

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Lisanne Meristo

**Lühiajalise maksimaalse eelpingutuse mõju maksimaalse 4000 meetri
jalgrattasõidu tulemustele**

The influence of high intensity pre-loading on 4000 metre maximal cycling performance

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:
PhD, P.Purge

Tartu, 2021

Sisukord

KASUTATUD LÜHENDID.....	3
TÖÖ LÜHIÜLEVAADE	4
ABSTRACT	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1 Soojenduse olulisus spordis	6
1.1.1 Soojenduse pikkus, intensiivsus ja iseloom.....	6
1.1.2 Puhkus soojenduse ja võistluspingutuse vahel	7
1.2 Sportlikku saavutusvõimet peegeldavad näitajad	8
1.3 Laktaadi mõju sportlikule sooritusvõimele	8
1.4 Väsimuse mõju sportlikule sooritusvõimele	9
1.5 Jalgrattaspordi iseloomustus	10
2. UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	11
3. METOODIKA	12
3.1 Uuritavate iseloomustus	12
3.2 Uuringu ülesehitus	13
3.3 Andmete statistiline töötlemine	14
4. TULEMUSED	16
4.1 Uuritavate koormustesti tulemused	16
4.2 4000 meetri maksimaalse sõidu tulemused	16
4.3 Puhkuse pikkus soojenduse ja võistluspingutuse vahel	17
4.4 Vere laktaaditaseme muutus kahe erineva soojenduse korral.....	19
4.5 Lihas- ja üldise väsimuse hinnang enne ja pärast maksimaalset 4000 meetri sõitu.....	20
5. ARUTELU.....	22
6. JÄRELDUSED	27
KASUTATUD KIRJANDUS.....	28
AUTORI LIHTLITSENTS	32

KASUTATUD LÜHENDID

Ae – aeroobne ainevahetus

An – anaeroobne ainevahetus

AeL – aeroobne lävi

AnL – anaeroobne lävi

ATP – adenosintrifosfaat

La – vere laktaaditase

VE – õhu ventilatsioonimaht

VO₂ – hapnikutarbimine

VO₂max – maksimaalne hapnikutarbimine

VO₂max/kg – maksimaalne hapnikutarbimine kilogrammi kehakaalu kohta

TÖÖ LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada, kas kõrge intensiivsusega lühiajaline eelpingutus soojenduses parandab sellele järgneva maksimaalse 4000 meetri jalgrattasõidu tulemusi.

Metoodika: Uuringus osales 15 Tartu piirkonna jalgrattaspordi klubide jalgratturit vanuses $23,3 \pm 3,6$ aastat. Uuritavad käisid laboris kolmel korral. Esimesel korral sooritati koormustest, teisel ja kolmandal korral läbiti juhuslikus järjekorras madalama ja kõrgema intensiivsusega soojendusprotokoll ning maksimaalne 4000 meetri sõit veloergomeetril. Madalama intensiivsusega soojendus kestis 20 minutit võimsusel 120W. Seejärel said uuritavad puhata nii kaua kui soovisid enne maksimaalset 4000 meetri sõitu. Kõrgema intensiivsusega soojendusel järgnes 20-minutilisele soojendussõidule puhkepaus ning seejärel kõrge intensiivsusega eelpingutus, milleks oli pingutus ülakeha ergomeetril 30 sekundit. Eelpingutusele järgnes uuritavate poolt valitud pikkusega puhkepaus ning seejärel maksimaalne 4000 meetri sõit. Uuringu protokollide läbiviimisel mõõdeti uuritavate vere laktaaditaset (La) sõrme kapillaarverest ning küsiti uuritavate hinnangut lihas- ja üldisele väsimusele Borgi skaalal pärast soojendust, enne võistluspingutust ning võistluspingutusest taastumisel.

Tulemused: Eelpingutusega soojenduse järgselt olid maksimaalse 4000 meetri sõidu tulemused 1,6% aeglasemad kui pärast eelpingutuseta soojendust. Erinevus maksimaalse 4000 meetri sõidu aegades oli statistiliselt oluliselt erinev. Lisaks tõusis eelpingutuse järgselt La oluliselt kõrgemale kui pärast eelpingutuseta soojendust. Enne maksimaalset 4000 meetri sõitu mõõdetud La vahel erinevust ei leitud, kuid eelpingutusega soojenduse järgselt soovisid uuritavad puhata keskmiselt 792 ± 246 sekundit ning eelpingutuseta soojenduse järgselt 522 ± 127 sekundit. Lihas- ja üldise väsimuse hinnang enne starti kahe soojenduse järgselt erinev ei olnud, küll aga oli aeglasem La ja väsimuse hinnangute langemine maksimaalse 4000 meetri sõidu järgselt, kui sellele eelnes eelpingutusega soojendus.

Kokkuvõte: Kõrge intensiivsusega eelpingutuse lisamine soojendusprotokollile enne 4000 meetri maksimaalset sõitu mõjub võistluspingutusele negatiivselt ning taastumine võistluspingutusest on aeglasem kui pärast eelpingutuseta soojendust. Eelpingutusega soojenduse järgselt vajavad sportlased pikemat puhkepausi kui pärast eelpingutuseta soojendust.

Märksõnad: Kõrge intensiivsusega eelpingutus, soojendus, jalgrattasport.

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to evaluate the influence of a high intensity pre-loading on 4000-metre maximal cycling performance time.

Methods: 15 cyclists aged $23,3\pm 3,6$ years from regional cycling clubs in Tartu volunteered to participate in this study. The subjects performed a maximal 4000-m cycling test twice. One test was performed after normal low intensity warm up and another one was performed with the additional inclusion of high intensity pre-loading in the warm-up protocol. Blood lactate and perceived exertion were measured after each warm-up, before starting the maximal 4000-m cycling test and during recovery.

Results: The 4000-m maximal cycling test results were significantly better following the normal low intensity warm-up by 1,6%. Blood lactate levels rised significantly higher after the high intensity pre-loading than after low intensity warm up. The blood lactate levels were similar right before starting the 4000-m maximal cycling test in both conditions, but after the high intensity pre-loading subjects rested for 792 ± 246 seconds, which is significantly longer than 522 ± 127 second rest after normal low intensity warm-up. Perceived exertion scores were similar in both conditions before starting the 4000-metre maximal cycling test, but recovering from the test was slower after the high intensity warm up.

Conclusions: Adding high intensity pre-load to warm-up showed to negatively impact the 4000-metre maximal cycling performance time. Furthermore, the recovery of blood lactate and perceived exertion was slower after the 4000-metre maximal cycling test when it was preceded by high intensity pre-loading. The subjects needed longer periods of rest after the high intensity warm-up compared to the low intensity warm-up.

Keywords: high intensity pre-loading, warm-up, cycling.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Soojenduse olulisus spordis

Võistlusspordiga tegelevate inimeste ja treenerite jaoks on oluline teada, milline treeningmetoodika viib kõige paremate tulemusteni. Kuna võistlustel võivad esimest ja teist kohta eraldada vaid mõned sekundid või sentimeetrid, siis on kasulik teada erinevaid treeningmetoodikaid, mida kasutada, et sportlikku saavutusvõimet parandada. Sportlaste ettevalmistamine võistlusteks võib kesta mitmeid kuid või isegi aastaid, kuid väga oluline on teada, mis toimub võistluspäeval ning millist soojendust sportlane kasutab, et oma keha järgneva pingutuseks parimal võimalikul viisil ette valmistada. Kuigi võistluseelne soojendus kuulub paljude, kui mitte kõikide sportlaste rutiini, siis ei ole jätkuvalt teada, milline soojendus võiks kõige paremat mõju avaldada (Tomaras & MacIntosh, 2011).

On leitud, et enamik soojendusstrateegiaid mõjutavad võistlussooritust positiivselt (Christensen & Bangsbo, 2015). Soojendus avaldab organismile mitmeid mõjusid: see võib tõsta kehatemperatuuri ning parandada neuroloogilisi ja psühholoogilisi efekte, parandada metabolismi toimimist, parandada hapniku omastamist, vähendada vigastuste riski ja võib esineda ka soojenduse järgne potenseerumine (Fradkin et al., 2006; McGowan et al., 2015; Tomaras & MacIntosh, 2011). Soojenduse järgne potenseerumine tähendab lühiajaliselt kestvat paranenud lihaskontraktsioonivõimekust, mis järgneb intensiivsele lihaste pingutamisele. Potenseerumist võivad esile kutsuda lühiajalised tugevad lihaskontraktsioonid, näiteks 10-sekundiline sprint. Tavaolukorras on siiski keeruline teha vahet, kas soojenduse järgne parem sooritustulemus on seotud just potenseerumisega või teiste soojenduse mõjudega (Blazevich & Babault, 2019).

1.1.1 Soojenduse pikkus, intensiivsus ja iseloom

On leitud, et soojenduse pikkus võib mõjutada sellele järgnevat sooritust. Soojenduse positiivsed mõjud võivad avalduda ka juba 5-minutilise mõõduka intensiivsusega soojenduse järgselt, mõjutades lihasesiseseid kontraktsioonimehhanisme (Pearce et al., 2012).

