

TARTU ÜLIKOOL

Spordipedagoogika ja treeninguõpetuse instituut

**Inna Kairite**

**Ülakeha töövõime hindamine murdmaasuusataja treeningus**

**Evaluating upper body performance among cross-country skiers**

**Magistritöö**

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja: Msc Allar Kivil

Tartu, 2016

# Sisukord

Lühiülevaade .....	3
Abstract .....	5
Kirjanduse ülevaade .....	6
Suusatamise iseloomustus .....	6
Suusaergomeeter kehaliste näitajate mõõtjana .....	8
Töö eesmärk ja ülesanded .....	11
Metoodika .....	12
Vaatlusalused .....	12
Uuringu üldine korraldus .....	12
Füsioloogilised mõõtmised .....	13
Andmete töötlus .....	14
Töö tulemused .....	15
Arutelu.....	17
Järeldused.....	23
Kasutatud kirjandus.....	24
Lisad.....	28
Lisa 1. Paaristõukeline ergomeeter murdmaasuusatajate ülakeha töövõime testimiseks (Holmberg & Nilsson 2008).....	28
Lisa 2. Andmete analüüs .....	30

## Lühiülevaade

Eesmärk: Kaasaja murdmaasuusatamises on ülakeha töövõime muutunud üha olulisemaks. Ei ole enam haruldane, et paljud klassikalise tehnika võistlusdistsantsid läbitakse ainult paaristõukelise sõiduviisiga, sealhulgas ka maratonid ja raske reljeefiga murdmaasuusavõistlused. Seetõttu on suusatajate treeningu üheks tähtsaks eesmärgiks sportlase ülakeha töövõime tõstmine, mis sisaldab kompleksset jõu- ja vastupidavusvõimete arendamist. Väga oluline on siinjuures objektiivse tagasiside saamine tehtud tööst. Käesoleva uuringu eesmärgiks oli välja selgitada suusaergomeetril Concept2 Ski erg läbiviidud testi valiidsus määramaks murdmaasuusatajate kehalist võimekust ning sooritusvõimet. Samuti hinnata ülakeha testi tulemuste seost suviste rullsuusatamise Eesti meistrivõistluste tulemustega sprindi- ja 15 kilomeetri distantsil. Hinnates paaristõuke testil saadud näitajate seoseid selgitati välja testi valiidsus määramaks murdmaasuusatajate sooritusvõimet ning tulemuslikkust.

Metoodika: Uuringu vaatlusalusteks valiti Eesti kümme juunior murdmaasuusatajat ( $n=10$ , vanus  $18 \pm 2$  a, kehapikkus  $186,5 \pm 10,5$  cm, keha mass  $73,5 \pm 8,5$  kg). Vaatlusalused sooritasid paaristõukete imiteerimiseks Concept2 Ski erg paaristõuke ergomeetril testi suutlikkuseni. Test algas soojendusega väiksemal võimsusel ja igal minutil lisati võimsust 20W võrra, kuni vaatlusalune enam ei suutnud hoida sagedust 70 tõuket minutis. Test kestis keskmiselt  $13 \pm 1$  min.

Tulemused: Testil saavutatud võimsus ja testi kestus ei olnud statistiliselt olulises seoses võistlustulemusega. Anaeroobset läve suuremal võimsusel saavutanud sportlastel mõõdeti suurem maksimaalse ventilatsiooni näitaja. Suuremal võimsusel anaeroobse läve taseme saavutanud vaatlusalused suutsid paaristõuke testil saavutada ka suuremat maksimaalset võimsust. Maksimaalne ventilatsioon oli statistiliselt olulises positiivses seoses kehamassiga [ $p<0,05$ ], kehamassiindeksiga [ $p<0,05$ ], testi kestvusega [ $p<0,05$ ] ning testil saavutatud maksimaalse võimsusega [ $p<0,05$ ]. Maksimaalne hapnikutarbimise võime ( $VO_{2max}$ ) oli statistiliselt olulises seoses 15-kilomeetrilise distantsi võistlustulemustega [ $p<0,05$ ] ning anaeroobsele lävele vastava võimsusega [ $p<0,05$ ].

Kokkuvõte: Nendele tulemustele tuginedes võib väita, et paaristõuke ergomeetril läbi viidud testil saavutatud  $VO_{2max}$  näitajate abil saab ennustada 15-kilomeetrilise distantsi

tulemuslikkust. Paaristõukeergomeetril läbi viidud test suutlikkuseni ei olnud käesolevas uuringus sobilik ennustamiseks sprindi tulemusi noorsuusatajatel.

Märksõnad: murdmaasuusatamine, paaristõukeline sõiduviis, ülakeha ergomeeter, ülakeha töövõime

## Abstract

**Aim:** Upper-body has become more important in modern cross-country skiing. It is not rare that a lot of classical nordic races are completed by using only double-poling technique, that includes also marathons and competitions with difficult tracks. For this reason, upper-body power has become important in cross-country skiers training program, that contains strength and endurance training. The aim of this study was to determine validity of a test conducted on a skiergometer Concept2 Skierg for cross-country skiers for predicting their performance. The aim was to determine validity of the test by comparing the results that were registered during the test that was conducted on a ski ergometer with the results of Estonian Championships in sprint and 15km distance rollerski race.

**Methods:** The subjects for this test were 10 male junior cross-country skiers ( $n=10$ , age  $18 \pm 2$  years, length  $186,5 \pm 10,5$  cm, body weight  $73,5 \pm 8,5$  kg). Every subject completed the double-poling test once until fatigue. Subjects completed the test on a Concept2 Skierg ergometer that imitates the movement of double-poling. Test started with a warm-up from a lower power and was raised 20W every minute until the subject could not maintain a double-poling frequency of 70 reps per minute. Average duration of the test was  $13 \pm 1$  min.

**Results:** Subjects that reached anaerobic threshold on a higher power output, also showed a higher maximal ventilation value. Skiers who reached anaerobic threshold on a higher power also reached a higher maximal power during the test. Maximal ventilation had a statistically positive relationship with body weight [ $p<0,05$ ], body mass index [ $p<0,05$ ], duration of the test [ $p<0,05$ ] and maximal power output [ $p<0,05$ ]. There was a positive correlation between maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ) and 15-kilometer distance competition results [ $p<0,05$ ] and also the correlation between maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ) and the power of anaerobic threshold [ $p<0,05$ ].

**Conclusions:** Based on these results, it can be said that the test performed on a double-poling skiergometer is valid for predicting the performance of a cross-country skier in 15-kilometer distance competition by analyzing  $VO_{2max}$  value that is reached in the test to fatigue. Double-poling test to exhaustion is not suitable for predicting skiing competition performance in sprint distance.

**Keywords:** cross-country skiing, double-poling, upper-body ergometer, upper-body performance

## Kirjanduse ülevaade

### Suusatamise iseloomustus

Murdmaasuusatamine on tuhandeid aastaid vana liikumisviis talvisel ajal suuskadel. Kaasajal on sellest välja kujunenud algsest suusatamisest sootuks erinev võistluslik tegevus, mis nõuab sportlastelt väga kõrgeid nõudeid funktsionaalses ettevalmistuses. Murdmaasuusatamine koosneb kahest sõidustehnikast, milleks on uisusõiduviis ning klassikaline sõiduviis. (Danielsen et al., 2015). Sõltuvat maastikust ning murdmaasuusataja kasutatavast suusatehnikast on ülakehaga läbi suusakeppide rakendatud jõu osatähtsus ligikaudu 50% tõusudel ning oluliselt suurema osatähtsusega, kui suusataja kasutab paaristõukelist sõisuviisi ilma jalgade tööta (Nesser et al., 2004). Viimane on kaasaja murdmaasuusatamises üha suurema trendiga. Ülakeha töö osatähtsuse tõusu tagajärjel on mõistlik leida erialane viis mõõtmaks murdmaasuustajate tulemuslikkust ning erialane vahend efektiivseteks ülakeha treeninguteks.

Murdmasuusatamise iseloom on muutunud viimastel aastakümnetel ka selle tõttu, et võistlusprogrammi on lisandunud sprindi- ja ühisstardiga sõidud. Suurem tähelepanu tuleb pöörata kiirele jõu rakendamise vajadusele just paaristõukelises sõiduviisis. (Bojsen-Molles et al., 2010). Viimase viieteist aasta jooksul on suusatamises muutunud tähtsamaks öla- ning kätelihaste kompleksne töövõime arendamine, et parandada paaristõukelise sõiduviisi sooritust (Popov & Vinogradov, 2012).

