

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Sten Siitam

**Individuaalse soojenduse mõju skeletilihaste kontraktilsetele
omadustele meeskergejõustiklastel**

**Effects a self-selected warm-up on contractile properties
of skeletal muscle in male track and field athletes**

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendajad:

Doktorant, MA Teet Meerits

Professor, kand. biol. Mati Pääsuke

Teadur, MD PhD Helena Gapeyeva

Tartu 2017

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	3
LÜHIÜLEVAADE.....	4
ABSTRACT	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1 Soojendusharjutuste füsioloogiline toime.....	6
1.2 Venitusharjutused soojenduse osana	7
1.3 Skeetilihaste kontraktiilsed omadused ja aktiivsusejärgne potentseerumine	8
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	12
3. TÖÖ METOODIKA.....	13
3.1 Vaatlusalused	13
3.2 Uurimismeetodid	13
3.2.1 Antropomeetrilised mõõtmised.....	13
3.2.2 Soojenduse kestvuse määramine	13
3.2.3 Üksikkontraktsiooni näitajate määramine	14
3.3 Uuringu korraldus	16
3.4 Andmete statistiline analüüs	17
4. TÖÖ TULEMUSED.....	18
4.1 Vaatlusaluste soojendusprogrammi kestvus	18
4.2 Üksikkontraktsiooni maksimaaljõud	19
4.3 Üksikkontraktsiooni maksimaalne jõugradient pingutuse faasis.....	20
4.4 Üksikkontraktsiooni maksimaalne jõugradient lõõgastusfaasis	21
4.5 Üksikkontraktsiooni aeg maksimaalse jõu saavutamiseni.....	22
4.6 Potentseerumisindeks.....	23
5. ARUTELU	24
6. JÄRELDUSED.....	28
KASUTATUD KIRJANDUS	29
LISAD	32
Lisa 1. Vaatlusaluse küsitluse vorm	32
Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	33

KASUTATUD LÜHENDID

1KM	ühe korduse maksimumraskus harjutusel
CT	kontraktsioonaeg maksimaaljõu saavutamiseni (ingl. <i>Contraction time</i>)
PAP	aktiivsujärgne potentseerumine (ingl. <i>Post activation potentiation</i>)
PF	maksimaaljõud kontraktsioonil (ingl. <i>Peak force</i>)
RFD	maksimaalne jõugradient pingutuse faasis (ingl. <i>Rate of force development</i>)
RR	maksimaalne jõugradient lõõgastuse faasis (ingl. <i>Rate of relaxation</i>)
VO_{2max}	maksimaalne hapniku tarbimisvõime (ingl. <i>Maximal oxygen uptake</i>)

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada individuaalse võistluseelse soojenduse mõju skeletilihaste kontraktiilsetele omadustele meeskergejõustiklastel, kes tegelevad põhiliselt kiirjooksuga ja hüppealadega.

Metoodika: Uuringus osales 10 meessoost keergejõustiklast keskmise vanusega $23,8 \pm 3,0$ aastat, kes osalesid regulaarselt riiklikel meistrivõistlustel. Vaatlusalused viisid läbi soojenduse, mis eelneb nende võistlusele. Enne ja 5, 10 ning 15 minutit pärast soojendust määrati vaatlusalustel reie-nelipealihase kontraktiilsed omadused isomeetrilise üksikkontraktsiooni tingimustes, kasutades dünamomeetria ja elektromüostimulatsiooni meetodeid. Registreeriti kontraktsiooniaeg (CT), jõugradient lihase kontraktsiooni- (RFD) ja lõdgastusfaasis (RR) ja maksimaaljõud (PF) puhkeolekus ning arvutati potentseerumisindeks (PAP) pärast reie-nelipealihase 5-sekundilist tahtelist maksimaalset isomeetrilist kontraktsiooni.

Tulemused: Vaatlusalustel oli soojenduse keskmiseks kestuseks 17,6 minutit, millest ettevalmistusfaas moodustas 25%, venitusharjutused 34% ja sooritusvõimet potentseeriv faas 41%. Vaatlusalustel toimus reie-nelipealihase isomeetrilise üksikkontraktsiooni RFD ja PF oluline ($p < 0,05$) suurenemine võrreldes lähtetasemega 10-15 min pärast soojenduse lõppu. Seejuures üksikkontraktsiooni RR puhul toimus ($p < 0,05$) suurenemine 15 minutit pärast soojendust. Üksikkontraktsiooni CT soojenduse mõjul oluliselt ei muutunud. Potentseerumisindeks saavutas kõrgeima taseme 5 minutit pärast soojendust ja 10 minutit pärast soojendust oli see näitaja oluliselt ($p < 0,05$) vähenenud võrreldes lähtetasemega.

Kokkuvõte: Põhiliselt kiirjooksuga tegelevatel meeskergejõustiklastel kestab individuaalne soojendus keskmiselt 17,6 minutit ning sellest pikima osa moodustavad spordialaspetsiifilised harjutused. Reie-nelipealihase kontraktsiooniõu ja -kiiruse näitajad on suurenenud 10-15 min pärast soojenduse lõppu. Reie-nelipealihase aktiivsujärgne potentseerumine saavutab kõrgema taseme 5 minutit pärast soojendust, kusjuures 10 minutit pärast soojenduse lõppu on see näitaja vähenenud võrreldes lähtetasemega. Meessoost keergejõustiklaste saabub skeletilihaste funktsionaalse seisundi suurim paranemine 10 minutit pärast võistluseelse soojenduse lõppu.

Märksõnad: soojendus, skeletilihaste kontraktiilsed omadused, aktiivsujärgne potentseerumine, isomeetriline dünamomeetria

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to determine the effects of a pre-competition warm-up of male track and field athletes, who mainly compete in sprint and jumps, on contractile properties of skeletal muscles.

Methods: 10 male track and field athletes aged $23,8 \pm 3,0$ years, who regularly participate in the national championships, went through the warm-up program that they would perform before a competition. Before warm-up and 5, 10 and 15 minutes following the warm-up program the contractile properties of the knee extensor muscles were measured by isometric dynamometry and electromyostimulation. The following characteristics of twitch contraction were registered: contraction time (CT), rate of force development (RFD), rate of relaxation (RR), peak force (PF) and the post-activation potentiation (PAP) index after a 5 second maximal isometric voluntary contraction was calculated.

Results: The average duration of the warm-up of the athletes was 17,6 minutes and consisted of a preparation phase (25%), stretching exercises (34%) and a sport-specific exercise phase (41%). Significant increase in PF and RFD ($p < 0,05$) was noted at 10 and 15 minutes after the warm-up when compared to the baseline measurement and significant increase of RR ($p < 0,05$) was found 15 minutes after the warm-up program. CT did not differ significantly after the warm-up program. The PAP index peaked at 5 minutes after the warm-up ($p < 0,05$) and had decreased at 10 minutes after the warm-up when compared to baseline measurements.

Conclusions: For male track and field athletes a pre-competition warm-up program lasts on average 17,6 minutes, where the sport-specific exercise phase is the longest (41%). Twitch peak force and rate of force development of knee extensor muscles are increased 10-15 minutes after the warm-up. Knee extensor muscle post-activation potentiation peaks at 5 minutes after the warm-up and is lowered at 10 minutes after the warm-up when compared to baseline levels.

Keywords: warm-up, skeletal muscle contractile properties, post-activation potentiation, isometric dynamometry

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Soojendusharjutuste füsioloogiline toime

Soojenduse olulisust enne kiirus- ja jõualade sooritamist on hästi dokumenteeritud ja selgitatud. Soojendus valmistab sportlase ette vaimselt ning kutsub esile erinevaid füsioloogilisi muutuseid, mis võivad sooritusvõimet parandada. Kaheks kõige olulisemaks soojenduse efektiks peetakse sooritusvõime paranemist ja vigastuste riski langemist. Peamised sooritusvõimet parandavad füsioloogilised mehhanismid on skeletilihaste temperatuuri tõus ning kesknärvisüsteemi ja skeletilihaste aktiivsusejärgne potentseerumine (PAP) (Swanson, 2006).

Võistluseelse soojendusprogrammi koostamisel ja selle sooritamise planeerimisel tuleb silmas pidada spordiala reeglistikku ja võistluskorraldust. Kergejõustikualade võistluskorraldus (nt 100m sprint, kuulitõuge, kaugushüpe) näeb tihti ette kuni 20-minutilist pausi ametliku soojenduse lõpu ja võistluse alguse vahel (Ingham et al, 2013). On teada, et soojenduse järgselt toimub väsimuse foonil sooritusvõime esialgne langus ning seejärel PAP tõttu sooritusvõime tõus. See on tingitud muutustest lihaste kontraktilsetes omadustes, kehatemperatuuris ja lihaste jäikuses. Soojenduse ajastamine võistluseelselt on äärmiselt oluline, kuna märkimisväärsed füsioloogilised muutused sportlase kehas toimuvad minutite jooksul (McGowan et al, 2015). Teadaolevalt pole siiani uuritud kergejõustiklastel soojenduse järgselt kontraktilsete omaduste muutumist ajas.

Kergejõustiklaste soojendus koosneb enamasti madala intensiivsusega sörkjooksust, staatilistest või dünaamilistest venitustest ning erialaspetsiifilistest harjutustest (Ingham et al, 2013). Sörkjooksu peamine eesmärk soojendusel on kehatemperatuuri tõstmine. On leitud, et lihasesisene temperatuuritõus algab 3-5 minutit pärast kehalise aktiivsuse algust ning jõuab platooni vahemikus 10-20 minutit (Bishop, 2003). Paranevad ka anaeroobne metabolism, vereringlus, närvirakkude juhtkiirus. Näiteks sörkjooks 70% VO_{2max} juures 10 minuti vältel põhjustab lihastes 3-kraadise temperatuuritõusu, samas muutmata lihas-kõõluskompleksi energiasäilitamise omadusi (Magnusson et al, 2000). Lisaks kehatemperatuuri tõusule on leitud ka, et soojendusprogramm, mille intensiivsus jääb alla 60% VO_{2max} on optimaalseim akuutselt sooritusvõime parandamiseks, tuues esile lihassise temperatuuritõusu, kuid põhjustamata olulist väsimust. Skeletilihase temperatuuri tõusu mõju sooritusvõimele on väga

oluline: 1-kraadine temperatuuritõus tähendab, sõltuvalt kontraktsioonitüübist, 2-5% skeetilihase kontraktsioonivõime paranemist (Racinais ja Oksa, 2010).

