

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Kineziologija

AKUTNI VPLIV SAMOMASAŽE Z VALJANJEM NA PERIFERNO UTRUJENOST

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:
Doc. dr. Igor Štirn

RECENZENTKA:
Izr. prof. dr. Maja Pori

AVTOR DELA
Nejc Zorko

Ljubljana, 2014

Iskreno se zahvaljujem družini, staršema in bratu za vso podporo tekom študija.

Hvala mentorju, dr. Igorju Štirnu za vso pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Hvala Amadorju Garcii Ramosu za pomoč pri raziskavi.

Hvala Gordani Klun za lektoriranje diplomskega dela.

Hvala vsem udeležencem raziskave.

Ključne besede: Penasti valj, samomasaža, fascija, periferna utrujenost, *quadriceps femoris*

AKUTNI VPLIV SAMOMASAŽE Z VALJANJEM NA PERIFERNO UTRUJENOST

Nejc Zorko

IZVLEČEK

Samomasaža s penastim valjem je oblika masaže, ki v svetu športa, rekreacije in rehabilitacije pridobiva na priljubljenosti. Predstavlja praktično in poceni obliko samomasaže. Vedno večjo priljubljenost lahko pripišemo tudi trditvam, ki zagovarjajo razne domnevne učinke samomasaže s penastim valjem, kot so zmanjšanje mišične in sklepne bolečine, izboljšanje gibljivosti, izboljšanje živčno-mišične učinkovitosti idr. Namen naše raziskave je bil ugotoviti akutni vpliv samomasaže s penastim valjem na periferno utrujenost na mišici *quadriceps femoris*. Želeli smo ugotoviti, kakšen je takojšen učinek valjanja po utrujanju, in ali to pripomore k hitrejši regeneraciji v primerjavi s pasivnim odmorom. V raziskavi je sodelovalo 10 športno aktivnih merjencev (9 moških, 1 ženska), starih med 18 in 23 let. Meritve smo izvedli po naključnem vrstnem redu. Vsak merjenec je opravil 2 meritvi. Med vsako ponovno meritvijo je bilo minimalno 48 ur razmika. Pri eni meritvi so merjenci po utrujanju opravili samomasažo z valjanjem, medtem ko so pri drugi meritvi namesto valjanja imeli pasivni odmor. Meritev stopnje utrujenosti smo merili na mišici *quadriceps femoris* z maksimalno hoteno mišično kontrakcijo in z električno stimulacijo izzvanih mišičnih skrčkov. Po 6-minutnem ogrevanju smo opravili uvodno merjenje, nato merjenje po utrujanju na trenažerju s tremi serijami po 15 ponovitev MT, nato paše zadnje merjenje bodisi po samomasaži z valjanjem, ki je nastopilo 3 minute in pol po končanem utrujanju, ali po pasivnem odmoru. Rezultati te raziskave so pokazali izboljšanje maksimalne hotene kontrakcije in zmanjšanje stopnje mišične utrujenosti 3 minute in pol po utrujanju oz. 2 minuti in pol po 2. merjenju. Vendar pa ni bilo ugotovljenih statistično pomembnih razlik med učinkom samomasaže z valjanjem in pasivnim odmorom. Na podlagi rezultatov te raziskave lahko rečemo, da regeneracija mišice po izvajanju samomasaže z valjanjem 3 minute in pol po utrujanju ne nastopi hitreje kot po pasivnem odmoru.

Keywords: Foam roller, self-massage, fascia, peripheral fatigue, *quadriceps femoris*

ACUTE EFFECT OF FOAM ROLLING ON PERIPHERAL MUSCLE FATIGUE

Nejc Zorko

Abstract

Self-massage using a foam roller is a form of massage therapy which is gaining popularity in the world of sport, recreation and rehabilitation. It represents a practical and inexpensive form of self-massage. The reason of its growing popularity can also be attributed to the arguments that advocate various alleged effects of self-massage using a foam roller, such as reducing muscle and joint pain, improve range of motion, improve neuromuscular efficiency, etc. The aim of our study was to determine the acute effect of self-massage using a foam roller on peripheral fatigue in the *quadriceps femoris* muscle. We wanted to establish the immediate effect of foam rolling after fatigue, and whether it accelerates regeneration, when compared with a passive break. 10 physically active subjects (9 males, 1 female) aged 18 to 23 participated in this study. The measurements were performed in random order. Each subject performed two measurements. The interval between the first and the second measurements was at least 48 hours. During the first measurement the subjects performed self-massage using a foam roller after fatigue, while in the second measurement they had a passive break. The level of fatigue was measured on the *quadriceps femoris* muscle with maximum voluntary contraction and muscle twitch size, induced by electrical stimulation. We conducted the initial measurement after a 6 minute warm-up, the next measurement was performed after fatigue in a leg extension machine with 3 series of 15 repetition maximum, and the last measurement either after foam rolling, or after a passive break, 3 and a half minutes after the end of fatigue. The results of this study show improvement in maximal voluntary force and a reduction in the rate of muscle fatigue 3 and a half minutes after the end of fatigue, or 2 and a half minutes after the second measurement. However, no statistically significant differences were found between the implementation of self-massage using a foam roller and a passive break. Based on the results of this research, we can claim that the implementation of self-massage using a foam roller does not result in faster regeneration of the muscle 3 and a half minutes after fatigue, compared to a passive break.

Kazalo vsebine

1 Uvod	7
1.1 Utrujenost.....	7
1.1.1 Centralna utrujenost	9
1.1.2 Periferna utrujenost	11
1.2 Fascija	14
1.3 Samomasaža s penastim valjem.....	16
1.4 Namen	20
1.5 Cilji	21
1.6 Hipoteze	21
2 Metode dela	22
2.1 Preizkušanci.....	22
2.2 Pripomočki.....	22
2.3 Postopek.....	22
2.4 Statistična obdelava podatkov	27
3 Rezultati in razprava.....	28
3.1 Rezultati.....	28
3.2 Razprava	33
3.2.1 Potrditev ali zavrnitev hipotez.....	35
4 Sklep	36
5 Viri	38

Kazalo slik

Slika 1: Shematični prikaz možnih mest za pojav utrujenosti	8
Slika 2: Shematični prikaz prenosa živčnih impulzov iz možganov do mišic	10
Slika 3: Aktivni transport (Na^+ - K^+ črpalka)	12
Slika 4: Vloga kalcija in miozina pri mišični kontrakciji	13
Slika 5: Osnovni vzorec razporeditve podkožnega tkiva, površinske in globoke fascije.	14
Slika 6: Primeri različnih penastih valjev	16
Slika 7: Način ogrevanja; stopanje na lesen zabojnik višine 25 cm	23
Slika 8: Merjenje navora s programom LabChart 8	23
Slika 9: Merjenje največje hotene izometrične kontrakcije in mišičnih skrčkov.	24
Slika 10: Način utrujanja	24
Slika 11: Samomasaža mišice <i>quadriceps femoris</i> s penastim valjem	25
Slika 12: Grafični prikaz metodičnega postopka	26
Slika 13: Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri največji hoteni kontrakciji, pri vseh meritvah	29
Slika 14: Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri merjenju navora enojnega skrčka, pri vseh meritvah	30
Slika 15: Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri merjenju navora dvojnega 10 Hz skrčka, pri vseh meritvah	30
Slika 16: Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri merjenju navora dvojnega 100 Hz skrčka, pri vseh meritvah	31
Slika 17: Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri merjenju navora 10 Hz vlaka skrčkov, pri vseh meritvah	32
Slika 18: Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri merjenju navora 100 Hz vlaka skrčkov, pri vseh meritvah	32

Kazalo tabel

Tabela 1: Vzroki centralne utrujenosti	9
Tabela 2: Vzroki visokofrekvenčne utrujenosti	11
Tabela 3: Vzroki nizkofrekvenčne utrujenosti	11
Tabela 4: Povprečne vrednosti (s standardnim odklonom) navora vseh treh merjenj (surove vrednosti v V) pri intervenciji pasivnega odmora	28
Tabela 5: Povprečne vrednosti (s standardnim odklonom) navora vseh treh merjenj (surove vrednosti v V) pri intervenciji samomasaže z valjanjem	28

1 Uvod

Masaža s penastim valjem je praktična, hitra in poceni oblika samomasaže, ki se vedno bolj uporablja s strani vrhunskih športnikov, rekreativcev, fizioterapevtov, ipd. Proizvajalci in zagovorniki širijo trditve o raznih domnevnih učinkih samomasaže z valjanjem, vendar pa je na tem področju še vedno relativno malo raziskav, ki bi vse te trditve potrdile ali ovrgle.

Kot omenjeno, je področje samomasaže z valjanjem še slabo raziskano, še manj pa je raziskav, ki bi proučevale akutni vpliv samomasaže. S to diplomsko nalogo smo želeli ugotoviti, kakšen je takojšen oz. akutni vpliv samomasaže z valjanjem na periferno utrujenost, in tako z dokazi podpreti ali ovreči domneve.

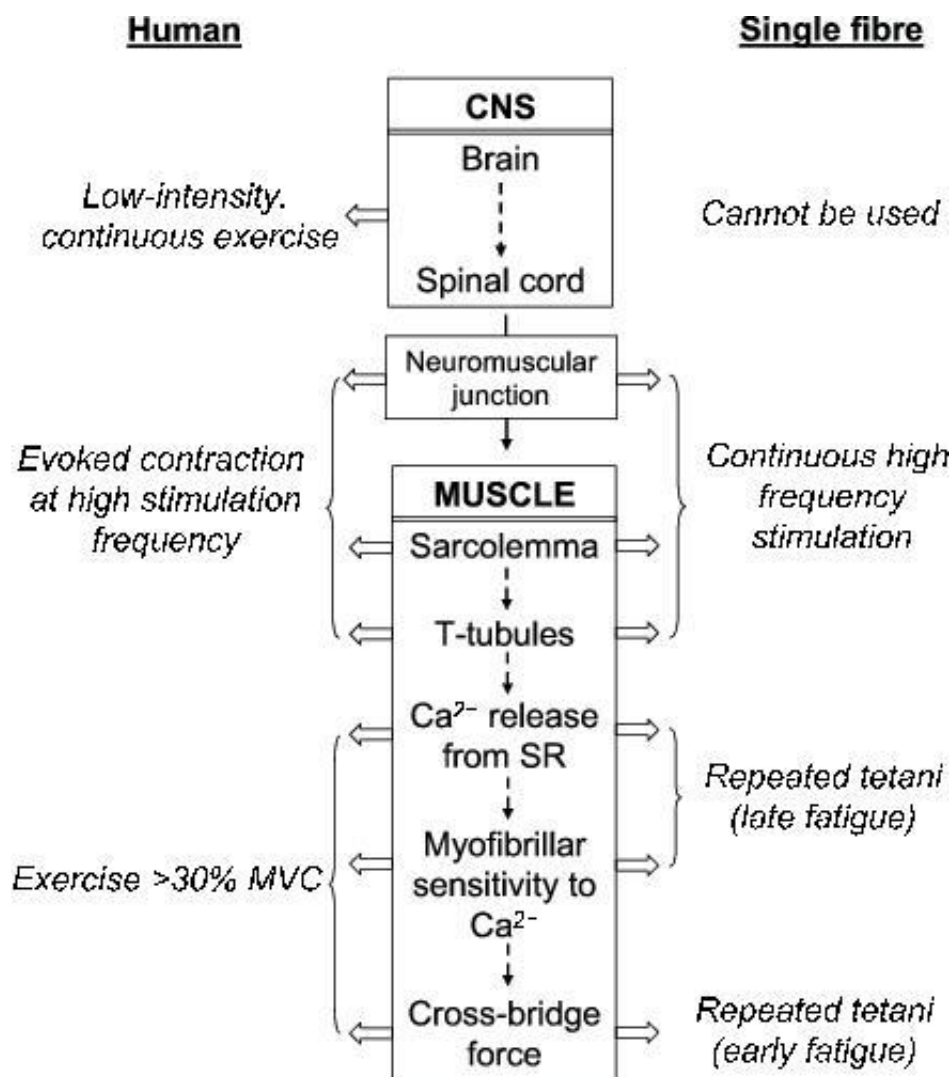
1.1 Utrujenost

Utrujenost je večplastna in zapletena. Učinki utrujenosti ne pokrivajo samo področja športne zmogljivosti, fiziologije, kognicije in čustev, ampak nastopijo tudi v kombinaciji z drugimi stanji, kot sta dolgočasje in zaspanost (McDonald, 1989). Izraz mišična utrujenost se uporablja za označevanje različnih stanj, ki segajo od oslabiljene gibalne zmogljivosti zaradi telesne vadbe do občutkov utrujenosti in šibkosti, ki spremljajo te nevrološke motnje (Enoka, 2008). Bolj preprosta definicija utrujenosti pa je, da utrujenost pomeni tisti trenutek v naporu, ko je njegovo nadaljevanje z enako intenzivnostjo nemogoče (Ušaj, 2003).

Vzrokov za pojav utrujenosti je veliko. Po Ušaju (2003) so kazalci utrujenosti lahko subjektivni ali objektivni. Subjektivne kazalce klasificiramo po različnih lestvicah, od občutka rahle utrujenosti pa vse do popolne izčrpanosti; posameznik jih razvršča na podlagi svojih občutkov. Objektivni kazalci pa so predvsem fiziološki in biomehanski in jih delimo na posredne in neposredne. Posredni so tisti, ki kažejo posledice utrujenosti, kot je neobičajno povečana aktivnost nekaterih procesov v anabolni fazi in neobičajno podaljšanje vračanja aktivnosti nekaterih procesov v primerjavi z običajnimi vrednostmi v mirovanju. Neposredni pa so tisti, ki so utrujenost povzročili (koncentracija laktata, izčrpanje zaloga glikogena ...).

Utrujenost lahko generalno razdelimo na fizično in mentalno utrujenost. Fizična utrujenost je navadno definirana kot zmanjšanje v zmogljivosti pri opravljanju fizičnega dela v odvisnosti od predhodnega fizičnega napora (Hancock, 2001). Mentalna utrujenost je psihobiološko stanje, ki nastane zaradi daljšega obdobja zahtevne kognitivne dejavnosti (Marcora, 2009). V športu govorimo predvsem o fizični utrujenosti, čeprav omenjeni delitvi običajno sovpadata.