Paaristõukelise sõiduviisi sooritamisel kannavad põhiraskust ülajäsemete lihased (Bojsen-Molles et al., 2010). Siia lisanduvad aga olulisel määral ka nii kõhu-, selja ja teised ülakeha lihased. Kuna paaristõukeline sõiduviis on muutunud üha suurema osatähtsusega sõiduviisiks ja seda nii tippportlaste kui ka tavasuusatajate hulgas ning see nõuab sünkroonset ja sümmeetrilist paaristõukelist liigutust, siis sellega tuleb arvestada ka treeningülesannete püstitamisel ja lahendamisel (Danielsen et al., 2015)

Paaristõukelisel sõiduviisil sooritatakse liigutus, mis hõlmavad nii eelmainitud käe- ning ülakeha lihaskonnale lisaks ka jala- ning puusavöötme lihastööd. Kuigi seda ei tohiks treeningprotsessis tähelepanuta jätta, siis sellegipoolest kannavad suuremat koormust just töö ülakeha lihaskond koos kätelihastega (Hegge et al., 2016).

Parimad eliitsuusatajad kasutavad paaristõukelise sõiduviisi sooritamisel spetsiifilisi tehnika momente, mis on otseselt seotud paaristõuke kiirusega. Nendeks teguriteks on väiksem liigesenurk tõukefaasi alguses, suurem küünarvarre painutuse-sirutuse kiirus, suurenenud kepitõuke võimsus ning lühem kepitõuke tsükli kestus (Holmberg et al., 2005). Samas nõuab nende momentide efektiivne kasutamine kõrgemat töövõimet, mis paljudele noortele ja madalama tasemega sportlastele jääb kättesaamatuks.

## Suusaergomeeter kehaliste näitajate mõõtjana

Paaristõuke ergomeeter Concept2 Skierg, on loodud samanimelise sõudeergomeetri baasil jäljendamaks paaristõukeid murdmaasuusatamises. Antud ergomeeter on spetsiaalselt valmistatud murdmaasuusatajate treenimiseks ja imiteerimaks paaristõukeid. Suusaergomeetril kasutatakse sõudeergomeetriga sarnast hoorattaga vastupanusüsteemi. Hooratta tõmbejõudu muudetakse reguleerides tuulesiibri takistuse suurendamise või vähendamise teel hoorattal. Concept2 Skierg ergomeetri puhul suusakeppe ei kasutata. Selle asemel on seadmel vastavad käepidemed, mis on sarnased suusakepi käepidemetele (Holmberg & Nilsson, 2008).

Varasemalt on kasutatud murdmaasuusatamise ülakeha töövõime hindamiseks väga erinevaid paaristõuke ergomeetreid. Ulrik ja Jan (1998) leidsid, et jooksulindil saavutatud anaeroobse läve südame löögisageduse ning suusaergomeetril saavutatud anaeroobse läve südame löögisageduse vahel ei ole olulist seost. Nende läbi viidud uuringus selgus, et vaatlusalused saavutasid anaeroobse läve taseme jooksulindil intensiivsusel 87,3% maksimaalsest hapnikutarbimise võimest, kuid suusaergomeetril saavutati vastav näitaja vaid 83,8% maksimaalsest hapnikutarbimise võimest (Ulrik & Jan, 1998). Selle tõttu peaks suusatajate töövõime hindamiseks valima erialased vahendid.

Kaasaja tippsuusatamine toimub korduvatel dünaamilistel kontraktsioonidel ning nõuab kõrget võimsuse rakendamise suutlikkust nii üla- kui ka alakehas (Forbes et al., 2010). Et mõõta murdmaasuusatajate kehalisi võimeid peab test soovitatavalt olema alaspetsiifiline, põhjusega, et testis peavad olema kaasa haaratud mitmed põhikoormust kandvad lihasgrupid, mis on kasutusel ka võistlustegevusel, et saavutada ka maksimaalne hapniku tarbimise võime (Bilodeau et al., 1995), mis on omakorda üheks tähtsaimaks murdmaasuusatamise tulemuslikkust määravaks näitajaks (Forbes et al., 2010).

Ülakeha töövõime näitajad on ühed parimad markerid ennustamiseks murdmaasuusatamise tulemuslikkust võistlustel. Sõltuvalt rajaprofiilist ning kasutatavast tehnikast toimub üle 50% edasiliikumisest ülakeha lihastöö abil. Seega on vaja kõrgeid ülakeha aeroobseid ning anaeroobseid näitajaid, et murdmaasuusatamises edukas olla (Mahood et al., 2001). Viimaseid on lihtsam määrata suusaergomeetri testidega laboratoorses tingimustes. Tavapärased kõige sagedasemad ergomeetrid millega määratakse murdmaasuusatajate töövõime näitajaid on olnud jooksulint, veloergomeeter ja käte ergomeeter (Forbes et al., 2010). Üha enam on lisandunud aga suusatamisspetsiifilisi ergomeetreid.



Murdmaasuusatajate testimiseks on otstarbekas valida testimise viisi, kus on töösse haaratud ülakeha lihased või nii ülakeha- kui ka jalalihased, et tagada sportlaste maksimaalsed VO<sub>2</sub>max tulemused. Uuringutes, kus on kasutatud vaid ülakeha ning käelihaste tööd, imiteerides vahelduvtõukelist sõiduviisi, on täheldatud, et VO<sub>2</sub>max näitajad ulatuvad vaid 66% kuni 86% maksimaalsest hapniku tarbimise võimest võrreldes sellega, mis saadi jooksulindil. Sarnased tulemused on saadud ka suusatajate testimisel, kus imiteeriti paaristõukelist sõiduviisi lukustatud jalaliigete tingimustes (Bilbeau et al., 1995). Samas uuringus, kus suusatajate sooritust ja kardiorespiratoorseid erinevusi hinnati paaristõukelise suusaergomeetri ning maastikul sooritatud testi tulemuste vahel leiti, et paaristõuke ergomeeteriga saadakse ligilähedased tulemused maastikul suusatamisega ning ergomeetriga on võimalik määrata suurimat saavutatud hapnikutarbimist eliitmurdmaasuusatajate seas (Forbes et al., 2010).

Klusiewicz et al (2011) läbi viidud uuringus püüti välja selgitada VO<sub>2</sub>max hindamise täpsus submaksimaalsel ning maksimaalsel pingutusel paaristõukelisel suusaergomeetril. Selles läbisid suusatajad tõusva koormusega testi kurnatuseni. Töö kestuseks oli 12 kuni 21 minutit ning koormust tõsteti iga minuti järel. Tulemusena leiti oluline seos hapnikutarbimise näitaja ning suusaergomeetril maksimaalse rakendatud võimsuse vahel.

Varasemalt on leitud, et ülakeha võimsusel on tähtis roll murdmaasuusatamise tulemuslikkuse määramisel sprindidistantsil. Ülakeha võimsus peab murdmaasuusatamises säilima aga ka ajavahemikus 10 kuni 180 minutit või enam (Nesser et al., 2004). Selle tagajärjel arvasid Nesser kolleegidega (2004), et ülakeha võimsust peaks erialastel vahenditel uurima veelgi. Keskmiste näitajate põhjal on suusaergomeetril suuremat võimsust näidanud sportlane ka kiirem murdmaasuusavõistlusel (Allsobrook & Heil, 2009).

Sportlase kehakaal ja nii lühiajalise kui ka pikaajalise kestvusega ülakeha pingutus ning selle võimsuse näitajatajad on seotud ka suusatamise võistlustulemustega (Allsobrook & Heil, 2009). 3-minutilises testis paaristõukeergomeetril on selgunud, et maksimaalsel rakendatud võimsusel on statistiliselt oluline korrelatsioon võistlustel saavutatud FIS punktidega (Osterås et al., 2016), ehk sportlase tasemega.

Maksimaalse jõutreeningute tagajärjel on leitud, et paraneb märgatavalt suusatajate paaristõuke soorituse ökonoomsus ja pikeneb kurnatuseni kuluv aeg suusaergomeetril (Jan H et al., 1999). Suurema kehakaalu korral suudetakse sooritada tugevam pingutus (Allsobrook

& Heil, 2009). Samas võib suurem kehakaal olla negatiivseks teguriks suusavõistlustel raskema reljeefiga radadel, mistõttu võib olla otstarbekas kasutada ka suhtelise võimsuse näitajat.

Varasemalt on kasutatud murdmaasuusatajate testimisel või treenimisel ka ratastel liikuvat alust nn. „kelku“, millele sportlane sai põlvitusasendis toetuda. Paaristõugete tsüklil osutus aga 240% pikemaks võrreldes kestusega rullsuuskadel, sest suusatajatel ei olnud edasiliikumise kiirust igal paaristõuke kordusel nagu seda esines rullsuuskadel (Stöggl et al., 2006).

Samuti on olnud kasutuses paaristõukeid jäljendav ergomeeter. Sellel ergomeetril sooritasid sportlased tõmbeid istudes 2 meetri kaugusel aparatuurist. Reitele oli kinnitatud spetsiaalne mehhanism, mis vaatlusaluseid pingil paigal hoidis (Jan et al., 1999). Antud ergomeeter ei ole enam nii laialt levinud, selle tõttu, et murdmaasuusatamisel ei kasutata ülakeha isoleeritult, vaid võetakse tööse ka mingis osas jalad (Hegge et al., 2014).