1.2 Venitusharjutused soojenduse osana

Venitamine on osa sportlase soojendusest. Venituse eesmärgiks on saavutada kahte: sooritusvõime parandamine ja vigastuste ennetamine ning seda tehakse peamiselt kas staatiliselt või dünaamiliselt. Staatilise venituse all mõeldakse lihase hoidmist ühes väljavenitatud asendis, mille korral tekib kerge ebamugavustunne. Staatiliseks venituseks loetakse kirjanduses enamasti venitusi, mis kestavad vähemalt 30 sekundit. Dünaamilise venituse all mõeldakse lihase aktiivset pikkuse muutmist läbi hooglevate või aeglase tempoga sooritatud liigutuste. Venitusi sooritatakse samuti kerge ebamugavustundeni (McHugh ja Cosgrave, 2010).

Sooritusvõime muutumine läbi staatiliste venituste on vastuoluline – on leitud, et staatiline venitamise suurendab lihaste elastsust ja liigesliikuvust (mis on, sõltuvalt spordialast, vajalikud kehalised parameetrid), samas on teada, et staatiline venitamise mõjub negatiivselt jooksukiirusele, isomeetrilisele maksimaaljõule, hüppekõrgusele, tasakaalule ja reaktsioonijale (Taylor et al, 2009). Seda arvesse võttes on staatilise venitamise õigustatus treeningu või võistluse eelselt kaheldav.

Uuringud, kus kirjeldatakse staatiliste venituste negatiivset mõju lihasjõule- ja võimsusele, on venitusi sooritatud pika aja vältel – kuni 5 korda 90 sekundit lihasgrupi kohta (McHugh ja Nesse 2008; Behm ja Chaouachi, 2011). Staatilise venitamise protokollid, mida uuringutes enamasti kasutatakse, on aga ebapraktiliselt aeganõudvad ning juba märksa vähema ajaga on võimalik saavutada tahetud liigesliikuvuse paranemine ja vastupanu vähenemine venitusele (Ryan et al, 2008). On ka leitud, et venitusasendite hoidmine kuni 30 sekundit ei pärssi sooritusvõimet kiirus-jõualadel ning staatilise venituse mõju (Kay et al, 2012). Vastuoluliselt on leitud ka negatiivne mõju sprindi- ja hüppevõimele juba 20-sekundiliste venituste tagajärjel (Fortier et al, 2013). Lisaks kõigele on näidatud kiirus- ja jõualade sportlaste peal, et kui staatilisele venitustele järgneb spordialaspetsiifiline dünaamiline soojendus (kergejõustiklaste puhul kiirjooksud või jooksuharjutused), taastub staatilistest venitustest tingitud sooritusvõime läbi aktiivsusejärgse potentseerumise (Young ja Behm, 2003, Taylor et al, 2009). Seega kui sportlase eesmärk soojendusel on liigesliikuvuse parandamine, võib seda teha läbi staatiliste venituste ka ilma sooritusvõimet pärssimata.

Kui võrrelda dünaamilise ja staatilise venitamise efektiivsust liigesliikuvusele, on leitud vastastikuseid tulemusi. Venitamiste efektiivsus on kas sarnane (Beedle ja Mann, 2007; Herman ja Smith, 2008) või on leitud, et staatilise venituse efektiivsus on suurem (Covert et al, 2010; O'Sullivan et al, 2009). Tulemused sõltuvad oluliselt venituse kestvusest ja intensiivsusest, mis uuringutes varieeruvad. Pole selgeid tõendeid selle kohta, et dünaamiline venitamine pakuks suuremat liigesliikuvuse paranemist kui staatiline venitamine, mistõttu ei tohiks staatilise venitamise kasutamist soojendusel välistada.

Staatilise venitamise vigastusi ennetavat mõju on palju uuritud, kuid tulemused pole kindlasti üksmeelsed. 2013. aasta süsteemset kirjanduse ülevaates käsitletud 11 artiklit ei pakkunud piisavat tõendus põhisust, et õigustada staatiliste venituste kasutamist vigastuste ennetamise eesmärgil (Lewis, 2013). On arutletud, et venitamisel võib olla ka vigastuste riski suurendav mõju. Näiteks venitades staatiliselt reie tagumise rühma lihaseid, väheneb lihaste maksimaaljõud, mille tulemusena suureneb reie tagumiste ja eesmisteh lihaste jõudude suhe, mis on riskifaktor erinevate alajäsemete vigastuste sageduse suurenemiseks (Costa et al, 2011).

1.3 Skeletilihaste kontraktilised omadused ja aktiivsusejärgne potentseerumine

Kiirus- ja jõualade esindajate on sooritusvõime on suuresti sõltuv maksimaalsest jõu ja plahvatuslikkuse genereerimise võimest skeletilihaste poolt. Maksimaalne lihasjõud ja plahvatuslik jõud (lihaste võime arendada kiirelt jõudu ning seda suurendada) on suuresti tingitud lihasmassist ning skeletilihaste füsioloogilisest ristlõike alast. Skeletilihaste jõud ja võimsus on mõjutatavad läbi treeningu. Enamasti kasutakse selleks kas vastupanutreeningut või plüomeetrilist treeningut. Kiirus- ja jõualade esindajate treeningut iseloomustab tihti kõrge intensiivsus, kuid madal maht. Sellise treeningu positiivset mõju kirjeldasid Meijer ja kaasautorid, (2015) võrreldes treenimata meeste, kulturistide ning kiirus- ja jõualade esindajate *m. vastus lateralis*'e lihaskiudude biopsiaid. Leiti, et võrreldes kontrollrühmaga ja kulturistidega, on ka *in vitro* keskkonnas sportlastel, kelle treeningut iseloomustab suur intensiivsus ja väike maht, suurem potentsiaal maksimaalsele võimsusele ja lihaspingele.

Requena ja kaasautorid (2011) uurisid aktiivsusejärgse potentseerumise seost kiirjooksu ja vertikaalhüppe tulemustega. Vaatlusalusteks olid 14 professionaalset jalgpallurit keskmise vanusega $20,0 \pm 3,6$ aastat. Vaatlusaluste reie-nelipealihase kontraktiliseid omadusi hinnati isomeetrilise dünamomeetria ja elektromüostimulatsiooni meetodil puhkeolekus ja pärast

tahtelist 10-sekundilist maksimaalset isomeetrilist kontraktsiooni. Samuti mõõdeti vertikaalhüppe kõrgust ja 15-meetri kiirjooksu aega. Leiti, et kontraktiilsed omadused ja aktiivsujärgse potentseerumise tase olid positiivsel korrelatsioonil vertikaalhüppe tulemusega ning negatiivsel korrelatsioonil 15-meetri kiirjooksu ajaga. Kuna 15-meetri kiirjooks ja vertikaalne üleshüpe on kiirus- ja jõualade esindajatele ja eriti kergejõustiklastele funktsionaalsed testid, võib järeldada, et isomeetriline dünamomeetria on sobilik vahend hindamiseks kiirus- ja jõualade esindajate sooritusvõimet. Jõu ja funktsionaalsete testide vahelise seost on ka varem selgelt kirjeldatud (Kraska et al, 2009).

Seni on kirjanduses peamiselt uuritud reglementeeritud soojenduste (lisaraskustega harjutused, plüomeetrilised harjutused) mõju kiirus- ja jõualade esindajate sooritusvõimele ja skeletilihaste potentseerumisele (Meijer et al 2015, McGowan et al 2015, Tobin ja Delahunt, 2014; Turner et al, 2015). Uuringu autoritele teadaolevalt pole uuritud individuaalse soojendusprogrammi mõju meessoost kergejõustiklaste skeletilihaste kontraktiilsetele omadustele.

Soojenduse koostamisel on oluline silmas pidada ka aktiivsujärgset potentseerumist (PAP, ingl. k. *post-activation potentiation*) Aktiivsujärgset potentseerumist teatakse kui fenomeni, kus maksimaalne või maksimaalse kontraktsiooni lähedane pingutus parandab järgneva lihaskontraktsiooni võimekust (McGowan et al, 2015).

PAP toimub läbi kahe mehhanismi:

1) Skeletilihaste jõu genereerimise võime sõltub kaltsiumi poolt vahendatud ristsillakeste passiivsest seisust aktiivseks muutumise efektiivsusest, mida on võimalik mõjutada läbi müosiini fosforüliseerumise müosiini kerge ahela kinaasi abil. Fosforüliseerumine toimub kindlas müosiini osas (S-1 müosiini peas, ligidal selle S-2 liidesele), mistõttu on arvatud, et see kutsub esile struktuurseid muutuseid müosiinis, mis muudab ristsillakeste tekkimise efektiivsemaks (Grange et al, 1993). PAP on tugevama mõjuga II-tüüpi kiiretes lihaskiududes, mistõttu on see kõige selgemini väljendunud kiirus- ja jõualade esindajatel (Judge et al, 2009).

2) Lihaskontraktsioonid, eriti suure vastupanuga, põhjustavad suurenenud sünaptilist erutavust alfa-motoneuronis, mis omakorda suurendab post-sünaptilist potentsiaali ja seega jõu genereerimise võimet skeletilihases (McGowan et al, 2015). Selline erutuvus väljendub H-refleksi tõusuna.

Mehhanismideks, läbi mille aktiivsujärgne potentseerumine parandab sportlikku sooritusvõimet, peetakse suurenenud tsentraalset väljundit motoneuronitele, suurenenud seljaaju refleksi elektrilist aktiivsust ja müosiini kergete ahelate fosforüliseerumist, mis suurendab Ca^{2+} tundlikust müofilamentides. PAP võib suurendada ka sarkoplasmaatilise Ca^{2+} kontsentratsiooni, mis omakorda võib soodustada aktiini ja müosiini vaheliste ristsillakeste tekkimist (McGowan et al, 2015).