Glede na količino mišične mase, v kateri lahko lokaliziramo utrujenost, lahko utrujenost tudi delimo na lokalno, kjer je vključenih manj kot 30 % mišične mase, regionalno, kjer je vključenih do 70 % mišične mase, in globalno, kjer je vključenih več kot 70 % mišične mase (Ušaj, 2003).



Slika 1. Shematični prikaz možnih mest za pojav utrujenosti (sredinski del) in njihovih vlog pri razvoju utrujenosti pri telesni vadbi (levi del) ter na nivoju mišičnega vlakna (desni del). Spremljevalni opisi nakazujejo, na kateri stopnji utrujenosti je prizadeta vsaka raven (Place, 2008). Human (človek); Low-intensity continuous exercise (nizko intenzivna kontinuirana vadba); Evoked contraction at high stimulation frequency (izzvana kontrakcija pri visoko frekvenčni stimulaciji); Exercise >30% MVC (vadba >30 % maksimalne hotene kontrakcije); CNS (centralni živčni sistem); Brain (možgani); Spinal cord (hrbtenjača); Neuromuscular junction (živčno-mišični spoj); MUSCLE (mišica); Sarcolemma (sarkolema); T-tubules (T-cevčice); Ca²⁺ release from SR (sproščanje Ca²⁺ iz SR²); Myofibrillar sensitivity to Ca²⁺ (občutljivost miofibril na Ca²⁺); Cross-bridge force (sila prečnih mostičkov); Single fibre (mišično vlakno); Cannot be used (ni mogoče uporabiti); Continuous high frequency stimulation (kontinuirana visoko frekvenčna stimulacija); Repeated tetani – late fatigue (ponavljajoča tetanična stimulacija – pozna utrujenost); Repeated tetani – early fatigue (ponavljajoča tetanična stimulacija – zgodnja utrujenost).

¹ Ca²⁺ - kalcijev ion

² SR – Sarkoplazemski retikulum.

Različne mišične skupine se utrujajo različno hitro; eden izmed razlogov je tudi sestava mišičnih vlaken. Vlakna tipa I imajo velike oksidativne kapacitete in so gosto prepletena s kapilarami, prav tako pa imajo visoko odpornost na utrujenost. Vlakna tipa IIa uporabljajo tako oksidativno fosforilacijo kot glikolizo. Gostota kapilar in lastnosti utrujenosti so podobne kot pri mišičnih vlaknih tipa I. Vlakna tipa IIb pa so odvisna od glikolize, so redko prepletena s kapilarami ter hitro utrudljiva. Kot primer se tako quadriceps femoris zaradi večje vsebnosti mišičnih vlaken tipa IIb hitreje in bolj utruja kot soleus (Davis, 2010).

Glavni mehanizmi utrujenosti so odvisni od značilnosti naloge, ki se izvaja. Te značilnosti so tip in intenzivnost telesne vadbe, mišične skupine, vključene v aktivnost, in naravno okolje, katerem se aktivnost izvaja. Omenjene ugotovitve so pripeljale do načela o odvisnosti mišične utrujenosti, kar pomeni, da ni enega samega razloga za pojav mišične utrujenosti, in da so mehanizmi utrujenosti odvisni od značilnosti aktivnosti, ki se izvaja. Poleg tega na zmanjšanje mišične sile vpliva več mehanizmov (Enoka, 2008). Glede na mesto, kjer pride do poslabšanja fizioloških procesov, ločimo centralno utrujenost, ki izvira iz CŽS³, in periferno utrujenost, ki izvira iz mišic (Davis, 2010; Ušaj, 2003). Centralna utrujenost povzroči večji upad največje hotene kontrakcije v primerjavi s silo trzanja, medtem ko sta pri periferni utrujenosti upada maksimalne hotene kontrakcije in sile trzanja enaka (Davis, 2010).

1.1.1 Centralna utrujenost

Centralna utrujenost je postopno upadanje sile pri hoteni aktivaciji mišice med telesnim naporom (Gandevia 2001, Goodall, 2011). Kljub maksimalnemu trudu se motorične enote ne aktivirajo dovolj hitro, da bi ustvarile največjo hoteno silo.

Centralna utrujenost se lahko pojavi na nivoju možganske skorje, zaradi poslabšanja prevajanja živčnih akcijskih potencialov ali zaradi zmanjšane motivacije. Lahko pa se tudi razvije na nivoju hrbtenjače zaradi oslabitve impulzov alfa motoričnega nevrona ali neoptimalne stopnje rekrutacije za proizvodnjo ustrezne mišične sile (Davis, 2010). Po Ušaju (2003) temu pojavu pripisujemo zmanjšano sposobnost aktivacije motoričnih enot zaradi slabše motivacije vadečega ali slabšega uravnavanja refleksov v centralnem živčnem sistemu, ki lahko nastopi zaradi dolgotrajnejše ali intenzivne aktivacije teh centrov.

Tabela 1

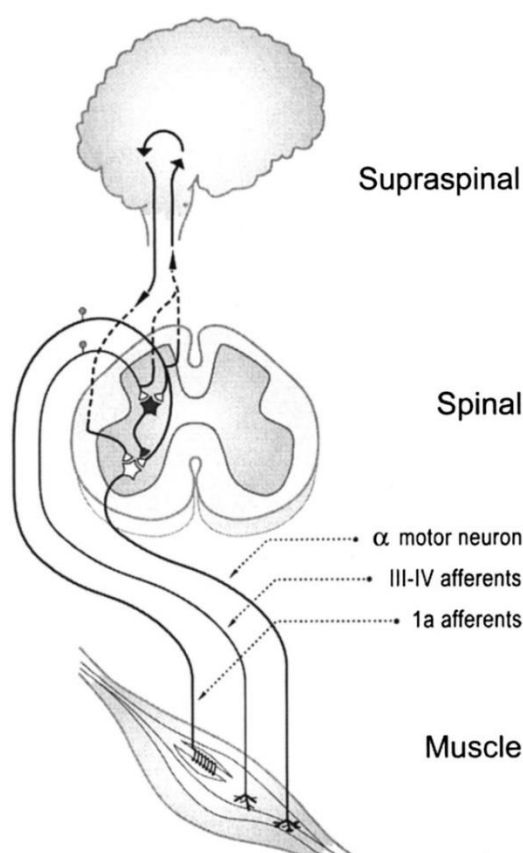
Vzroki centralne utrujenosti (Tomažin, 2014)

-	Manjša vzdraženost alfa motoričnega nevrona
-	Manjši ekscitacijski vpliv periferije
-	Povečana inhibicija motoričnega nevrona
-	Manjša ekscitacija motoričnega nevrona iz supraspinalnih centrov

Manjša vzdraženost alfa motoričnega nevrona je lahko posledica oslabiljenega delovanja Ia aferentnega vlakna, zmanjšane aktivacije gama motoričnih vlaken ter povečanega proženja III in IV aferentnih vlaken. Receptorji, ki so oživčeni z aferentnimi vlakni tipa III, so občutljivi tako na mehansko stanje mišice, kot na presnovno okolje mišice, medtem, ko so vlakna tipa IV

³ CŽS – centralni živčni sistem.

najbolj odzivna na kemično stanje v mišici (Enoka, 2008). Prizadeto pa je tudi delovanje Ib aferentnih vlaken tetivnih organov, kar je rezultat manjšega odziva tetive na razteg mišice in zmanjšane inhibicije Ib aferentnih vlaken na motorične nevrone. Motorični nevroni lahko prejmejo inhibicijske signale skozi rekurentno inhibicijo preko renshawjeve celice ali pa na podlagi pred-sinaptične inhibicije Ia aferentnih vlaken zaradi III – IV aferentnih vlaken, ko mišično vreteno vpliva na motorične nevrone (Hunter, 2004). Po Davisu (2000) pride zaradi dolgotrajne telesne aktivnosti do povečanje serotonina v možganih, kar lahko posledično negativno vpliva na aktivnost nekaterih možganskih centrov, saj je serotonin povezan s številnimi možganskimi funkcijami. Po nekaterih raziskavah bi bil lahko eden od povzročiteljev centralne utrujenosti tudi amonijak (NH₃), ki se kot toksična snov izloči iz mišice in tako po krvi preide v možgane, kjer pa omejuje delovanje določenih mehanizmov (Podpečan, 2013).



Slika 2. Shematični prikaz prenosa živčnih impulzov iz možganov do mišic (Hunter, 2004). Supraspinal (supraspinalno/nivo možganov in možganskega debla); Spinal (spinalno/nivo hrbtenjače); alpha motor neuron (alfa motorični nevron); III-IV afferents (III-IV aferentna vlakna); Ia afferents (Ia aferentna vlakna); Muscle (mišica).

Na sliki 2 je prikazanih nekaj ekscitatornih in inhibitornih poti v hrbtenjači. Motorični nevroni lahko prejemajo inhibicijske impulze iz različnih virov. Ta diagram kaže, da je dominanten inhibicijski efekt s strani III in IV aferentnih vlaken, ki vključuje zmanjšanje ekscitacijskega dražljaja zaradi pred-sinaptične inhibicije Ia aferentnih vlaken (Hunter, 2004).

1.1.2 Periferna utrujenost

Periferna utrujenost se lahko pojavi zaradi sprememb v ciklusu aktivacije prečnih mostičkov in inhibira proizvod mišične sile. Lahko bi jo definirali kot zmanjšana sposobnost mišice za razvoj sile, medtem ko delovanje oz. aktivacija CŽS ostane nespremenjena. Za proizvod sile na prečnih mostičkih je potrebnih veliko metaboličnih sprememb, in na vsaki stopnji se lahko pojavi omejitveni dejavnik zmogljivosti, kar otežuje lokalizacijo periferne utrujenosti (Goodall, 2011). Glavni razlogi za pojav periferne utrujenosti so izčrpavanje zalog goriv v mišicah, kopičenje presnovnih produktov, porušenje elektrolitskega in acidobaznega ravnovesja, spreminjanje elektrofizioloških lastnosti celičnih membran, nasičenje sinaps z acetilholinom v motoričnih ploščicah in drugo (Ušaj, 2003).

Periferno utrujenost delimo na nizkofrekvenčno in visokofrekvenčno periferno utrujenost. Do nizkofrekvenčne periferne utrujenosti pride takrat, ko mišica ob vzdraženju z nizkofrekvenčnimi električnimi dražljaji (10 - 20 Hz) ne more razviti enake sile, medtem ko pri vzdraženju z visokofrekvenčnimi električnimi dražljaji (80 – 100 Hz) lahko razvije enako silo. Visokofrekvenčna periferna utrujenost pa se pojavi takrat, kadar mišica ne more razviti enake sile pri visokofrekvenčnih dražljajih, pri nizkofrekvenčnem draženju pa lahko razvije enako silo (Podpečan, 2013).

Tabela 2

Vzroki visokofrekvenčne periferne utrujenosti (Tomažin, 2014)

Obnašanje	Fiziološki procesi	Možni vzroki
Manjši navor pri 100 Hz električni stimulaciji	Počasnejše širjenje akcijskih potencialov po sarkolemi	Povečana koncentracija K^+ ionov v zunajcelični tekočini
Enak navor pri 20 Hz električni stimulaciji	Počasnejše širjenje akcijskih potencialov po T-cevčicah	Manjše število $Na^{+5}-K^+$ črpalk
		Zmanjšane zaloge ATP, ki je potrebna za delovanje Na^+-K^+ črpalk

Tabela 3

Vzroki nizkofrekvenčne periferne utrujenosti (Tomažin, 2014)

Obnašanje	Fiziološki procesi	Možni vzroki
Enak navor pri 100 Hz električni stimulaciji	Manjša povezava draženja in kontrakcije	Manjša koncentracija kalcijevih ionov
Manjši navor pri 20 Hz električni stimulaciji	Manjše število prečnih mostičkov	Večja koncentracija H^{+6} , P_i^{7} , Mg^{2+8}
	Manjša sila posameznega prečnega mostička	
	Manjša encimska aktivnost	

⁴ K^+ - Kalijev ion

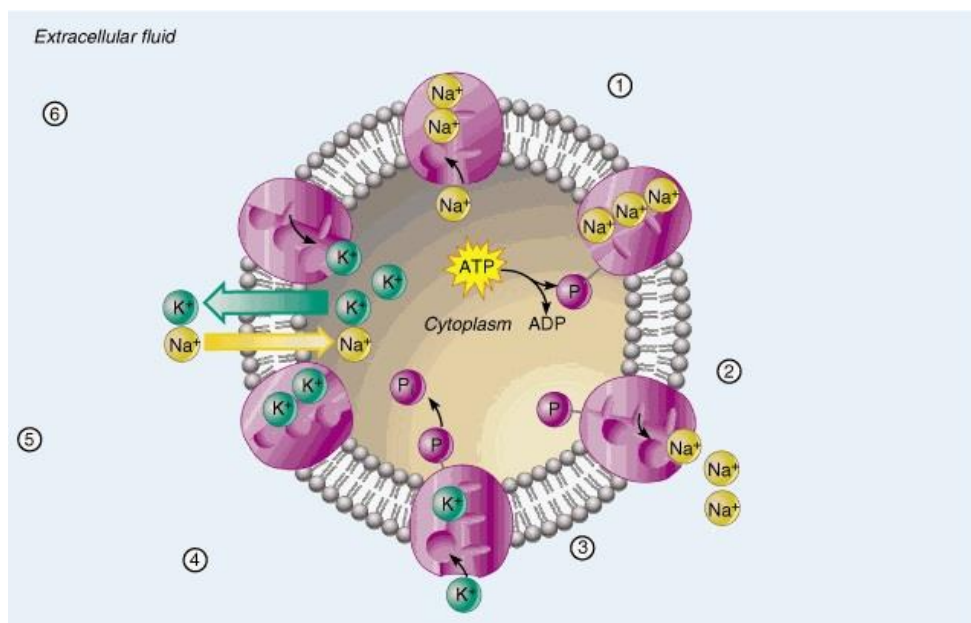
⁵ Na^+ - Natrijev ion

⁶ H^+ - Vodikov kation

⁷ P_i – Anorganski fosfat

⁸ Mg^{2+} - Magnezijev ion

Delovanje skeletnih mišic aktivirajo akcijski potenciali, ki jih ustvarja Na^+ - K^+ črpalka, in sicer z iztokom Na^+ iz mišične celice in dotokom K^+ v celico (Slika 3). Odvisno od tipa in intenzivnosti vadbe se zaradi mišičnega krčenja prehod Na^+ in K^+ ionov skozi celično membrano močno poveča, rezultat tega pa je, da pride do večje koncentracije Na^+ v celicah in večje koncentracije K^+ v izvenceličnem prostoru. Sprememba v koncentraciji K^+ ionov spremeni vzdražnost celične membrane. Povečana koncentracija K^+ ionov v izvenceličnem prostoru lahko zaradi ionskih motenj na sarkolemi in možne blokade v prehodu po T-cevčicah inhibira akcijski potencial. Pomanjkanje K^+ v znotrajceličnem prostoru poveča depolarizacijo celične membrane in s tem zmanjša njeno vzdražnost. Lahko zaključimo, da pomanjkanje K^+ v celicah aktivnih mišic prispeva k mehanizmu, ki so odgovorni za nastanek mišične utrujenosti (Goodall, 2011; Podpečan 2013). Zato je pomembno, da razmerje Na^+ in K^+ v znotraj- in izvenceličnem prostoru ostaja kar se da enako (Ušaj, 2003).



