

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Martin Luik

**HIIT treeningu mõju aeroobsele töövõimele ja kehakoostisele noortel
kehaliselt aktiivsetel meestel**

Impact of HIIT training to aerobic fitness and body composition

Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja: Priit Purge,

Treeninguteaduste teadur, PhD, Purge

Tartu, 2018

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	3
TÖÖ LÜHIÜLEVAADE.....	4
ABSTRACT	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1 Intervalltreeningu mõju töövõimele ja kehakoostisele	6
1.2 HIIT treeningu mõju töövõimele	7
1.3 HIIT treeningu mõju kehakoostisele.....	9
1.4 HIIT treeningu mõju mõjutavad faktorid.....	10
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	12
3. METOODIKA.....	13
3.1 Vaatlusalused ja uuringu korraldus.....	13
3.2 Sekkumised.....	13
3.2.1 Kõrge intensiivsusega intervalltreening.....	13
3.3 Uurimismeetodid	14
3.3.1 Antropomeetrilised mõõtmised.....	14
3.3.2Keha koostise määramine.....	14
3.3.3 Aeroobse töövõime määramine.....	14
3.4 Andmete statistiline analüüs.....	14
4. TÖÖ TULEMUSED	15
5. ARUTELU	17
6. JÄRELDUSED.....	21
7. KASUTATUD KIRJANDUS	22

KASUTATUD LÜHENDID

SLS- südamelöögisagedus

AeL- aeroobne lävi

AnL- anaeroobne lävi

VO_{2max}- maksimaalne hapnikutarbimine

VCO_{2max}- maksimaalne süsihappegaasi kontsentratsioon väljahingatavas õhus

P- võimsus

VE-ventilatsioon

BF- hingamissagedus

Pa_{max}- maksimaalne aeroobne võimsus

HIIT- kõrge intensiivsusega intervalltreening

BMI- kehamassiindeks

VT₁- ventilatsiooni murdepunkt 1

VT₂- ventilatsiooni murdepunkt 2

IT- intervalltreening

BMC- luumass

BMD- luutihedus

TÖÖ LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva töö eesmärgiks on hinnata HIIT treeningu mõju töövõimele ja kehakoostisele noortel kehaliselt aktiivsetel meestel.

Metoodika: Uuringus osales 10 kehaliselt aktiivset meest vanuses $25,89 \pm 3,3$ eluaastat. Vaatlusalused sooritasid kolme järjestikuse nädala jooksul, kolmel korral nädalas, maksimaalse intensiivsusega treeningu (6 korda 30-s Wingate testi puhkeintervalliga 4 minutit) veloergomeetril (Monark 834E, Rootsi). Enne ja pärast treeninguid määrati keha pikkus (Soehnle Professional, Saksmaa, täpsusega $\pm 0,1$ cm), kehamass (Soehnle, Saksamaa, täpsusega $\pm 0,1$ kg), aeroobne töövõime veloergomeetril (Lode Corival Ergometer, LODE Holding Co, Groningen, The Netherlands). Hapnikutarbimine määrati seadmega Cortex Metamax 3B (Cortex Biophysic GmbH, Leipzig, Saksamaa) ning kogu keha koostise ja luutiheduse määramiseks kasutati kahe energiatasemega röntgen-absorptsiomeetriat (DXA) (Hologic Discovery QDR Series, USA). Andmete analüüsiks kasutati programme Excel 2013 ja SPSS 20. Tunnuste vaheliste seoste hindamiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonianalüüsi. Erinevate testimiste tulemuste erinevuse olulisuse hindamiseks kasutati paaride Student'i T-testi.

Tulemused: HIIT treeningu tulemusel paranes kehaliselt aktiivsetel meestel statistiliselt olulisel määral maksimaalne hapnikutarbimine ($3,69 \pm 0,22$ l/min, $3,92 \pm 0,46$ l/min), maksimaalne aeroobne võimsus ($286,50 \pm 37,30$ w, $300,60 \pm 37,61$ w), hingamissagedus ($52,83 \pm 12,68$ korda minutis, $59,15 \pm 15,84$ korda minutis), maksimaalne võimsus ($294,80 \pm 37,94$ w, $312,60 \pm 33,67$ w) ning võimsus keha kilogrammi kohta ($3,64 \pm 0,59$ w/kg, $3,85 \pm 0,53$ w/kg). Kehakoostises statistiliselt olulisi muutusi ei toimunud.