PAPi ja sportliku sooritusvõime vahelist seost uurisid Requena ja kaasautorid (2011). 14 professionaalset jalgpallurit sooritasid potentseeriva stiimulina 10-sekundilise maksimaalse isomeetrilise pingutuse reie-nelipealihastega, millele järgnes lihaste kontraktiilsete omaduste analüüs ning sportliku sooritusvõime hindamine läbi vertikaalse üleshüppe ja kiirjooksu analüüsi. Leiti statistiliselt olulise korrelatsiooni lihaskiudude aktiivsujärgse potentseerumise ja kiirjooksu aja ning vertikaalse üleshüppe vahel, viidates asjaolule, et skeetilihaste potentseerumisvõimel on oluline seos üldise sportliku sooritusvõimega.

PAPi esilekutsumine toimub tavaliselt läbi kõrge intensiivsuse ja lihas-spetsiifilisuse, mis tähendab et konkreetse lihase potentseerimiseks on vaja stiimulit ka sellele lihasele. Samuti reageerivad potentseerivale stiimulile paremini meessoost tippportlased kui kehaliselt hästi treenitud mehed. Samuti reageerivad stiimulile paremini tugevama maksimaaljõuga sportlased (Jo et al, 2010).

PAPi suurim efekt saabub isomeetrilise pingutuse puhul koheselt pärast stiimulit ning langeb eksponentsiaalselt, kuid säilib osaliselt kuni 5-10 minutit. PAP on seostatud ka paranenud kontraktsioonijaga, poolelõögastusajaga ning jõu genereerimise kiirusega (Requena et al, 2011). PAPi efekt on suurem, kui potentseeriva stiimulina on kasutatud tahtlikku kontraktsiooni, mitte elektriliselt esilekutsutud kontraktsiooni (Jubeau et al, 2010).

On oluline silmas pidada, et kui potentseerivaks stiimuliks on suure mahuga või suure intensiivsusega tegevus, võis sellega kaasneda ka väsimus ning suurim kontraktsioonivõime pärast potentseerimist ilmneb PAPi ja väsimuse nõ kuldsel keskteel. Leidmaks ideaalset aega aktiivsujärgse potentseerumise utiliseerimiseks on läbi viidud hulgaliselt uuringuid ning sõltuvalt spordialast ja sportlase kehalistest parameetritest jääb see aeg vahemikku 5-18 minutit (Chiu et al, 2005). Kiirus-ja jõualade esindajatel ilmneb optimaalne PAP ajavahemikus 7-10 minutit pärast esialgset kontraktsiooni (McGowan et al, 2015). Kuna PAPi kõrgeim tase kestab vaid minuteid, on oluline ajastada soojendus selle ajavahemiku sisse.

Enamasti on kirjanduses kasutatud PAPI esilekutsumiseks, hüpete või kiirjooksu tulemuse parandamiseks, suure raskusega kükke. Näiteks uurisid Villarreal ja kaasautorid (2007) 12 kõrgel tasemel võistlevat meesvõrkpallurit, et leida parim viis PAPI esilekutsumiseks ja seeläbi ka suurendada vertikaalset hüppevõimet. Võrreldi kuut erinevat soojendusprogrammi: 3 (seeriat) x5 (kordust seerias) vertikaalset üleshüpet lihasraskusega, 2x4 kangiga kükki (80% 1KM), 2x4 seeriat kangiga kükki (90% 1KM), 3x5 sügavushüpet, võrkpalli-spetsiifiline soojendusprogramm, 3x5 seeriat kangiga kükki (30% 1KM) ning kontrollrühm. Antud uuring on seotud käesoleva tööga, sest uuritakse ka sportlaste individuaalset soojendusprogrammi ning võrreldakse seda reglementeeritud soojendustega. Leiti, et kõige efektiivsem soojendusprogramm vertikaalhüppe tulemuse parandamiseks oli kasutada kangiga kükke raskusega 90% 1KM ning efektiivsusest järgmine oli võrkpalli-spetsiifiline soojendusprogramm (vastavalt 11,4% ja 10,1% soorituse paranemine; $p < 0,05$). Uuringuid, mis on leidnud suurte raskustega vastupanuharjutuste positiivset mõju akuutselt sooritusvõimele, on hulgaliselt, kuid enamuste kergejõustiklaste jaoks pole võistlusolukorras selline soojenduse vorm praktiline.

Turki ja kaasautorid (2011) leidsid vastuoluliselt enamusele kirjandusele, et vertikaalse üleshüppe sooritusvõime parandamiseks läbi PAPI, piisab 10st minutist dünaamilisest venitustest või jooksuharjutustest. Uuritavateks olid 20 meessoost pallimängude esindajat keskmise vanusega $20,7 \pm 1,2$ aastat, kes jaotati kuute gruppi, kellest kõik sooritasid 10-minutilise dünaamilise venitusprogrammi. Venitusprogrammile lisati kas jõutõmbe harjutus, kangiga küki harjutus, plüomeetrised hüpped, sügavushüpped või midagi. Leiti, et hüppekõrguse kasv ($+2,1\text{cm}$, $p < 0,05$) saavutati juba lihtsalt 10-minutilise dünaamilise venitusprogrammi järel. Kuigi enamus kirjandust leiab, et parem on kasutada suure raskusega vastupanuharjutusi, võib ka juba ainult sörkjooks ja 10-minutiline dünaamilise venituse programm olla piisav, et parandada sooritusvõimet sportlastel, kelle jaoks on plahvatuslik ja kiiruslik jõud oluline.

Isomeetriselise dünamomeetria ja elektromüostimulatsiooniga määratud alajäsemete skeletilihaste kontraktilsed omadused on head indikaatorid hindamiseks sportlikku saavutusvõimet kiirus- ja jõualade esindajatel. Samuti on skeletilihaste kontraktilsed omadused kõrges korrelatsioonis näiteks paigalt üleshüppe kõrgusega, mida kasutatakse tihti sportliku sooritusvõime testimiseks (Requena et al, 2011). Kirjeldatud uurimismeetod omab ka väga head testidevahelist usaldusväärsust ($r=0.96$) (Raudsepp ja Pääsuke, 1995).

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva töö eesmärgiks oli välja selgitada individuaalse soojenduse mõju skeletilihaste kontraktilsetele omadustele meeskergejõustiklastel, kes tegelevad kiirjooksu ja hüppealadega.

Lähtudes töö eesmärgist püstitati järgmised ülesanded:

1. Määrata vaatlusaluste soojendusprogrammi osade kestvus.
2. Määrata puhkeolekus registreeritud reie-nelipealihase kontraktilsete omaduste muutused 5, 10 ja 15 minutit pärast soojendusprogrammi lõppu
3. Määrata reie-nelipealihase aktiivsuse järgse potentseerumise muutused 5, 10 ja 15 minutit pärast soojendusprogrammi lõppu

3. TÖÖ METOODIKA

3.1 Vaatlusalused

Uuringu vaatlusalusteks olid võistlevat 10 meessoost kergejõustiklast vanuses 18-27 aastat, kes tegelesid peamiselt kiirjooksu (n=6) ja hüppealadega (n=4) (treeningustaaž 5-17 a, treeningkoormus 6-16 tundi nädalas) ning osalesid regulaarselt riigisisestel meistrivõistlustel (Tabel 1). Uuringusse kaasati vaatlusalusel tingimusel, et neil puuduvad alajäsemete traumad viimase 6 kuu vältel. Kõik mõõtmised viidi läbi sportlaste ettevalmistusperioodil ning sportlastel paluti uuringule eelneval päeval vältida kehaliselt intensiivseid koormuseid. Vaatlusalusel kinnitasid allkirjaga nõusoleku uuringus vabatahtlikuks osalemiseks. Uuring on kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringu eetika komiteega (protokoll nr 25-T-2, 2016 a).

Tabel 1. Vaatlusaluste antropomeetrilised ja treeninguga seotud näitajad (X±SD)

Näitajad	Keskmine ± SD
Vanus (aastad)	23,8±3,0
Pikkus (cm)	186,1±5,1
Kehamass (kg)	83,3±8,4
Treeningustaaž (aastad)	10,2±4,3
Treeningtunnid nädalas (tundide arv)	11,1±4,1
Treeningute arv nädalas (kordade arv)	5,5±2,1

3.2 Uurimismeetodid

3.2.1 Antropomeetrilised mõõtmised

Vaatlusaluste keha pikkuse ja massi mõõtmised teostati standardse stabilomeetri (Soenhle, Saksamaa) ja kaalu (Soenhle, Saksamaa) abil täpsusega ±1 mm ja ±0,1 kg vastavalt. Vaatlusaluste antropomeetrilised andmed on välja toodud tabelis 1.