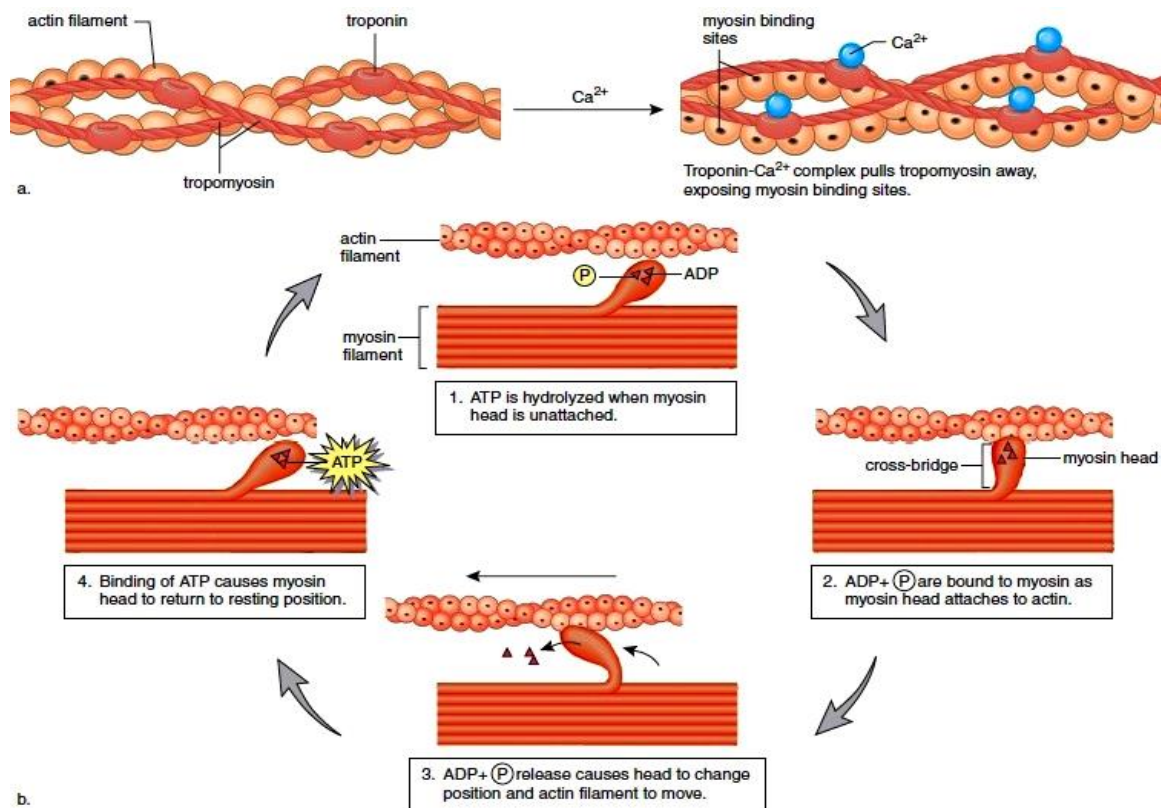
Slika 3. Aktivni transport (Na^+ - K^+ črpalka) (2014). Extracellular fluid (izvencelična tekočina); Cytoplasm (citoplazma).

Po prenosu akcijskega potenciala po celični membrani in skozi sistem T-cevčic sarkoplazemski retikulum sprostijo Ca^{++} ione, ki delujejo na kontraktilni del (prečne mostičke) in izzovejo kontrakcijo oz. mišično silo (Slika 4). Ca^{++} ioni se vežejo na troponin C in tako umaknejo tropomiozin od vezivnih mest miozina na aktinskem filamentu. Na ta prosta vezivna mesta se lahko nato veže miozinska glavica in z vezavo ATP^9 -ja ($\text{ADP}^{10} + \text{P}_i$) na glavico izzove svoj premik in s tem premik aktinskega filameta oz. kontrakcijo. Večja koncentracija Ca^{++} in H^+ ionov zaradi nižjega pH -ja zavirata delovanje Ca^{++} kanalčkov, to zmanjšuje frekvenco in čas odpiranja kanalčkov in s tem povzroči manjšo koncentracijo Ca^{++} v celici. Pri intenzivnem mišičnem delu se poveča koncentracija P_i , kar pa ovira izločanje Ca^{++} iz SR. Do utrujenosti pride ob zmanjšanju koncentracije prostih Ca^{++} ionov, kar pomeni manj vezanega Ca^{++} na troponin C in posledično manj vzpostavljenih prečnih mostičkov (manjšo silo). H^+ ioni se vežejo na prosta mesta na aktinu in zasedejo mesta na troponinu C, kar onemogoča vezavo Ca^{++} ionov na troponin C in

⁹ ATP – adenozin tri fosfat

¹⁰ ADP – adenozin di fosfat

to povzroči manj aktivnih mest ter manj sklenjenih prečnih mostičkov (Goodall, 2011; Podpečan, 2013).



Slika 4. Vloga kalcija in miozina pri mišični kontrakciji (The Role of Actin and Myosin, 2014). Actin filament (aktinski filament); tropomyosin (tropomiozin); troponin (troponin); myosin binding sites (mesta za vezavo miozina/miozinske glavice); Troponin- Ca^{2+} complex pulls tropomyosin away, exposing myosin binding sites (kompleks troponin- Ca^{2+} potegne tropomyosin stran in tako izpostavi prosta mesta za vezavo miozina); myosin filament (miozinski filament); cross-bridge (prečni mostiček); myosin head (miozinska glavica); 1. (ATP je hidroliziran, ko miozinska glavica ni pripeta); 2. ($\text{ADP} + \text{P}$ se vežeta na miozin, ko se miozinska glavica pripne na aktin); 3. (sprostitvev $\text{ADP} + \text{P}$ povzroči spremembo položaja miozinske glavice in premik aktinskega filamenta); 4. (vezava ATP-ja povzroči vrnitev miozinske glavice v položaj mirovanja).

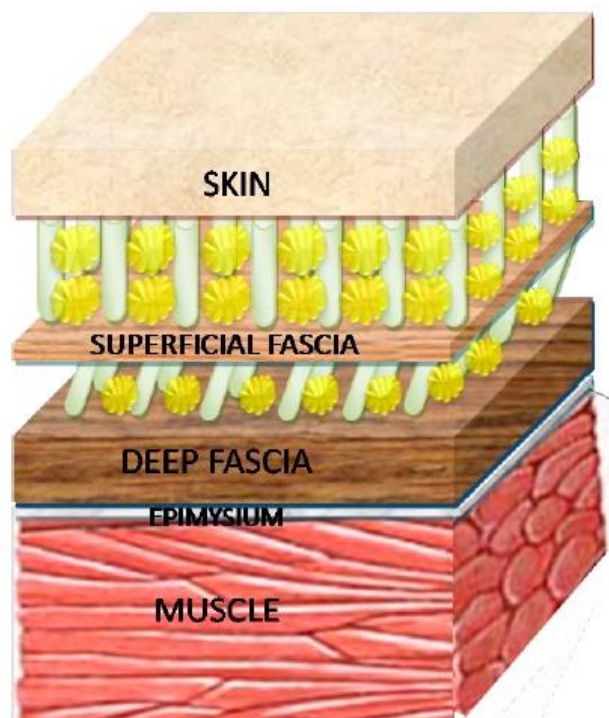
Najpogostejši način merjenja periferne utrujenosti je metoda neposredne električne stimulacije mišice, pri kateri uporabimo dve elektrodi, ki ju namestimo na distalni del mišice. Mišico pa nato stimuliramo z vlakom impulzov (Podpečan, 2013).

1.2 Fascija

Po LeMoonu (2008) je fascija mehkotkivna komponenta sistema vezivnega tkiva, ki predira in obdaja mišice, kosti, organe, živce, žile in druge strukture. Razteza se od glave do pet, od spredaj do zadaj, od površine navznoter kot neprekinjeno tridimenzionalno mrežno tkivo. Schleip in Müller (2012) pravita, da je fascija telesno napetostno omrežje, ki ga sestavljajo vsa mehka fibrozna kolagenska vezivna tkiva, katerih fibrozna arhitektura je dominantno oblikovana s strani napetostnih obremenitev in ne kompresij. To neprekinjeno omrežje, katerega elementi so mišične ovojnice, sklepne ovojnice, znotrajmišično vezivno tkivo, aponevroze, ligamenti in vezi, obdaja in povezuje vse mišice in organe.

Kot pravi Schleip (2012), je bilo področje fascije v zadnjih desetletjih v veliki meri prezrto, njen prispevek na področjih biomehanike in fiziologije pa podcenjevan. Poleg tega pa je področje raziskav fascije relativno mlado in je še veliko neodkritega in neznanega.

Fascija je po Findleyju idr. (2012) je anatomsko zgrajena iz površinske fascije, globoke fascije in visceralne fascije. Površinska fascija je vlaknasta plast membranskega videza, sestavljena iz kolagenskih in elastičnih vlaken. Globoka fascija se razteza preko celotnega telesa in se nahaja pod površinsko fascijo. Na določenih delih, kot je na primer prsna regija, se globoka fascija zliva z mišicami. Zaradi tega je ponekod težko razlikovati posamezne dele fascije, saj se lahko večkrat prekrivajo.



Slika 5. Osnovni vzorec razporeditve podkožnega tkiva, površinske in globoke fascije (Stecco idr., 2011). SKIN (koža); SUPERFICIAL FASCIA (površinska fascija); DEEP FASCIA (globoka fascija); EPIMYSIUM (epimizij); MUSCLE (mišica); Rumeno tkivo - maščoba.

Približno dve tretjini volumna fascije je sestavljeno iz vode. Pri aplikaciji mehanske obremenitve, bodisi v obliki raztezanja ali lokalne kompresije, se iz teh con iztisne precejšna količina vode, ob sprostitvi pa se ponovno napojijo z novo tekočino. Fascija lahko na določenih mestih doživlja pomanjkanje hidracije in zato lahko z aplikacijo zunanje obremenitve dosežemo hidracijo teh mest. Fascija vsebuje tudi ogromno količino senzornih živcev, kot so proprioceptorji, multimodalni receptorji, živčni končiči nociceptorjev, in je naš najpomembnejši organ za propriocepcijo (Schleip in Müller, 2012).

LeMoon (2008) pravi, da je fascija odgovorna za:

- ohranjanje strukturalne integritete;
- zagotavljanje podpore in zaščite;
- delovanje kot blažilec šoka;
- sodelovanje pri hemodinamičnih in biokemičnih procesih;
- zagotavljanje matrice za znotraj celično komunikacijo;
- prvovrstno obrambo telesa pred patogeni in infekcijami;
- ustvarjanje okolja za celjenje tkiva po poškodbi.

Vezivno tkivo telesu zagotavlja podporo in omogoča biomehansko učinkovito gibanje. Vezivno tkivo pomembno prispeva k dinamičnim lastnostim telesa, zato je pomembno, da je vezivno tkivo funkcionalno in pravilno porazdeljeno. Zakrčenost fascijalnega sistema je histološki, fiziološki in biomehanski zaščitni mehanizem, ki je odgovor na mikropoškodbe tkiva. Kolagen postane bolj gost, elastin izgubi svojo prožnost, fascija postane bolj omejena in predstavlja izvor napetosti celotnemu telesu. Skozi čas to privede do slabše mišične biomehanike, spremenjene strukturne poravnave, zmanjšane moči, vzdržljivosti in koordinacije ter večjega občutka lokalne bolečine in zmanjšanja funkcionalne kapacitete (Barnes, 1997).

Uporaba penastega valja je po Schleipu in Mullerju (2012) lahko pripomore k induciranju lokalne začasne dehidracije fascije in posledično ponovne rehidracije. Poleg tega pa lahko pripomore k stimulaciji potencialno inhibiranih ali manj občutljivih proprioceptorjev v bolj skritih mestih fascije. Po njunem mnenju bi lahko s pravilno uporabo penastega valja dosegli podobne koristne učinke kot pri manualni tehniki sprostitve mišične fascije.

1.3 Samomasaža s penastim valjem

Kot že omenjeno je uporaba penastega valja kot sredstva za samomasažo množično razširjena zaradi številnih domnevnih pozitivnih učinkov kot so izboljšanje mišičnih funkcij, izboljšanje gibljivosti in zmogljivosti, zmanjšanje mišične bolečine, bolečine sklepov in zmanjšanje števila poškodb. So pa te trditve v veliki meri še nepreverjene in znanstveno nepotrjene (Stevens, 2013).

Penasti valj, bolj poznan pod angleškim izrazom "foam roller", je vadbeni in samomasažni pripomoček, ki je lahko različnih dimenzij (navadno 15 cm premera) in je sestavljen iz različnih materialov. Najpogosteje uporabljeni so penasti valji iz polietilena (EPE), polistirena (PS), EVA¹¹ pene in iz polivinilklorida, prekritega z mehkim tekstilnim materialom. Valj ima lahko obliko polnega ali praznega valja, gladek ali z izboklinami. Nekoliko manj priljubljeni pa so ročni masažni valji, masažne žoge ipd.

Curran idr. (2008) so v raziskavi, kjer so primerjali pritiske na mehka tkiva dveh valjev iz različnih materialov, ugotovili, da so valji iz trših materialov (prazni penasti valj iz PVC¹², prekrit z mehkim tekstilnim materialom) imeli bistveno večji pritisk na mehka tkiva in bolj izolirano kontaktno površino v primerjavi z valji iz mehkejših materialov (polni valj iz polistirena). Na podlagi teh ugotovitev bi bila uporaba valja iz trših materialov bolj učinkovita kot samomasaža z valjem iz mehkejših materialov.