On samuti leitud, et kõrge intensiivsusega soojendus suurendab lihaste temperatuuri rohkem kui madala intensiivsusega soojendus ning kõrgem temperatuur püsib umbes 20 minuti jooksul pärast soojenduse lõppu, mis võib aidata kaasa soorituse paranemisele. Kõrge intensiivsusega soojendus aktiveerib rohkem sümpaatilist närvisüsteemi kui mõõduka intensiivsusega soojendus, mistõttu soojenduse efekt püsib kauem (Tsurubami et al., 2020). Lisaks on leitud, et kõrge intensiivsusega soojendus võib parandada sellele järgneval pingutusel hapnikutarbimist

just võistluspingutuse algusfaasis ning aitab sellega kauem kasutada aeroobseid energiatootmismehhanisme (Bailey et al., 2009; Christensen & Bangsbo, 2015; Palmer et al., 2009). On leitud, et madala intensiivsusega soojendus (40% maksimaalsest hapnikutarbimisvõimest (VO_2max)) ei paranda võistlustulemust, olenemata puhkepausi pikkusest (Bailey et al., 2009). Ka natuke kõrgema intensiivsusega (60% VO_2max) 3-10 minutiline soojendus ei ole andnud häid tulemusi enne maksimaalset jalgrattasõitu, kui sellele järgneb 1-minutiline puhkepaus (Bunn et al., 2019). Soojenduse mõju võib olla suurem, kui lisada tavalisele mõõduka intensiivsusega soojendusele lühiajaline kõrge intensiivsusega pingutus, milleks võib olla näiteks 5 kükki raskusel 80% ühe korduse maksimumist (Petisco et al., 2019). Lisaks soojenduse kestusele ja intensiivsusele mõjutab sportlikku saavutusvõimet ka soojenduse iseloom. Näiteks jalgpallurite peal tehtud uuringust on selgunud, et soojenduse spetsiifilisus on olulisem kui soojenduse kestus (Van den Tillaar et al., 2019). Soojenduse iseloom peab sobima eelkõige võistluspingutuse spetsiifikaga. Näiteks on leitud, et mõõduka ja kõrge intensiivsusega (40-80% VO_2max) tehtud lühiajaline (5-10 minutit) soojendus aitab parandada supramaksimaalse 2-minutilise jalgrattasõidu tulemusi (Fujii et al., 2018).

1.1.2 Puhkus soojenduse ja võistluspingutuse vahel

Soojenduse juures on veel üks oluline komponent, mis võib võistlustulemusi mõjutada. Selleks on puhkepausi pikkus soojenduse ja võistluspingutuse vahel. Bailey et al. (2009) uuringust on selgunud, et kõrge intensiivsusega soojendus võib parandada võistluspingutust isegi 15-30% võrra kui sellele järgneb puhkus vastavalt 9 või 20 minutit. Samas võib võistlustulemus halveneda 16% võrra kui kõrge intensiivsusega soojendusele järgnenud puhkepaus kestab vaid 3 minutit. Ka Christensen & Bangsbo (2015) kinnitavad neid tulemusi, väites, et positiivseid võistlustulemusi annab kõrge intensiivsusega soojendus ning sellele järgnev puhkus 9-20 minutit. Liiga lühike (3 minutit) ja liiga pikk (45 minutit) puhkepausi pikkus mõjub võistlussooritusele negatiivselt (Christensen & Bangsbo, 2015).

Puhkepausi pikkus peab seega olema optimaalne, et säiliks soojendusest saadud kasud, kuid samas jääks piisavalt aega, et lihase homöostaas taastuks ja väsimuse mõju väheneks. Paljud soojenduse mõjud, nagu näiteks ka potentseerumise mõju kestab tavaliselt ainult paar minutit, mistõttu on oluline, et soojenduse ja võistluspingutuse vahele ei jääks väga pikk paus (Blazevich & Babault, 2019). Näiteks ujujate peal tehtud uuringust selgus, et 20-minutilise puhkepausi järgselt säilib enne võistluspingutust kõrgem kehatemperatuur võrreldes 45-minutilise puhkepausiga ning sellest tulenevalt on võistlussooritus parem (West et al., 2013).

Antud uuringutest järeldub, et erinevad soojendused mõjutavad võistlussooritust erinevalt ning väga oluline on, et soojendus sobiks sellele järgneva pingutusega ning ei mõjutaks võistlussooritust ja sellega seotud füsioloogilisi omadusi negatiivselt.

1.2 Sportlikku saavutusvõimet peegeldavad näitajad

Olulised füsioloogilised omadused, mis mõjutavad sportlikku sooritusvõimet on kardiovaskulaar- ja pulmonaalsüsteemi võimekus. Kehalist sooritusvõimet peegeldavad näiteks VO_2max , aeroobne (AeL) ja anaeroobne lävi (AnL). VO_2max peegeldab kardiorespiratoorse süsteemi võimekust ehk seda, kui suure hulga hapnikku suudab organism 1 minuti jooksul maksimaalselt omastada. VO_2max tase näitab kardiorespiratoorset võimekust ning kõrgem VO_2max tase on seotud parema sportlikku sooritusvõimega (Lundby et al., 2017; Williams et al., 2017). AeL ja AnL näitavad organismi võimekust sooritada kehaliselt nõudlikke ülesandeid, ilma et tekiks laktaadi kuhjumine. AeL tähendab koormuse intensiivsust, mille korral La tõuseb puhkeoleku tasemest kõrgemale. AnL näitab koormuse intensiivsust, mille korral algab La ulatuslik tõus ja kuhjumine (Hall et al., 2016; Proia et al., 2016). Antud näitajad on mõjutatavad järjepideva treeninguga, kuid olulist rolli mängib ka geneetika (Ghosh, 2014; Scribbans et al., 2016; Williams et al., 2017).

Kuna eliitsportlased on füsioloogilise võimekuse poolelt üksteisega küllaltki sarnased, siis mõjutavad võistlustulemust hoopis teised faktorid. Näiteks võib võistlustulemust rohkem mõjutada võistluse formaat, mis võib ühele või teisele sportlasele paremini sobida (Philips & Hopkins, 2020).

1.3 Laktaadi mõju sportlikule sooritusvõimele

Lihaskudedes toodetakse intensiivse treeningu ajal adenosinotriifosfaati (ATP) peamiselt veres ringlevast glükoosist ja lihase glükogeenivarudest. Kui lihaskudedes pole piisavalt hapnikku, siis tekib ATP tootmisel kõrvalproduktina laktaat. Samas kui hapniku tase organismis taastub, transporditakse suur osa lihastes tekkinud laktaadist maksa, kus sellest sünteesitakse glükoos. Maksas toodetud glükoos transporditakse verre ning seda saavad uuesti lihased kasutada (Proia et al., 2016). La tõus treeningu ajal viitab glükogeeni metabolismi suurenemisele (Ghosh, 2004). La tõusu seostatakse tihti halvenenud sooritusvõime ja lihaskõhvimise tekkega (Al-Mulla et al., 2011; Lucertini et al., 2017).

Siiski on leitud, et laktaadi teke ei oma ainult negatiivseid mõjusid sportlikule sooritusvõimele. Arvatakse, et kehalise aktiivsusega esile kutsutud metaboolne atsidoos võib parandada lihaste varustatust hapnikuga, põhjustades vasodilatatsiooni lihastes. Lisaks on

leitud, et kõrgeenenud La tingimustes muutub ka hapnikutarbimise kineetika (Burnley et al., 2006). Mõõdukas La tõus soojenduse ajal võib parandada vastupidavusliku iseloomuga soorituse tulemust ning hoopis kaitsta väsimuse tekke eest (Chorley & Lamb, 2019). On ka leitud, et laktaat võib olla oluline substraat neuronite metabolismis, kuna see saab läbida hematoentsefaalse barjääri (Proia et al., 2016). Siiski on La tihedalt seotud sportlase väsimusega.

1.4 Väsimuse mõju sportlikule sooritusvõimele

Väsimuse võib jagada kaheks: perifeerseks ja tsentraalseks väsimuseks. Perifeerne väsimus on seotud lihases tekkivate muutustega ja tsentraalne väsimus kesknärvisüsteemis tekkivate muutustega. Mõlemad väsimuse tüübid esinevad maksimaalse lihasingutuse tingimustes, kuid submaksimaalse lihasingutuse tingimustes esineb rohkem perifeerset väsimust. Lihaväsimus on progressiivne protsess, kus kaks kõige olulisemat treeningu jooksul tekkiva lihaväsimuse tekkemehhanismi on lihaskiudude atsidoos ja ATP varude ammendumine, mis viivad suurte muutusteni metaboliitide kontsentratsioonis (Al-Mulla et al., 2011; Lucertini et al., 2017).

Seega lühiajaline kõrge intensiivsusega kehaline aktiivsus viib kiiresti lihaväsimuse tekkeni, mis väljendub lihasjõu ja võimsuse kaotamises, mille tõttu väheneb ka kehaline sooritusvõime. Lihased saavad maksimaalsel võimsusel töötada puhanuna ning kui lihas hakkab väsima, siis hakatakse rohkem motoneuroneid rekruteerima, et vajalikku võimsust saavutada. Mida rohkem motoneuroneid on rekruteeritud, seda kiiremini lihas väsib, kuna lihaskiudude puhkuse aeg jääb lühemaks (Al-Mulla et al., 2011; Lucertini et al., 2017). Väsinud lihas ei suuda enam väsimuseta lihasega võrreldes sama head sooritust pakkuda (Blazevich & Babault, 2019; Rassier & Macintosh, 2000; Vandervoort et al., 1983). Väsimusele viitavad seega soorituse kiiruse, kiirenduse ja jõu vähenemine (Al-Mulla et al., 2011). Sportlane tajub seda väsimusena. Sellest tulenevalt võib sportlikku sooritusvõimet oluliselt mõjutada ka sportlaste poolt tajutud väsimus, kuna on leitud, et suurema tajutud väsimuse foonil on raskem saavutada maksimaalseid tulemusi (Abbiss et al., 2015).

Väsimust saab hinnata, mõõtes lihase elektrilist aktiivsust või ka Borgi 20 punkti skaala abil. Kasutades Borgi skaalat on võimalik hinnata üldist väsimust ning ka lokaalselt esinevat väsimust, nagu näiteks väsimust üla- või alajäsemete lihastes (Abbiss et al., 2015). Borgi skaalat kasutatakse laialdaselt spordimeditsiinis ning treeningutel, näiteks jalgrattaspordis, et hõlpsasti planeerida ja monitoorida pingutuse subjektiivset intensiivsust (Williams, 2017).