## Töö eesmärk ja ülesanded

Käesoleva uuringu eesmärgiks oli välja selgitada suusaegomeetrial läbiviidud testi valiidsus määramaks murdmaasuusatajate kehalist võimekust ning sooritusvõimet.

Töös püstitati järgmised ülesanded:

1. Määrata noorsuusatajate ülakeha töövõime näitajad kasutades suusaspetsiifilist ergomeetrit.
2. Välja töötada ja hinnata tõusva koormustega paaristõuke testi kasutamist suusatajate treeningu monitoorimiseks.
3. Hinnata noorsuusatajate rullsuusatamise tava- ja sprindidistantsi tulemuste vahelisi seoseid sportlaste füsioloogiliste näitajatega.
4. Hinnata suusatajate spetsiifilisel ergomeetrial sooritatud testi tulemusi ning nende seoseid rullsuusatamise tulemustega.

## **Metoodika**

### **Vaatlusalused**

Käesolevas töös testiti Eesti kümme juunior murdmaasuusatajaid ( $n=10$ , vanus  $18 \pm 2$  a, kehapikkus  $186,5 \pm 10,5$  cm, keha mass  $73,5 \pm 8,5$ kg). Uuritavad olid testile eelnevalt tegelenud aktiivselt ja regulaarselt spordiga mitmeid aastaid. Samuti olid vaatlusalused võistlenud mitmetel Eesti meistrivõistlustel, millest kahe viimase tulemusi kasutati uuringus. Test sooritati spetsiaalettevalmistus perioodil, septembris, mil murdmaasuusatajate treeningute põhiline eesmärk oli aeroobse võimekuse suurendamine läbi vastupidavustreeningute. Vaatlusalustele tutvustati eelnevalt teostatavaid mõõtmisi ning selgitati neile uurimuse põhilisi eesmärke. Iga uuritav läbis paaristõukelise testi suusaergomeetril suutlikkuseni ühel korral.

### **Uuringu üldine korraldus**

Test viidi läbi Otepää Audentese spordikoolis. Antud töös sooritasid vaatlusalused paaristõugete imiteerimiseks Concept2 Skierg paaristõuke ergomeetril testi suutlikkuseni (Joonis 1.). Tegemist on spetsiaalselt suusatamiseks konstrueeritud ergomeetriga, mis on aga oma tööpõhimõttelt sarnane sõudeergomeetriga. Sellel kasutatakse sõudeergomeetriga sarnast hoorattaga vastupanusüsteemi. Koormustest viidi läbi suusaergomeetril kasutades puhkepausideta astmeliselt suurenevat koormust kuni maksimaalse suutlikkuseni. Test algas soojendusega väiksemal võimsusel, mil sooritati paaristõukeid suusaergomeetril. Igal minutil lisati võimsust 20W võrra, kuni vaatlusalune enam ei suutnud hoida sagedust 70 tõuget minutis. Test kestis keskmiselt  $13 \pm 1$  min. Enne testi algust tutvustati murdmaasuusatajatele suusaergomeetrit ning testi käigus said vaatlusalused suusaergomeetri tabloolt jälgida tõmbe võimsust ja sagedust. Vaatlusaluseid julgustati ning ergutati saavutamaks maksimaalset tulemust. Võrdlemaks testil saavutatud kehalisi näitajaid murdmaasuusatajate tulemustega, võeti arvesse hiljutised võistlustulemused 1,5km sprindis ja 15-kilomeetrisel distantsil ning võistluste läbimiseks kulunud aeg ning saavutatud koht võistlusel.



**Joonis 1.** Concept2 SkiErg suusaergomeetril paaristõukeid sooritav meessoost murdmaasuusataja.

### **Füsioloogilised mõõtmised**

Enne testi algust määrati katsealuste kehamass ja pikkus. Kehamassi mõõtmist sooritas med-õde, kes kaalus iga sportlase ära med-kabinetis enda järelvalve all ning seejärel teostas ka mõõtmise. Vaatlusalused astusid kaalule ilma jalanõudeta ning õhukestes spordiriietes. Testi käigus salvestati vaatlusaluse maksimaalne südamelöögisagedus, saavutatud maksimaalne ning suhteline võimsus ning anaeroobse lävetaseme hapnikutarbimine ja võimsus. Südamelöögisagedust salvestati testi vältel pidevalt igal minutil kasutades Polar RS400 kella

ning selle pulsivööd. Vere laktaadisisalduse määramiseks võeti vereproovid näpu otsast 3-ndal ja 5-ndal minutil peale pingutuse lõppu. VO<sub>2</sub>max näitajat mõõdeti hapnikuanalüsaatoriga Metamax 3B (Cortex Biophysic GMBH, Leipzig, Germany), mis oli ühenduses sülearvutiga ning salvestas andmeid.

### **Andmete töötlus**

Kõik vajalikud andmed kirjutati üles testi käigus paberile, ning samuti salvestusid andmed arvutisse atomaatselt suusaergomeetrist ning pulsivööst. Spordikell polar kui ka suusaergomeeter olid ühildatud arvutiga. Andmed kontrolliti omavahel, et need oleksid kattuvad ning seejärel sisestati kõik näitajad Excel-i tabelisse. Andmete analüüs teostati programmi IBM SPSS Statistics 23 abil. Kõigi tunnuste puhul leiti korrelatsioon ning samuti teostati ka regressioonanalüüs. Statistilise usalduse nivooks võeti  $p \leq 0,05$ .

## Töö tulemused

Enne testi osalesid vaatlusalused Eesti Meistrivõistlustel rullsuusatamises 1,5km suusasprindis ning 15-kilomeetrilisel distantsil Otepää spetsiaalsel, füüsiliselt nõudlikul rullsuusarajal. Sprindi keskmine läbimise aeg oli vaatlusalustel  $224 \pm 9,6$  sek ja 15-kilomeetrilisel distantsil  $2010,7 \pm 89,35$  sek.

Kehamassi ja võistlustulemuste omavaheliste seose analüüsimises selgus, et kehamass ei olnud statistiliselt olulises seoses võistlustulemustega [ $p > 0,05$ ] ega testil mõõdetud maksimaalse südamelöögisageduse ja anaeroobse läve südame löögisagedusega. Küll aga oli noorsuusatajate kehamass positiivses, kuid statistiliselt mitteolulises [ $p > 0,05$ ] seoses maksimaalse rakendatud võimsusega. Kehamassiindeksil ei leitud statistilist seost võistlustulemustega [ $p > 0,05$ ]. Keskmine maksimaalne saavutatud võimsus paaristõuke ergomeetril oli vaatlusalustel  $280 \pm 40$  W ja soorituse kestus  $780 \pm 120$  sek ning saavutatud võimsus kilogrammi kohta  $3,7 \pm 0,5$  W/kg. Lisaks selgus, et kehamass oli statistiliselt olulises positiivses seoses vanusega [ $p < 0,05$ ].

Peale pingutust kolmandal minutil mõõdetud laktaadi (La 3') näitajad olid  $14,35 \pm 4,15$  mmol/l ning viiendal minutil mõõdetud laktaadi näitajad  $14,7 \pm 4,4$  mmol/l. Viiendal minutil mõõdetud laktaadi kontsentratsioon veres tõusis 60% vaatlusalustest võrreldes kolmandal minutil mõõdetuga. 40% vaatlusalustest laktaadikontsentratsioon aga langes võrreldes kolmandal minutil mõõdetuga. Nii kolmandal kui ka viiendal koormusjärgsel minutil mõõdetud laktaadi kontsentratsiooni näitajad olid statistiliselt olulises positiivses seoses koormusel saavutatud maksimaalse südamelöögisagedusega [ $p < 0,001$ ] ning koormusjärgsel kolmandal [ $p < 0,001$ ] ja viiendal [ $p < 0,001$ ] minutil salvestatud südamelöögisagedusega.

Maksimaalne saavutatud laktaadi kontsentratsioon veres oli  $14,7 \pm 4,4$  mmol/l ning selgus, et maksimaalne laktaadi sisaldus veres oli statistiliselt olulises negatiivses seoses vanusega [ $p < 0,05$ ].

Võistlustulemustega kolmandal ja viiendal koormusjärgsel minutil mõõdetud laktaadi kontsentratsioonil veres ei leitud statistilist seost võistlustulemustega [ $p > 0,05$ ]. Võistlustulemustel aga puudus ka statistiliselt oluline seose maksimaalse saavutatud laktaadi kontsentratsiooniga veres [ $p > 0,05$ ].

Keskmine paaristõuke testil anaeroobse läve südame löögisagedusele vastav võimsus oli  $200 \pm 40$  W. Võimsus, millel saavutati anaeroobne lävi oli statistiliselt olulises seoses testi kestusega [ $p < 0,001$ ] ning testil saavutatud maksimaalse võimsusega [ $p < 0,001$ ]. Suuremal võimsusel anaeroobset läve taseme saavutanud vaatlusalused suutsid paaristõuke testil saavutada ka suuremat maksimaalset võimsust (Lisa 1).