Slika 6. Primeri različnih penastih valjev. 1. prazni penasti valj iz polivinilklorida (Trigger Point Performance Therapy The Grid Foam Roller, 2014); 2. ročni penasti valj (Trigertail, 2014); 3. polni penasti valj iz polietilena (Five Reasons to Use a Foam Roller, 2014).

Penasti valj se uporablja po principih samomasaže in sproščanja mišičnih ovojnica oz. fascije. Za izvajanje samomasaže uporabimo svojo telesno težo, s pomočjo katere izvajamo pritiske na mehka tkiva. Takšna masaža je tudi oblika globokotkivne masaže. Posameznik se valja po dolžini mišice, pri čemer izvaja daljše in krajše gibe. Ob občutku povečane bolečine na določenem delu mišice lahko gibanje zaustavi in nekaj časa vrši pritisk na mestu bolečine.

¹¹ EVA – etilen vinil acetat

¹² PVC – polivinilklorid

Valjanje se izvaja po mehkeem tkivu od centralnega dela telesa proti periferiji, mišico pa običajno razdelimo na segmente ali dele in se posvečamo valjanju enega dela ter nato drugega, preden začnemo izvajati daljša gibanja po mišici (Stevens, 2013). Žal pa ni veliko literature, ki bi obravnavala načine uporabe penastega valja, in je zgoraj omenjeni način zgolj eden najbolj uporabljenih, ni pa nujno najbolj učinkovit.

Stevens (2013) pravi, da je masaža lahko definirana kot mehanična manipulacija mehkih tkiv z uporabo ritmičnih pritiskov in gnetenj z namenom spodbujanja zdravja in dobrega počutja. Masaža ima lahko številne koristne učinke, kot je zmanjšanje mišičnega tonusa, zmanjšanje mišične bolečine, otekline in krčev, povečan krvni pretok, povečana temperatura mišic in kože, pospešena stopnja zdravljenja poškodovanih mišic ali tetiv, povečana gibljivost, zmanjšana koncentracija laktata v mišicah, zmanjšana anksioznost, povečane imunske in endokrine funkcije ter tako povečana telesna zmogljivost. Stevens (2013) pa tudi omenja, da je občutno več znanstvene literature o učinkih masaže, ki jo izvaja terapevt ali maser, od samomasaže z valjanjem. Zato ne moremo samomasaže z valjanjem z gotovostjo pripisati enake koristne učinke kot pri masaži, ki jo opravi maser.

Samomasaža z valjanjem uporablja tudi principe sproščanja fascije. Sproščanje fascije je po Stevensu (2013) manualna terapija, ki pripomore k zmanjšanju adhezij in vnetij, ki so prisotna med sloji fascije. Ta oblika manualne terapije se osredotoča na lajšanje občutljivosti miofascialnih prožilnih točk znotraj mišice ali fascije, ki so boleče na pritisk in lahko povzročajo bolečino, gibalne in avtonomne motnje. Tem točkam tudi pravimo "trigger points". Nekateri vzroki za nastanek teh miofascialnih prožilnih točk so ponavljajoče se mikrotravme mišice, slaba drža, slaba mehanika gibanja in pretreniranost. Posledice omenjenih točk pa so tudi krajšanje mišic, omejevanje proizvodnje mišične sile in omejevanje mišičnih funkcij v celoti, kar pa vodi do utrujenosti, večje verjetnosti aktivacije novih tovrstnih točk in poškodb (Stevens, 2013).

Daljša in manj intenzivna valjanja po mišici pomagajo pri raztegu mišice in fascije ter zmanjšanju mišične bolečine, obenem pa zmanjšujejo občutljivost "trigger" točk. Po drugi strani pa manjša in bolj intenzivna valjanja pripomorejo k boljšemu pretoku krvi, zmanjšujejo mišično bolečino in otekline, mehčajo fascije in sproščajo adhezije med tkivi. Oba načina valjanja se navadno izvajata od centralnega dela telesa proti periferiji, lahko pa tudi obratno. Z vršenjem pritiska na mestu povečane bolečine, dokler ne pride do občutka zmanjšane bolečine, dosegamo sproščanje tako imenovanih "trigger points" (Stevens, 2013).

V raziskavi, kjer so MacDonald idr. (2013) ugotavljali učinek samomasaže z valjanjem na maksimalno silo iztega kolena, mišično aktivacijo, silo tetanusa, silo skrčka in polovični relaksacijski čas ter obseg giba v kolenskem sklepu so ugotovili, da je uporaba valja kot sredstva samomasaže na mišici *quadriceps femoris* pripomogla k povečanju obsega giba v kolenskem sklepu brez sočasnega zmanjšanja mišične zmogljivosti. V raziskovalni skupini so merjenci izvajali dve enominutni seriji samomasaže z valjanjem z vmesnim enominutnim odmorom, medtem ko kontrolna skupina ni izvajala valjanja. Po valjanju je prišlo do povečanja obsega giba v kolenskem sklepu v povprečju za 10° po dveh minutah in za 8° po desetih minutah. Pri drugih merskih spremenljivkah pa ni prišlo do pomembnih statističnih razlik med raziskovalno in kontrolno skupino.

Podobno raziskavo so opravili tudi Sullivan idr. (2013), kjer so opazovali akutni učinek samomasaže z valjanjem na gibljivost zadnje stegenske mišice brez zmanjšanja mišične zmogljivosti. Proučevali so test gibljivosti predklon sede, največjo hoteno silo, aktivacijo zadnje stegenske mišice, silo skrčka in elektromehansko zakasnitev. Valjanje je bilo na merjencih aplicirano s pomočjo naprave, ki je z uporabo ročnega penastega valja lahko posredovala konstanten pritisk 13 kg in stalno hitrost 120 udarcev na minuto. Valjanje je potekalo v štirih različnih intervencijah, in sicer 1 serija po 5s, 1 serija po 10s, 2 seriji po 5s in 2 seriji po 10s. Kontrolna skupina je bila deležna enakih meritev, vendar ne valjanja. Rezultati raziskave so pokazali, da je uporaba valjanja pripomogla k izboljšanju testa gibljivosti predklon sede za 4,3 %. Povečan trend gibljivosti so opazili tudi v odvisnosti od časa, ki je nakazal boljši rezultat po 10s valjanju (za 2,3 %) kot po 5s. Rezultati pa niso pokazali statistično pomembnih razlik pri merjenju največje hotene sile, aktivacije zadnje stegenske mišice in elektromehanske zakasnitve med raziskovalno in kontrolno skupino. Raziskovalci so prišli do zaključka, da 5- do 10-sekundno valjanje s konstantnim pritiskom 13 kg in hitrostjo 120 udarcev na minuto ni imelo učinka na mišično silo, je pa bistveno povečalo akutno gibljivost zadnje stegenske mišice.

Učinke samomasaže s penastim valjem na gibljivost je raziskoval tudi Škarabot (2014), ki je primerjal kombinacijo samomasaže z valjanjem in statičnega raztezanja z metodama, izvedenima posamezno na aktivni obseg v skočnem sklepu. Preverjal pa je tudi trajnost učinkov omenjenih metod. V raziskavi je sodelovalo 11 mladih plavalcev, meritve pa so bile opravljene naključno z določenim vrstnim redom metod in so bile izvedene v treh serijah, z minimalno 24-urnim razmikom. Meritve aktivnega obsega v skočnem sklepu so bile izvedene pred določeno metodo, takoj po opravljeni metodi, 10 minut, 15 minut in 20 minut po izvedeni metodi. Rezultati raziskave so pokazali, da je bila kombinacija metod uspešnejša pri izboljšanju aktivnega obsega v skočnem sklepu v primerjavi z zgolj statičnim raztegom ali pa zgolj samomasažo s penastim valjem. Obseg giba pa ni bil več povečan 10 minut po opravljeni metodi, ne glede na metodo.

MacDonald idr. (2014) so tudi raziskovali uporabo penastega valja kot samomasažno sredstvo za regeneracijo po intenzivni telesni vadbi. V raziskavi so analizirali mišično bolečino, obseg giba v kolenskem in kolčnem sklepu, izzvano in hoteno mišično kontrakcijo, navpični skok, zaznana bolečina med valjanjem in silo na valju. Merjenci so izvajali 10 serij po 10 počepov pri 60 % maksimalne teže z 2-minutnim odmorom po vsaki seriji. Merske spremenljive so raziskovalci izmerili pred izvajanjem počepov, takoj po izvedbi počepov, 24 ur, 48 ur in 72 ur po izvedbi počepov. Kontrolna in raziskovalna skupina sta se razlikovali v tem, da je raziskovalna skupina opravila 20-minutni protokol samomasaže z valjanjem takoj po počepih, 24 ur in 48 ur po počepih. Avtorji so prišli do ugotovitev, da je raziskovalna skupina, ki je izvajala samomasažo z valjanjem, bistveno zmanjšala mišično bolečino (po lestvici od 0 – 10. "0" pomeni nič bolečine, "10" pa pomeni največja možna do sedaj občutena bolečina) na vseh merskih stopnjah in bistveno povečala obseg giba kolenskega in kolčnega sklepa. Je pa valjanje negativno vplivalo na izzvano mišično kontrakcijo. Valjanje je tudi izboljšalo hoteno mišično aktivacijo pri vseh merskih stopnjah in višino navpičnega skoka 48 ur po izvedbi počepov. Mišična bolečina je bila pri raziskovalni skupini največja 24 ur po izvedbi počepov, pri kontrolni skupini pa največja 48 ur po izvedbi počepov, kar je tudi pričakovan čas, medtem ko je valjanje očitno pospešilo razvoj vnetnih procesov. Na podlagi teh ugotovitev so raziskovalci prišli do zaključka, da je samomasaža učinkovita pri lažšanju mišične bolečine ob hkratnem izboljšanju navpičnega skoka, mišične aktivacije, pasivne in dinamične gibljivosti v primerjavi s kontrolno

skupino, ki valjanja ni izvajala. Te ugotovitve tudi kažejo, da se učinki valjanja primarno kažejo preko živčnih odzivov in vezivnega tkiva.

Jay idr.(2014) so podobno kot MacDonald raziskovali akutni učinek samomasaže s penastim valjem na mišično bolečino. Intervencijo samomasaže so izvajali na zadnji stegenski mišici na eni nogi in tudi potencialni "cross-over" učinek na nemasirani nogi pri 22 zdravih, vendar netreniranih osebah. Merjenci so bili naključno porazdeljeni v masažno skupino in kontrolno skupino. Na en dan so vsi merjenci opravili 10 serij po 10 ponovitev mrtvega dviga s kettlebellom, s 30 sekundami počitka med serijami in tempom 1 - 2 sekundi za koncentrične in ekscentrične faze pri vsaki ponovitvi. Okoli 48 ur po vadbi so merjenci ocenili stopnjo bolečine v zadnji stegenski mišici na obeh nogah z uporabo vizualne analogne lestvice, medtem pa so raziskovalci testirali prag bolečine na pritisk z otipavanjem mišice. Merjenci v kontrolni skupini niso več doživeli nobenega nadaljnega posredovanja, preizkušanci v masažni skupini pa so prejeli intervencijo masaže z valjanjem na eni nogi. Meritve stopnje bolečine z uporabo vizualne analogne lestvice, stopnja bolečine na pritisk in fleksibilnost so bile izmerjene pred, takoj po, 10 minut, 30 minut in 60 minut po masaži z valjanjem. Masažna skupina je prikazala znatno zmanjšano bolečino in večji prag bolečine na pritisk v primerjavi s kontrolno skupino takoj po masaži, 10 minut in 30 minut po masaži. Tako so avtorji prišli do podobnega zaključka kot MacDonald, da samomasaža z valjanjem pripomore k zmanjšanju mišične bolečine.

Vpliv valjanja na zmogljivost so opazovali tudi Healey idr. (2013). Opravili so raziskavo, s pomočjo katere so želeli ugotoviti, ali lahko samomasaža z valjanjem izboljša zmogljivost. Merjenci so po naključnem izboru izvedli samomasažo z valjanjem ali vrsto vaj za stabilizacijo trupa, za tem pa serijo atletskih testov (višina in sila navpičnega skoka, izometrična sila in agilnost). Valjanje so izvedli na štiriglavih stegenskih mišicah, zadnjih stegenskih mišicah, mečnih mišicah, široki hrbtni mišici in velikih rombastih mišicah, po 30 sekund na vsaki mišični skupini. Vaje za stabilizacijo trupa so izvedli v enakih časovnih okvirjih kot tiste pri valjanju. Pri atletskih testih ni bilo opaženih statistično pomembnih razlik med učinki samomasaže z valjanjem in vajami za stabilizacijo trupa, kar je avtorje privedlo do zaključka, da samomasaža z valjanjem nima statistično pomembnega učinka na zmogljivost. So pa merjenci poleg omenjenih testov ocenili tudi stopnjo občutene bolečine (4 različne lestvice) po ogrevanju in po koncu vsakega testa. Pokazalo se je, da je skupina, ki je izvajala valjanje, občutila občutno manjšo bolečino kot skupina, ki je opravila vaje za stabilizacijo trupa. To pa lahko pomeni, da zaradi zmanjšane občutke bolečine oseba akutno podaljša čas ali količino vadbe in tako pripomore h kroničnemu izboljšanju zmogljivosti.

Z merjenjem največje inducirane sile pri Wingate testu (30 sekund) pri 23 osebkih (9 moških in 14 žensk) so Janot idr. (2013) primerjali učinek statičnega raztezanja in samomasaže z valjanjem na anaerobno moč. Ugotovili so, da se je pri ženskah sila bistveno zmanjšala po statičnem raztezanju, medtem ko je po samomasaži ostala nespremenjena. Pri moških pa se je sila bistveno povečala pri obeh intervencijah, statičnem raztezanju in samomasaži s penastim valjem. Po združitvi rezultatov so avtorji zaključili, da ni bilo statistično značilne razlike med intervencijama.