1.5 Jalgrattaspordi iseloomustus

Jalgrattaspordis sõidetakse väga erinevaid distantse 200 meetrist kuni 4000 kilomeetrini ning sõidud erinevad oluliselt maastiku ja võistlustingimuste poolest (Jeukendrup et al., 2000). Jalgrattaspordis on enamik võistlusi üles ehitatud selliselt, et osalejad võistleavad samal ajal, et jõuda esimesena üle finišijoone. Jalgrattaspordis avaldab sooritusele mõju ka vajadus vastaste liikumise ja muutuva maastikuga kohaneda (Philips & Hopkins, 2020). Sportlikku saavutusvõimet jalgrattaspordis mõjutavad erinevad füsioloogilised tegurid (nt. VO_2max , AnL, liigutuste ökonoomsus), keskkonnategurid (nt. tuulekiirus, temperatuur, õhuniiskus) ja mehhaanilised tegurid (nt. jalgratta omadused, sadula kõrgus) (Jeukendrup et al., 2000).

Kõrge intensiivsusega vastupidavusliku iseloomuga soorituste korral, mille alla kuulub ka näiteks maksimaalne 4000 meetri jalgrattasõit, lahutab esimest ja teist kohta tihti vähem kui sekund (Christensen & Bangsbo, 2015). Jalgratturi sõidukiiruse määravad ära ainevahetuslike süsteemide toimimine (Craig & Norton, 2001). Lühemad sõidud koormavad nii aeroobset (Ae) kui ka anaeroobset (An) ainevahetust. 4000 meetri jalgrattasõidul kasutatakse umbes 85% Ae ja 15% An energiatootmismehhanisme (Jeukendrup et al., 2000; Palmer et al., 2009).

2. UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Töö eesmärgiks on välja selgitada, kas kõrge intensiivsusega lühiajaline eelpingutus soojenduses parandab sellele järgneva maksimaalse 4000 meetri jalgrattasõidu tulemusi. Autori hüpotees oli, et anaeroobse iseloomuga eelpingutus enne maksimaalset võistluspingutust veloergomeetril võiks parandada sportlaste sooritusvõimet.

Lähtuvalt magistritöö eesmärgist püstitati järgmised uurimisülesanded:

1. Võrrelda 4000 meetri maksimaalse pingutuse tulemusi veloergomeetril kahe erineva soojenduse järgselt.
2. Võrrelda kahe erineva soojenduse järgse puhkepauside pikkuste mõju järgnevale maksimaalsele pingutusele.
3. Mõõta ja võrrelda La muutusi kahe erineva soojenduse järgselt ja selle mõju järgnevale 4000 meetri maksimaalsele pingutusele veloergomeetril.
4. Mõõta ja võrrelda La muutusi maksimaalse 4000 meetri pingutusel ja sellele järgneval taastumisel kahe erineva soojenduse korral.
5. Hinnata ja võrrelda uuritavate üldist väsimust ja lihasväsimust Borgi skaalal kahe erineva soojenduse ja maksimaalse 4000 meetri sõidu järgselt ning väsimuse muutumist taastumisel.

3. METOODIKA

Magistritöö on kirjutatud ühe suurema uuringu andmetel, mis moodustab osa Dmitri Valiulini doktoritööst. Uuring on kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringute eetikakomiteega (protokoll number: 290/T-17). Magistritöö autor osales uuringu andmete kogumisel, koormustestide ja soojendusprotokollide läbiviimisel ning hilisemal andmete analüüsimisel. Uuringu andmete kogumine toimus 2019. aasta juunis.

3.1 Uuritavate iseloomustus

Uurimistöö valimi moodustamiseks võeti ühendust Tartu piirkonna jalgrattaspordi klubide treeneritega ning tutvustati neile uuringu ülesehitust ning eesmärgi. Koostöös treeneritega kutsuti uuringusse 15 sobivat jalgrattasportlast vanuses 18-28 aastat (keskmiselt 23,3±3,6 aastat). Uuringus osalejate vanus, kehapikkus, kehamass ja kehamassiindeks on toodud välja tabelis 1. Uuritavate uuringusse valimise kriteeriumid olid:

1. Uuritavad pidid olema vanuses 18-30 aastat,
2. Uuritavad pidid olema tegelenud jalgrattaspordiga vähemalt 3 aastat, osalenud vähemalt kolmel võistlusel ning olnud kehaliselt aktiivsed vähemalt 3 korda nädalas viimase kolme aasta jooksul.
3. Uuritavate soov osaleda uuringus ja võimalus käia laboris kohal kolmel korral.

Uuringust jäid välja jalgrattasportlased, kellel esinesid kroonilised terviseprobleemid, haigestumine või vigastused ning kes soovisid ise uuringus osalemise lõpetada.

Tabel 1. Uuringus osalejate vanus, kehapikkus, kehamass ja kehamassiindeks (KMI) (keskmine ± standardhälve).

	Miinumum	Maksimum	Keskmine±SD
Vanus (a)	18	28	23,3±3,7
Pikkus (m)	1,67	1,93	1,81±0,07
Kehamass (kg)	62,6	95,4	76,2±10,4
KMI (kg/m ²)	20,65	26,85	23,21±2,02

KMI - kehamassiindeks

Uuritavatele anti uuringus osaleja informeerimise ja nõusoleku lehed ning küsiti uuringus osalemiseks kirjalik nõusolek. Uuringus osalemine oli vabatahtlik ning uuritavatel oli võimalus uuringus osalemisest loobuda igal ajahetkel.

3.2 Uuringu ülesehitus

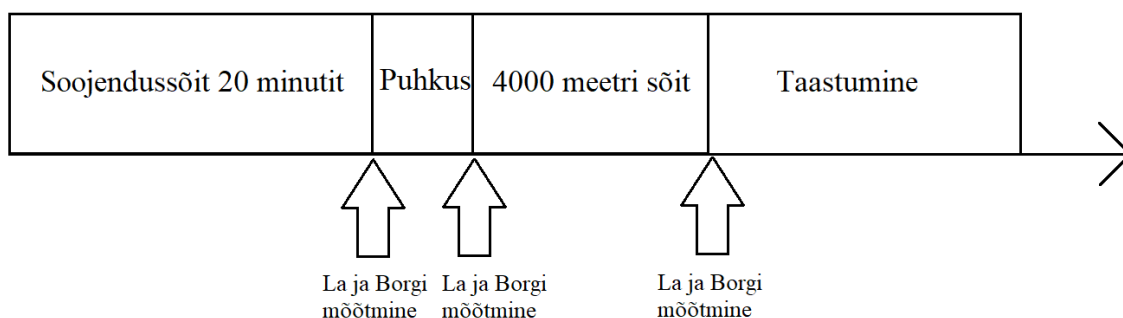
Uuritavad käisid laboris kokku 3 korda.

Esimesel korral teostati antropomeetriliste andmete kogumine. Mõõdeti uuritavate pikkus, kehamass ning kehakoostis ning uuritavad sooritasid koormustesti. Kehapikkus mõõdeti seinale kinnitatud mõõdulindiga täpsusega 1 mm ning kehamass mõõdeti elektroonilise kaaluga, mille mõõtmistäpsus on 0,1 kg. Kehakoostist mõõdeti DXA-meetodil kasutades aparati Hologic Discovery (Hologic Discovery DXA, USA).

Koormustest viidi läbi veloergomeetril Lode Corival (Taani) ning kasutati puhkepausideta astmeliselt suurenevat koormust kuni uuritava suutlikkuseni. Alustati koormusest 40 W ja koormust tõsteti 20 W iga minuti tagant. Koormustestil määrati aparadiga Cortex Metamax 3B (Cortex Metamax 3B, Cortex Biophysik, Germany) uuritavate VO_{2max} , maksimaalne hapnikutarbimine kilogrammi kehakaalu kohta (VO_{2max}/kg) ning õhu ventilatsioonimaht (VE).

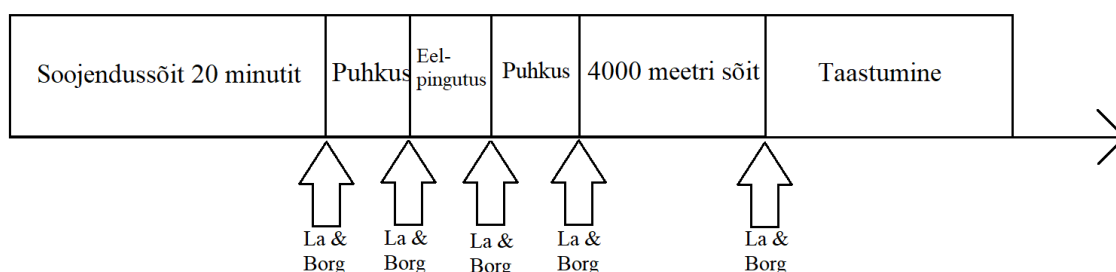
Teisel ja kolmandal kohtumisel pidid uuritavad läbima ühe kahest soojendusprotokollist ning sooritama võistluspingutuse 4000-meetrisel sõidul veloergomeetril Wattbike Pro (Nottingham, UK). Kumb soojendusprotokoll esimesena läbida tuli, oli juhuslik.

Tavalise soojenduse puhul sõitsid uuritavad 20 minutit veloergomeetril ning nende soojendussõidu võimsus pidi jääma umbes 120 W juurde. Pärast soojenduse lõppu võeti uuritavatel laktaaditaseme proov sõrme kapillaarverest ning paluti hinnata oma lihasväsimust ja üldist väsimust Borgi skaalal. Samad mõõdud võeti ka katse 23. ja 25. minutil ning vahetult enne 4000 meetri sõitu. Uuritavad võisid soojenduse ja võistluspingutuse vahel puhata nii kaua kui soovisid. Võistluspingutuse sooritamisel ei saanud uuritavad näha oma soorituse võimsust ega aega, vaid ainult läbitud distantsi. 4000 meetri sõidu järel võeti laktaadiproovid ning osalejad pidid hindama oma lihasväsimust ja üldist väsimust Borgi skaalal 1., 3., 4., 5., 7., 9., 11., 13. ja 15. taastumisminutil. Eelpingutuseta soojendusega uuringuprotokoll ülesehitus on toodud joonisel 1.



Joonis 1. Eelpingutuseeta soojendusega uuringuprotokoll ülesehitus..

