, u našoj studiji ta razlika nije uočena kod ni kod jednog parametra. Autor je napomenuo da ova studija sadrži određena ograničenja. Svi ispitanici su bili muški studenti, tako da nisu uočene moguće razlike između polova, kao ni između nivoa fizičke spremnosti učesnika (rekreativaca, profesionalnih sportista). Takođe, merena je samo jedna vrsta mišićnog zamora (izometrijski) u jednoj mišićnoj grupi (m. *rectus femoris*). Nisu kreirani situacioni uslovi iz sportskih igara, da bi se procenio mišićni odgovor u realnim uslovima. Pored toga, nije analiziran subjektivni osećaj bola u mišićima korišćenjem perceptivnih skala oporavka. Autor preporučuje da bi trebalo pokušati kreirati sportske situacije slične takmičarskim, kao i modele masaža sa precizno pojašnjenim tehnikama izvođenja i njihovim modalitetima (npr. različiti terapeutski uređaji, različiti nastavci koji dolaze uz uređaje, različiti intenziteti primenjenog pritiska, različita brzina kretanja duž mišića itd.) koji bi mogli da pomognu u optimizaciji programa treninga i oporavka. Pored toga, navodi da su potrebne dalje studije kako bi se odredili



periodi u kojima se neuromehanička kontraktilna svojstva vraćaju na početne vrednosti, kako bi se istražili i kratkoročni i dugoročni efekti masaže, ali i fiziološki i psihološki mehanizmi koji se javljaju nakon zamaranja i primenjenih tretmana. Na ovaj način, nauka bi trenerima mogla da pruži suštinske naznake za bolju periodizaciju treninga.

U poglavlju **Zaključak**, autor na početku napominje da sportska manuelna masaža predstavlja metodu koja se u sportu često koristi u svrhu oporavka i pripreme sportiste za napore koji slede. Odlučio je da kada je reč o manualnoj masaži primeni gladenje, trljanje, lupkanje i vibracije. Stimulišući mišiće, ove tehnike bi trebalo da pomognu u smanjenju napetosti posle napora, doprinesu povećanju cirkulacije krvi i ubrzaju oporavak. Pored ove, napominje da se u sportu koriste i mnogi drugi oblici masaže. Tretmani elektromasažnim uređajima u profesionalnoj sportskoj i fitness industriji predstavljaju vrlo čest, ali u naučnim istraživanjima relativno nov pristup. U tu svrhu, u ovom istraživanju su korišteni Theragun® i Hypervolt®, dva najčešće primenjivana uređaja za elektromasažu. Kako se njihova upotreba u trenažnom procesu povećava, neophodno je da se pronađu i validne i osetljive metode za procenu mehanizama mišićne aktivnosti nakon tretmana masažom. U cilju stvaranja situacije što sličnije praktičnim sportskim uslovima, u kojoj terapeut ima vrlo malo vremena da pomogne sportisti da prevaziđe trenutno stanje umora, kreiran je protokol u kome je vreme trajanja oporavka izjednačeno sa vremenom trajanja tajmouta (jedan minut). Mišići donjih ekstremiteteta, a naročito mišići natkolenice su najviše korišćeni i opterećeni mišići sportista. Pretpostavka je bila da će primena masaže dovesti do pozitivnih trenutnih i akutnih promena u neuromehaničkim kontraktilnim svojstvima m. *rectus femoris*, odnosno da će se vrednosti vremena kontrakcije i mišićne krutosti brže vratiti na početne, tj. vrednosti iz stanja mirovanja. Autor zatim izvodi zaključke u odnosu na postavljene hipoteze. Prva glavna postavljena hipoteza odnosila se na očekivanje značajnog uticaja različitih vrsta oporavka na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe. U odnosu na postavljenu glavnu hipotezu postavljene su tri podhipoteze. Nakon obrade dobijenih podataka i analize dobijenih rezultata izneti su sledeći zaključci: H1.1. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne manualne masaže na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe. Ova hipoteza je delimično potvrđena i to kada je reč o parametrima Tc i Dm. Nakon primene manualne masaže, a u odnosu na inicijalno merenje, vrednosti Dm vratile su se na približan nivo u odnosu na merenje pre procedure zamaranja ( $p=0.148$ ), što znači da je ova masaža dovela do smanjenja mišićne krutosti. Kod ostalih parametara nisu uočene značajne promene. Merenje koje je izvršeno 5 minuta nakon procedure zamaranja otkrilo je da je manualna masaža uticala na vraćanje vrednosti Tc ( $p=0.287$ ) i Dm ( $p=0.205$ ) na nivo iz mirovanja. Kod ostalih parametara nisu uočene značajne promene. Trenutni i odloženi uticaj manualne masaže u odnosu na stanje nakon zamaranja, kao i na stanje između oporavka i 5 minuta nakon zamaranja nije postojao ( $p > 0.05$ ). H1.2. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne vibro-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Hypervolt® na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe. Ova hipoteza je delimično potvrđena, kada je reč o parametrima Tc, Dm i Td. Primena vibro-mehaničke masaže, nije izazvala trenutne promene ni kod jednog od parametara u odnosu na inicijalno merenje ( $p < 0.05$ ), ali je pri sledećem merenju (5 minuta nakon zamaranja) uočeno vraćanje vrednosti Tc ( $p=0.399$ ), Dm ( $p=0.105$ ) i Td ( $p=1.000$ ) na nivo iz mirovanja. Nakon procedure zamaranja takode nisu uočene trenutne promene, odnosno uticaj vibro-mehaničke masaže nije postojao ( $p > 0.05$ ). Međutim, kada se pored vrednosti između merenja odmah i 5 minuta nakon zamaranja uticaj vibro-mehaničke masaže uočen je kod parametara Tc ( $p=0.028$ ) i Td ( $p=0.000$ ). Kada je reč o razlici u vrednostima merenim nakon tretmana i 5 minuta nakon zamaranja, ona je primećena kod parametra Td ( $p=0.000$ ). H1.3. – očekuje se značajan uticaj kratkotrajne perkusivno-mehaničke masaže primenom elektromasažnog uređaja Theragun® na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe. Ova hipoteza je u potpunosti odbačena.