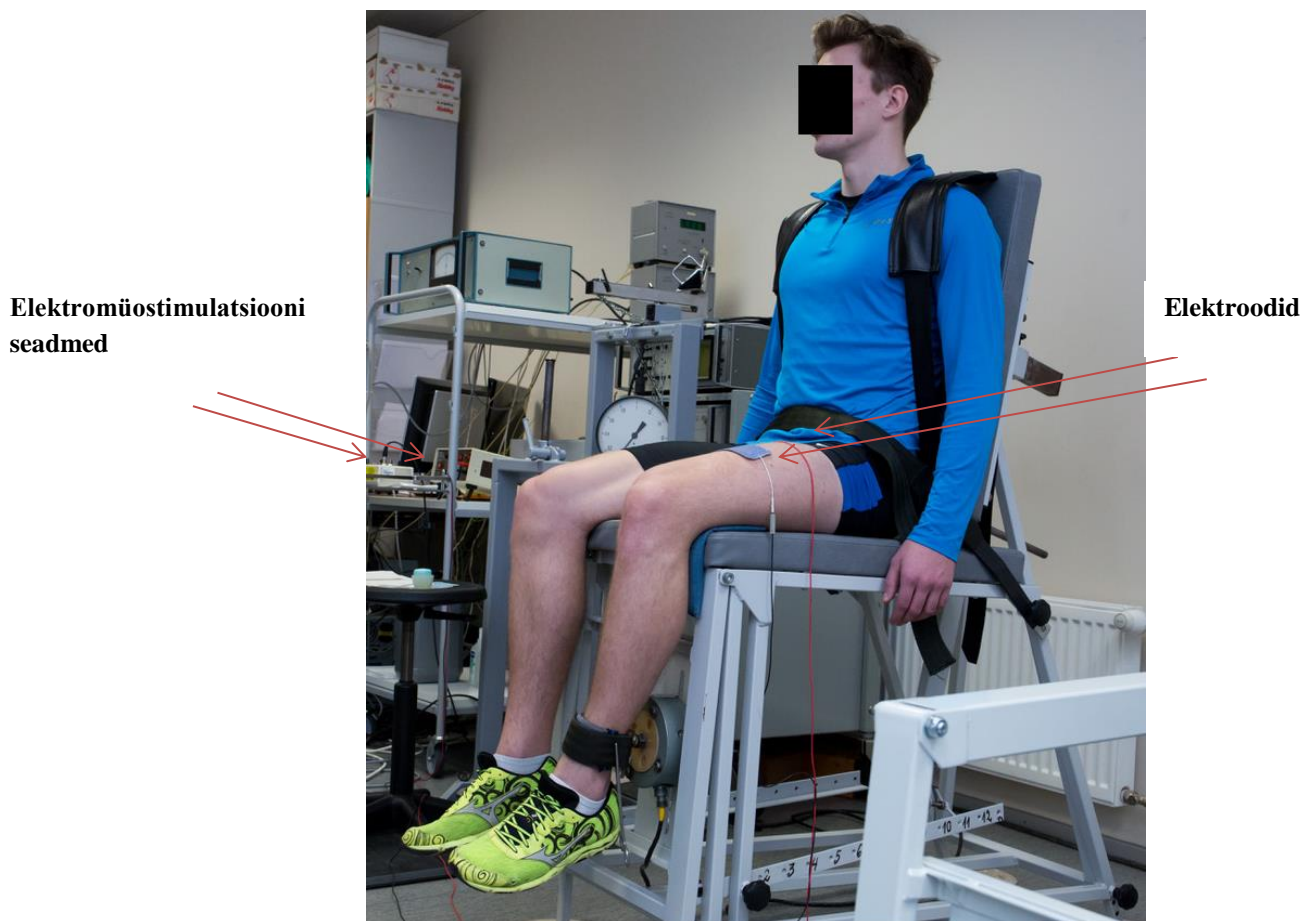
3.2.2 Soojenduse kestvuse määramine

Vaatlusalusteks olid kergejõustiklased ja peamiselt kiirjooksu esindajad, seega soojendusprogramm oli jaotatud kolmeks osaks: ettevalmistus (sõrkjooks), venitused (kas staatilised või dünaamilised) ja potentseeriv osa (jooksuharjutused, erialaspetsiifilised harjutused). Soojenduse sooritamiseks paluti vaatlusalustel valida võimalikult sarnased harjutused sellele, mida ta kasutab enne võistlust. Soojenduse sooritamisel fikseeriti erinevate soojenduse osade kestvused stopperkellaga Polar m400 (Soome), täpsusega ± 1 ms.

3.2.3 Üksikkontraktsiooni näitajate määramine

Vaatlusaluste uurimiseks kasutati isomeetrilist dünamomeetria ja elektromüostimulatsiooni meetodid. Dünamomeetriline seade on elektromehhaaniline ning koosneb dünamomeetrilisest pingist, tensodünamomeetrist ning toite- ja võimendusploki. Võimendusploki kaudu on seade ühendatud mikrokontrolleriga ja see omakorda analoogdigitaalmuunduriga. Analoogmuunduri abil teisendatakse signaal numbriliseks ning lauarvuti abil visualiseeritakse signaali muutuseid graafikute näol. Vaatlusalune istus dünamomeetrilisel pingil, kusjuures nurk põlveliigeses on 90 kraadi ja puusaliigeses 110 kraadi. Keha asendi fikseerimiseks puusa- ja õlavöötme kõrgusel Velcro rihmad, et vältida teiste lihaskrühvide koaktivatsiooni. Vaatlusaluse dominantse alajäseme sääre distaalse osa kinnitati tensodünamomeetrile mansetiga (joonis 1). Alajäseme dominantsuse määramiseks kasutati eelistus jalaga palli löömisel (English et al 2006).

Kaudse elektromüostimulatsiooni meetodil uuriti reie-nelipealihase üksikkontraktsiooni näitajad, kasutades nahapealsed stimulatsiooni elektrodid ja vastav aparatuur (Constant current stimulator DS7AH ja Train/Delay generator, Digitimer Ltd, Inglismaa). Eelnevalt puhastati nahk desinfitseeriva vahendiga ning asetati karboniseeritud kummist elektrodid: kubemepiirkonda femoraalnärvi projektsioonile (katood, 5x5 cm mõõtmetega) ja reie-nelipealihase keskossa (anood, 5x10 cm mõõtmetega). Konstantse elektrivooluga 150 V, mille impulsi kestvus oli 1 ms, kutsuti esile supramaksimaalne isomeetriline üksikkontraktsioon. Selline meetodika välistab, et kontraktsiooni mõjutaks vaatlusaluse motivatsioon (Ereline 2006).



Joonis 1. Vaatlusaluse asend

Käesolevas uuringus määrati järgmised näitajad:

- 1) Üksikkontraktsiooni maksimaaljõud (ingl. k. *peak force*, PF) – suurim isomeetrilisel kontraktsioonil esile kutsutud jõud (N);
- 2) Üksikkontraktsiooni kontraktsiooniaeg maksimaalse jõu saavutamiseni (ingl. k. *contraction time*, CT) – aeg, mis kulub PF saavutamiseks (s);
- 3) Üksikkontraktsiooni maksimaalne jõugradient kontraktsiooni faasis (ingl. k. *rate of force development*, RFD) – kiirus, millega skeletilihase kontraktiilsed omadused suudavad jõudu genereerida (N/s);
- 4) Üksikkontraktsiooni maksimaalne jõugradient lõõgastus faasis (ingl. k. *rate of relaxation*, RR) – kiirus, millega skeletilihas suudab (N/s);
- 5) Aktiivsusejärgse potentseerumisindeks (ingl. k. *post activation potentiation*, PAP) – arvutatakse valemiga: $PAP = (PF_p : PF) \times 100 (\%)$, kus PF on maksimaalne jõud

puhkeolekus ja PFP on maksimaalne jõud skeletilihase potentseerunud seisundis (potentseerunud seisundi esile kutsumiseks kasutati reie-nelipealihase 5-sekundilist isomeetrilist tahtelist maksimaalset kontraktsiooni).

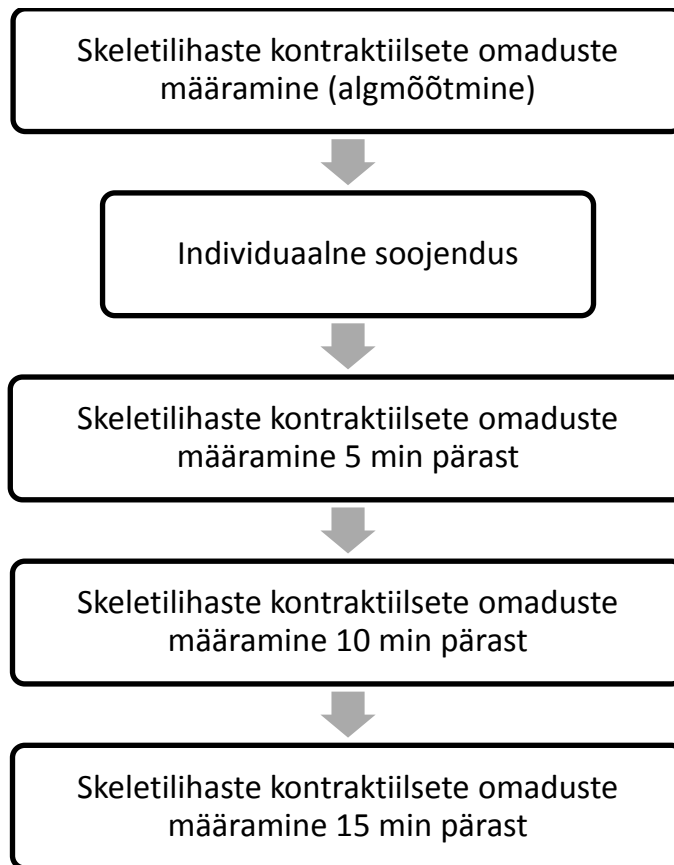
Mõõtmisi teostati neljal korral: enne soojendus ning 5,10 ja 15 minutit peale soojenduse lõppu.

3.3 Uuringu korraldus

Käesolev uuring viidi läbi Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika laboratooriumis ning Tartu Ülikooli Akadeemilise spordihoone kergejõustikuareenil (Ujula 4, Tartu). Enne uuringu algust tutvustati vaatlusalustele uuringu eesmäärke ja meetodeid. Uuring algas vaatlusalustele küsitluse täitmisega, mis sisaldas küsimusi nende treeningu iseloomu ja kehaliste vaeguste kohta (Lisa 1). Selle järel viidi läbi vaatlusaluste antropomeetrilised mõõtmised (keha pikkus ja mass).

Sellele järgnes 4 km/t kiirusel 3-minutiline kõnd kõnnilindil. Uuringu korraldus kõnni järgselt on illustreeritud joonisel 1. Järgmisena viidi läbi esimene skeletilihaste kontraktiilsete omaduste hindamine.

Esimesele skeletilihaste kontraktiilsete omaduste hindamisele järgnes vaatlusaluse individuaalne soojendusprogramm. Pärast soojendusprogrammi läbimist korraldati skeletilihaste kontraktiilsete omaduste määramist 5, 10 ja 15 minutit pärast soojenduse lõppu. Mõõtmiste vahel oli sportlane dünamomeetrilisel pingil.