Kokkuvõte: Kolmenädalane HIIT treening sobib aeroobse töövõime näitajate tõstmiseks. Kehakoostise muutmiseks ei piisa kolmenädalasest HIIT treeningust.

Märksõnad: aeroobne töövõime, HIIT treening, kehakoostis

ABSTRACT

Aim: The aim of this study is to examine the impact of HIIT training to body composition and aerobic fitness.

Methods: The participants were $25,89 \pm 3,3$ aged physically active men. The observers performed maximum intensity training (six times 30 Wingate test intervals for 4 minutes) on a veloergometer (Monark 834E, Sweden) for three consecutive weeks, three times a week. Before and after exercise, body length (Soehnle Professional, Germany, accurate to ± 0.1 cm), body weight (Soehnle, Germany, accurate to ± 0.1 kg), aerobic velocity on veloergometer (Lode Corival Ergometer, LODE Holding Co., Groningen, The Netherlands) were measured. Oxygen consumption was determined by the Cortex Metamax 3B (Cortex Biophysic GmbH, Leipzig, Germany), and two-energy X-ray absorptiometry (DXA) (Hologic Discovery QDR Series, USA) was used to determine the body composition and bone density. Data was analyzed using Excel 2013 and SPSS 20. Average values and their standard deviations were used to describe the data. The normal distribution of data was checked by the Kolmogorov-Smirnov test. Pearson correlation analysis was used to evaluate the relationship between the features. Paired Student T-tests was used to assess the significance of the difference in the results of the different tests.

Results: As a result of the HIIT training, the physically active men experienced a statistically significant increase in maximum oxygen consumption (3687.30 ± 221.474 to 3920.90 ± 462.752), maximum oxygen uptake threshold ($286,50 \pm 37,298$ to $300,60 \pm 37,616$), respiration rate (52.83 ± 12.685 to 59.15 ± 15.841), maximum power (294.80 ± 37.941 to 312.60 ± 33.669) and load capacity (3.64 ± 0.586 to 3.85 ± 0.526). There were no statistically significant changes in the body composition.

Conclusion: A three week HIIT workout is suitable for increasing aerobic performance. Three weeks HIIT training is not enough to change your body composition.

Keywords: aerobic fitness, HIIT training, body composition.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Intervalltreeningu mõju töövõimele ja kehakoostisele

Kehalist koormus ja eriti aeroobset tööd peetakse üheks südame-veresoonkonna tugevdamise alustalaks, kuid selle tõhusus sõltub mitmetest teguritest, nagu näiteks treeningu aeg ja intensiivsus aga ka kehakoostis ning kehakaal (Ouerghi, 2014). Üheks võrdlemisi levinud treeningmeetodiks aeroobse töövõime arendamisel on tänapäeval intervalltreening (IT). Esimeseks IT pioneeriks võib pidada Soome spordilegendi Paavo Nurmit, kes juba 1920-1930 kasutas treeningutel lühikesi intensiivseid koormusi vaheldumisi madalamal intensiivsusel puhkepausiga (Billat, 2001).

Tänapäeval jagatakse intervalltreeningud valdavalt kaheks, ekstensiivseteks IT, kus siis sooritatakse suuremahulist keskmise intensiivsusega tööd (Stöggl ja Sperlich, 2015) ja intensiivseks IT, kus sooritatakse madala mahuga suure intensiivsusega tööd (Boutcher, 2011). Mõlema meetodika puhul on puhkepaus mittetäieliku taastumiseni, erinevus seisnebki töö intensiivsuses ja mahus. Ekstensiivse IT puhul on lõikude pikkuseks reeglina 4-5 min (võib ka rohkem või vähem) ja töö intensiivsuseks on 85-95% maksimaalsest südamelöögisagedusest (SLS) (Weston et al., 2014). Intensiivne IT hõlmab endas korduvaid harjutusseeriaid, mille kestvuseks on 30-300 sekundit ning intensiivsuseks 85-100% maksimaalse hapnikutarbimise (VO_{2max}) tasemest (Ouerghi, 2014; Boutcher, 2011). Intensiivses IT vahelduvad tööseeriad puhkepausidega, mis on võrdsed või lühemad töö pikkusest (Choi et al., 2018).