Eelpingutusega soojenduse puhul lisandus 20-minutilise soojendussõidu ja võistluspingutuse vahele eelpingutus. Pärast 20-minutilist soojendust võisid osalejad puhata nii kaua kui soovisid. Eelpingutus sisaldas endast ülakeha ergomeetrit Monark Ergomedic 894E (Monark Excercise AB, Rootsi) maksimaalset pingutust. Vastupanuks valiti sportlase kehamassist 3,5%. Kõigepealt pidid uuritavad saama pöörded üles, seejärel lisati vastupanu ning uuritavad pidid pöörded üleval hoidma 30 sekundit. Eelpingutuse järgselt võeti sõrme kapillaarverest La proov ning küsiti uuritavate lihasväsimuse ja üldise väsimuse kohta Borgi skaalal. Antud näitajad koguti kohe pärast eelpingutuse lõppu ning 3., 4., 5., 7 ja 9. taastumisminutil ja vahetult enne võistluspingutuse alustamist. Võistluspingutuse sooritamise pikkus oli 4000 meetrit ning sõidu järgselt võeti uuritavate La proovid ning osalejad pidid hindama oma lihasväsimust ja üldist väsimust Borgi skaalal 1., 3., 4., 5., 7., 9., 11., 13. ja 15. taastumisminutil. Eelpingutusega soojendusega uuringuprotokoll ülesehitus on toodud joonisel 2.



Joonis 2. Eelpingutusega soojendusega uuringuprotokoll ülesehitus.

3.3 Andmete statistiline töötlemine

Tulemuste statistilist analüüsi teostati programmis SPSS Statistics (Version 20) (IBM, Armonk, NY, USA). Arvutati gruppide aritmeetilised keskmised (\bar{x}) ja standardhälbed (SD).

Andmete normaaljaotust kontrolliti Shapiro-Wilk testiga. Student t-testiga leiti erinevused kahe erineva soojendusprotokolli täitmisel kogutud andmete vahel. Numbriliste tunnuste vahelisi korrelatsioone uuriti Pearsoni korrelatsioonanalüüsiga. Statistilise olulisuse nivooks võeti $p < 0,05$.

4. TULEMUSED

4.1 Uuritavate koormustesti tulemused

Uuritavate antropomeetrilised näitajad olid eespool metoodika osas välja toodud tabelis 1. Koormustesti ja DXA uuringu tulemused on toodud tabelis 2. Koormustestist selgus, et uuritavate keskmised töövõime näitajad on tipp sportlaste tasemel, kus keskmine $VO_2\text{max}$ oli $65,40 \pm 6,68$ ml/min/kg, maksimaalne võimsus $404,22 \pm 41,38$ W ning võimsus kehakaalu kohta $5,36 \pm 0,71$ W/kg. Uuritavate AeL oli keskmiselt $218,69 \pm 33,7$ W ning AnL keskmiselt $310,77 \pm 39,28$ W.

Tabel 2. Uuritavate koormustesti ja DXA uuringu tulemused (keskmine \pm standardhälve).

	Miinumum	Maksimum	Keskmine \pm SD
$VO_2\text{max}$ (ml/min/kg)	50	77	$65,4 \pm 6,9$
$VO_2\text{max}$ (l/min)	4,17	6,49	$4,94 \pm 0,55$
Keha rasvavaba mass (kg)	49,0	72,5	$58,6 \pm 7,1$
DEXA kehamass (kg)	61,0	93,4	$74,3 \pm 10,3$
Keha rasvavaba mass (%)	74,5	83,0	$79,1 \pm 2,3$
Alajäsemete rasvavaba mass (kg)	17,2	23,9	$20,5 \pm 21,9$
Alajäsemete rasvavaba mass (%)	32,2	37,4	$35,08 \pm 1,49$
AeL (w)	159,70	277,00	$218,69 \pm 35,06$
AnL (w)	233,00	371,00	$310,77 \pm 40,66$
P max (w)	321,00	461,00	$404,22 \pm 42,83$
W/kg	4,31	6,63	$5,36 \pm 0,74$

$VO_2\text{max}$ – maksimaalne hapnikutarbimisvõime

AeL – aeroobne lävi

AnL – anaeroobne lävi

P max – maksimaalne võimsus

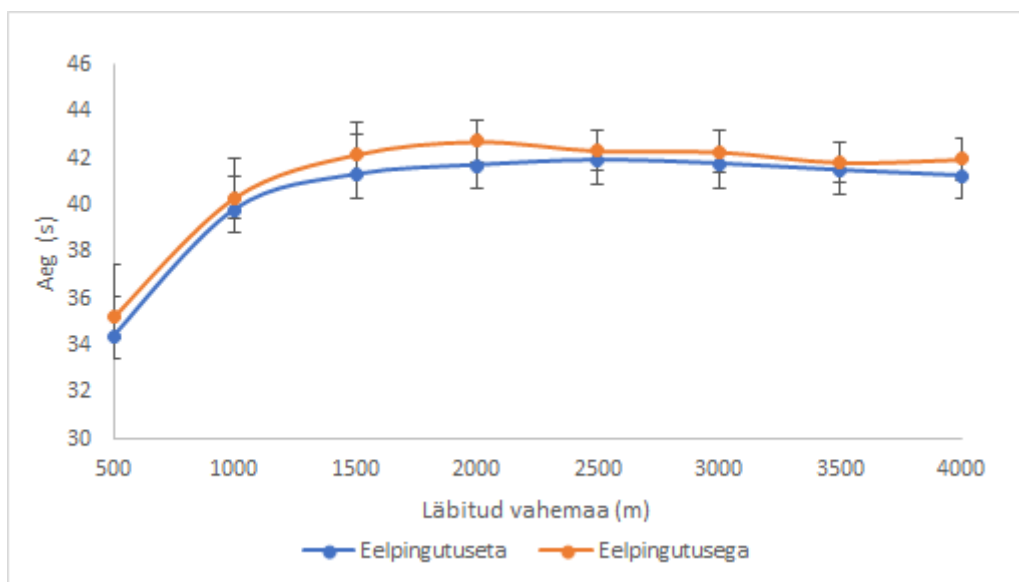
W/kg – maksimaalne võimsus kilogrammi kohta

4.2 4000 meetri maksimaalse sõidu tulemused

Maksimaalne 4000 meetri sõit sooritati kahel tingimusel: tavalise (rahuliku ja ühtlase) soojenduse järgselt ning eelpingutusega soojenduse järgselt. Kahe sõidu tulemused on illustreeritud joonisel 3.

Tavalise soojenduse korral oli võistluspingutuse ajaks $323,62 \pm 16,24$ sekundit. Eelpingutusele järgnenud võistluspingutuse aeg oli keskmiselt $328,88 \pm 17,44$ sekundit. Uuringutulemused näitasid, et eelpingutusele järgnenud võistluspingutuse aeg oli statistiliselt oluliselt pikem ($p < 0,05$). Tulemused erinesid 1,6% võrra. Kõige rohkem pikendas eelpingutus

võistlustulemust 16,8 sekundi võrra, kuid keskmiselt oli sõiduaeg pikem 5,3 sekundit. Ainult kahe uuritava tulemus oli pärast eelpingutusega sõitu kiirem, ühel juhul 15,7 sekundi võrra ja teisel juhul 0,7 sekundi võrra.



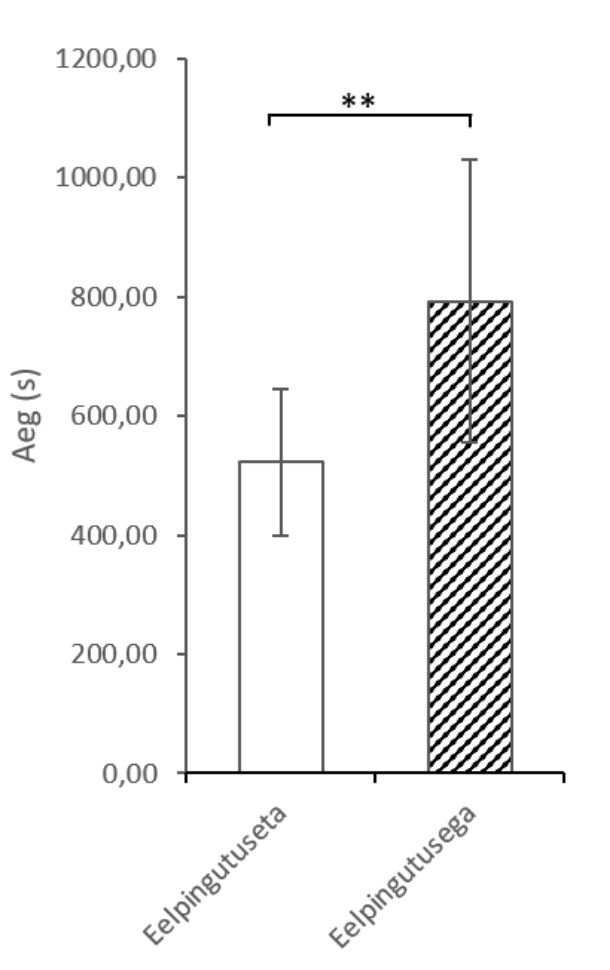
Joonis 3. 4000 meetri sõidu ajad pärast eelpingutuseta ja eelpingutusega soojendust.

Esimese ja teise sõidu aegade vahel esines tugev positiivne korrelatsioon ($p < 0,001$), ehk aegade edetabel oli mõlema sõidu puhul sarnane.

Eelpingutuse võimsuse ja võistlustulemuse vahel korrelatsiooni ei esinenud ($p > 0,05$). Seejuures ei omanud tähtsust eelpingutuse võimsus: eelpingutusel kõrgema võimsuse saavutanud uuritavate sõidu aeg, La ning väsimus enne ja pärast võistluspingutust ning puhkuse pikkus ei erinenud statistiliselt olulisel tasemel madalama võimsuse saavutanud uuritavatest.