Joonis 2. Uuringu korralduse skeem

3.4 Andmete statistiline analüüs

Andmete statistiliseks tötluseks kasutati tarkvara paketti Microsoft Excel. Saadud tulemuste osas määrati aritmeetiline keskmine (\bar{X}) ja standardviga (SE). Andmete normaaljaotust kontrolliti Kolmogorov-Smirnov testiga. Näitajate muutused pärast soojenduse sooritamist analüüsiti %-des valemiga: $X = (a \cdot b) / 100(\%)$, kus a on näitaja enne soojendust ja b on tulemus pärast soojendust. Näitajate erinevusi ajas analüüsiti Studenti paaris t-testiga. Madalaimaks olulisuse nivooks võeti $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1 Vaatlusaluste soojendusprogrammi kestvus

Vaatlusalusteks olid kergejõustiklased ja peamiselt kiirjooksu esindajad, seega võis soojendusprogrammi jagada kolmeks: ettevalmistus (sörkjooks), venitused (kas staatilised või dünaamilised) ja potentseeriv osa (jooksuharjutused, erialaspetsiifilised harjutused). Soojenduse osade kestvused on välja toodud tabelis 2.

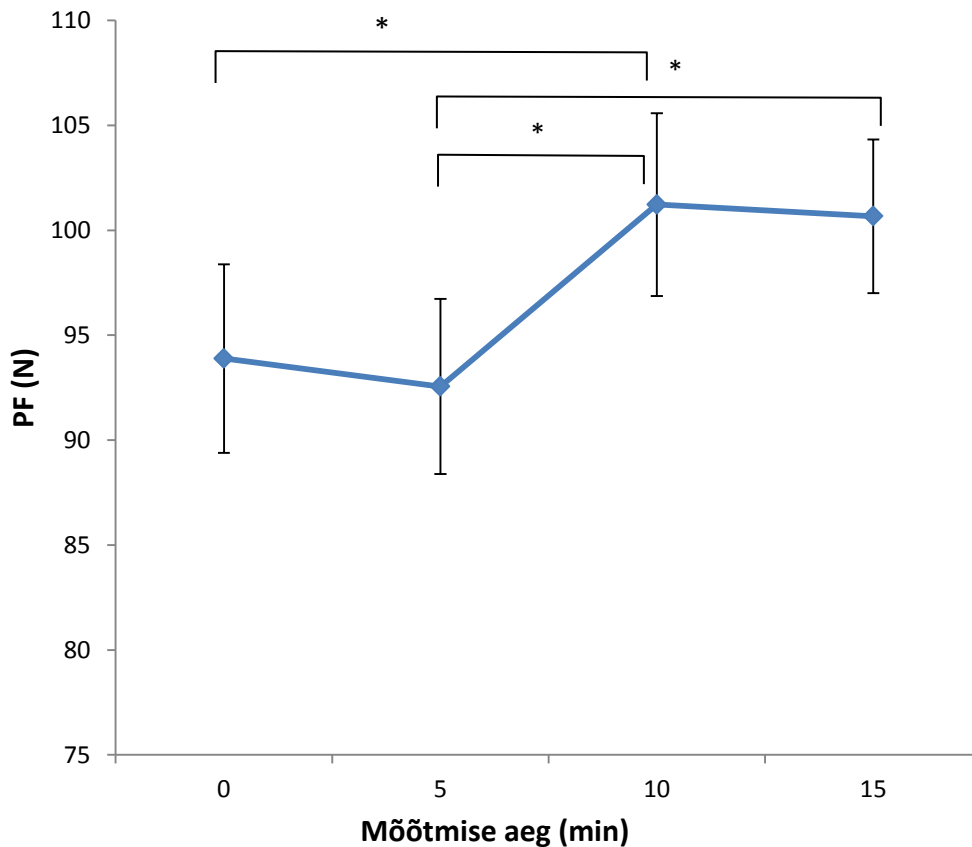
Vaatlusaluste võistluseelsest soojendusest moodustas ettevalmistusfaas 25%, venitusharjutused 34% ja sooritusvõimet potentseeriv faas 41%.

Tabel 2. Soojenduse erinevate osade ajaline kestvus ($X \pm SD$)

Soojenduse osa	Kestvus ($X \pm SD$, min)
Ettevalmistusfaas	4,4 \pm 1,2
Venitusharjutused	6,0 \pm 2,0
Spordiala-spetsiifilised harjutused	7,2 \pm 1,7
Kokku	17,6 \pm 3,3

4.2 Üksikkontraktsiooni maksimaaljõud

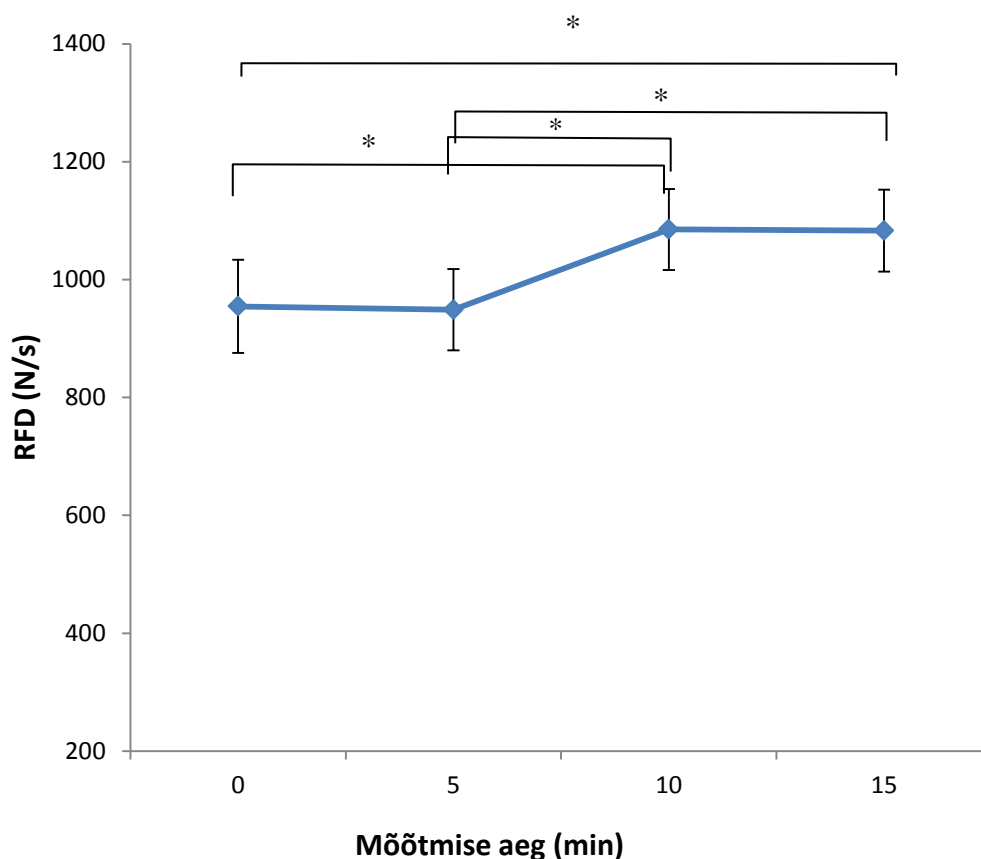
PF näitaja muutumine ajas on illustreeritud joonisel 3. Pärast viie minutist puhkeperioodi vähenes ($p>0,05$) PF 1,4% - enne $92,56\pm 4,17$ N pärast $101,22\pm 4,36$ N. 10. minutiks suurenes ($p<0,05$) PF 9,4% võrra – enne $92,56\pm 4,17$ N, pärast $101,22\pm 4,36$ N. Pärast 10. minutit toimus 0,6% PF vähenemine ($p>0,05$) – enne $101,22\pm 4,36$ N, pärast $100,67\pm 3,66$ N.



Joonis 3. Reie-nelipealihase isomeetrilise üksikkontraktsiooni maksimaaljõud (PF) puhkeolekus mõõdetuna enne soojendust (0 min) ning 5,10 ja 15 minutit pärast soojenduse lõppu (keskmine \pm SE). * $p<0,05$.

4.3 Üksikkontraktsiooni maksimaalne jõugradient pingutuse faasis

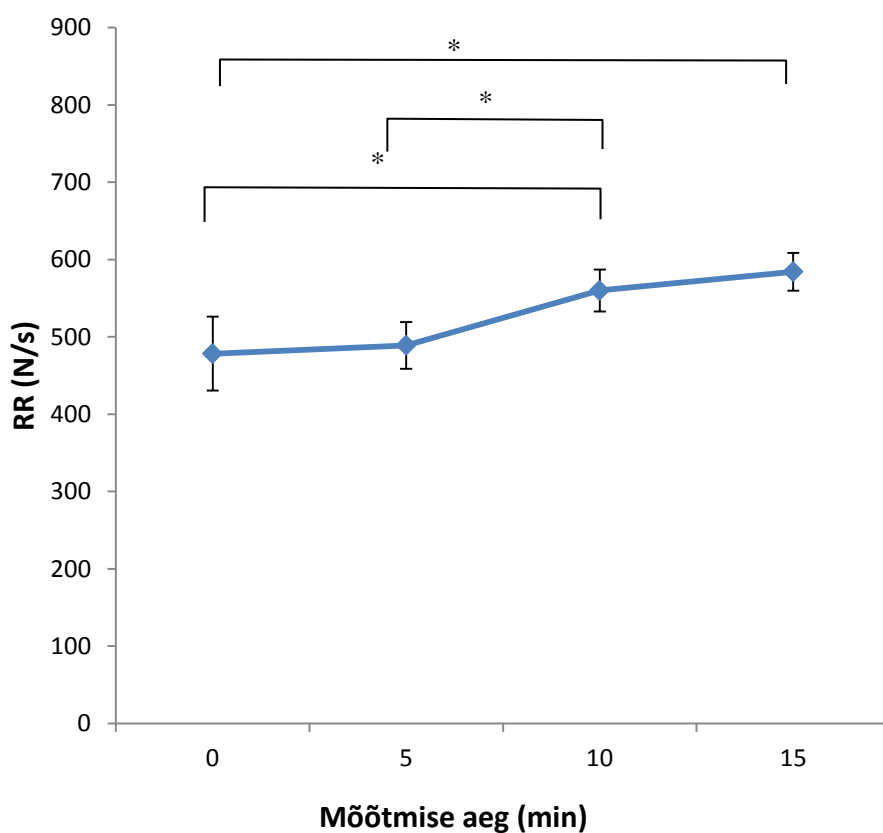
RFD näitaja muutumine ajas on illustreeritud joonisel 4. Võrreldes puhkeolekuga langes ($p>0,05$) 5. minutiks tavaoleku keskmine RFD vaid 0,6% - enne $954,67\pm 79,19$ N/s, pärast $948,89\pm 69,06$ N/s. Pärast viiendat minutit toimus RFD tõus ($p<0,05$) 14,4% võrra - enne $948,89\pm 69,06$ N/s, pärast $1085,11\pm 68,68$ N/s. 15. minutiks langes ($p>0,05$) RFD võrreldes 10. minutiga 0,2% - enne $1085,11\pm 68,68$ N/s, pärast $1083,11\pm 69,74$ N/s.