Fleg (2016) jagab IT kaheks: sprindi IT (4-6 korda 20-40 sekundist löiku maksimaalsel võimsusel vahelduvad 4-5 minutise taastumisperiodiga) ja aeroobseks IT (4 minutised lõigud intensiivsusel 80-95% maksimaalsest võimsusest vahelduvad 3-4 minutise puhkeperiodiga), kusjuures mõlemat meetodit peetakse energia kulutamisel efektiivsemaks kui kestvusmeetodit. Ka pikemate pausidega, 1-5 minutit, sooritatud submaksimaalsed lõigud on näidanud kardiorespiratoorset ja metaboolset võimekust tõstvat mõju (MacInnis ja Gibala, 2017; Buchheit ja Laursen, 2013). Mitmed uuringud on näidanud, et mõlemad meetodid omavad efektiivset mõju aeroobsele töövõimele (Laursen et al., 2002; Burgomaster et al., 2006; Gibala et al., 2006). Kui ekstensiivse IT korral paraneb aeroobne töövõime läbi skeletilihaste puhverdusvõime tõusu (Billat et al., 1999; Lindsay et al., 1996), siis HIIT korral tõuseb lihaste oksüdatiivne potentsiaal (Burgomaster et al., 2005).

IT võib olla efektiivne meetod kehakoostise muutmiseks ning rasvamassi vähendamiseks (Lee et al., 2012). Erinevate uuringute põhjal võib IT pidada kehakoostise muutmisel vähemalt sama efektiivseks (Tjønnå et al., 2008) või efektiivsemaks (Lee et al., 2012; Irving et al., 2008; Heydari et al., 2012; Trapp et al., 2008) kui ühtlusmeetodit. Samas mitmed uuringu väidavad, et kehakoostise muutmiseks on treeningu intensiivsusest ja mahust olulisem üldine ööpäevane energiakulu ning toiduga saadava kaloraaži suhe (Slentz et al., 2004; Grediagin et al., 1995).

Siiski paistab IT olema paljulubav meetod kardiovaskulaarsete riskide vähendamisel ning aeroobse võimekuse tõstmisel (Logan et al., 2014). Mitmed teisedki uuringud on näidanud positiivseid mõjusid kardiorespiratoorsele fitnessile (Burgomaster et al., 2008; Trapp et al., 2008; et al 2010), kehalisele töövõimele (Burgomaster et al., 2005), mitokondriaalsele biogeneesile (Little et al., 2010) ja insuliini tundlikusele (Trapp et al., 2008; Babraj et al., 2009; Ciolac et al., 2010).

Intensiivsete IT kasutamisel räägitakse tänapäeval terminist HIIT (*high intensity interval training*). Mitmetes rühmatreeningutes tänapäeva spordi- ja terviseklubides kasutatakse HIIT treeninguid. Üheks enim levinuks treeninguks on Tabata intervall, kus sooritatakse 10-sekundilise pausiga 8x20 sek maksimaalsel intensiivsusel tööd (Foster et al., 2015). Arvestades meie tänapäevast kiiret elutempot, siis HIIT treeningut peetakse kiire elutempoga inimestele heaks meetodiks kehalise aktiivsuse tõstmisel (Gillen et al., 2013).

1.2 HIIT treeningu mõju töövõimele

HIIT treening on efektiivne ja ohutu meetod arendamiseks kardiorespiratoorset võimekust. Ajakulu treeninguteks on *ca* 50% väiksem võrreldes traditsioonilise vastupidavustreeninguga (Keating et al., 2014). Treeningutega mittetegelemise põhjusteks on väga sagedasti toodud just suurt ajakulu (Bauman ja Owen, 1999).

HIIT treening mõjutab kardiorespiratoorset fitnessi väga kiiresti. Uuringus, kus teostati kõigest 6 sprindi IT (30 sekundilised pingutused vaheldudes 4,5min pausiga) kahe nädala jooksul suurenes maksimaalne hapnikutarbimine ning tõusis Wingate testil keskmine võimsus, lisaks suurenes insuliinitundlikkus, rasvade oksüdatsioon puhkeolekus ning vähenes süstoolne vererõhk (Whyte et al., 2010).