4.3 Puhkuse pikkus soojenduse ja võistluspingutuse vahel

Eelpingutusele järgnenud puhkus oli statistiliselt oluliselt pikem kui tavalisele soojendusele järgnenud puhkus ($p < 0,01$). Ilma eelpingutuseta soojendusele järgnevas puhkepausi pikkuseks oli keskmiselt 522 ± 127 sekundit ning eelpingutusega soojendusele järgnevas puhkepausi pikkuseks eelpingutuse ja võistluspingutuse vahel keskmiselt 792 ± 246 sekundit. Puhkepauside pikkused pärast kahte erinevat soojendust on välja toodud joonisel 4.

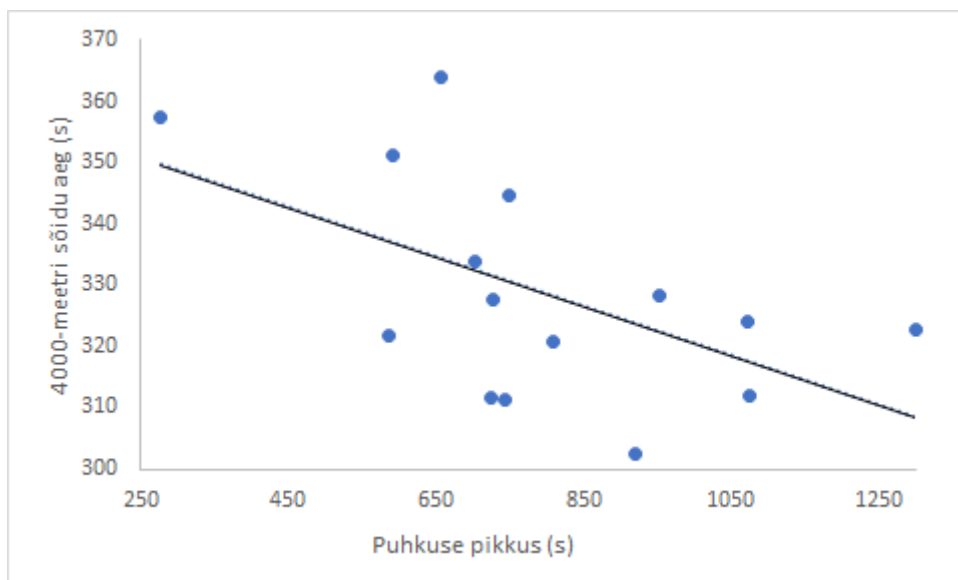


* $p < 0,05$

Joonis 4. Puhkuse pikkus pärast eelpingutuseta ja eelpingutusega soojendust.

Ka gruppidesiseselt esines puhkepauside pikkuse vahel erinevus. Eelpingutusele järgnev puhkepausi pikkus varieerus 278-1299 sekundi vahel ning tavalisele soojendusele järgnev puhkepausi pikkus jäi vahemikku 390-820 sekundit. Eelpingutuseta soojendusel oli lihas- ja üldise väsimus hinnang vahetult enne 4000 meetri starti vastavalt $7,60 \pm 1,31$ ja $7,53 \pm 1,26$. Eelpingutusega soojenduse järgselt olid lihas- ja üldise väsimuse hinnanguks $8,13 \pm 1,71$ ja $8,20 \pm 1,83$. Eelpingutuseta soojenduse järgselt oli väsimuse hinnang pisut madalam kui pärast eelpingutusega soojendust, kuid erinevus ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$).

Eelpingutusega katsel esines negatiivne korrelatsioon ($r = -0,550$; $p < 0,05$) võistluspingutuse aja ja puhkuse pikkuse vahel. See tähendab, et mida pikem oli puhkepaus, seda kiiremad olid sõidutulemused. Negatiivne korrelatsioon ($r = -0,550$) puhkepausi pikkuse ja maksimaalse 4000 meetri sõidu aja vahel pärast eelpingutusega soojendust on toodud joonisel 5. Eelpingutuseta katse puhul puhkuse pikkuse ja sõidu aja vahel korrelatsiooni ei esinenud.



Joonis 5. Eelpingutusega soojendusel esinenud korrelatsioon puhkuse pikkuse ja 4000 meetri sõidu aegade vahel.

4.4 Vere laktaaditaseme muutus kahe erineva soojenduse korral

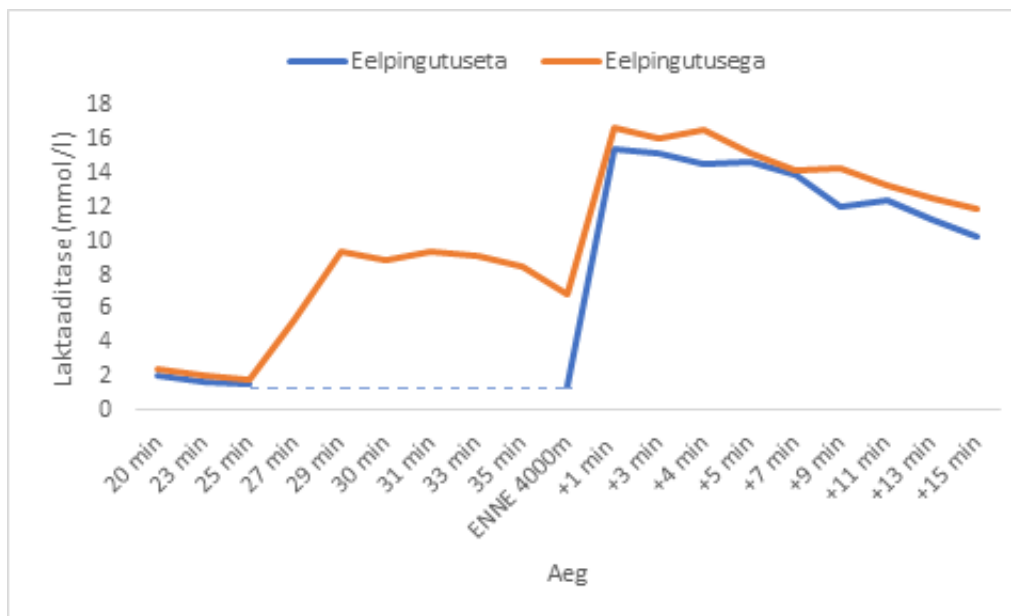
Vahetult enne võistluspingutust mõõdetud La tulemuste vahel oli statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$). Eelpingutuseta katse korral oli uuritavate La tase vahetult enne võistluspingutust vahemikus 0,75-2,73 mmol/l, keskmiselt $1,41 \pm 0,56$ mmol/l. Eelpingutusega katse korral oli uuritavate La tase vahetult enne võistluspingutust vahemikus 3,46-11,15 mmol/l, keskmiselt $6,88 \pm 2,15$ mmol/l.

Vahetult enne ja pärast võistluspingutust mõõdetud La tasemete vahe oli mõlema katse puhul statistiliselt oluline ($p < 0,05$), ehk La tõusis oluliselt võistluspingutuse ajal mõlema katse korral. Võistluspingutusele vahetult järgnenud La vahel statistiliselt olulist erinevust ei esinenud. Eelpingutuseta katse korral oli La vahetult pärast võistluspingutust $15,41 \pm 2,52$ mmol/l ning eelpingutusega katse korral $16,74 \pm 3,17$ mmol/l.

Eelpingutuseta maksimaalse 4000 meetri sõidul tõusis La 90,6% ja eelpingutusega sõidul 58,9%.

Eelpingutuseta soojenduse korral oli maksimaalne mõõdetud La väärtus esimestel taastumisminutitel pärast maksimaalset 4000 meetri sõitu keskmiselt 16,3 mmol/l ning eelpingutusega soojenduse puhul saadi maksimaalseks La väärtuseks keskmiselt 17,9 mmol/l. Kahe katse maksimaalsed La väärtused olid statistiliselt oluliselt erinevad ($p < 0,05$). Nii eelpingutuseta kui ka eelpingutusega katse korral ei esinenud korrelatsiooni enne võistluspingutust mõõdetud La ja võistluspingutuse tulemuste osas.

La taastumisel esines statistiliselt oluline erinevus neljandal minutil ($p < 0,05$), üheksandal minutil ($p < 0,05$) ja 15. taastumisminutil ($p < 0,05$) kogutud proovide vahel. Eelpingutusele järgnevalt võistluspingutusest taastumine oli mõnevõrra aeglasem. La muutused kahe erineva soojendusprotokollil läbimisel on toodud joonisel 6.



Joonis 6. Vere laktaaditaseme muutused kahe erineva soojendusprotokollil läbimisel.

4.5 Lihas- ja üldise väsimuse hinnang enne ja pärast maksimaalset 4000 meetri sõitu

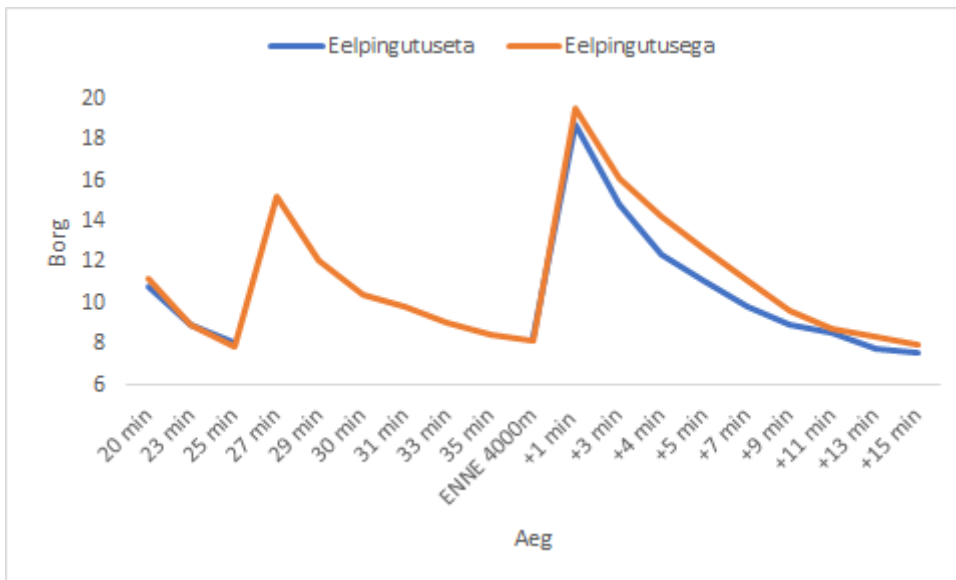
Tulemustest selgus, et uuritavate lihasväsimuse ja üldise väsimuse hinnangu vahel ei esinenud statistiliselt olulist erinevust ($p < 0,05$) kahe erineva soojenduse korral vahetult enne võistluspingutust. Samas puhkasid uuritavad pärast eelpingutusega soojendust statistiliselt oluliselt pikemalt ($p < 0,05$). Ka võistluspingutusele vahetult järgnenud lihasväsimuse ja üldise väsimuse hinnangu erinevused kahe soojenduse korral Borgi skaalal ei olnud statistiliselt olulised ($p > 0,05$).