Joonis 4. Reie-nelipealihase isomeetrilise üksikkontraktsiooni maksimaalne jõugradient (RFD) pingutuse faasis mõõdetuna enne soojendust (0 min) ning 5,10 ja 15 minutit pärast soojenduse lõppu (keskmine±SE). * $p<0,05$.

4.4 Üksikkontraktsiooni maksimaalne jõugradient lõögastusfaasis

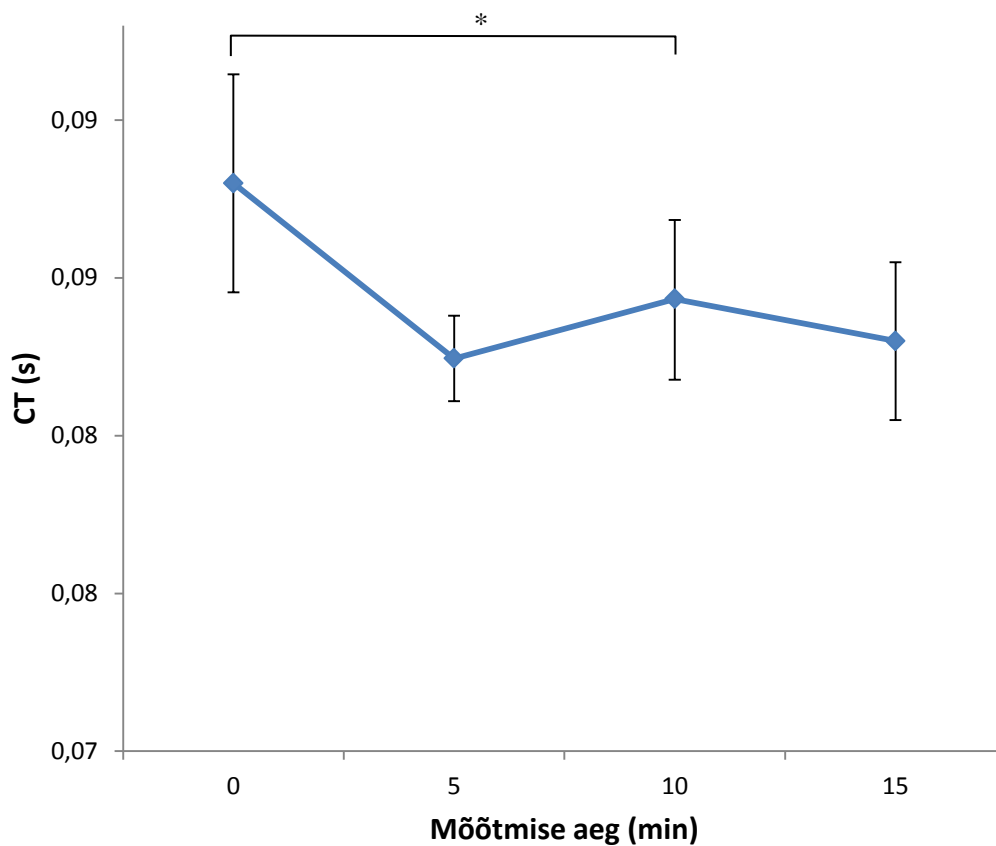
RR näitaja muutumine ajas on illustreeritud joonisel 5. 5. minutil pärast soojendusprogrammi lõpetamist oli RR tõusnud ($p>0,05$) 2,3% - enne $478,33\pm 47,70$ N/s, pärast $489,11\pm 30,19$ N/s. 10. minutiks oli võrreldes puhkeolekuga RR tõusnud ($p>0,05$) 17,1% - enne $478,33\pm 47,70$ N/s, pärast $560,00\pm 27,22$ N/s. RR tõusis kuni 15. minuti mõõtmiseni ning saavutas võrreldes puhkeolekuga 22,1% tõusu ($p<0,05$) - enne $478,33\pm 47,70$ N/s, pärast $584,22\pm 24,41$ N/s.



Joonis 5. Reie-nelipealihase isomeetrilise üksikkontraktsiooni maksimaalne jõugradient lõögastuse faasis (RR) mõõdetuna enne soojendust (0 min) ning 5,10 ja 15 minutit pärast soojenduse lõppu (keskmine±SE). * $p<0,05$.

4.5 Üksikkontraktsiooni aeg maksimaalse jõu saavutamiseni

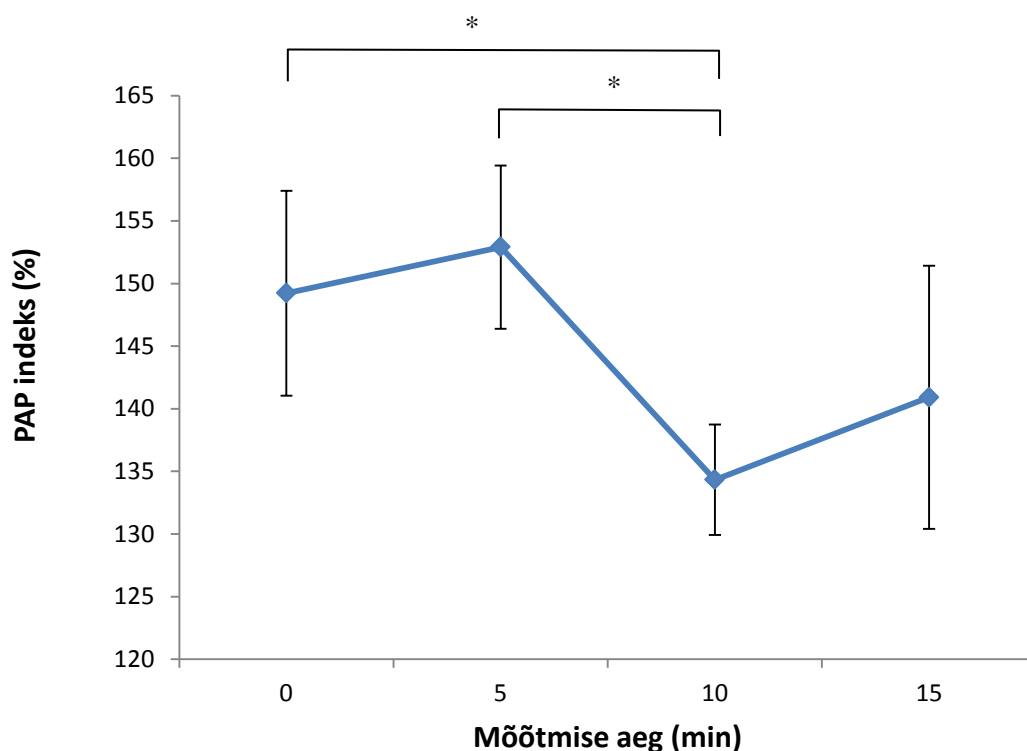
CT näitaja muutumine ajas on illustreeritud joonisel 6. Võrreldes puhkeolekuga oli CT langenud ($p>0,05$) 5. minutiks pärast soojendusprogrammi lõppu 6,2% - enne $0,09\pm 0,01$ s, pärast $0,08\pm 0,01$ s. 10. minutiks oli võrreldes 5. minutiga CT tõusnud ($p>0,05$) 2,2% - enne $0,08\pm 0,01$ s, pärast $0,09\pm 0,01$ s. 15. minutiks langes ($p>0,05$) CT 1,5%.



Joonis 6. Reie-nelipealihase isomeetrilise üksikkontraktsiooni kontraktsiooniaeg (CT) mõõdetuna enne soojendust (0 min) ning 5,10 ja 15 minutit pärast soojenduse lõppu (keskmine \pm SE). * $p<0,05$.

4.6 Potentseerumisindeks

PAP indeksi muutumine ajas on illustreeritud joonisel 5. Soojendusele eelneval mõõtmisel oli keskmine PAP $149,22 \pm 8,2$ %. 5. minutiks tõusis ($p > 0,05$) PAP 2,5% ehk kuni $152,90 \pm 6,5$ %. 10. minutil toimus 12,2% PAP langus ($p < 0,05$) - enne $152,90 \pm 6,5$ %, pärast $134,3 \pm 4,4$ %. 15. minutil oli PAP tõusnud ($p > 0,05$) 4,9% - enne $134,3 \pm 4,4$ %, pärast $140,91 \pm 10,5$ %.



Joonis 7. Reie-nelipealihase aktiivsujärgse potentseerumisindeksi näitajad (PAP; %) enne soojendust (0 min) ning 5,10 ja 15 minutit pärast soojenduse lõppu (keskmine±SE). * $p < 0,05$

5. ARUTELU

Antud töös uuriti muutuseid meeskergejõustiklaste reie-nelipealihase kontraktiilsete omaduste näitajates individuaalse võistluseelse soojenduse järgselt ning jälgiti nende muutumist ajas, kasutades selleks elektromüostimulatsiooniga esilekutsutud isomeetrist üksikkontraktsiooni. Uuringu autoritele teadaolevalt pole varem uuritud meeskergejõustiklaste individuaalse võistluseelse soojendusprogrammi mõju reie-nelipealihase kontraktiilsetele omadustele.