Võimsusel, millel saavutati anaeroobne lävi oli statistiliselt olulises seoses ka maksimaalse ventilatsiooniga [ $p < 0,05$ ]. Anaeroobset läve suuremal võimsusel saavutanud sportlastel mõõdeti suurem maksimaalse ventilatsiooni näitaja (Lisa 2). Ent võistlustulemustel ning maksimaalsel ventilatsioonil ei leitud statistiliselt olulist seost [ $p > 0,05$ ].

Koormustestil saavutatud kopsude maksimaalse ventilatsiooni (VE<sub>max</sub>), ehk kopsusid läbiva õhu hulga, keskmine näitaja oli  $171,5 \pm 28,5$  l/min. Maksimaalne ventilatsioon oli statistiliselt olulises positiivses seoses kehamassiga [ $p < 0,05$ ], kehamassiindegiga [ $p < 0,05$ ], testi kestusega [ $p < 0,05$ ] ning testil saavutatud maksimaalse võimsusega [ $p < 0,05$ ]. Maksimaalne hapnikutarbimise võime (VO<sub>2</sub>max) oli statistiliselt olulises seoses 15-kilomeetrilise distantsi võistlustulemustega [ $p < 0,05$ ] ning anaeroobsele lävele vastava võimsusega [ $p < 0,05$ ]. Keskmine saavutatud maksimaalne hapnikutarbimise võime oli  $68,6 \pm 2,4$  ml/kg/min.

Maksimaalsel südame löögisagedus (max SLS), mille keskmine näitaja oli  $199 \pm 14$  l/min ei omanud statistiliselt olulist seost võistlustulemustega [ $p > 0,05$ ]. Samuti puudus seos võistlustulemuste vahel ning anaeroobse läve südame löögisageduse [ $p > 0,05$ ] ja võistlustulemuste vahel. Anaeroobse südame löögisageduse (AnL SLS) keskmine näitaja testil oli  $186 \pm 19$  l/min. Kolmandal minutil peale pingutust mõõdetud südame löögisagedus ( $121 \pm 20$  l/min) ja viiendal minutil peale pingutust mõõdetud südame löögisagedus ( $115 \pm 7$  l/min) ei olnud statistiliselt olulises seoses võistlustulemustega.



## Arutelu

Murdmaasuusatamine on viimastel aastakümnetel muutunud, ülakeha jõuvõimekus aga ka aeroobne töövõime on saanud tähtsamaks näitajaks võistlustulemuse struktuuris. See on omakorda suurendanud ülakeha võimete treenimist ning testimist murdmaasuusatajate seas (Ulrik & Jan, 1998). Viimaste aastate jooksul on suusatamises hakatud enam arendama õlavöötme ning käelihaste jõuvõimeid, et parandada paaristõukeid ning selle tõttu ka uued viisid, kuidas murdmaasuusatajate ülakeha hinnata. Koormustestides määratakse tavaliselt kaks tegurit – anaeroobne lävi ja maksimaalne hapnikutarbimise võime. Füüsilise pingutuse ajal, mis ületab anaeroobse läve taseme, tekib lihastes glükolüüsi laguprodukt, mille tagajärjeks võib olla kurnatus (Popov ja Vinogradov, 2012).

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on välja selgitada suusaspetsiifilisel paaristõukeergomeetrial, Concept2 Ski erg, läbiviidud testi validsus kontrollimaks noorte murdmaasuusatajate sooritusvõimet läbides paaristõukelise testi kasvav koormusega kurnatuseni. Ulrik ja Jan (1998) testi põhjal, kus jooksulindil saavutatud anaeroobse läve südame löögisageduse ning suusaergomeetrial saavutatud anaeroobse läve südame löögisageduse vahel ei ole olulist seost, järeldati, et suusatajate töövõime hindamisel ning treenimisel peab valima erialased vahendid, mis on suusatamisele ligilähedase liikumismustriga ehk paaristõukelise testi tulemused võivad osutada mõningal juhul oluliselt informatiivsemaks võrreldes tavapärase jooksutestiga jooksulindil.

Käesoleva uuringu ülakeha töövõime hindamise testi mudel töötati välja töö autorite poolt, jälgides varasemalt tehtud murdmaasuusatamise tõusvate koormustega testide mudeleid. Testi aeg püüti rihtida 10 min lähedale s.o. kestus, mil sportlased peaks näitama suurimat aeroobset võimsust ning on ligilähedane suusavõistluste pingutusele (Alsobrook & Heil, 2009). Alsobrooki ning Heil (2009) suusatajate testist olid käesolevast uuringust erinevalt ergomeetri külge kinnitatud ka suusakepid, millega sooritati paaristõukeid, mis selle tõttu sarnanes ka rohkem suusatamisele. Samuti oli käesolevas uuringus tegemist noorsportlastega, kelle ülakeha töövõime võib mõne aastaga treeningu tulemusena muutuda olulisel määral. Meie testi kestus oli  $13 \pm 1$  min, see on kestus, mille korral võib oletada, et sportlaste aeroobse võimsuse näitajad on maksimaalsel tasemel.

Paaristõugete kiirusliku jõu võimekuse ning üldise võistluskiiruse vahel on leitud märkimisväärne seos. Samuti on leitud seos ülakeha koormustestide tulemuste ning murdmaasuusatamise tulemuslikkuse vahel (Holmberg & Nilsson, 2008). Samas tuleb arvestada asjaoluga, et kevadisel üleminekuperioodil suusatajatel läbi viidud testidega mõõdetud tulemused võivad erineda nendest, mida mõõdetakse sügisesel erialasel ettevalmistaval perioodil (Hegge et al., 2014). Kuna käesolevas uuringus viidi läbi mõõtmised läbi just erialasel ettevalmistusperioodil, siis võib eeldada, et testimisel näidatud tulemused on ka ligilähedased individuaalsetele tippnäitajatele.

Nii nagu Leirdal et al (2013) ja Sandbakk et al (2010) uuringutes esinenud keskmine kepitõuke sagedus oli 60-70 tõuget minutis, oli paaristõugete sagedus ka käesolevas töös 70 tõuget minutis. See sagedus on omakorda sarnane reaalses tingimustes murdmaasuusatamise võistluste kepitõugete sagedusele. Antud töös kasutati paaristõukelist suusaergomeetrit Concept2 Ski erg, sest suusatajate ülakeha on traditsiooniliselt testitud paaristõukeergomeetritel, nii nagu on väitnud Holmberg ja Nilsson (2008). Nende läbiviidud 60-sekundilises testis, spetsiaalsel paaristõuke ergomeetril (Lisa 3) leidis statistiliselt oluline seos absoluutse rakendatud võimsuse ning murdmaasuuskadel rakendatud kiiruse vahel võistlusolukorras. Keskmiseks maksimaalseks võimsuseks said meie vaatlusalused  $280 \pm 40$  W, ent statistiline olulisus võistlustulemustega puudus. Põhjuseks võib siin olla asjaolu, et tegu on noorsuusatajatega ning ka lumel suusatamine võib anda mõningal määral teisi tulemusi võrreldes rullsuusatamise võistlustulemustega, nagu on öelnud Hegge et al (2014).

Varasemates uuringutes on leitud, et ülakeha anaeroobne sooritus ning selle võimsuse näitajad on statistiliselt olulises seoses võistluskiirusega ning Concept2 Ski ergomeetril suuremat võimsust rakendanud murdmaasuusatajad on kiiremad ka murdmaasuusavõistusel (Alsobrook & Heil, 2009). Käesolevas uuringus aga saadi vastupidised tulemused ehk võimsuse näitajatel puudus oluline seos võistlustulemustega ning suuremat võimsust näidanud sportlased ei olnud kiiremad võistlusel.

Käesolevas uuringus võib olla põhjuseks, miks ei esinenud statistiliselt olulist seost murdmaasuusatajate suusaergomeetril saadud töövõime näitajate ning võistlustulemuste vahel, et võistlused toimusid suusarullidel ning võivad mõneti erineda murdmaasuusavõistlustest nii kiiruses kui ka rajaprofiilis. Näiteks Carlsson ja kolleegide sõnul võib suusarullidel läbiviidud testi abiga leitud ennustatav võistlustulemus veidi erineda tegelikust võistlustulemusest murdmaasuuskadel (Carlsson et al., 2015). Seega oleks otstarbekas testi valiidsust kontrollida lisaks rullsuusatamise võistlustulemuse hindamiseks ka

murdmaasuusatamise võistlustulemustega lumel. Seejärel analüüsida, kas leidub statistiliselt oluline seos murdmaasuusa võistlustulemustega.