Okamoto idr. (2013) so opravili raziskavo, kjer so opazovali akutne učinke samomasaže z valjanjem na arterijske funkcije, bolj natančno na arterijsko togost in vaskularno endotelno

delovanje. Merili so hitrost pulznega vala na brahialni arteriji, na roki in gležnju, krvni tlak, srčni utrip ter koncentracijo plazma dušikovega oksida. Merske spremenljivke so merili pri raziskovalni skupini, ki je izvajala samomasažo z valjanjem, in sicer pred in 30 minut po valjanju. Kontrolna skupina je izvedla enake meritve, le brez valjanja. Raziskovalna skupina je izvedla samomasažo z valjanjem na primikalkah kolka, zadnji stegenski mišici, štiri glavi stegenski mišici, na iliotibialnem traktu in trapezih (v tem zaporedju). Pri raziskovalni skupini se je pokazalo občutno zmanjšanje hitrosti pulznega vala in bistvenega povečanja koncentracije plazma dušikovega oksida. Avtorji so tako prišli do ugotovitev, da ti rezultati kažejo na potrditev hipoteze, da samomasaža z valjanjem zmanjšuje arterijsko togost in izboljšuje vaskularno endotelno delovanje.

Raziskave so si v večini primerov enotne, da so učinki samomasaže z valjanjem bolj ali manj nepreverjeni, literatura pa ne navaja konkretnih mehanizmov delovanja samomasaže z valjanjem. Čeprav ni dokazano, kako pravzaprav deluje valjanje, so nekatere raziskave potrdile pozitivne učinke na povečanje obsega giba sklepa, zmanjšanje togosti in zmanjšanje mišične bolečine.

1.4 Namen

V želji po boljši zmogljivosti in hitrejši regeneraciji se v športno prakso vedno znova uvajajo nove metode za doseganje tega cilja. Po MacDonaldu idr. (2013) redna vadba in športna aktivnost privede do poškodb mišic in mišičnih ovojnic, prihaja do vnetij, zmanjšanja elastičnosti in dehidracije mišičnih ovojnic. Vsi ti faktorji povzročajo bolečino v mišicah, zmanjšujejo gibljivost, moč in vzdržljivost ter tako omejujejo ostale mišične funkcije. Zaradi anekdotičnih pozitivnih učinkov na omenjene faktorje in praktičnosti ter cenovne dostopnosti se je tako razširila uporaba valja kot sredstva za samomasažo.

Večina raziskav je bilo osredotočenih na učinke valjanja na obseg giba sklepa oz. gibljivost. Healey idr. (2013) so raziskovali, ali lahko samomasaža z valjanjem pred gibalnimi testi pripomore k boljši zmogljivosti in tako boljšemu rezultatu na posameznem testu. Izkazalo se je, da samo valjanje akutno ne pripomore k boljši zmogljivosti.

MacDonald idr. (2014) so opazovali regeneracijske učinke samomasaže z valjanjem po intenzivni telesni vadbi. Merjencem so z 10 serijami po 10 počepov povzročili zapoznelo mišično bolečino in takoj po vadbi, 24 ur ter 48 ur po vadbi izmerili mišično bolečino, obseg giba v kolenskem in kolčnem sklepu, izzvano in hoteno mišično kontrakcijo, navpični skok, zaznana bolečino med valjanjem in silo na valju. Ta raziskava se za razliko od drugih osredotoča na regeneracijske učinke valjanja. Vendar pa avtorji v raziskavi preverjajo učinke na zapoznelo mišično bolečino in ne na periferno utrujenost.

Pri športni vadbi je utrujenost neizbežen pojav. Tako v rekreativnem kot vrhunskem športu pa se poraja želja po hitrejši regeneraciji in s tem hitrejšemu povratku k vadbi ali povratku k vadbi na višjem kakovostnem nivoju. Naš namen je bil torej ugotoviti, kakšen akutni učinek ima samomasaža z valjanjem na periferno utrujenost, in ali je bolj primerna ta metoda od le pasivnega odmora.

1.5 Cilji

Cilj 1: Ugotoviti, ali bo samomasaža z valjanjem imela akutni vpliv na periferno utrujenost.

Cilj 3: Ugotoviti, ali bo samomasaža s penastim valjem učinkovitejša od pasivnega odmora pri morebitnem zmanjšanju periferne utrujenosti.

1.6 Hipoteze

Na podlagi našega namena in ciljev so hipoteze sledeče:

H₀1: Samomasaža z valjanjem bo privedla do zmanjšanja periferne utrujenosti 3 minute in pol po utrujanju.

H₀2: Razlika v največji hoteni izometrični kontrakciji med 2. (takoj po utrujanju) in 3. (3 minute in pol po utrujanju) merjenjem bo večja po intervenciji samomasaže z valjanjem v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

H₀3: Razlika v amplitudi enojnega skrčka bo med 2. in 3. merjenjem večja po intervenciji samomasaže z valjanjem v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

H₀4: Razlika v amplitudi dvojnega 10 Hz skrčka bo med 2. in 3. merjenjem večja po intervenciji samomasaže z valjanjem v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

H₀5: Razlika v amplitudi dvojnega 100 Hz skrčka bo med 2. in 3. merjenjem večja po intervenciji samomasaže z valjanjem v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

H₀6: Razlika v amplitudi 10 Hz vlaka skrčkov bo med 2. in 3. merjenjem večja po intervenciji samomasaže z valjanjem v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

H₀7: Razlika v amplitudi 100 Hz vlaka skrčkov bo med 2. in 3. merjenjem večja po intervenciji samomasaže z valjanjem v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

2 Metode dela

2.1 Preizkušanci

V raziskavi je sodelovalo 10 športno aktivnih preizkušancev (10 moških in 1 ženska), starih med 18 in 24 let. Nekateri so že imeli predhodne izkušnje s samomasažo s penastim valjem, večina pa je prejela informacije in navodila za izvajanje samomasaže v času meritev. Vsi merjenci so bili v času meritev zdravi in brez poškodb, ki bi morebiti vplivale na rezultat meritev. Prav tako so bili vsi merjenci seznanjeni s potekom meritev in metodami dela.

2.2 Pripomočki

Kot samomasažni pripomoček smo uporabili prazni penasti valj iz polivinilklorida, prekrita s tanko oblazinjeno plastjo The Grid Foam Roller (Trigger Point Technologies; 5321 Industrial Oaks Blvd., Austin, Texas 78735, USA). Penasti valj ima premer 14 cm, dolg je 33 cm, težak pa 0,65 kg.

Uporabili smo tudi 2 štoparici za merjenje časa, lesen zabojnik velikosti 25 cm za ogrevanje in metronom za določanje tempa pri ogrevanju. Utrujanje smo dosegali na trenažerju za izteg kolena (Technogym; via Calcinaro, 2861 – 47521 Cesena, Italy).

Največjo izometrično silo/navor smo merili s kolensko upornico z vgrajenim tlačno-nateznim senzorjem (MES, Maribor, Slovenija) pri kotu 60° v kolenu in 110° v kolku. Za električno stimulacijo smo uporabili električni stimulator (AD instruments; New Zealand) in samolepilni elektrodi Pals (Axelgaard Manufacturing Co., Ltd; USA) velikosti 5 x 13 cm. Podatke smo zajemali in analizirali z uporabo programske opreme LabChart 8 (AD Instruments; New Zealand).

2.3 Postopek

Raziskava je potekala v Kineziološkem laboratoriju na Fakulteti za šport v Ljubljani. Meritve so potekale v obdobju meseca in pol ter po naključnem vrstnem reku. Vsak merjenec je meritev opravil dvakrat, pri čemer je bilo najmanj 48 ur razmika med vsako meritvijo (meritve so opravili posamezno). Večina meritev je bilo opravljenih v popoldanskem času, nekatere pa so bile opravljene tudi v dopoldanskem. Merjenci so meritve opravili v športni opremi. Kratke hlače so bile obvezne, saj smo tako lahko zagotovili pritrjevanje in odstranjevanje elektrod.

Na začetku prve meritve vsakega merjenca smo določili nogo, na kateri bomo v nadaljevanju izvajali meritve, za tem pa jakost električnega impulza. Merjenec se je usedel na poseben stol s kolensko upornico z vgrajenim tlačno-nateznim senzorjem. Kot v kolenu je bil 60°, medtem ko je bil kot v kolku 110°. Merjenec se je nato sam s pasom pripel okoli pasu, istočasno pa smo merjencu nogo pripeli nad gležnjem in jo tako fiksirali v želen položaj, kot prikazuje slika 8. Na distalni del mišice *quadriceps femoris* pa smo za tem namestili tudi samolepilni elektrodi.

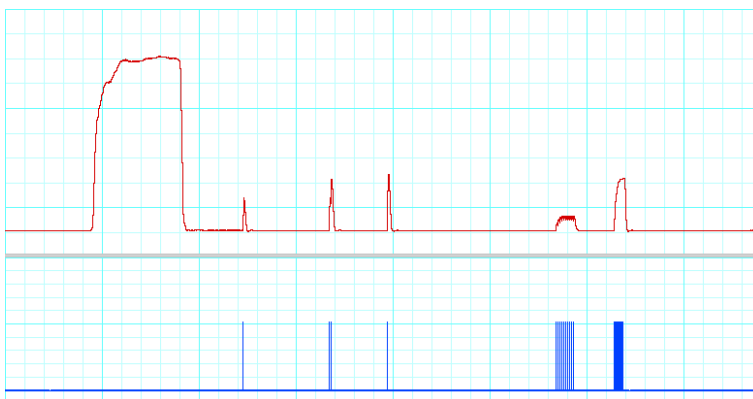
Jakost smo določili tako, da smo postopoma povečevali jakost enojnega električnega impulza, dokler se je navor skrčka povečeval. Za tem smo določili tudi jakost vlaka električnih impulzov, tako da smo določili motorični prag pri vlaku 10 Hz, in nato to vrednost pomnožili s 3, kar je pri večini merjencev znašalo okrog 150 mA.

Za tem je preizkušanec opravil ogrevanje, ki ga je izvedel s 6-minutnim stopanjem na 25 cm visok lesen zabojnik (Slika 7). Čas ogrevanja smo merili s pomočjo štoparice. Pri stopanju na zabojnik je prišlo vsako minuto in pol do menjave noge, tako da je v času ogrevanja preizkušanec trikrat zamenjal nogo pri stopanju na zabojnik. Da bi vsem preizkušancem zagotovili enako stopnjo intenzivnosti, smo uporabili metronom za določanje tempa stopanja na zabojnik, ki je znašal 120 udarcev na minuto oz. en dvig in spust v dveh sekundah. Po uvodnem ogrevanju smo na prvi meritvi pri vsakem merjencu določili še obremenitev (15RM), pri kateri je na obeh meritvah dosegel utrujanje na trenažerju za izteg kolena.

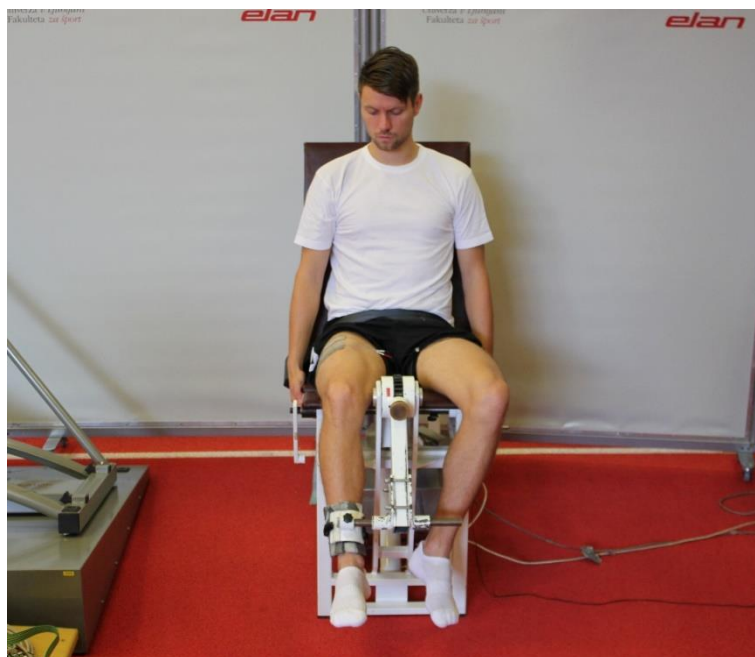


Slika 7. Način ogrevanja; stopanje na lesen zabojnik višine 25 cm.

Sledilo je prvo merjenje največje hotene kontrakcije in niz skrčkov (enojni skrček, dvojni skrček 10 Hz, dvojni skrček 100 Hz, vlak impulzov 10 Hz in vlak impulzov 100 Hz).



Slika 8. Merjenje navora s programom LabChart 8.



Slika 9. Merjenje največje hotene izometrične kontrakcije in mišičnih skrčkov.

Merjenec je pričel z merjenjem največje hotene izometrične kontrakcije kolena na povelje "pripravi, zdaj". Po nekajsekundnem največjem hotenem izometričnem naprežanju je merjenec popolnoma sprostil mišico in sledila je električna stimulacija, s katero smo izzvali mišične skrčke (Slika 9).

Po uvodnem merjenju je sledilo utrujanje, ki smo ga dosegli na trenažerju za izteg kolena (Slika 10). Kot že omenjeno, smo že po fazi ogrevanja določili 15RM obremenitev, s katero je preizkušanec opravil 3 serije iztega kolena s predhodno določeno nogo. Ponovitve so preizkušanci izvajali po principu 1 sekunda koncentrično, 2 sekundi ekscentrično, serije pa so bile izvedene v 2-minutnem ciklusu. Za merjenje natančnega časa utrujanja smo uporabili štoparico. Utrujanje je trajalo natanko 6 minut.