Väsimuse hinnang enne sõitu ei mõjutanud võistlustulemust statistiliselt olulisel määral kummagi soojenduse puhul ($p > 0,05$).

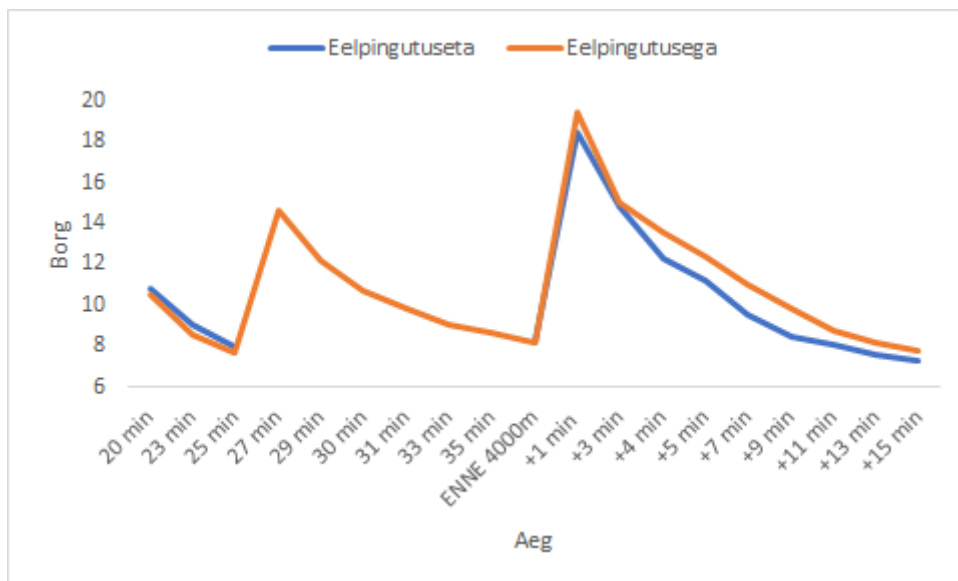
Eelpingutusega sõidu puhul ei olnud enne sõitu väsimuse ja sõidutulemuse vahel korrelatiivset seost ($p > 0,05$). Suurenenud lihasväsimus pärast eelpingutust oli seotud suurema maksimaalse La tasemega pärast eelpingutust ($p < 0,05$).

Statistiliselt olulised erinevused lihas- ja üldise väsimuse vahel kahel katsel esinesid võistluspingutusest taastumisel. Statistiliselt olulised erinevused ($p < 0,05$) esinesid

lihasväsimuse osas pärast võistluspingutust hinnatuna 4.minutil, 5.minutil, 7.minutil ning üldväsimusel 4.minutil, 7.minutil, 9.minutil, ja 11.minutil. Pärast eelpingutusega sõitu oli väsimusest taastumine mõnevõrra aeglasem. Muutused lihas- ja üldise väsimuse hinnangutes kahe erineva soojendusprotokolli läbimisel on toodud joonistel 7 ja 8.



Joonis 7. Lihasväsimuse hinnang Borgi skaalal eelpingutusega ja eelpingutuseta soojendusprotokolli läbimisel.



Joonis 8. Üldise väsimuse hinnang Borgi skaalal eelpingutusega ja eelpingutuseta soojendusprotokolli läbimisel.

5. ARUTELU

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada, kas kõrge intensiivsusega lühiajaline eelpingutus parandab sellele järgneva maksimaalse 4000 meetri jalgrattasõidu tulemusi. Selgus, et eelpingutusega soojendusele järgnev võistluspingutuse aeg oli statistiliselt oluliselt pikem ($p < 0,05$) kui eelpingutuseta soojenduse järgne võistluspingutuse aeg, kus keskmiselt erinesid tulemused 1,6%. Antud tulemuste võrdlemise varasemalt tehtud uuringutega muudab keeruliseks asjaolu, et kõrge intensiivsusega soojendused on uuringutes erinenud nii intensiivsuse, kestuse, puhkepausi pikkuse kui ka võistluspingutuse iseloomu poolest. Sellest tulenevalt on kõrgema intensiivsusega soojendused varasemates uuringutes andnud erinevaid tulemusi. On leitud, et kõrgema intensiivsusega soojendus mõjub võistluspingutusele negatiivselt (Purge et al. 2017; Tomaras & MacIntosh 2011; Wittekind et al., 2012), ei mõjuta tulemusi (Bunn et al., 2017; Chorley & Lamb, 2019) või mõjub võistluspingutusele positiivselt (Fujii et al., 2018; Ingham et al., 2013; Palmer et al., 2009). Samuti on teada, et maksimaalset võistluspingutust mõjutavad lisaks paljud teised asjaolud (taktika valik, lihassetisukord jne), mida me antud uuringus kontrollida ei saanud.

Käesoleva uuringu ülesehitus oli sarnane Purge et al. (2017) uuringuga, milles kõrge intensiivsusega soojendusprotokoll sisaldas 20-minutilist soojendussõitu sõudeergomeetril, millele järgnes 25-sekundiline maksimaalne pingutus ülakeha ergomeetril (Purge et al., 2017). Eelpingutusele järgnes 9-minutiline puhkus ning seejärel toimus maksimaalne 2000 meetri sõit sõudeergomeetril. Madala intensiivsusega soojendus sisaldas ainult 20-minutilist soojendussõitu ja 14-minutilist puhkust ning seejärel sooritati maksimaalne 2000 meetri sõit. Uuringu tulemused olid sarnased käesoleva uuringuga: leiti, et intensiivse eelpingutusega soojendusele järgnevalt olid sõidutulemused 1% aeglasemad. Eelpingutusega soojenduse puhul oli La enne võistluspingutust $8,4 \pm 2,3$ mmol/l, mis oli kõrgem kui käesolevas uuringus ($6,88 \pm 2,15$ mmol/l). La tõus võistluspingutuse ajal pärast eelpingutusega soojendust oli sarnane Purge et al. (2017) uuringule. Antud uuringus tõusis La maksimaalsel 4000 meetri sõidul pärast eelpingutust 58,9% ning Purge et al. (2017) uuringus 53,3%. Mis aga erines, oli sportlaste tajutav väsimus enne võistluspingutuse alustamist. Purge et al. (2017) uuringus tajusid uuritavad statistiliselt oluliselt vähem väsimust enne võistluspingutust, kui sellele eelnes eelpingutuseta soojendus võrreldes eelpingutusega soojendusele. Samas oli uuringus fikseeritud puhkuse pikkus ning pikemalt saadi järjest puhata just ilma eelpingutuseta sõidu eel. Uuringust selgus, et sportlased oleksid vajanud pikemat puhkepausi pärast eelpingutusega soojendust, et tunda valmisolekut võistluspingutusega alustamiseks. Käesolevas uuringus puhkepausi pikkus fikseeritud ei olnud ning keskmiselt puhkasid uuritavad pärast eelpingutust

13,2 minutit, mis on küll rohkem kui Purge et al. (2017) uuringus, kuid tulemused sellest oluliselt ei muutunud.

Chorley & Lamb (2019) uuringus leiti, et kõrgema intensiivsusega soojenduse järgselt olid maksimaalse 4000 meetri jalgrattasõidu tulemused keskmiselt 1,7 sekundit kiiremad võrreldes madalama intensiivsusega soojendusele järgnenud sõidule, kuid tulemused ei olnud statistiliselt oluliselt erinevad. Palmer et al. (2009) uuringus saadi võrreldes käesoleva uuringuga veelgi vastuolulisemad tulemused, leides, et kõrge intensiivsusega soojendusele järgnenud maksimaalse 4000 meetri sõidu ajad olid keskmiselt 2% paremad kui pärast madalama intensiivsusega soojendust ning tulemused olid 2,2% paremad ka siis, kui sportlased valisid ise enda jaoks sobiliku soojenduse. Samas oli enne 4000 meetri sõitu mõõdetud La nimetatud uuringutes madalamad kui käesolevas uuringus. Chorley & Lamb (2019) kõrge intensiivsusega soojenduse järgselt oli La enne starti $4,9 \pm 1,4$ mmol/l ja Palmer et al. (2009) uuringus $5,8 \pm 2,3$ mmol/l kõrge intensiivsusega soojenduse järgselt ning $3,3 \pm 1,8$ mmol/l enda poolt valitud soojenduse järgselt. Võimalik, et antud uuringus eelpingutusega katse kehvem tulemus oli tingitud siiski eelpingutusest tulenenud liiga kõrgest La tasemest.