Meessoost kergetõustiklaste võistluseelne soojendus jaotati uuringus kolmeks osaks: ettevalmistav faas, venitusharjutused ja erialaspetsiifilised harjutused. Soojendus kestis keskmiselt 17,6 minutit, millest suurima osa moodustasid erialaspetsiifilised harjutused (41%). Uuringu autorid ei leidnud varasemast kirjandusest informatsiooni kergetõustiklaste individuaalse soojenduse kestvuse kohta ja selle protsentuaalsest jaotuvusest. Varasemas kirjanduses on kasutatud peamiselt reglementeeritud soojendusprogramme koos staatiliste ja dünaamiliste venitustega. (Fletcher ja Anness, 2007; Perrier et al, 2011).

Uuringus tuvastati muutuseid meessoost kergetõustiklaste reie-nelipealihaste kontraktiilsetes omadustes soojendusharjutuste järgselt ning jälgiti nende muutumist ajas. Selleks hinnati reie-nelipealihase kontraktiilseid elektrostimulatsiooniga esile kutsutuna isomeetriselt. Registreeriti muutused kontraktsioonijõus (PF), maksimaaljõu saavutamise kiiruses (RFD), kontraktsiooniajas (CT), lõdgastuskiiruses (RR) ning potentseerumisindeksis (PAP). Käesolevale uuringule eelnevalt polnud autoritele teadaolevalt uuritud ilma lisaraskusteta soojendusharjutuste mõju kergetõustiklaste skeletilihaste kontraktiilsetele omadustele. Hinnatud parameetrite tulemust on varasemalt seostatud kergetõustiklaste funktsionaalse sooritusvõimega (paigalt üleshüpe, 10-meetri kiirjooks). (Requena et al, 2011)

Vastavalt töö tulemustele selgus, et esimesel viiel minutil toimus tulemuste langemine, pärast mida (10 minutit pärast soojenduse lõppu) toimus mitmel puhul statistiliselt oluline tulemuste paranemine nii võrreldes algtasemega kui ka 5. minutiga pärast soojenduse lõppu. 15. minutiks olid positiivsed efektid säilinud, kuid valdavalt vähesemal määral kui 10. minutil. RR puhul on varasemalt leitud, et väsimuse foonil toimub aeglasem lihase lõdgastusvõime – see on Ca-ioonide pumpade töövõime häirumise tõttu. Väsimus pärsib Ca-ioonide vabanemist, tarbimist ja Ca-ATPaasi aktiivsust skeletilihastes (Westerblad et al, 1997). Käesolevas uuringus 5. minutil esile tulnud tulemuste langus on tõenäoliselt põhjustatud sellisest mehhanismist.

PF ja RFD näitajate statistiliselt oluline tulemuste paranemine ilmnes 10 minutit pärast soojendusharjutuste lõppu ning säilis RFD puhul ka 15 minutit pärast soojenduse lõppu. RR puhul saabus oluline muutus 15. minutil. RR tulemuse langust on ka varasemalt seostatud väsimusega, mistõttu tõuseb RR tulemus ehk ka hiljem kui PF ja RFD, mis ka käesoleva töö tulemustest ilmnes. RR sõltub oluliselt skeletilihases müosiini ja aktiini vaheliste ristsillakeste tekkimisest ning kiirus- ja jõualade esindajatel on selleks vajalik müosiini ATPaasi aktiivsus jõutreeningu tagajärjel suurem. (Ereline, 2006; Stull et al, 2011) CT on tugevalt seotud sarkoplasmaatilise retiikulumi arengu, Ca-ioonide vabastamise ning deponeerimisega ja Ca-ioonide kontsentratsiooniga lihaskiudude vahelisel alal. Samuti on CT'd seostatud skeletilihase ristsillakeste koguhulgaga (Ereline, 2006).

PAP on sõltuv paljudest faktoritest. On leitud, et üldse saaks PAP'i utiliseerida, peab individ omama teatud tasemel jõudu või jõutreeningu staaži, kuid nende uuringute tulemused ei ole ühemeelsed. Faktor, mis kindlasti mõjutab PAP'i avaldumist, on skeletilihaste kiutüüp. Vaatlusel, kellel on peamiselt Iia kiudude lihaskompositsioon, paistavad leidvat tugevamat sooritusvõime paranemist pärast potentseerivat stiimulit. Selliste uuringute üheks miinuseks võib välja tuua asjaolu, et sageli ei tehta kindlaks, kas sooritusvõime paranemine tuleb tõesti läbi PAP mehhanismi või neuraalse erutuvuse, mis väljendub H-refleksi tõusuna (Docherty ja Hodgson, 2007).

Kui hinnata soojendusharjutuste efekti PAP indeksiga, siis ilmnes, et optimaalseim aeg PAP efekti ära kasutamiseks on 5 minutit peale soojenduse lõppu. Pärast 5. minutit toimus oluline potentseerumisindeksi langus. Selliseid tulemusi on ka varem leitud kui soojendusena kasutatakse enda keharaskusega dünaamilisi venitusi või plüomeetrilisi harjutusi. (Tobin ja Delahunt, 2014; Turner et al, 2015) PAP suureneb tänu müosiini kerge ahelate fosforüliseerumisele, mis suurendab Ca²⁺ tundlikust müofilamentides. PAP võib suurendada ka sarkoplasmaatilise Ca²⁺ kontsentratsiooni, mis omakorda võib soodustada aktiini ja müosiini vaheliste ristsillakeste tekkimist. Nagu ka jõugradientide muutusel, on leitud, et pärast potentseerivat stiimulit saabub PAP langus (McGowan et al, 2015). Käesolevas uuringus saabus aga PAPi suurim tulemus juba 5. minutil pärast soojendusprogrammi lõppu. Varasemad uuringud on leidnud, et optimaalseim aeg väsimuse ja soojendusharjutuste positiivse efekti vahel on, sõltuvalt soojendusest ja uuritavatest, vahemikus 4-11 minutit. Käesolevast uuringust selgus, et kui kasutada soojenduseks vaid enda keharaskusega soojendusharjutusi, siis on optimaalseim aeg sooritusvõime parandamiseks 10 minutit pärast soojenduse lõppu. Sellised tulemused olid ka oodatavad, sest skeletilihase potentseerumist käsitlevad uuringud on enamasti leidnud esialgu väsimuse foonil sooritusvõime langust ning

4-11 minuti järel sooritusvõime tõusu skeletilihase potentseerumise tagajärjel (McGowan et al, 2015).

Skeletilihaste eelnevatel kontraktsioonidel on oluline efekt lihase jõu geneerimise võimel ja teistel kontraktiilsetel omadustel. Üks selgemaid akuutseid efekte on jõu genereerimise võime langus madala või kõrge intensiivsusega kontraktsioonide tagajärjel, mida võib iseloomustada väsimusena. Samas võivad eelnevad kontraktsioonid järgnevaid kontraktsioone ka võimendada. See toimub peamiselt läbi müosiini kergete ahelate fosforüliseerimise ning seda kutsutakse aktiivsujärgseks potentseerumiseks (PAP) (Docherty ja Hodgson, 2007).

On leitud, et PAP efekt on kõige tugevam hästi treenitud meessoost jõu-ja kiirusalade esindajatel. Käesolevas uuringus olnud vaatlusalused olid heade omadustega PAPi ära kasutamiseks. Varasemalt leitud, et meessoost kiirus-ja jõualade esindajatel on skeletilihaste potentseerumisvõime, väljendatuna PAP indeksina 150-160% (Ereline, 2006). Käesoleva uuringu tulemused kinnitavad varasema uuringu tulemust – vaatlusalusteks olid hästi treenitud meessoost jõu- ja kiirusalade esindajad ning potentseerumisindeks, sõltuvalt ajahetkest, jäi vahemikku 141-153 %.

Varasemas kirjanduses on PAPi esilekutsuva stiimulina kasutatud näiteks soojendust, mis koosneb 4-minutilise sörkjooksust, millele järgneb üks seeria ilma lisaraskuseta kükke ning pärast seda kas 100% või 95% 1KM raskusega kükiseeria. PAPi uurimiseks oodatakse tavaliselt 4-11 minutit, millele järgneb funktsionaalne tegevus/mõõtmine (nt paigalt üleshüpe, kiirjooks). (Smith et al, 2014) Leidub uuringuid, kus PAP esilekutsumiseks kasutatakse suurte raskustega harjutusi, kuid oluliselt vähem kirjandust, kus kogu soojendus viiakse läbi ilma lisaraskuseta, kasutades näiteks plüomeetrilisi harjutusi ja dünaamilisi venitusi (Hilfiker et al, 2007). Kuigi meie uuringus ei kasutatud soojenduses jõuharjutusi, saavad optimaalseim PAP'i utiliseerimise võime ja parimad tulemused isomeetrilised dünamomeetrial ikkagi samas ajavahemikus. See võib tulla sarnasest vajadusest puhkeajale – tihti on uuringute soojenduste puhul tegu väikese mahu, aga suure intensiivsusega ning meie uuringus oli soojendus oma iseloomult tavaliselt suure mahu, kuid väikese intensiivsusega.

Tobin ja Delahunt (2014) uurisid plüomeetriliste harjutuste mõju vertikaalse üleshüppe sooritusvõimele. Vaatlusalusteks olid 20 ragbimängijat vanuses $22,4 \pm 3,4$, kellel hinnati vertikaalhüppe kõrgust ja toepinna reaktsiooniaega puhkeolekus ning 1,3,5 minutit pärast plüomeetrilisi harjutusi, milleks olid 40 hüpet. Leiti, et nii vertikaalhüppe kõrgus kui ka maksimaalne avaldatud jõud olid enne plüomeetrilisi harjutusi oluliselt madalamad. Vastuoluliselt enamusele kirjandusele leiti, et parim tulemus saavutati 1. minutil pärast

stiimulit ning ühelgi mõõtmishetkel ei toimunud sooritusvõime halvenemist, mis võib viidata asjaolule, et ilma raskustega PAP esilekutsumine on efektiivsem.