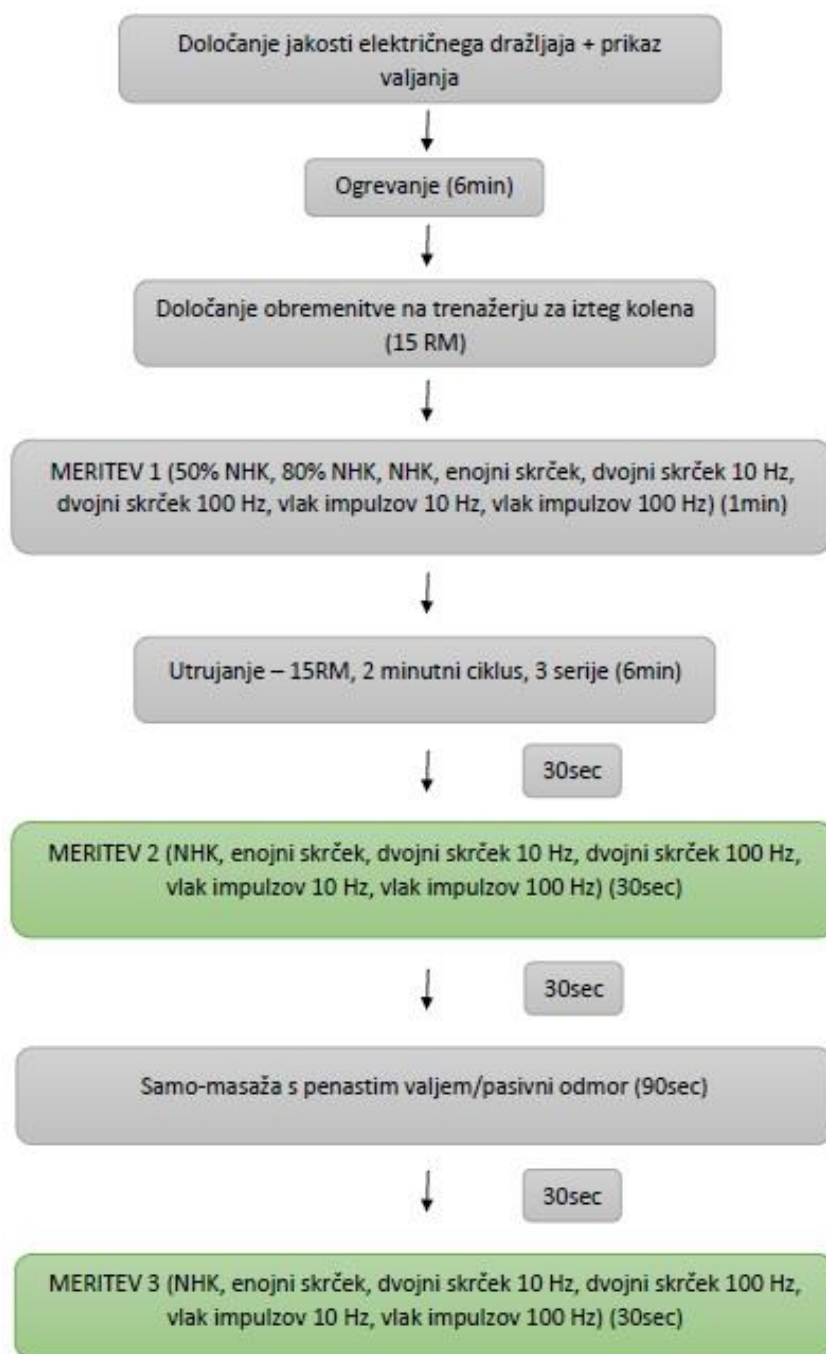
Slika 10. Način utrujanja

Natanko 30 sekund po utrujanju smo izvedli drugo merjenje največje hotene kontrakcije in niza skrčkov, ki je prav tako trajalo 30 sekund. Po tem merjenju smo prav tako po 30 sekundah izvedli bodisi samomasažo z valjanjem ali pa pasivni odmor. Obe intervenciji sta trajali natanko 90 sekund. Za konec pa so merjenci 30 sekund po intervenciji opravili še tretje merjenje največje hotene kontrakcije in niza skrčkov ter s tem zaključili prvo meritve.

Samomasaža z valjanjem je bila preizkušancem predstavljena pred začetkom meritve. Valjanje smo izvajali na mišici *quadriceps femoris* ene noge (Slika 11). Celotna intervencija je trajala natanko 90 sekund. Mišico smo navidezno razdelili na 3 enake dele ali sekcije, katerim smo se vsaki posebej posvečali pri samomasaži. Valjanje smo izvajali od centralnega dela telesa proti periferiji in sicer nekaj centimetrov od izvora mišice rectus femoris (Spina iliaca anterior inferior), postopno do njenega pripenjaljšča preko patelarne tetive na patelo. Valjanje so merjenci najprej izvajali s kratkimi gibi na eni navidezni sekciji mišice, nato so prešli na drugo sekcijo ter tretjo, preden so začeli z daljšimi gibi. Pritisk na valj so regulirali sami s svojo telesno težo, pri čemer so z drugo nogo in rokama v opori na podlahteh nadzorovali ravnotežni položaj. Merjencem je bilo naročeno, da so ob občutku povečane bolečine na določenem mestu nekaj trenutkov obdržali statičen položaj na tem mestu in tako sproščali miofascialne prožilne točke. Pri samomasaži so se merjenci dotaknili tudi iliotibialnega trakta.



Slika 11. Samomasaža mišice *quadriceps femoris* s penastim valjem.



Slika 12. Grafični prikaz metodičnega postopka

2.4 Statistična obdelava podatkov

Statistično obdelavo podatkov smo opravili s programom SPSS (SPSS 21 za Windows Inc., Chicago, IL, USA).

Analizo podatkov smo izvedli s statističnim testom dvosmerna ANOVA za ponovljene meritve. Uporabili smo 2 neodvisni spremenljivki, in sicer eno neodvisno spremenljivko z dvema nivojema (1 – intervencija pasivnega odmora; 2 – intervencija samomasaže z valjanjem) ter drugo neodvisno spremenljivko s tremi nivoji (1 – merjenje pred utrujanjem; 2 – merjenje takoj po utrujanju; 3 – merjenje 3 minute in pol po utrujanju). Če je bila alfa vrednost manjša od 0,05, je bila F vrednost statistično pomembna.

Za določanje statistično pomembnih razlik med posameznimi meritvami in med intervencijama smo uporabili Bonferronijev post hoc test. Če je bila alfa vrednost manjša od 0,05, so bili rezultati statistično pomembni.

3 Rezultati in razprava

3.1 Rezultati

Tabela 4

Povprečne vrednosti (s standardnim odklonom) navora vseh treh merjenj (surove vrednosti v V) pri intervenciji pasivnega odmora

	MVC	S1	S2_10	S2_100	V_10	V_100
1. merjenje (pred utrujanjem)	4,84 V ± 0,82	0,88 V ± 0,19	1,43 V ± 0,33	1,52 V ± 0,31	0,25 V ± 0,08	0,76 V ± 0,26
2. merjenje (po utrujanju)	4,53 V ± 0,97	0,65 V ± 0,18	1,00 V ± 0,27	1,25 V ± 0,29	0,18 V ± 0,06	0,59 V ± 0,22
3. merjenje (po pasivnem odmoru oz. 3 minute in pol po utrujanju)	4,74 V ± 1,07	0,69 V ± 0,15	1,06 V ± 0,22	1,30 V ± 0,25	0,16 V ± 0,05	0,61 V ± 0,21

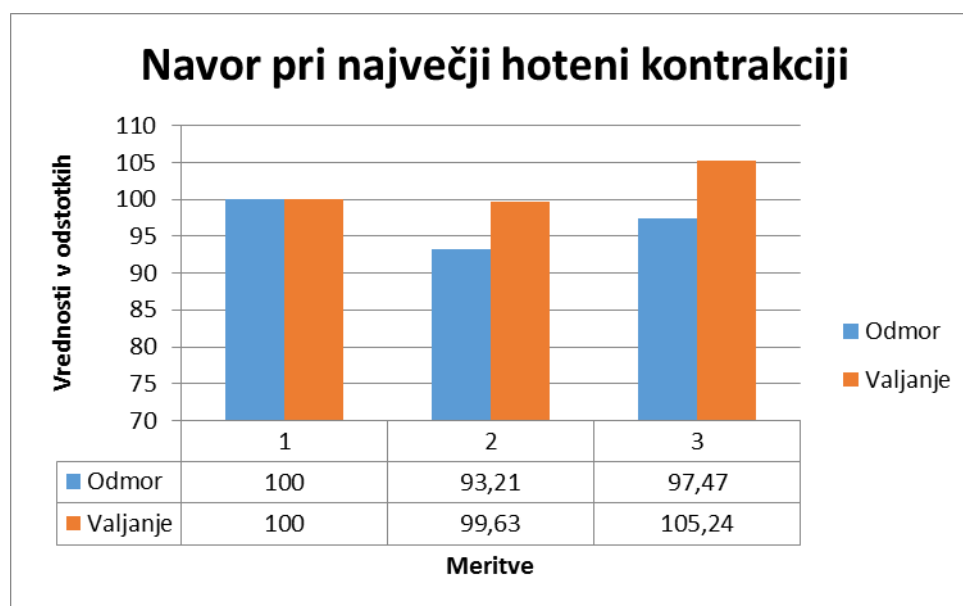
Tabela 5

Povprečne vrednosti (s standardnim odklonom) navora vseh treh merjenj (surove vrednosti v V) pri intervenciji samomasaže z valjanjem

	MVC	S1	S2_10	S2_100	V_10	V_100
1. merjenje (pred utrujanjem)	4,79 V ± 1,04	0,92 V ± 0,10	1,45 V ± 0,22	1,56 V ± 0,19	0,31 V ± 0,18	0,85 V ± 0,33
2. merjenje (po utrujanju)	4,66 V ± 0,78	0,64 V ± 0,18	0,97 V ± 0,29	1,22 V ± 0,28	0,21 V ± 0,12	0,69 V ± 0,32
3. merjenje (po samomasaži z valjanjem oz. 3 minute in pol po utrujanju)	4,92 V ± 1,04	0,71 V ± 0,12	1,09 V ± 0,21	1,32 V ± 0,24	0,18 V ± 0,08	0,76 V ± 0,29

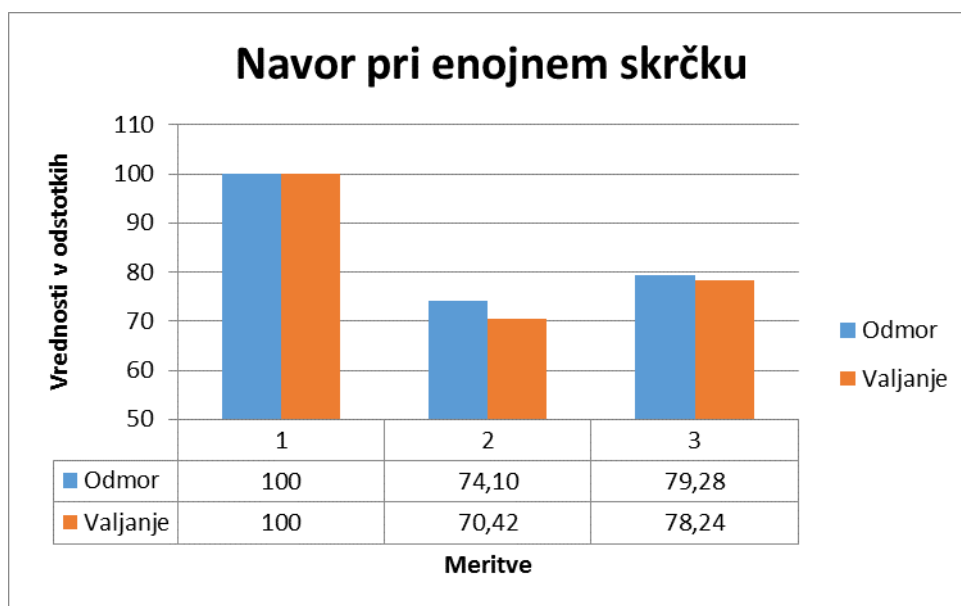
Za merjenje razlik med metodami je bila uporabljena dvosmerna ANOVA za ponovljene meritve. Statistična analiza ni pokazala statistično značilnih razlik med intervencijama prav pri nobeni spremenljivki.

Pri vrednostih navora, izmerjenih med največjo hoteno kontrakcijo ni bilo zaznane statistično značilne razlike med posameznimi meritvami ($F(2, 18) = 0.863$, $p = 0.439$) in samima intervencijama ($F(1, 9) = 0.095$, $p = 0.765$). Kot prikazuje graf (slika 13), je razlika v vrednostih navora izmerjenih med NHK v 2. in 3. meritvi pri samomasaži z valjanjem za 1,4 % večja, v primerjavi s pasivnim odmorom.



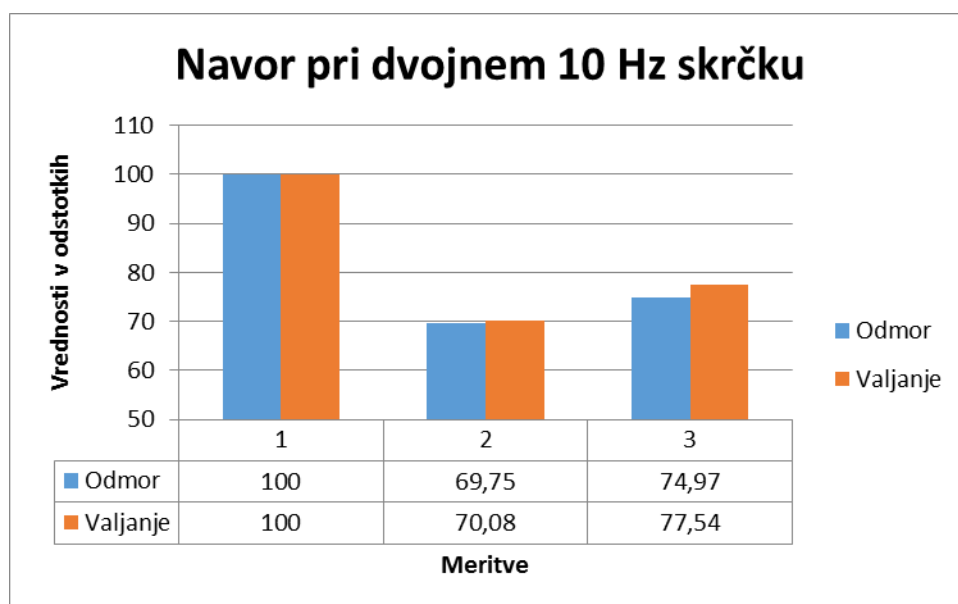
Slika 13. Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri največji hoteni kontrakciji, pri vseh meritvah.

Pri enojnem skrčku lahko iz grafa (slika 14) prav tako zasledimo razliko med samomasažo z valjanjem in pasivnim odmorom, in sicer je razlika pri samomasaži z valjanjem za 2,6 % večja. Vendar pa je tudi tu dvosmerna ANOVA pokazala, da ni bilo zaznanih statistično pomembnih razlik med intervencijama na vrednost enojnega skrčka ($F(2, 18) = 0.597$, $p = 0.561$). Bonferronijev post hoc test je pokazal statistično pomembne razlike med 1. in 2. merjenjem, kar kaže na pojav utrujenosti po protokolu utrujanja, ter 1. in 3. merjenjem, kar nakazuje, da je prišlo do spremembe 3 minute in pol po utrujanju. Ni pa prišlo do statistično pomembnih razlik med 2. in 3. merjenjem, kar potrjuje, da ni statistično pomembnih razlik med intervencijama.