Kehamass, pikkus ja kehamassiindeks ei olnud antud uuringus statistiliselt olulises seoses võistlustulemustega, millest võib järeldada, et antud rullsuusavõistlusel ei olnud suurem kehamass oluline tegur määramaks vaatlusaluste tulemuslikkust. Käesolevas töös oli uuritavate keskmine kehamass  $73 \pm 8,5$  kg. Kehamass ei ole positiivne tegur juhul, kui võistlus toimub laugel maastikul (Larsson et al., 2008). Antud juhul võib suurema kehamassiga murdmaasutaja hoopis saada kehvema tulemuse, võrreldes sellega, kui võistlus toimuks mägisel rajal, kus suurem kehamass on leidnud positiivset seost ka võistlustulemusega (Larsson et al., 2008). Vastupidi on aga öelnud Bergh ja Forsberg, et just lauge maa elimineerib suurema kehamassi negatiivsed mõjud ja et suurem kehamass on eeliseks igal muul raja reljeefi osal välja arvatud järskudel tõusudel. Bergh ja Forsberg (1992) sõnul ei tõuse maksimaalsel ja submaksimaalsel pingutusel hapniku tarbimise võime koos kehamassi tõusuga. Seega oleks otstarbekas treeningprotsessis piirata kehamassi liigset lisandumist, mis võib avaldada negatiivset mõju võistlustulemusele, eriti just raskemates reljeefi- ja ilmastikutingimustes. Ka käesolevas uuringus kehamassilt raskem vaatlusalune, kes näitas suurimat ülakeha võimsust testil, oli samas vaatlusaluste hulgas viimaste seas 15km rullsuusutamise võistlusel. Seega oleks otstarbekas kasutada suusatajate võimsuse hindamiseks võimsuse näitajaid jagatuna kehamassiga ehk suhtelist võimsust, sarnaselt suhtelise maksimaalse hapnikutarbimise näitajaga.

Varasemalt on leitud, et suusatajate maksimaalse hapnikutarbimise näitajatel ei ole murdmaasuusa klassikasprindi võistlustulemustega statistiliselt olulist seost (Stöggl et al., 2007). Sellegi poolest ei soovitatud antud tulemuste tõttu jätta aeroobse võimekuse arendamist tahaplaanile. Samas leidsid Sandbakk et al (2011), et ka klassikasprindi sooritusvõime sõltub suurel määral ka aeroobse töövõime ehk maksimaalsest hapnikutarbimise võimest. Suusaergomeetril kasvava koormusega paaristõukelise testi tulemusena on leitud statistiliselt oluline seos hapniku tarbimise ja võistlustulemuste vahel. (Mygind et al., 1991). Ent meie uuringus ei olnud maksimaalsel hapnikutarbimise võimel olulist seost võistlustulemustega. Vesterinen ja kolleegid (2009) pakkusid välja, et kõrge aeroobne võimekus vähendab vastupanu väsimusele ja parandab üleüldist sooritusvõimet sprindis (Vesterinen et al., 2009). Samuti leidis ka Sandbakk et al (2011) uuringus, et maksimaalne hapnikutarbimisevõime on sprindi kvalifikatsioonis määrava tähtsusega. Kõrge aeroobne võimekus aitab säilitada kiirust ka lühikesel sprindi distantzil.

Uuringutega on leitud, et ülakeha suutlikkus rakendata võimsust on murdmaasuusatamises tähtis tegur määramaks suusataja sooritusvõimet (Staib et al., 2000). Laboratoorseses uuringutes määratud ülakeha võimsuse näitajatega on leitud oluline korrelatsioon nii uisutehnikas suusavõistluste tulemustega (Heil & Engen, 2004; Heil & Willis, 2012) kui ka klassikatehnika suusavõistluste tulemustega (Allsobrook & Heil, 2009; Heil & Willis, 2012). Samas paljud kasutatud ülakeha mõõtmise vahendid ja aparatuur on spetsiaalselt konkreetseks testimiseks konstrueeritud ja ei ole laiemale kasutajate ringile kättesaadavad. Käesolevas uuringus kasutatud Concept2 Skierng suusaergomeeter on aga laiemalt levinud, millega korraldatakse ka erinevaid võistlusi. Uuringu tulemustest selgus, et suurema kehakaaluga vaatlusalustel oli trend ka suurematele ülakeha võimsuse näitajatele paaristõuke testil, millest võib järeldada, et oli tegemist suusatajatega, kelle lihassmass oli suurem, mis omakorda viitas suuremale jõutreeningute arvule nende eelnevas treeningprogrammis. Sellegi poolest oli tegu statistiliselt mitteolulise seosega. Samuti ei leidunud seost rakendatud võimsuse ja võistlustulemuste vahel. Antud testi võib sobida jälgimaks sportlaste arengut võrreldes omavahel samal testil saadud näitajate tulemusi mitu korda aastas.

Ülakeha maksimaalne võimsus on olulises korrelatsioonis keskmise rakendatud võimsusega sprindil, nagu leidsid Mendes-Villanueva et al (2008) oma uuringus. See näitab, et maksimaalne võimsus on tähtis tegur määramaks tulemuslikkust mitmeteks lühikesteks pingutusteks nagu sprindi finaaliid. Kuid selgus, et ka kõige suurema võimsusega sportlastel oli raskusi hoida võimsust korduvates sprintides. Suurimat võimsust näidanud sportlastel oli ka suurim langus võimsuses sprindi viimastes sõitudes. Samuti leidis, et suurima maksimaalse võimsusega sportlastel olid laktaadi konsentratsiooni tõusu näitajad veres suuremad. Seega võivad oluliseks osutada ka ülakeha submaksimaalsed võimsuse näitajad, mille testimine on sportlasele vähem stressi tekitav. Kusjuures maksimaalse võimsuse näitajad osutusid statistiliselt olulisema seosega murdmaasuusa võistlusutlemustega kui maksimaalne hapnikutarbimise võime nagu selgus Rundell ja Bacharach (1995) testis. Submaksimaalse koormuse näitajad võivad osutada olulisemaks just pikemate võistlusdistsantside hindamiseks.

Losengard ja kolleegide (2012) uuringus selgus, et 600-meetri distantsil aeglaseimat aega saavutanud suusatajatel olid ka madalamad anaeroobse läve südame löögisageduse näitajad, ent tegu oli väga tugevate pikamaasuusatajatega. Sellest tuli järeldus, et pikkadel distantsidel, mis kestavad 2 kuni 5 tundi ei ole anaeroobse läve südame löögisageduse tase määrava tähtsusega. Kiireimad suusatajad samal lühikesel distantsil omasid aga kõrgemaid anaeroobse

läve südame löögisageduse näitajaid ning tegu oli ka erialalt sprinteritega (Losnegard et al., 2012). Meie uuringus ei olnud anaeroobse läve südame löögisagedusel seost sprindi ega ka 15-kilomeetrise võistlusega. Küll aga suuremal võimsusel anaeroobse läve südame löögisagedust saavutanud vaatlusalused sooritasid ka testi ajalisel kauem ning omasid kõrgeimaid ventilatsiooni näitajaid. Kahte esimest võib pidada headeks sportlaste kvalifikatsiooni näitajateks. Seega võib olla ka sportlaste submaksimaalsete testitulemuste hindamine oluliseks informatsiooni saamiseks nende treeningprotsessis.

Kurnatuseni läbi viidud testides peetakse anaeroobse läve südame löögisagedust ning maksimaalset hapnikutarbimise võimet tähtsateks näitajateks. Eliitsportlaste puhul võib võimsus ja hapnikutarbimine anaeroobsel läve südame löögisagedusel olla tugevas olulises seoses võistlustulemustega pikkadel murdmaasuusa distantsidel, kuid maksimaalsel hapnikutarbimisel tugevat seost võistlustulemustega alati ei leita (Popov & Vinogradov, 2012). Sellest tulenevalt oleks soovituslik meie testi kordamisel salvestada hapnikutarbimine anaeroobse läve südame löögisagedusel ning antud tulemusi analüüsida ja võrrelda võistlustulemustega. Kuigi meie uuringus olulisi seoseid ei leitud, siis võivad need ilmnedu suusatamise tulemustega lumel või ka teistel võistlusdistantsidel või rajaprofiilil.

Fabre et al., (2012) sõnul on anaeroobse läve südame löögisagedusele vastav võimsus üks tähtsamaid näitajaid, mida tuleks välja selgitada treeningueelsel perioodil. Meie testis selgus aga, et antud näitaja ei olnud korrelatsioonis võistlustulemustega.