Kõrge intensiivsusega soojendus võib mõjuda sportlastele individuaalselt. Jooksjate peal tehtud Ingham et al. (2013) uuringust erineva intensiivsusega soojenduse mõju kohta selgus, et kõrgema intensiivsusega soojendus parandas 800-meetri jooksu tulemusi 7-l uuritaval 11-st. Käesolevas uuringus saadi vastupidised tulemused, et just eelpingutuseta soojenduse järgselt olid tulemused paremad 13-l uuritaval 15-st. Wilson et al. (2013) leidsid, et mida kõrgem on sportlaste treenitus, seda paremaid tulemusi kõrgema intensiivsusega soojendus anda võib, kuid madalamalt treenitud sportlastele avaldab see pigem negatiivset mõju. Muidugi peab arvestama sellega, et paremad või halvemad individuaalsed tulemused võisid olla mõjutatud ka muudest faktoritest, nagu näiteks uuringupäevale eelneva öö une kvaliteedist või vaimsest valmisolekust pingutuseks. Antud uuringus olid kõik ratturid ühtlase treenituse tasemega ning neile oli antud korraldus treenida uuringus osalemise nädalatel sarnaselt, kuid teisi võimalikke tulemust mõjutavaid faktoreid kahjuks kontrollida ei saanud.

Käesolevas uuringus leiti negatiivne korrelatsioon puhkuse pikkuse ja võistlustulemuste vahel kõrgema intensiivsusega soojenduse järgselt. Saadud tulemused kinnitavad Tsurubami et al. (2020) ja Lowery et al. (2012) uurimusi, milles on samuti selgunud, et mida kõrgem on soojenduse intensiivsus, seda pikem peaks olema ka sellele järgnev puhkepaus. Tsurubami et al. (2020) tõid välja, et kõrge intensiivsusega soojendus (80% VO_2 max) ei mõjuta vertikaalse hüppe tulemust võrreldes keskmise intensiivsusega soojendusega (60% VO_2 max), küll aga

põhjustab kõrgema intensiivsusega soojendus rohkem väsimust, mis võib mõjutada negatiivselt sportlikku sooritusvõimet. Samas leiti, et kui soojendusele järgneb 20-minutiline puhkepaus, siis annab kõrgema intensiivsusega soojendus paremad tulemused kui mõõduka intensiivsusega soojendus (Tsurubami et al., 2020). Lowery et al. (2012) leidsid oma uuringus, et mõõduka ja kõrge intensiivsusega soojendus avaldavad kõige optimaalsemat mõju siis, kui soojendusele järgneb puhkepaus maksimaalselt vastavalt 4 ja 8 minutit ning sellest lühemad ja pikemad puhkepausid enam nii efektiivsed ei ole. Käesolevast uuringust selgus, et sportlased vajasisid pärast kõrgema intensiivsusega soojendust pikemat puhkepausi ning mida pikem oli puhkepaus pärast kõrge intensiivsusega soojendust, seda paremad olid tulemused. Samas tuleb ära märkida, et antud uuringus oli kõige pikema kestusega puhkepaus 21,7 minutit. Teised sportlased puhkasid lühemat aega ning kõige lühemaks puhkepausi pikkuseks pärast eelpingutust oli kõigest 4,6 minutit. Pole kindel, kuidas mõjutaksid võistlussooritust 20 minutist pikemad puhkepausid pärast antud eelpingutust. Võib eeldada, et pikemad puhkepausid võivad mõjuda negatiivselt, kuna ujujate peal tehtud uuringust on selgunud, et 20-minutilise puhkepausi järgselt säilis enne võistluspingutust kõrgem kehatemperatuur võrreldes 45-minutilise puhkepausiga ning võistlussooritus oli parem (West et al., 2013). Võime oletada, et alla 20-minutilised puhkepausid pärast eelpingutust ei mõju järgnevale pingutusele positiivselt, samas aga sealt edasi liiga pikad (West et al. 2013) samuti. Võiks oletada, et optimaalseks puhkepausi pikkuseks pärast maksimaalset eelpingutust on 20-30 minutit.

Soojenduse intensiivsus ja puhkepausi pikkus peavad seega olema optimaalsed. Bailey et al. (2009) pakuvad välja, et kõige paremaid tulemusi kõrge intensiivsusega 6 minuti pikkuste või kuni suutlikkuseeni rattasõidutulemuste parandamiseks võib anda 6-minutiline kõrge intensiivsusega soojendus, millele järgneb 20-minutiline puhkepaus. 4000 meetri jalgrattasõidul on saadud paremaid tulemusi ka siis, kui kõrge intensiivsusega 5-minutilisele soojendusele järgneb 12 minuti pikkune passiivne puhkus (Palmer et al., 2009). Antud töö ning eelnevate uuringute põhjal võib järeldada, et soojendus pikkus ja intensiivsus ei tohiks põhjustada olulist väsimust enne võistluspingutuse alustamist, mis võiks võistlustulemustele halvasti mõjuda.

Kuigi kõrgema La-ga tehtud võistluspingutused on osades uuringutes andnud positiivseid tulemusi (Fujii et al., 2018; Ingham et al., 2013), siis on ka leitud, et kõige optimaalsem La väärtus enne võistluspingutust võiks jääda 3-5 mmol/l vahele ning La üle 6 mmol/l võib sooritustulemusele halvasti mõjuda (Bailey et al., 2009). On leitud, et La üle 6 mmol/l vähendab võistluspingutuse tulemusi, kui võistluspingutus kestab umbes 2-8 minutit (Christensen & Bangsbo, 2015). Ka Wittekind & Beneke (2010) uurisid kõrge intensiivsusega

eelsoojenduse mõju võistluspingutusele, kuid valisid koormuse selliselt, et La ei ületaks 5 mmol/l, kuna see võib tulemusi halvendada. Käesoleva uuringu tulemused kinnitavad varasemalt saadud tulemusi. Eelpingutuseta soojendusega oli uuritavate La enne võistluspingutust $1,41 \pm 0,56$ mmol/l, mis võis isegi olla pisut liiga madal, et saavutada maksimaalset valmisolekut pingutuseks. Eelpingutusega katse korral oli uuritavate keskmine La vahetult enne võistluspingutust $6,88 \pm 2,15$ mmol/l, mis ületab soovitusliku 5-6 mmol/l piiri. Kuigi sportlaste keskmine oli $6,88 \pm 2,15$ mmol/l, siis tuleb ära mainida, et kõige kõrgemad La enne 4000 meetri sõitu ulatusid 11 mmol/l juurde. Leidus ka sportlasi, kelle La 4000 meetri sõidu stardis pärast eelpingutust oli 3-4 mmol/l, mis mahub soovitud vahemikku. Kõrgenenud La enne võistluspingutust võib küll ära hoida La ulatuslikku tõusu võistluspingutuse ajal, kuid suurendab sellega lihaskiudude pH-taseme langust ning võib kiirendada lihasväsimuse teket (Christensen & Bangsbo, 2015).

Kuigi käesolevas töös oli La tase enne maksimaalse 4000 meetri sõidu alustamist kahe erineva soojenduse järgselt statistiliselt oluliselt erinev, siis ei esinenud erinevust üldise ja lihasväsimuse hinnangutes. Sama tulemuse on saanud Tomaras & MacIntosh (2011) ja Wittekind et al. (2012). Wittekind et al. (2012) uuringus võrreldi kolme erineva intensiivsusega soojenduse mõju sportlaste tajutud väsimusele ja 30-sekundilise jalgrattasprindi tulemustele. Kuigi väsimuse hinnang oli pärast igat soojendust analoogselt käesoleva uuringuga sarnane, siis olid tulemused pärast kõrgema intensiivsusega soojendust halvemad võrreldes madalama intensiivsusega soojendusega. Ka Tomaras & MacIntosh (2011) on leidnud, et kuigi sportlaste poolt tajutud väsimus on pärast mõõduka ja kõrge intensiivsusega soojendust sarnane, siis mõjub kõrgema intensiivsusega soojendus sellegipoolest võistluspingutusele negatiivselt. Samas Yanci et al. (2019) uuringus tajusid jalgpallurid pärast 25-minutilist soojendust statistiliselt oluliselt rohkem väsimust kui pärast 15 ja 8-minutilist soojendust ning võistluspingutuse tulemused olid halvemad. Käesolev uuring kinnitab Tomaras & MacIntosh (2011) ja Wittekind et al. (2012) uuringuid, kuna uuringus ei olnud tajutud väsimus kahe katse puhul erinev, kuid kõrgema intensiivsusega soojendus mõjus siiski võistlustulemustele negatiivselt. Antud juhul saaks oletada, et erinevate katsete puhul esinenud võistlustulemuse erinevus ei olnud tingitud subjektiivsest väsimusest või siis subjektiivsest valmisolekust võistluspingutuse sooritamiseks.

Kuigi eelpingutuse kasutamine soojenduses ei andnud käesolevas uuringus soovitud tulemusi, siis tuleks läheneda sportlastele soojendusprotokollide valides individuaalselt ning kindlaks teha kõige optimaalsem soojendus vastava võistluspingutuse ja võistlusformaadi jaoks. Eelpingutus soojenduse ja võistluspingutuse vahepeal võib sobida näiteks tingimustes,

kus soojenduse ja stardi vahele jääb rohkem kui 20 minutit. Kui soojenduse ja võistluspingutuse vahele jääb vähem kui 10 minutit, on mõistlikum valida mõõdukama intensiivsusega soojendus. Mandengue et al. (2005) soovivad sportlastel ise oma soojenduse kestuse ja intensiivsuse valida ning kõige optimaalsema soojendusprotokolli leidmine võib vajada katsetamist. Sama ettepaneku teevad Palmer et al. (2009) leides, et 4000 meetri jalgrattasõidu tulemused on parimad siis, kui sportlased saavad ise oma soojenduse valida. Tuleb meele pidada, et soojendus peab olema spordialaspetsiifiline ja ka võistluse ülesehituse jaoks sobilik.