Slika 14. Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri merjenju navora enojnega skrčka, pri vseh meritvah.

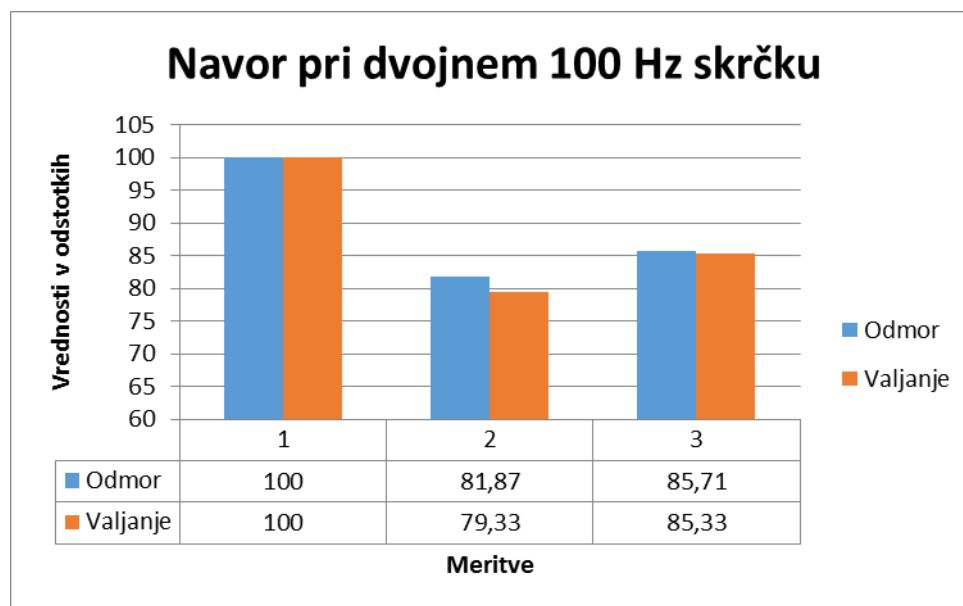
Dvosmerna ANOVA ni pokazala statistično pomembnih razlik med intervencijama pri dvojnem 10 Hz skrčku ($F(2, 18) = 0.103$, $p = 0.903$). Je bila pa razlika v odstotnih vrednostih navora med 2. in 3. merjenjem pri samomasaži z valjanjem za 2,3 % večja v primerjavi s pasivnim odmorom (slika 15).



Slika 15. Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri merjenju navora dvojnega 10 Hz skrčka, pri vseh meritvah.

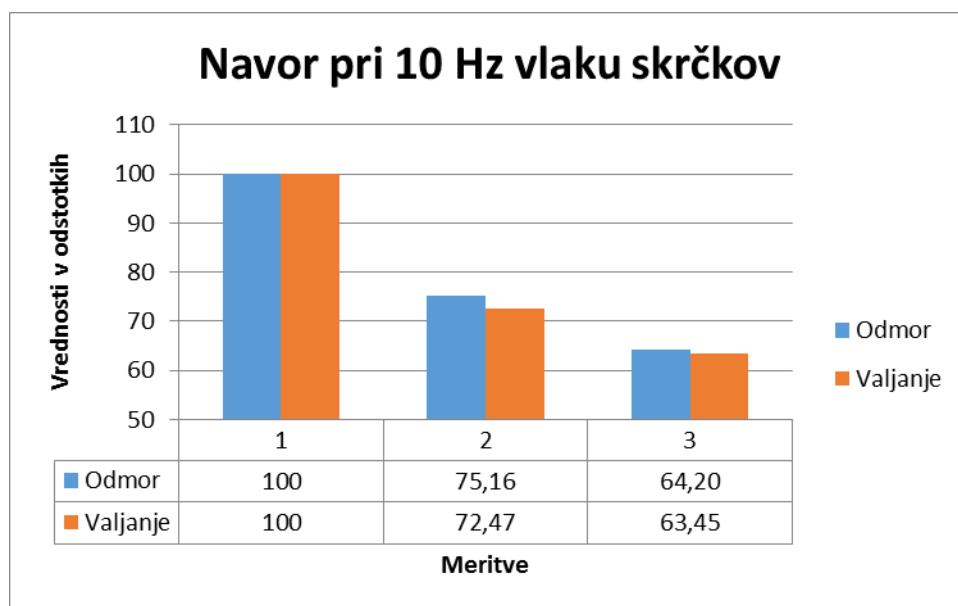
Tudi pri dvojnem 100 Hz skrčku dvosmerna ANOVA ni pokazala statistično pomembnih razlik med samomasažo z valjanjem in pasivnim odmorom ($F(2, 18) = 0.420$, $p = 0.663$). So bile pa kot pri dvojnem 10 Hz skrčku razlike med posameznimi meritvami ($F(2, 18) = 27.475$, $p < 0.0005$.), kar je potrdil tudi Bonferronijev post hoc test, vendar pa statistično pomembnih

razlik ni bilo zaznanih med 2. in 3. merjenjem. Je bila pa razlika v odstotnih vrednostih navora med 2. in 3. merjenjem za 2,2% večja pri samomasaži z valjanjem (slika 16).

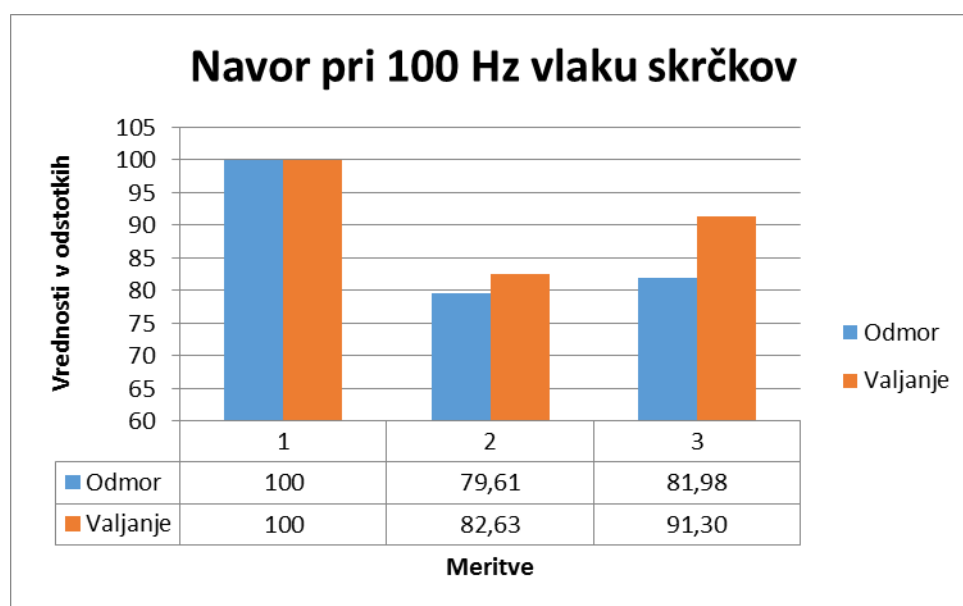


Slika 16. Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri merjenju navora dvojnega 100 Hz skrčka pri vseh meritvah.

Pri obeh vlakih skrčkov ni bilo zaznanih statistično pomembnih razlik na vrednost med samomasažo z valjanjem in pasivnim odmorom, tako pri 10 Hz vlaku ($F(2, 18) = 0.308$, $p = 0.739$), kot tudi pri 100 Hz vlaku ($F(2, 18) = 0.237$, $p = 0.791$). Je pa bila pri 10 Hz vlaku ($F(2, 18) = 18.928$, $p < 0.0005$) in 100 Hz vlaku ($F(2, 18) = 10.924$, $p = 0.001$) zaznana statistično pomembna razlika med posameznimi meritvami. Bonferronijev post hoc test je potrdil statistično pomembne razlike med 1. in 2. merjenjem in 1. ter 3. merjenjem. Ni pa bilo statistično pomembnih razlik med 2. in 3. merjenjem. Pri 10 Hz vlaku lahko iz grafa (slika 16) razberemo 1,9-odstotno večjo razliko v odstotnih vrednostih navora pri samomasaži z valjanjem med 2. in 3. merjenjem, v primerjavi s pasivnim odmorom. Pri 100 Hz vlaku pa je ta razlika še največja, in sicer 6,3% v korist samomasaže z valjanjem.



Slika 17. Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri merjenju navora 10 Hz vlaka skrčkov, pri vseh meritvah.



Slika 18. Grafični prikaz odstotnih vrednosti obeh intervencij pri merjenju navora 100 Hz vlaka skrčkov, pri vseh meritvah.

3.2 Razprava

Ugotovitve raziskave so pokazale, da ni bilo statistično pomembnih razlik med samomasažo z valjanjem in pasivnim odmorom prav pri nobeni merjeni spremenljivki (največja hotena kontrakcija, enojni skrčec, dvojni 10 Hz skrčec, dvojni 100 Hz skrčec, vlak električnih impulzov 10 Hz ter vlak električnih impulzov 100 Hz).

Je pa bila prav pri vseh merskih spremenljivkah opažena nekaj odstotkov večja razlika pri samomasaži z valjanjem v primerjavi s pasivnim odmorom. Še največja razlika je bila zaznana pri 100 Hz vlaku skrčkov, in sicer 6,3 %. To je bilo nekako tudi najbolj pričakovati, saj pri pojavu visokofrekvenčne periferne utrujenosti akcijski potenciali počasneje potujejo preko mišice, vlak impulzov pa izzove mišične skrčke, ki nam povejo stopnjo oslABLjenosti tega prenosa AP¹³. Iz teh opažanj bi lahko rekli, da je učinek samomasaže z valjanjem na periferno utrujenost nekoliko nakazan, vendar pa je v našem primeru premajhen, da bi bil statistično pomemben. Možen omejitveni dejavnik, ki je lahko prikril razlike, je tudi relativno majhen vzorec merjencev.

Ker so mehanizmi samomasaže z valjanjem praktično še neznani in neraziskani, je tudi težko ocenjevati, na kakšen način bi lahko valjanje vplivalo na periferno utrujenost. MacDonald idr. (2014) so v svoji raziskavi, kjer so opazovali učinke samomasaže s penastim valjem na regeneracijo po zapoznili mišični bolečini, ugotovili, da je skupina, ki je izvajala samomasažo s penastim valjem, izboljšala hoteno mišično aktivacijo in višino navpičnega skoka 48 ur po intenzivni vadbi v primerjavi s skupino, ki samomasaže ni izvajala. 48 ur po intenzivni vadbi je bila mišična bolečina pri samomasažni skupini bistveno manjša kot pri kontrolni skupini, takoj po intenzivni vadbi pa ni bilo vidnih razlik v dojetanju mišične bolečine med kontrolno in raziskovalno skupino. Na podlagi tega bi lahko sklepali, da ima samomasaža z valjanjem bolj dolgoročni kot akutni učinek na utrujenost. Po MacDonaldu se učinki samomasaže z valjanjem kažejo preko živčnih odzivov in vezivnega tkiva. Tudi Jay idr. (2014) so prišli v podobni raziskavi do zaključka, da samomasaža z valjanjem pripomore k zmanjšanju mišične bolečine 48 ur po intenzivni vadbi.

Podobno so tudi Healey idr. (2013) opazovali učinke samomasaže z valjanjem na mišično bolečino po štirih različnih gibalnih testih (višina ter sila navpičnega skoka, izometrična sila in agilnost) in tudi oni ugotovili, da so merjenci po samomasaži z valjanjem občutili bistveno manjšo mišično bolečino kot tisti, ki samomasaže z valjanjem niso opravili. So pa v nasprotju z MacDonaldom (2014) prišli do zaključka, da samomasaža z valjanjem pred omenjenimi gibalnimi testi nima statistično pomembnih učinkov na rezultat testa.

Naši rezultati niso primerljivi s temi in podobnimi raziskavami, saj takšna raziskava še ni bila opravljena. Še najbolj lahko rezultate približamo rezultatom MacDonalda idr. (2014), ki so opazili izboljšanje hotene aktivacije mišice na vseh časovnih stopnjah (0 ur, 24 ur, 48 ur in 72 ur) po intenzivni vadbi počepov 10x10 ponovitev pri 60 % maksimalne teže in 2 minutnim odmorom med serijami ter z omenjenim protokolom povzročili zapozneno mišično bolečino. So pa merjenci v MacDonaldovi raziskavi opravili samomasažo z valjanjem na anteriornem, lateralnem, posteriorjem in medialnem delu stegna ter vključno na glutealnih mišicah. V naši

¹³ AP – akcijski potencial (gibanje natrijevih in kalijevih ionov preko živčne celične membrane)

raziskavi pa so merjenci opravili samomasažo z valjanjem samo na štiriglavi stegenski mišici. Prav tako pa je bil naš protokol utrujanja osredotočen le na mišico *quadriceps femoris* in opravljen v 3 serijah pri 15RM oz. 15 ponovitev pri približno 65 % maksimalnega bremena z 2-minutnim ciklusom, kar se precej razlikuje od MacDonaldovega protokola. Naš protokol je povzročil periferno utrujenost pri vseh merjencih, kar je bilo vidno v manjšem odzivu mišice po električni stimulaciji v primerjavi z meritvijo pred in po utrujanju.

Ker je ta raziskava prva, ki je na omenjen način raziskovala akutni učinek samomasaže z valjanjem na periferno utrujenost, bi poleg tega, da so rezultati neprimerljivi s kakšno drugo raziskavo, lahko izpostavili tudi kakšno pomanjkljivost raziskave. Že pri določanju bremena za utrujanje na trenažerju za izteg kolena smo merjencem določili običajno večje breme, ki so ga nato iz serije v serijo po potrebi zmanjševali, da so lahko uspešno zaključili protokol utrujanja; pri nekaterih pa se je izkazalo, da je bilo breme prelahko, in so si breme morali dodati. Nekateri so pa imeli konstantno nekoliko premajhno breme. To je privedlo do tega, da so nekateri izzvali manjšo stopnjo utrujenosti. Morda bi bilo bolje izzvati večjo utrujenost in namesto 3 serij opraviti 4, ali pa izvajati vaje z večjim bremenom, na primer 70 % ali 80 % maksimalne teže.