Käte lihastes on suurem protsent kiireid lihaskiude kui jalgades (Johnson et al., 1973) ja selle tõttu on käte töö seotud ka varajase laktaadi konsentratsiooni tõusuga veres (Koga et al., 1996). Kätes tekib suurem hulk laktaati ja väiksem võime seda lagundada võrreldes jalgadega kogu keha töö. Hegge et al (2014) leidsid, et vaid ülakeha kasutades laktaadi konsentratsiooni näitajad veres erinevad nendest, mis on juhul kui kasutatakse ka jalgu, nagu kombeks murdmaasuusatamises. Samuti oli sellisel juhul hapniku tarbimisevõime madalam ning ka südamelöögisageduse näitajad madalamad võrreldes kogu-keha tööga. Sellest võib järeldada, et meie uuringu tulemusena ei esinenud südamelöögisagedusel, hapnikutarbimisel ning laktaadisaldusel veres statistiliselt olulist seost võistlustulemustega, sest võistlusel kasutati edasiliikumiseks kogu keha, mitte ainult ülakehatööd, nii nagu pakkusid oma uuringutes välja Holmberg et al (2005) ja Calbet et al (2004). Teisalt aga võisid meie vaatlusalused just lisaks ülakehale kasutada mõningal määral ka jalgade tööd, nagu seda ka tegelikkuses suusatamises. Holmberg et al (2005) uuringus olid sportlased tooli külge kinnitatud vältimaks alakeha lihastega tehtavat tööd, mille tõttu võisid nende saadud tulemused erineda ning seiseod

võistlustulemustega selle tõttu mitte ilmned. Käesolevas uuringus jäi vaatlusaluste jalgadega sooritatud töö eeldatavalt suusatamisega spetsiifilisele tasemele, sest vaatlusalustele selgitati, et tegu on suusatamise paaristõuke testiga ning testi korraldajad jälgisid ka pidevalt vaatlusaluste tehnilist sooritust ning vajadusel korrigeerisid seda. Näiteks oli Holberg ja Nilsson (2008) paaristõuke testis kasutatud ergomeeterile lisatud suusakepid ning spetsiaalne alus, mis liikus sarnaselt suuskadele või rullidele, seda mööda reelinguid. Seega püüavad erinevad autord pidevalt leida võimalikult spetsiifilisi teste murdmaasuusatajate ülakeha töövõime hindamiseks.

Huvitav seos leidis veres sisalduva maksimaalse laktaadi kontsentratsiooni ja vanuse vahel. Vanuse kasvades langes vaatlusaluste maksimaalne laktaadi kontsentratsioon veres mõõdetuna peale pingutust. Sellest võib järeldada, et vanemad suusatajad on saanud pikemat aega arendada vastupidavust ning läbi selle omavad ka kõrgemat maksimaalset hapnikutarbimise võimet. Või ei suuda nooremad sportlased oma anaeroobset sooritus nii kõrgele tasemele testil viia.

Joonis 4. Veres sisalduva maksimaalse laktaadi kontsentratsiooni seos vanusega. Max La - maksimaalne laktaadi kontsentratsioon veres.

Meie uuringus oli keskmine maksimaalne laktaadi kontsentratsioon veres  $14,5 \pm 4,5$  mmol/l.

## Järeldused

- Suusatajatel tõusvate koormustega mõõdetud ülaheha võimsuse näitajad Concept2 Skierg ergomeetril olid  $280 \pm 40$  W ja  $3,7 \pm 0,5$  W/kg.
- Noorsuusatajate kontingendil läbiviidud paaristõuke testil näidatud võimsuse näitajate ja rullsuusatamise võistlustulemustega suusasprindis ning 15km distantsil olulisi seoseid ei leitud.
- Tõusva koormusega suutlikkuseni paaristõuke testil saavutatud VO<sub>2</sub>max näitajad on noorsuusatajatel olulises seoses 15-kilomeetrilise rullsuusatamise võistlustulemusega.
- Alaspetsiifilist ergomeetrit kasutades selgus, et suuremal koormusel anaeroobset läve saavutav sportlane suudab näidata ka pikemat testi maksimaalset kestust.
- Maksimaalsel ventilatsioonil ning anaeroobse läve südame löögisagedusel leidis oluline seos testi kestusega, ent mitte võistlustulemustega.

## Kasutatud kirjandus

1. Alsobrook N.G, Heil D.P. Upper body power as a determinant of classical cross-country ski performance. *European journal of applied physiology* 2009; 105(4): 633-641.
2. Bergh U, Forsberg A. Influence of body mass on cross-country ski racing performance. *Medicine & science in sports & exercise* 1992; 24(9):1033-9.
3. Bildeau B, Roy B, Roulay MR. Upper-body testing of cross-country skiers. *Medicine & science in sports & exercise* 1995; 27(11):1557-62.
4. Bojsen-Molles J, Losengard T, Kemppainen J, Viljanen T, Kairi K.K, Hallen J. Muscle use during double-poling evaluated by positron emission tomography. *Journal of Applied Physiology* 2010; 109(6):1895-1903.
5. Calbet J.A, Jensen U.M, Hall G, Holberg H.C, Rosdahl H, Saltin B. Maximal muscular vascular conductances during whole body upright exercise in humans. *J Physiol* 2004; 558(1) 319-31.
6. Carlsson T, Carlsson M, Hammarström D, Rønnestad B. R, Malm C. B, Tonkonogi M. Optimal VO<sub>2</sub>max-to-mass ratio for predicting 15 km performance among elite male cross-country skiers. *Journal of sports medicine* 2015; 16(6):353-60.
7. Danielsen J, Sandbakk Ø, Holmberg H.C, Ettema G. Mechanical energy and propulsion in ergometer double poling by cross-country Skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2015; 47(12):2586-94.
8. Fabre N, Bortolan L, Pellegrini B, Serbini L, Muorot L, Schena Z. Anaerobic threshold assessment through the ventilatory method during roller-ski skating testing: right or wrong? *Journal of Strength and Conditioning Research* 2012; 26(2):381-387.
9. Forbes SC, Chilibeck PD, Craven B, Bhambhani Y. Comparison of double-poling ergometer and field test for elite cross-country sit skiers. *N Am J Sports Phys Ther* 2010; 5(2):40-46.
10. Hedelin R, Wiklund U, Bjerle P, Henriksson L.K. Pre- and post-season heart rate variability in adolescent cross-country skiers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 2000; 10(5):298-303.
11. Hegge A.M, Bolger C, Sandbakk O. The blood lactate and cardiorespiratory responses to upper- and lower-body exercise in cross-country skiers. *Science and Skiing VI* 2014; 396-404.



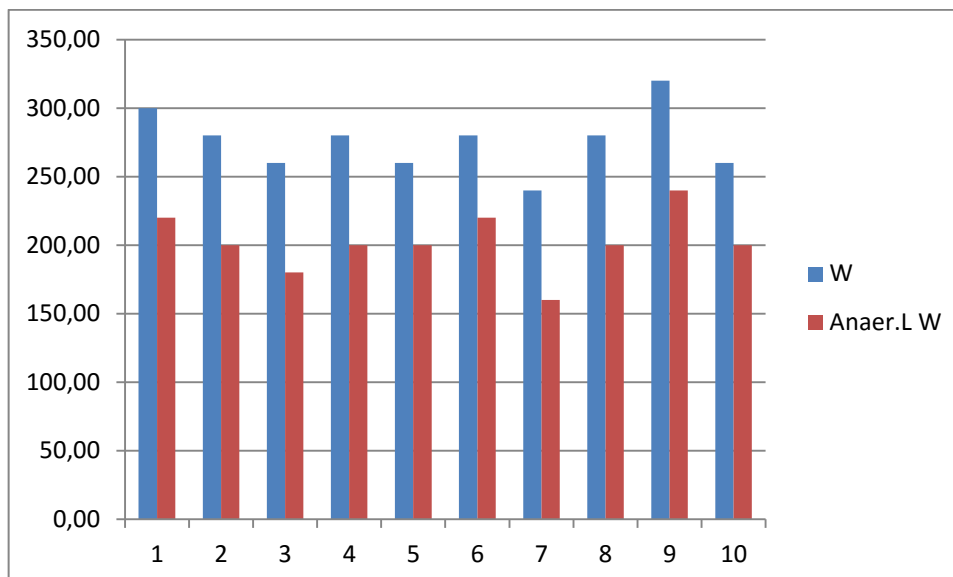
12. Hegge A.M, Bucher E, Ettema G, Faude O, Holmberg H.C, Sandbakk Ø. Gender differences in power production, energetic capacity and efficiency of elite cross-country skiers during whole-body, upper-body, and arm poling. *European journal of applied physiology* 2016; 116:291–300.
13. Heil D.P. Engen J. Higginson B.K. Influence of ski pole grip on peak upper body power output in cross-country skiers. *European journal of applied physiology* 2004;. 91: 481–487.
14. Heil D.P. Willis S.J. Determinants of both classic and skate cross country ski performance in competitive junior and collegiate skiers. *Science and Skiing* 2012; 513–522.
15. Holmberg H.C, Lindinger S, Stöggl T, Eitzlmair E, Müller E. Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers. *Medicine & science in sports & exercise* 2005; 37(5):807-818.
16. Holmberg H.C, Nilsson J. Reliability and validity of a new double poling ergometer for cross-country skiers. *Journal of sports sciences* 2008; 26(2):171-179.
17. Jan H, Jan H, Ulrik W. Maximal strenght training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Norwegian University of science and technology* 1999; 31:870-877.
18. Judelson D.A, Rundell K.W, Beck K.C, King T.M, Laclair K.L. Effect of high-intensity submaximal work, with or without rest, on subsequent VO<sub>2</sub>max. *Medicine & science in sports & exercise* 2004; 36(2):292-296.
19. Johnson S, Polgar J, Weightman D, Appleton D. Data on the distribution of fiber types in thirty-six human muscles. *Journal Neurol Sci* 1973; 18:111-29.
20. Klusiewicz A, Faff J, Starczewska J. Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal and maximal exercise on a ski ergometer. *Biol. Sport* 2011; 28:31-35.
21. Koga S, Shijoiri T, Shibasaki M, Fukuba Y, Fukuoka Y, Kondo N. Kinetics of oxygen uptake and cardiac output at onset of arm exercise. *Respir Physiol* 1996; 103:195-202.
22. Losnegard T., Myklebust H., Hallen J. Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2012; 44(4):673-81.
23. Larsson P, Henriksson L. K. Body composition and performance in cross-country skiing. *Int J Sports Med* 2008; 29:971-975.