Kokkuvõttes näitavad käesoleva uuringu tulemused, et lühiajalise 30-sekundilise kõrge intensiivsusega eelpingutuse lisamine soojendusprotokolli enne maksimaalset 4000 meetri jalgrattasõitu mõjub võistlussooritusele negatiivselt, vaatamata asjaolule, et sportlased said ise valida sobiva puhkepausi pikkuse Käesoleva uurimistöo piiranguks oli seega sportlaste võimalus valida ise puhkepausi pikkus pärast eelpingutust, kuna sportlaste poolt valitud puhkepausid võid jääda liiga lühikeseks, et 4000 meetri sõidu tulemustele positiivselt mõjuda. Lisaks võis 30-sekundilisel eelpingutusel saavutatud La tõusta liiga kõrgeks, mis halvendas sportlaste tulemusi. Edasistes kõrge intensiivsusega soojenduste uurimistes võib osutada mõistlikuks ka lihase EMG mõõtmine, et kindlaks teha, kas soojendus põhjustab lihase potentseerumise ja sooritusvõime paranemise või hoopis väsimuse ja sooritusvõime languse. Peaks uurima, kui kaua eelpingutuse mõjud kestavad ja võimalusel võimaldama sportlastele pikema puhkepausi eelpingutuse ja võistluse vahele. Edaspidistes uuringutes võib eelpingutuse intensiivsust või kestust lühendada või näiteks hoopis 20-minutiline soojendussõit lühemaks teha, et ei tekiks La ulatuslikku tõusu enne võistluspingutuse algust.

6. JÄRELDUSED

Autori hüpotees, et anaeroobse iseloomuga eelpingutus enne võistluspingutust veloergomeetrial võiks parandada sportlaste sooritusvõimet, ei leidnud kinnitust.

1. Kõrge intensiivsusega eelpingutusega soojenduse järgselt on maksimaalse 4000 meetri sõidu tulemused jalgratturitel halvemad kui pärast eelpingutuseta soojendust.
2. Sportlased vajavad valmisolekuks võistluspingutusega alustada pikemat puhkepausi pärast kõrge intensiivsusega eelpingutust võrreldes eelpingutuseta soojendusega, et alustada võistluspingutust sarnase tajutud üldise ja lihasväsimuse foonilt.
3. Eelpingutusega soojenduse korral alustavad sportlased võistluspingutust kõrgema vere laktaaditasemega, mis mõjutab nende sportlikku saavutusvõimet.
4. Soojenduse iseloom ei mõjuta vere laktaaditaset pärast 4000 meetri sõitu, kuigi vere laktaaditaseme langemine pärast maksimaalset pingutust on eelpingutusega soojenduse korral aeglasem.
5. Soojenduse iseloomust sõltumata ei erine sportlaste üldise ja lihasväsimuse hinnang vahetult pärast maksimaalse 4000 meetri sõidu lõppu, küll aga on sportlastel pingutusest tulenevast väsimusest taastumine kõrge intensiivsusega eelpingutusega soojenduse korral aeglasem.

KASUTATUD KIRJANDUS

Abbiss C. R., Peiffer J. J., Meeusen R., Skorski S. Role of ratings of perceived exertion during self-paced exercise: what are we actually measuring? *Sports Medicine*. 2015; 45(9): 1235-1243.

Al-Mulla M. R., Sepulveda F., Colley M. A review of non-invasive techniques to detect and predict localised muscle fatigue. *Sensors*. 2011; 11(4): 3545-3594.

Bailey S. J., Vanhatalo A., Wilkerson D. P., Dimenna F. J., Jones A. M. Optimizing the “priming” effect: influence of prior exercise intensity and recovery duration on O₂ uptake kinetics and severe-intensity exercise tolerance. *Journal of Applied Physiology*. 2009; 107(6): 1743-1756.

Blazevich A. J., Babault N. Post-activation potentiation versus post-activation performance enhancement in humans: historical perspective, underlying mechanisms, and current issues. *Frontiers in Physiology*. 2019.

Bunn J. A., Eschbach L. C., Magal M., Wells E. K. The effects of warm-up duration on cycling time trial performance in trained cyclists. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*. 2017; 17(1): 5-13.

Burnley M., Doust J. H., Jones A. M. Time required for the restoration of normal heavy exercise VO₂ kinetics following prior heavy exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2006; 101(5): 1320-7.

Chorley A., Lamb K. L. The effects of a cycling warm-up including high-intensity heavy-resistance conditioning contractions on subsequent 4 km time trial performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019; 33(1): 57-65.

Christensen P. M., Bangsbo J. Warm-up strategy and high-intensity endurance performance in trained cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2015; 10(3): 353-60.

Craig. N., Norton. K. Characteristics of track cycling. *Sports Medicine*. 2001; 31(7): 457-468.

Fradkin A. J., Gabbe B. J., Cameron P. A. Does warming up prevent injury in sport? The evidence from randomised controlled trials. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2006; 9(3): 214-20.

- Fujii N., Nishida Y., Ogawa T., Tanigawa S., Nishiyasu T. Effects of work-matched moderate- and high-intensity warm-up on power output during 2-min supramaximal cycling. *Biology of Sport*. 2018; 35(3): 223-228.
- Ghosh A. K. Anaerobic threshold: its concept and role in endurance sport. *The Malaysian Journal of Medical Sciences*. 2004; 11(1): 24-36.
- Hall M. M., Rajasekaran S., Thomsen T. W., Peterson A. R. Lactate: friend or foe. *PM&R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*. 2016; S8-S15.
- Ingham S. A., Fudge B. W., Pringle J. S., Jones A. M. Improvement of 800-m running performance with prior high-intensity exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2013; 8(1): 77-83.
- Jeukendrup A. E., Craig N. P., Hawley J. A. The bioenergetics of world class cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2000; 3(4): 414-433.
- Lowery R. P., Duncan N. M., Loenneke J. P., Sikorski E. M., Naimo M. A., et al. The effects of potentiating stimuli intensity under varying rest periods on vertical jump performance and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012; 26(12): 3320-3325.
- Lucertini F., Gervasi M., D'Amen G., et al. Effect of water-based recovery on blood lactate removal after high-intensity exercise. *PLOS ONE*. 2017; 12(9).
- Lundby C., Montero D., Joyner M. Biology of VO₂max: looking under the physiology lamp. *Acta Physiologica (Oxford, London)*. 2017; 220(2): 218-228.
- Mandengue S. H., Bishop D. J. Are athletes able to self-select their optimal warm up? *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2005; 8(1): 26-34.
- McGowan C. J., Pyne D. B., Thompson K. G., Rattray B. Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. *Sports Medicine*. 2015; 45(11): 1523-46.
- Palmer C. D., Jones A. M., Kennedy G. J., Cotter J. D. Effects of prior heavy exercise on energy supply and 4000-m cycling performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2009; 41(1): 221-229.
- Pearce A. J., Rowe G. S., Whyte D. G. Neural conduction and excitability following a simple warm up. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2012; 15(2): 164-168.

- Petisco C., Ramirez-Campillo R., Hernandez D., Gonzalo-Skok O., Nakamura F. Y., Sanchez-Sanchez J. Post-activation potentiation: effects of different conditioning intensities on measures of physical fitness in male young professional soccer players. *Frontiers in Psychology*. 2019; 10:1167.
- Phillips K. E., Hopkins W. G. Determinants of cycling performance: a review of the dimensions and features regulating performance in elite cycling competitions. *Sports Medicine - Open*. 2020.
- Proia P., Di Liegro C. M., Schiera G., Fricano A., Di Liegro I. Lactate as a metabolite and a regulator in the central nervous system. *International Journal of Molecular Sciences*. 2016; 17(9):1450.
- Purge P., Hofmann P., Merisaar R., Mueller A., Tschakert G., et al. The effect of upper body anaerobic pre-loading on 2000-m ergometer-rowing performance in college level male rowers. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2017; 16(2): 264-271.
- Rassier D. E., Macintosh B. R. Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2000; 33(5): 499-508.
- Scribbans T., Vecsey S., Hankinson P. B., Foster W. S., Gurd B. J. The effect of training intensity on VO₂max in young healthy adults: a meta-regression and meta-analysis. *International Journal of Exercise Science*. 2016; 9(2): 230-247.
- Tomaras E. K., MacIntosh B. R. Less is more: standard warm-up causes fatigue and less warm-up permits greater cycling power output. *Journal of Applied Physiology*. 2011; 111(1): 228-35.
- Tsurubami R., Oba K., Samukawa M., Takizawa K., Chiba I., et al. Warm-up intensity and time course effects on jump performance. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2020; 19: 714-720.
- Van den Tillaar R., Lerberg E., Heimburg E. Comparison of three types of warm-up upon sprint ability in experienced soccer players. *Journal of Sport and Health Science*. 2019; 8(6): 574-578.
- Vandervoort A. A., Quinlan J., McComas A. J. Twitch potentiation after voluntary contraction. *Experimental Neurology*. 1983; 81(1): 141-52.

West D. J., Dietzig B. M., Bracken R. M., Cunningham D. J., Crewther B. T., et al. Influence of post-warm-up recovery time on swim performance in international swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2013; 16(2): 172-176.

Williams C. J., Williams M. G., Eynon N., Ashton K. J., Little J. P., et al. Genes to predict VO₂max trainability: a systematic review. *BMC Genomics*. 2017; 18(831).

Williams N. The Borg rating of perceived exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine*. 2017; 67(5): 404-405.

Wilson J. M., Duncan N. M., Marin P. J., Brown L. E., Loenneke J. P., et al. Meta-analysis of postactivation potentiation and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013; 27(3): 854-859.

Wittekind A., Cooper C. E., Elwell C. E., Leung T. S., Beneke R. Warm-up effects on muscle oxygenation, metabolism and sprint cycling performance. *European Journal of Applied Physiology*. 2012; 112(8): 3129-3139.

Wittekind A., Beneke R. Metabolic and performance effects of warm-up intensity on sprint cycling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010; 21(6): 201-207.

Yanci J., Iturri J., Castillo D., Pardeiro M., Nakamura F. Influence of warm-up duration on perceived exertion and subsequent physical performance of soccer players. *Biology of Sport*. 2019; 36(2): 125-131.

AUTORI LIHTLITSENTS

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Lisanne Meristo,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Lühiajalise maksimaalse eelpingutuse mõju maksimaalse 4000 meetri jalgrattasõidu tulemustele“, mille juhendaja on Priit Purge, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Lisanne Meristo

21.05.2021