Turner ja kaasautorid (2015) uurisid plüomeetriliste harjutuste mõju 20-meetrise kiirjooksu ajale. 23 sprindialade meessportlast sooritasid uuringu alguses 20-meetrise maksimaalse kiirenduse ning kordasid seda 15 sekundi, 2,4,8,12 ja 16 minuti järel. Esimene grupp sooritas 3x10 jalalt jalale horisontaalsuunale hüpet, teine grupp samamoodi 3x10 jalalt jalale hüpet, kuid lisatud oli 10% vaatlusaluse keharaskusest vest ning kolmas, ehk kontrollrühm, veetis sama aja jalutades. Aegade paranemised olid nähtavad kõikidel rühmadel alates 2. minutist, kusjuures parim keskmine aeg saabus kõikidel rühmadel 4. ja 8. minuti vahel. Tähelepanu väärib ka olulist vahet oma keharaskuse ja lisatud raskusega treeninud gruppide aegades, mis viitab jällegi asjaolule, et tõenäoliselt on parimaks akuutse sooritusvõime parandamiseks vajalik kasutada lisaraskuseid. Need tulemused on sarnased käesoleva uuringu tulemustega - kuigi meie uuringus kestis soojendus kauem, toimus sellegipoolest mõlemal puhul esialgne sooritusvõime langus. Meie uuringus ilmnis suurim skeletilihaste funktsionaalsuse tõus 10 minutit peale soojenduse lõppu, mis võib olla põhjustatud suuremast väsimusest (uuritavatel paluti läbida võistluseelne soojendus, mis eeldab 10-15 minutilist pausi soojenduse lõpu ja võistluse alguse vahel).

Uuringu piirava faktorina võib välja tuua väikese valimi hulga. Samuti oleks võinud vaatlusalustena kasutada ka naissoost sportlaseid. Skeletilihaste kontraktilsete omaduste mõõtmiseks oleks võinud sooritada ka tihedamini kui 5-minutiliste intervallidega peale soojenduse lõppu. Uuringu tugevusteks võib välja tuua sooritusvõime hindamise meetodi – kasutades perkutaanselt esilekutsutud kontraktsiooni hindamist, välistatakse vaatlusaluse motivatsioonipiirangud. Samuti võib tugevusena välja tuua kasutatud mõõtmismetoodika väga hea mõõtmistevahelise usaldusväärsuse (Raudsepp ja Pääsuke, 1995) ja valimi tüübi – meessoost kiirus- ja jõualade esindajad. Lisaks ka kompleksse individuaalse soojenduse hindamise.

Meie tulemused võiksid omada praktilist väärtust nii kergejõustiku sportlastele, treeneritele, aga ka kergejõustiku alaliidule ning võistluste korraldajatele. Nimelt esineb praegu tihti ametliku soojenduse ja ala alguse vahel kuni 20-minutiline paus, mis seab sportlased ettevalmistuse sooritamisel keerulisse olukorda. Võttes arvesse eelnevat kirjandust ja käesoleva töö tulemusi, võib järeldada, et nii pika pausi tagajärjel toimub juba sooritusvõime langus. Kui eesmärgiks on maksimaalse sooritusvõime parandamine, võiks kaaluda lühemat pausi ametliku soojenduse lõpu ja võistluse alguse vahel.

6. JÄRELDUSED

1. Meeskergejõustiklastel, kes tegelevad kiirjooksu ja hüppealadega, kestab soojendus keskmiselt 17, 6 minutit, millest ettevalmistusfaas moodustab 25%, venitusharjutused 34% ja saavutusvõimet potentseeriv faas 41%.
2. Reie-nelipealihase kontraktsioonijõu ja –kiiruse näitajad on suurenenud 10-15 min pärast soojenduse lõppu.
3. Reie-nelipealihase aktiivsuscõrgejärgne potentseerumine saavutab kõrgeima taseme 5 minutit pärast soojendust, kusjuures 10 minutit pärast soojenduse lõppu on see näitaja vähenenud võrreldes lähtetasemega.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*. 2011 1;111(11):2633-51.
2. Bishop D. Warm up II. *Sports Medicine*. 2003 1;33(7):483-98.
3. Chiu LZ, Fry AC, Weiss LW, et al. Post-activation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2003;17(4):671-7
4. Costa PB, Ryan ED, Herda TJ, Walter AA, Hoge KM, Cramer JT. Acute Effects of Static Stretching on Leg Extension and Flexion Peak Torque and the Hamstrings-to-Quadriceps Conventional and Functional Ratios. . *Journal of Strength & Conditioning Research* 2011;25:S6-7.
5. De Villarreal ES, González-Badillo JJ, Izquierdo M. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European Journal of Applied Physiology*. 2007;100(4):393-401.
6. Docherty D, Hodgson MJ. The application of post-activation potentiation to elite sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2007;2(4):439-44.
7. English R, Brannock M, Chik WT, Eastwood L, Uhl T. The relationship between lower extremity isokinetic work and single-leg functional hop-work test. *Journal of Sports Rehabilitation*. 2006; 15: 95-104.
8. Ereline J. Contractile properties of human skeletal muscles: association with sports training, fatigue and post-tetanic potentiation. 2006.
9. Fletcher IM, Anness R. The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007;21(3):784.
10. Fortier J, Lattier G, Babault N. Acute effects of short-duration isolated static stretching or combined with dynamic exercises on strength, jump and sprint performance. *Science & Sports*. 2013;28(5):e111-7.
11. Hilfiker R, Hübner K, Lorenz T, Marti B. Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive force development. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007;21(2):550.
12. Ingham SA, Fudge BW, Pringle JS, et al. Improvement of 800-m running performance with prior high-intensity exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2013;8(1):77-83.

13. Jo E, Judelson DA, Brown LE, Coburn JW, Dabbs NC. Influence of recovery duration after a potentiating stimulus on muscular power in recreationally trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(2):343-7.
14. Jubeau M, Gondin J, Martin A, Van Hoecke J, Maffiuletti NA. Differences in twitch potentiation between voluntary and stimulated quadriceps contractions of equal intensity. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2010;20(1).
15. Kay AD, Blazevich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2012;44(1):154-64..
16. Kraska JM, Ramsey MW, G. Gregory H, Nate F, Sands WA, Stone ME, Stone MH. Relationship between strength characteristics and unweighted and weighted vertical jump height. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2009;4(4):461-73.
17. Lewis J. A systematic literature review of the relationship between stretching and athletic injury prevention. *Orthopedic Nursing*. 2014;33(6):312-20.
18. Magnusson S, Aagaard P, Larsson B, Kjaer M. Passive energy absorption by human muscle-tendon unit is unaffected by increase in intramuscular temperature. *Journal of Applied Physiology* 2000;88:1215-1220
19. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. *Sports Medicine*. 2015 Nov 1;45(11):1523-46.
20. McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2010;20(2):169-81.
21. Meijer JP, Jaspers RT, Rittweger J, Seynnes OR, Kamandulis S, Brazaitis M, Skurvydas A, Pišot R, Šimunič B, Narici MV, Degens H. Single muscle fibre contractile properties differ between bodybuilders, power athletes and control subjects. *Experimental physiology*. 2015;100(11):1331-41.
22. Perrier ET, Pavol MJ, Hoffman MA. The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(7):1925-31.
23. Racinais S, Oksa J. Temperature and neuromuscular function. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010;20(3):1–18.
24. Raudsepp, L and Pääsuke, M. Gender differences in fundamental movement patterns, motor performances and strength measurements of pre-pubertal children. *Pediatric Exercise Science* 7: 294–304, 1995.

25. Requena B, de Villarreal ES, Gapeyeva H, Erelina J, García I, Pääsuke M. Relationship between postactivation potentiation of knee extensor muscles, sprinting and vertical jumping performance in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(2):367-73.
26. Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Costa PB, Defreitas JM, Stout JR, Cramer JT. The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy* 2008; 38: 632–639
27. Smith CE, Hannon JC, McGladrey B, Shultz B, Eisenman P, Lyons B. The effects of a postactivation potentiation warm-up on subsequent sprint performance. *Human Movement*. 2014;15(1):36-44.
28. Stull JT, Kamm KE, Vandenboom R. Myosin light chain kinase and the role of myosin light chain phosphorylation in skeletal muscle. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2011;510(2):120-8.
29. Swanson JR. A functional approach to warm-up and flexibility. *Strength and Conditioning Journal*. 2006;28(5):30.
30. Tobin DP, Delahunt E. The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014 ;28(2):367-72.
31. Turki O, Chaouachi A, Drinkwater EJ, Chtara M, Chamari K, Amri M, Behm DG. Ten minutes of dynamic stretching is sufficient to potentiate vertical jump performance characteristics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(9):2453-63.
32. Westerblad H, Lännergren J, Allen DG. Slowed relaxation in fatigued skeletal muscle fibers of xenopus and mouse. *The Journal of General Physiology*. 1997;109(3):385-99.
33. Young WB, Behm DG. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2003;43(1):21.

LISAD

Lisa 1. Vaatlusaluse küsitluse vorm

VAATLUSALUSE KÜSITLUS:

KOOD (täidab uurija): _____

VANUS _____ AASTAT SPORDIALA _____

SPORTLIK ERIALA _____

TREENINGUTE ARV NÄDALAS _____

TREENINGTUNNID NÄDLAS _____ TREENING AASTATES _____

KAS ON ESINENEUD TÕSISEID VIGASTUSI (vigastus, mis on Teid sportlikusttegevusest eemal hoidnud rohkem kui 4 nädalat)? _____

KUI JAH, SIIS MIS VIGASTUS (ED) MITU KUUD, AASTAT TAGASI NING KUIDAS RAVITI?

MUUD KEHALISED PROBLEEMID (tallatoed, ortoosid jne)?

MILLEST LÄHTUTE VÕISTLUSEELSETE SOOJENDUSHARJUTUSTE SOORITAMISEL?

MILLISEL MÄÄRAL ERINEB TEIE VÕISTLUSEELNE SOOJENDUS TAVAPÄRASEST SOOJENDUSEST?

Tänan teid vastamast!

Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina _____ Sten Siitam _____

(autori nimi)

(sünnikuupäev: _____ 19.04.1993 _____)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

“Individuealse soojenduse mõju skeletilihaste kontraktiilsetele omadustele meeskergejõustiklastel” _____,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendajad on Teet Meerits, Mati Pääsuke ja Helena Gapeyeva _____,

(juhendajate nimed)

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 16.08.17 *(kuupäev)*