24. Leirdal S, Sandbakk Ø, Ettema G. Effects of frequency on gross efficiency and performance in roller ski skating. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2013; 23(3): 295–302.
25. Mahood N.V, Kenefick R.W, Kertzer R, Quinn N.V. Physiological determinants of cross-country ski racing performance. *Medicine & science in sports & exercise* 2001; 33:1379-1384.
26. Mendez-Villanueva A, Hamer P, Bishop D. Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *European journal of applied physiology* 2008; 103(4):411–419.
27. Mygind E, Larsson B, Klausen T. Evaluation of a specific test in cross-country skiing. *J Sports Sci* 1991; 9 249-257.
28. Nesser T.W, Chen S, Serfass R,C, Gaskill S.E. Development of upper-body power in junior cross-country skiers. *Journal of strength and conditioning* 2004; 18:63–71.
29. Osterås S, Welde B, Danielsen J, Tillaar R, Ettema G, Sandbakk O. The contribution of upper-body strength, body composition and maximal oxygen uptake to predict double poling power and overall performance in female cross-country skiers. *Journal of strength and conditioning* 2016.
30. Popov D.V, Vinogradov O.L. Comparison of the aerobic performance of leg and arm muscles in cross-country skiers. *Human Physiology* 2012; 38:508–513.
31. Rundell K.W, Bacharach D.W. Physiological characteristics and performance of top U.S. biathletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1995; 27(9):1302-1310.
32. Sandbakk Ø, Ettema G, Leirdal S, Jakobsen V, Holmberg H.C. Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance. *European journal of applied physiology* 2011; 111:947–957.
33. Sandbakk Ø, Holmberg H-C, Leirdal S, Ettema G. Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national levels ski sprinters. *European journal of applied physiology* 2010; 109:473–481.
34. Sandbakk Ø, Welde B, Holmberg H.C. Endurance Training and sprint performance in elite junior cross-country skiers. *Journal of strength and conditioning research* 2011; 25(5):1299-1305.
35. Staib J.L, Im J, Caldwell Z, Rundell K.W. Cross-country ski racing performance predicted by aerobic and anaerobic double poling power. *Journal of strength and conditioning research* 2000; 14:282–288.

36. Stöggl T, Lindiger S, Müller E. Biomechanical validation of a specific upper body training and testing drill in cross-country skiing. *Sports Biomechanics* 2006; 5(1):23-46.
37. Stöggl T, Lindinger S, Müller E. Analysis of a simulated sprint competition in classical cross-country skiing. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 2007; 17:362-372.
38. Ulrik W, Jan H. Methods for evaluating peak oxygen uptake and anaerobic threshold in upper body of cross-country skiers. *Medicine & science in sports & exercise* 1998; 30:963-70.
39. Vesterinen V, Mikkola J, Nummela A, Hynynen E, Hakkinen K. Fatigue in a simulated cross-country skiing sprint competition. *Journal of sports sciences* 2009; 27:1069–1077.

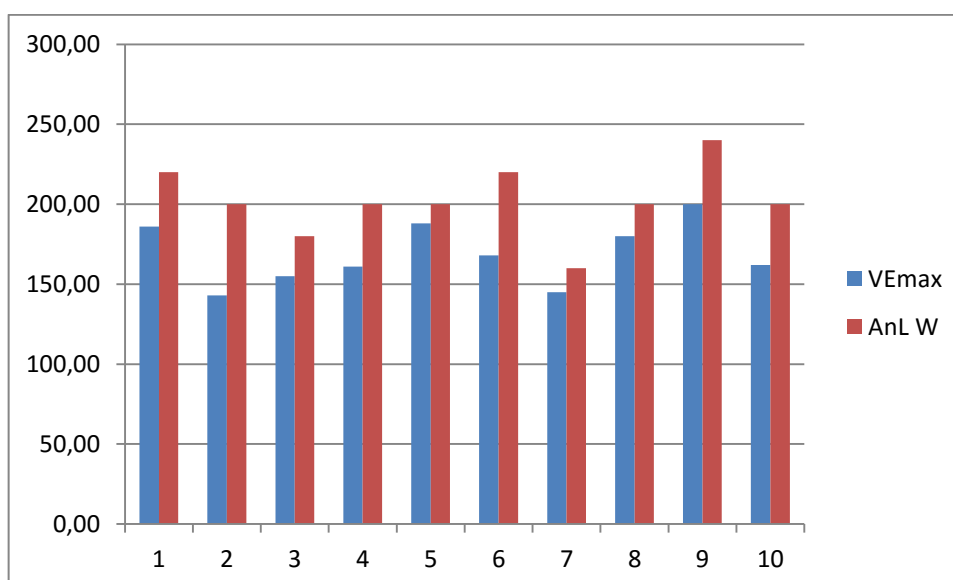
## Lisad

Lisa 1. Võimsuse, millel saavutati anaeroobne lävi ning testil saavutatud maksimaalse võimsuse seos.



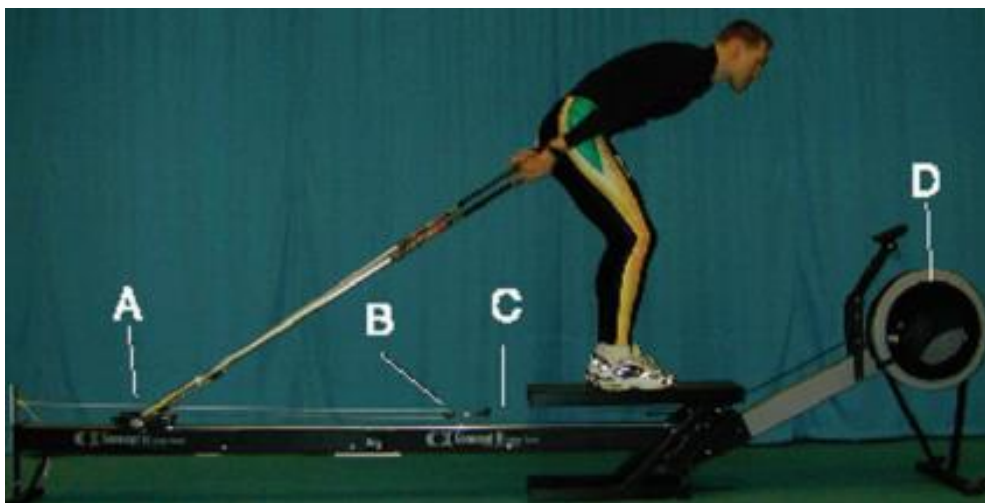
W - Võimsus ; AnL W - Anaeroobsele lävele vastav võimsus.

Lisa 2. Maksimaalse ventilaatsiooni ja anaeroobsele lävele vastava võimsuse seos.



VEmax - Maksimaalne ventilatsioon; AnL W - Anaeroobsele lävele vastav võimsus.

Lisa 3. Paaristõukeline ergomeeter murdmaasuusatajate ülakeha töövõime testimiseks (Holmberg & Nilsson 2008).