Primena perkusivno-mehaničke masaže, nije izazvala promene ni kod jednog od posmatranih TMG parametara ni u jednom merenju. Druga glavna postavljena hipoteza odnosila se na uočavanje značajnih razlika između različitih vrsta oporavka sa aspekta uticaja na neuromehanička kontraktilna svojstva tretirane mišićne grupe. Nakon obrade dobijenih podataka i analize dobijenih rezultata može se zaključiti da je ova hipoteza u potpunosti odbačena. Na kraju autor ponavlja glavne nalaze studije i daje smernice za buduća istraživanja. Najvažniji nalaz ove studije bio je da manuelna masaža može izazvati trenutne pozitivne promene kod Dm smanjenjem mišićne krutosti. Pored toga, u merenju 5 minuta nakon protokola zamaranja, manuelna masaža je poboljšala mišićnu funkciju bržim vraćanjem vrednosti Tc i Dm na vrednosti iz stanja mirovanja. Sa druge strane vibromehanička masaža je pored na Tc i Dm, uticala i na promene u Td, što ukazuje na akutni odgovor neuromehaničkih svojstava. Međutim, samo je primena vibromehaničke masaže dovela do brže promene, odnosno bržeg vraćanja vrednosti Tc i Td, čime se može pretpostaviti da vibracije mogu da igraju ključnu ulogu u oporavku mišića. Kao dodatnu vrednost ove studije, važno je napomenuti da se korišćeni protokol može upotrebiti kao indikator zamorenosti mišića kada se pokušava izazvati zamor kroz izometrijsku vežbu, jer je bio u stanju da izazove promene u Tc, Dm i Td u mišiću *rectus femoris*, smanjenjem sva tri parametra. Dakle, TMG se pokazao kao pouzdano sredstvo u proceni ove vrste zamora mišića. Zaključak je da manuelna i vibromehanička masaža mogu biti korisne metode oporavka u poboljšanju rada mišića nakon izometrijski izazvanog zamora. Ovi nalazi mogu koristiti sportskim praktičarima i fizioterapeutima u razvoju najboljih metoda oporavka u situacijama kada su sportisti zamoreni. Ova studija bi trebalo da usmeri buduće istraživače da pokušaju da kreiraju što efikasnije modele masaže sa jasno opisanim tehnikama (ispitivanje drugih tehnika masaže) i njihove modalitete (npr. različiti terapijski uređaji, različiti masažni nastavci, različiti intenziteti primenjenog pritiska, različite brzina izvođenja pokreta itd.) koji bi mogli da pomognu u optimizaciji programa vežbanja i oporavka. Dobijeni nalazi bi trebalo da usmere buduće studije na ispitivanje efekata masaže nakon drugih vrsta zamaranja, posebno orijentisanih na situacije specifične za sport. Takođe, potrebno je više studija koje bi trebalo da utvrde periode u kojima se kontraktilna svojstva vraćaju na početne vrednosti, ispitaju kako kratkoročne tako i dugoročne efekte masaže, kao i fiziološke i psihološke reakcije koje se javljaju nakon umora i primenjenih tretmana. Na ovaj način nauka bi mogla da ispita i kreira efikasnije varijante izvođenja masaža, koje bi dovele do željenih akutnih efekata na NKS mišića. Time bi se pored teorijskog aspekta dodatno obogatila i sportska praksa, a sportskim fiziolozima i trenerima pružile važne smernice za što efikasniju kontrolu i periodizaciju sportskog treninga.