Pri merjenju največje hotene kontrakcije smo pred dejanskim merjenjem izvedli le eno ponovitev največje hotene kontrakcije, zato so imeli merjenci morda nižjo potenciacijo pri dejanskem merjenju kot če bi predhodno naredili vsaj 2, še bolje pa 3 ponovitve največje hotene kontrakcije. Med izvajanjem največje hotene kontrakcije smo merjence tudi glasovno spodbujali, vendar pa verjetno ta spodbuda ni bila pri vseh enaka in enako močna, kar je lahko pri nekaterih povzročila boljše odzive, pri drugih pa nekoliko slabše.

Tudi samomasaža z valjanjem ni bila enaka pri vseh, kar je razumljivo, saj so merjenci samomasažo opravljali s pritiskom svoje telesne teže na valj in tudi vsak na svoj lasten način. Čeprav so bili med samomasažo stalno kontrolirani in vodeni, so nekateri merjenci lahko dovajali manj pritiska svoje telesne teže na valj kot drugi. Tudi hitrost samega valjanja ni bila enaka pri vseh, prav tako niso vsi merjenci izvajali enakih ter enko dolgih valjanj po mišici. Nekateri so se več časa posvečali določenemu delu mišice kot drugi. Uporaba penastega valja, ki bi dovajal konstanten pritisk in zagotavljal pri vseh enak način ter hitrost masaže, kot so ga v svoji raziskavi uporabili Stevens idr. (2013), bi verjetno pripeljala do drugačnih rezultatov. Potrebno je poudariti tudi, da niso imeli vsi merjenci enakih izkušenj s samomasažo z valjanjem; medtem ko so se eni prvič srečali s to tehniko samomasaže, so jo nekateri že večkrat uporabljali, kar je verjetno prav tako vplivalo na rezultate.

Meritve niso bile izvedene vedno v enakem časovnem okvirju in je bilo tako nekaj meritev narejenih v popoldanskem času, nekaj pa v opoldanskem času. To bi lahko potencialno vplivalo na drugačno počutje in s tem tudi na rezultat meritev. Bolj kot to je pomembno poudariti, da so bili merjenci na meritvah tudi predhodno različno utrujeni. Nekateri so imeli pred meritvijo že kakšno športno aktivnost in so že dosegli določeno stopnjo utrujenosti, nekateri pa so prišli popolnoma spočiti. To je tudi ena slabost raziskave, čeprav smo merili akutni učinek samomasaže z valjanjem so bili zaradi predhodne utrujenosti nekateri merjenci lahko manj angažirani in opravili meritev z manjšo intenzivnostjo kot sicer.

Največja pomanjkljivost raziskave pa je tudi majhen vzorec preizkušancev, saj jih je v raziskavi sodelovalo le 10. Opravili smo sicer ponovljene meritve in je bilo tako vsega skupaj 20 meritev, vendar pa bi statistična analiza verjetno pokazala drugačne, predvsem bolj verodostojne rezultate pri večjem vzorcu preizkušancev.

3.2.1 Potrditev ali zavrnitev hipotez

H₀1: Samomasaža z valjanjem je privedla do zmanjšanja periferne utrujenosti 3 minute in pol po utrujanju.

H₀2: Ni bilo statistično pomembnih razlik v največji hoteni kontrakciji med 2. in 3. merjenjem po intervenciji samomasaže z valjanjem, v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

H₀3: Ni bilo statistično pomembnih razlik v amplitudi pri enojnem skrčku med 2. in 3. merjenjem po intervenciji samomasaže z valjanjem, v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

H₀4: Ni bilo statistično pomembnih razlik v amplitudi pri dvojnem 10 Hz skrčku med 2. in 3. merjenjem po intervenciji samomasaže z valjanjem, v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

H₀5: Ni bilo statistično pomembnih razlik v amplitudi pri dvojnem 100 Hz skrčku med 2. in 3. merjenjem po intervenciji samomasaže z valjanjem, v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

H₀6: Ni bilo statistično pomembnih razlik v amplitudi pri 10 Hz vlaku skrčkov med 2. in 3. merjenjem po intervenciji samomasaže z valjanjem, v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

H₀7: Ni bilo statistično pomembnih razlik v amplitudi pri 100 Hz vlaku skrčkov med 2. in 3. merjenjem po intervenciji samomasaže z valjanjem, v primerjavi z intervencijo pasivnega odmora.

4 Sklep

Anekdotični učinki samomasaže z valjanjem so sprožili množično zanimanje, ne samo pri vrhunskih športnikih, rekreativcih in fizioterapevtih, ampak tudi pri raziskovalcih. Čeprav je na temo penastega valja in njegove uporabe kot sredstva za samomasažo narejenih relativno malo raziskav, se število le-teh v zadnjem času povečuje. Opravljene raziskave tako preverjajo številne učinke samomasaže z valjanjem, vendar pa zaradi majhnega števila opravljenih raziskav in kratkega obdobja raziskovanja te teme še vedno ne moremo s popolnostjo potrditi ali ovreči večino teh domnevnih učinkov. Prav tako so še neznani mehanizmi samomasaže z valjanjem. Poznavanje mehanizmov je ključno za razumevanje učinkov samomasaže z valjanjem. Nekateri avtorji povezujejo samomasažo z valjanjem z ročnimi tehnikami sproščanja mišičnih ovojnic ter pravijo, da so mehanizmi samomasaže z valjanjem podobni tistim pri ročni masaži, vendar pa tega ni še nihče potrdil.

Namen naše raziskave je bil preveriti akutni učinek samomasaže z valjanjem na periferno utrujenost in ali je samomasaža z valjanjem bolj učinkovita pri zmanjšanju periferne utrujenosti kot pa pasivni odmor.

Rezultati raziskave so pokazali, da ni bilo statistično pomembnih razlik med samomasažo z valjanjem in pasivnim odmorom, ter da samomasaža z valjanjem ni pripomogla k večjemu zmanjšanju periferne utrujenosti. Pri vseh merskih spremenljivkah je bila razlika v korist samomasaže z valjanjem nekoliko nakazana (NHT – 1,4 %, enojni skrček – 2,6 %, dvojni 10 Hz skrček – 2,3 %, dvojni 100 Hz skrček – 2,2 %, 10 Hz vlak skrčkov – 1,9 %, 100 Hz vlak skrčkov – 6,3 %), vendar v našem primeru ni bila statistično pomembna. Žal pa rezultate ne moremo primerjati s kakšno drugo raziskavo, saj takšna raziskava še ni bila opravljena.

V prihodnje bi bilo dobro opraviti še kakšno podobno raziskavo, saj bi tako dobili bolj realen vpogled v učinke samomasaže z valjanjem na periferno utrujenost. Zanimivo bi bilo raziskati tudi čas aplikacije penastega valja, na primer 2 minuti ali več, za razliko od 30, 60 ali 90 sekund.

Hkrati bi bilo smiselno raziskati učinek samomasaže z valjanjem na različne stopnje utrujenosti, ki se pojavijo pri različnih športih ali različnih obremenitvah, in tako ugotoviti, pri katerem športu ali po kateri obremenitvi bi bila uporaba penastega valja kot sredstvo samomasaže najbolj učinkovita, če sploh.

V naši raziskavi smo primerjali samomasažo z valjanjem oz. njen učinek na periferno utrujenost s pasivnim odmorom. V bodoče bi lahko preverjali akutni učinek samomasaže z valjanjem na periferno utrujenost s statičnim ali dinamičnim raztezanjem, ali pa učinek primerjali z učinkom aktivnega odmora, ki bi na primer lahko vseboval lahkoten tek. Zanimiva bi bila tudi primerjava z učinki katere od ročnih tehnik sproščanja mišičnih ovojnic, kar bi nam morda olajšalo spoznavanje mehanizmov, ki za zdaj še ostajajo neznanka.

Uporaba penastega valja kot sredstva samomasaže je enostavna oblika samomasaže, ki je cenovno ugodna in praktična ter tako dostopna vsem. Poleg domnevnih učinkov, kot so na primer izboljšanje obsega giba v sklepu, zmanjšanje mišične in sklepne bolečine, izboljšanje mišičnih funkcij in zmogljivosti, je potrebno dodati, da samomasaža z valjanjem nima dolgoročnih negativnih učinkov. Ravno nasprotno, so anekdote o dolgoročnem boljšem

počutju. Uporaba je zato primerna za vse, ne samo rekreativce, vrhunske športnike ali terapevte.

5 Viri

Barnes, M. (1997). The basic science of myofascial release. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 1(4), 231-238.

Behm, D. G., Button, D. C., Silvey, D. B. in Sullivan, K. M. (2013). Roller-Massager Application To The Hamstrings Increases Sit-and- Reach Range of Motion Within Five To Ten Seconds Without Performance Impairments. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 8, 228-236

Cell Membranes and Movement Through a Membrane. (2014). Owensboro Community and Technical College. Pridobljeno iz <http://legacy.owensboro.kctcs.edu/gcaplan/bio/notes/BIO%20Notes%20D%20Cell%20Membranes.htm>

Curran, P., Fiore, R. in Crisco, J. (2008). A comparison of the pressure exerted on soft tissue by 2 myofascial rollers. *Journal of Sport Rehabilitation*, 17(4), 432-442.

Davis, J., Alderson, N., in Welsh, R. (2000). Serotonin and central nervous system fatigue: nutritional considerations. *American Society for Clinical Nutrition*, 72(2), 573-578.

Davis, M. in Walsh, D. (2010). Mechanisms of Fatigue. *The Journal of Supportive Oncology*, 8(4), 164-174.

Enoka, R. (2008). *Neuromechanics of Human Movement*. Champaign: Human Kinetics

Enoka, R. in Duchateau, J. (2007). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *Journal of Physiology*, 586(1), 11-23.

Findley, T., Chaudhry, H., Stecco, A. in Roman, M. (2012). Fascia research – A narrative review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 16(1), 67-75.

Five Reasons to Use a Foam Roller. (2014). Kinetic Integration Manual Therapy and Performance. Pridobljeno iz <http://www.kimtp.com/five-reasons-to-us-a-foam-roller>

Gandevia, S. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*, 81, 1725-1789. Pridobljeno iz <http://physrev.physiology.org/content/81/4/1725>

Gandevia, S., Allen, G. in McKenzie D. (1995). Central fatigue. Critical issues, Quantification and practical implications. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 384, 281-294.

Goodall, S. (2011). *Central and Peripheral Determinants of Fatigue in Acute Hypoxia. (doktorska disertacija)*. Brunel University, School of Sport and Education, Centre for Sports Medicine and Human Performance, London.

Hancock, P. in Paula, A. (2001). Stress, workload and fatigue. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 11(2), 189-190.

Healey, K. C., Hatfield, D. L., Blanpied, P., Dorfman, L. R. in Riebe, D. (2014). The Effects of Myofascial Release With Foam Rolling on Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 61-68.

Hunter, S., Duchateau, J. in Enoka, R. (2004). Muscle Fatigue and the Mechanisms of Task Failure. *Exercise and Sports Science Reviews*, 32(2), 44-49.

Janot, J., Malin, B., Cook, R., Hagenbucher, J., Draeger, A., Jordan, M., Quinn, E. (2013). Effects of Self Myofascial Release and Static Stretching on Anaerobic Power Output. *Journal of Fitness Research*, 2(1), 41-54.

Jay, K., Sundstrup, E., Sondergaard, S., Behm, D., Brandt, M., Saervoll, C., Jakobsen, M., Andersen, L. (2014). Specific and cross over effects of massage for muscle soreness: randomized controlled trial. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(1), 82-91.

LeMoon, K. (2008). Terminology used in Fascia Research. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 12(3), 204-212.

Macdonald, G.Z., Button, D. C., Drinkwater, E. J. in Behm, D. G. (2014). Foam Rolling as a Recovery Tool after an Intense Bout of Physical Activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46, 131-142.

Macdonald, G. Z., Penney, M. D., Mullaley, M. E., Cuconato, A. L., Drake, C. D., Behm, D. G. in Button, D. C. (2013). An Acute Bout of Self-Myofascial Release Increases Range of Motion Without a Subsequent Decrease in Muscle Activation or Force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 812-821.

Place, N., Bruton, J. in Westerblad, H. (2008). *Mechanisms of fatigue by isometric contractions in exercising humans and in isolated mouse single fibres* (Raziskovalno poročilo). Pridobljeno iz spletne strani Australian Physiological Society: <http://aups.org.au/Proceedings/39/115-122/>

Podpečan, A. (2013). *Utrujenost po šprintih na 100m, 200, in 400m*. (Magistrska naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana). Pridobljeno iz <http://www.fsp.uni-lj.si/COBISS/Mag/Magisterij22990233PodpecanAna.pdf>

Schleip, R., Jäger, H. in Klinger, W. (2012). What is 'fascia' – a review of different nomenclatures. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 16, 496-502.

Schleip, R. in Müller, D. G. (2012). Training principles for fascial connective tissues: scientific foundation and suggested practical applications. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 17(1), 103-115.

Stecco, C., Macchi, V., Porzionato, A., Duparc, F., De Caro, R. (2011). The fascia: the forgotten structure. *Italian journal of anatomy and embryology*, 116(3), 127-138.

Stevens, D. (2013). Foam rolling as a recovery aid for athletes. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 21, 43-51.

Škarabot, J. (2014). *Vpliv samomasaže s penastim valjem in statičnega raztezanja na aktivni obseg giba v skočnem sklepu* (Diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana.

Taylor, J., Todd, G. in Gandevia, S. (2006). Evidence for a supraspinal contribution to human muscle fatigue. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 33(4), 400-405.

The Role of Actin and Myosin. (2014). Encyclopedia.lubopitko-bg. Pridobljeno iz http://encyclopedia.lubopitko-bg.com/The_Role_of_Actin_and_Myosin.html

Tomažin, K. (2014). Izvlečki iz predavanj. Živčno-mehanske osnove gibanja. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Ljubljana.

Trigger Point Performance Therapy The Grid Foam Roller. (2014). Running Ware House. Pridobljeno iz http://www.runningwarehouse.com/Trigger_Point_Grid_Foam_Roller/descpage-TRIGPG.html

Trigertail. (2014). Sports Knee Therapy. Pridobljeno iz <http://sportskneetherapy.com/the-5-best-foam-roller-exercises-for-a-stronger-knee-recovery/>