Lisa 4. Andmete analüüs

		Sprint aeg	15km aeg	Pikkus	Vanus	Mass	KMI	Testi kestvus	W	W/kg	Anaer.L W	Anaer.L W/kg	maxSLS	AnaerL SLS	VE max	La 3'	SLS 3'	La5'	SLS 5'	max La	VO2 max
Sprint aeg	Pearson		0,74	0,60	-0,19	0,60	0,16	-0,11	-0,11	-0,60	0,08	-0,38	-0,06	0,10	0,24	-0,07	-0,23	-0,05	-0,05	-0,05	-0,31
	P		0,01	0,07	0,59	0,07	0,66	0,76	0,76	0,06	0,83	0,28	0,87	0,78	0,50	0,84	0,66	0,89	0,92	0,89	0,42
15km aeg	Pearson	0,74		0,23	0,21	0,14	-0,05	-0,44	-0,44	-0,54	-0,39	-0,58	-0,45	-0,33	-0,31	-0,24	-0,02	-0,12	0,12	-0,18	-0,68
	P	0,01		0,52	0,55	0,69	0,89	0,20	0,20	0,11	0,27	0,08	0,19	0,36	0,39	0,50	0,97	0,75	0,82	0,62	0,05
Pikkus	Pearson	0,60	0,23		-0,22	0,69	-0,16	-0,22	-0,22	-0,77	0,06	-0,47	0,09	0,26	0,22	-0,12	-0,70	-0,13	-0,61	-0,10	0,04
	P	0,07	0,52		0,54	0,03	0,65	0,54	0,54	0,01	0,87	0,17	0,80	0,46	0,54	0,74	0,12	0,72	0,19	0,79	0,99
Vanus	Pearson	-0,19	0,21	-0,22		-0,36	-0,24	-0,18	-0,18	0,15	-0,41	-0,19	-0,52	-0,36	-0,48	-0,70	-0,33	-0,62	-0,57	-0,71	-0,38
	P	0,59	0,55	0,54		0,30	0,50	0,62	0,62	0,68	0,24	0,61	0,12	0,30	0,16	0,02	0,52	0,06	0,24	0,02	0,32
Mass	Pearson	0,60	0,14	0,69	-0,36		0,60	0,37	0,37	-0,51	0,56	-0,14	0,10	0,27	0,72	-0,25	-0,74	-0,32	-0,62	-0,24	0,15
	P	0,07	0,69	0,03	0,30		0,07	0,30	0,30	0,13	0,09	0,71	0,79	0,45	0,02	0,49	0,09	0,38	0,19	0,50	0,71
KMI	Pearson	0,16	-0,05	-0,16	-0,24	0,60		0,74	0,74	0,16	0,70	0,33	0,03	0,08	0,73	-0,20	-0,16	-0,28	-0,09	-0,22	0,19
	P	0,66	0,89	0,65	0,50	0,07		0,01	0,01	0,66	0,02	0,36	0,94	0,84	0,02	0,57	0,77	0,43	0,87	0,54	0,63
Testi kestvus	Pearson	-0,11	-0,44	-0,22	-0,18	0,37	0,74		1,00	0,61	0,91	0,78	0,37	0,41	0,66	-0,04	-0,13	-0,07	-0,38	-0,07	0,54
	P	0,76	0,20	0,54	0,62	0,30	0,01		0,00	0,06	0,00	0,01	0,29	0,24	0,04	0,92	0,80	0,85	0,46	0,84	0,13
W	Pearson	-0,11	-0,44	-0,22	-0,18	0,37	0,74	1,00		0,61	0,91	0,78	0,37	0,41	0,66	-0,04	-0,13	-0,07	-0,38	-0,07	0,54
	P	0,76	0,20	0,54	0,62	0,30	0,01	0,00		0,06	0,00	0,01	0,29	0,24	0,04	0,92	0,80	0,85	0,46	0,84	0,13
W/kg	Pearson	-0,60	-0,54	-0,77	0,15	-0,51	0,16	0,61	0,61		0,37	0,85	0,25	0,17	-0,01	0,16	0,49	0,19	0,23	0,12	0,39
	P	0,06	0,11	0,01	0,68	0,13	0,66	0,06	0,06		0,29	0,00	0,48	0,64	0,97	0,66	0,33	0,60	0,66	0,73	0,30
Anaer.L W	Pearson	0,08	-0,39	0,06	-0,41	0,56	0,70	0,91	0,91	0,37		0,74	0,39	0,59	0,74	0,02	-0,37	-0,03	-0,41	0,01	0,70
	P	0,83	0,27	0,87	0,24	0,09	0,02	0,00	0,00	0,29		0,01	0,26	0,07	0,01	0,96	0,47	0,94	0,41	0,99	0,04
Anaer.L W/kg	Pearson	-0,38	-0,58	-0,47	-0,19	-0,14	0,33	0,78	0,78	0,85	0,74		0,38	0,51	0,29	0,20	0,32	0,20	0,16	0,18	0,73
	P	0,28	0,08	0,17	0,61	0,71	0,36	0,01	0,01	0,00	0,01		0,28	0,13	0,41	0,57	0,54	0,58	0,76	0,61	0,03
maxSLS	Pearson	-0,06	-0,45	0,09	-0,52	0,10	0,03	0,37	0,37	0,25	0,39	0,38		0,75	0,37	0,76	0,71	0,70	0,41	0,73	0,26
	P	0,87	0,19	0,80	0,12	0,79	0,94	0,29	0,29	0,48	0,26	0,28		0,01	0,29	0,01	0,11	0,02	0,42	0,02	0,50
AnaerL SLS	Pearson	0,10	-0,33	0,26	-0,36	0,27	0,08	0,41	0,41	0,17	0,59	0,51	0,75		0,39	0,41	0,32	0,35	0,23	0,40	0,56
	P	0,78	0,36	0,46	0,30	0,45	0,84	0,24	0,24	0,64	0,07	0,13	0,01		0,27	0,24	0,54	0,32	0,66	0,25	0,12
VE max	Pearson	0,24	-0,31	0,22	-0,48	0,72	0,73	0,66	0,66	-0,01	0,74	0,29	0,37	0,39		0,02	-0,46	-0,13	-0,32	-0,02	0,25
	P	0,50	0,39	0,54	0,16	0,02	0,02	0,04	0,04	0,97	0,01	0,41	0,29	0,27		0,95	0,36	0,71	0,53	0,95	0,51
La 3'	Pearson	-0,07	-0,24	-0,12	-0,70	-0,25	-0,20	-0,04	-0,04	0,16	0,02	0,20	0,76	0,41	0,02		0,93	0,97	0,86	0,99	0,16
	P	0,84	0,50	0,74	0,02	0,49	0,57	0,92	0,92	0,66	0,96	0,57	0,01	0,24	0,95		0,01	0,00	0,03	0,00	0,68
SLS 3'	Pearson	-0,23	-0,02	-0,70	-0,33	-0,74	-0,16	-0,13	-0,13	0,49	-0,37	0,32	0,71	0,32	-0,46	0,93		0,83	0,92	0,90	-0,44
	P	0,66	0,97	0,12	0,52	0,09	0,77	0,80	0,80	0,33	0,47	0,54	0,11	0,54	0,36	0,01		0,04	0,01	0,01	0,46
La5'	Pearson	-0,05	-0,12	-0,13	-0,62	-0,32	-0,28	-0,07	-0,07	0,19	-0,03	0,20	0,70	0,35	-0,13	0,97	0,83		0,71	0,98	0,10
	P	0,89	0,75	0,72	0,06	0,38	0,43	0,85	0,85	0,60	0,94	0,58	0,02	0,32	0,71	0,00	0,04		0,11	0,00	0,79
SLS 5'	Pearson	-0,05	0,12	-0,61	-0,57	-0,62	-0,09	-0,38	-0,38	0,23	-0,41	0,16	0,41	0,23	-0,32	0,86	0,92	0,71		0,84	-0,23
	P	0,92	0,82	0,19	0,24	0,19	0,87	0,46	0,46	0,66	0,41	0,76	0,42	0,66	0,53	0,03	0,01	0,11		0,04	0,71
max La	Pearson	-0,05	-0,18	-0,10	-0,71	-0,24	-0,22	-0,07	-0,07	0,12	0,01	0,18	0,73	0,40	-0,02	0,99	0,90	0,98	0,84		0,15
	P	0,89	0,62	0,79	0,02	0,50	0,54	0,84	0,84	0,73	0,99	0,61	0,02	0,25	0,95	0,00	0,01	0,00	0,04		0,71
VO2max	Pearson	-0,31	-0,68	0,04	-0,38	0,15	0,19	0,54	0,54	0,39	0,70	0,73	0,26	0,56	0,25	0,16	-0,44	0,10	-0,23	0,15	
	P	0,42	0,05	0,99	0,32	0,71	0,63	0,13	0,13	0,30	0,04	0,03	0,50	0,12	0,51	0,68	0,46	0,79	0,71	0,71	

## **Tänuavaldus**

Täna treeningteaduste teaduri Priit Purget abi eest testi läbiviimisel ning andmete analüüsimisel.

Täna juhendajat Allar Kivilit abi eest testi läbiviimisel ning töö koostamisel.

Täna Otepää audentese spordikooli koostöö eest.

Täna testis osalenud murdmaasuusatajaid koostöö eest.

## **Autori lihtlitsents töö avaldamiseks**

Mina INNA KAIRITE

(Sünnikuupäev: 22.04.1991)

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

ÜLAKEHA TÖÖVÕIME HINDAMINE MURDMAASUUSATAJA TREENINGUS,

mille juhendaja on ALLAR KIVIL

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/Tallinnas/Narvas/Pärnus/Viljandis, 12.05.2016