Poglavlje **Literatura** sadrži ukupno 207 bibliografskih jedinica, pri čemu većina njih potiče iz renomiranih međunarodnih naučnih časopisa. Bibliografske jedinice su pravilno navedene u tekstu i bibliografiji. Većina referenci je objavljena u poslednjih deset godina.

Ostali priloženi dokumenti odnose se na **Priloge**: Izjavu o autorstvu, Izjavu o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada, Izjavu o korišćenju, Odobrenje etičkog komiteta Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu, Naslovnu stranu objavljenog rada, Formular saglasnosti ispitanika za učešće u istraživanju i **Biografiju kandidata**.



### Mišljenje i predlog Komisije

Doktorska disertacija Miloša Dakića je napisana na srpskom jeziku. Istraživanje ima za cilj ispitivanje i poredenje akutnih efekata četiri različita tipa kratkotrajnog oporavka na neuromehanička kontraktilna svojstva mišića *rectus femoris* procenjenih TMG metodom nakon izometrijskog protokola zamaranja. Istraživanje je formulisano na osnovu pažljive analize obimnog bibliografskog materijala. Istraživački problem je temeljno objašnjen, a ciljevi i hipoteze su jasno formulisani. Metode istraživanja omogućile su postizanje ciljeva istraživanja. Istraživanje je veoma značajno kako teorijski, tako i praktično. Ovom studijom otvara se novi put za ispitivanje i kreiranje efikasnih varijanti izvođenja masaža koje bi dovele do željenih akutnih efekata na NKS mišića u trenažnom procesu. Rezultati pored teorijskog aspekta, mogu biti značajni i za stručnjake, terapeute, trenere i sportiste u upravljanju procesa oporavka sportista i periodizacije sportskog treninga.

Predlažemo da Nastavno-naučno veće prihvati Izveštaj Komisije o pozitivno ocenjenoj doktorskoj disertaciji kandidata Miloša Dakića, pod nazivom „**Akutni efekti kratkotrajnih masaža na neuromehanička kontraktilna svojstva mišića *rectus femoris***“ i imenovanju mentora dr Vladimira Ilića, redovnog profesora Univerziteta u Beogradu – Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja i dr Lazara Toskića, docenta Univerziteta u Prištini – Kosovska Mitrovica, Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja i uputi odluku Veću naučnih oblasti društveno-humanističkih nauka.

U Beogradu, 10.07.2024.

Članovi Komisije:

dr Ivan Ćuk, docent, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Beograd, Srbija, predsednik komisije;



dr Saša Đurić, docent, Američki Univerzitet Srednjeg istoka u Kuvajtu, Odeljenje za slobodne umetnosti, Egaila, Kuvajt, član;



dr Milivoj Dopsaj, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Beograd, Srbija, član;