65 vabatahtlikuga tehtud uuringus võrreldi HIIT ja kestvustreeningu mõjusid kehalise töövõimele. HIIT treeningus kasutati Tabata intervalli ja kestvustreeningul hoiti ühtlast koormust 20 minuti vältel. Treeninguid tehti kaheksa nädala vältel, kolmel korral nädalas. Tabata intervallide lõpus mõõdeti laktaaditasemeks 12 mmol/l ning kestvustreeningus osalejatel 4-5 mmol/l. Treeningsekkumiste lõppedes selgus, et maksimaalne hapnikutarbimine tõusis mõlemas rühmas võrdselt. Kuid Wingate testi põhjal tõusid maksimaalne ja keskmine võimsus enim just HIIT rühmas. Kusjuures maksimaalne võimus paranes HIIT grupis suisa 24% võrreldes baastasemega (Foster et al., 2015). Sarnases uuringus täheldas Weston koos kolleegidega (2014) HIIT treeningu mõjuna maksimaalse ja keskmise võimuse tõusu Wingate testil.

Teises sarnases uuringus, mis kestis samuti kaheksa nädalat kuid HIIT treeningud toimusid kõigest kahel korral nädalas, täheldati 8%; $p < 0.001$ VO_{2max} tõusu. Kusjuures löigu pikkuseks oli kõigest 6 sek ning puhkepausiks 1 min (Adamson et al., 2014).

Stölli ja Björklund (2017) viisid läbi 9 nädalat kestnud uuringu, milles võrreldi polarisatsioonitreeningu ning HIIT treeningu mõjusid anaeroobsele töövõimele ning akuutsele SLS taastumisele. Uuringus osales 36 heal tasemel sportlast (VO_{2max} 61.9 ± 8.0 ml/kg/min). VO_{2max} määrati maksimaalse suutlikkuseni kestnud koormustestil ning akuutset SLS taastumist hinnati 25sekundiliste kasvava koormusega sprintidel puhkepausiga 1 min. Vaadeldavaks parameetriks oli SLS muutus. Uuringuperioodi lõpus selgus, et võrreldes polarisatsioonitreeninguga paranesid nii anaeroobne töövõime kui akuutne taastumine HIIT treeningu korral oluliselt suuremal määral.

Teises sarnases uuringus, kus osales 40 vastupidavusalade sportlast, võrreldi HIIT treeningut ja traditsioonilisi vastupidavustreeninguid (madal intensiivsus, 40 min 70% maksimaalsest SLS ja laktaadiläve treening 24min 85% maksimaalsest SLS), vaadeldi muutusi VO_{2max} , südame löögimahus ja jooksu ökonoomsuses. Jooksu ökonoomsuses ei täheldatud üheski grupis muutusi. Küll aga paranesid HIIT treeningu korral olulisel määral VO_{2max} ning südame löögimaht võrreldes grupiga, kes treenis madalamal intensiivsusel (Helgerud et al., 2007).

Ouerghi koos kolleegidega (2017) võrdles 8nädalase HIIT treeningu mõjusid normaalkaalus ja ülekaalulistele 17-20 aastastele meestele. Vaadeldi kehakoostist, $P_{a_{max}}$, VO_{2max} ja verelipiide. Tulemustes selgus, et ülekaalulistel meestel olid olulisel määral vähenenud kehamass (-1,62%) ja rasvamass (-1,59), samas normaalkaalus uuritavatel muutusi ei täheldatud. Sama oli ka verelipiididega, kus ülekaaluliste grupis langesid nii üldkolesterool (-11,8%), LDL (-

11,9%) kui ka triglütseriidid (-21,3%). Taas ei täheldatud normaalkaalus meestel muutusi. Mõlemas grupis paranes VO_{2max} ning aeroobne töövõime, kuigi muutused olid taas suuremad just ülekaaluliste grupis.

Olgugi et uuringutest on välja tulnud ilmselged HIIT treeningu mõjud kardiorespiratoorsele fitnessile, ei ole nende muutuste mehhanismid veel täielikult selged (Blackwell et al., 2017). Varasemate uuringute põhjal on maksimaalse hapnikutarbimisvõime suurenemine oletatavasti seotud lihasraku mitonkondrite arvu tõusuga (Little et al., 2010) ning vaskulaarse adaptatsiooniga (Wisløff et al., 2009). Anaeroobse töövõime paranemist seostatakse lihaste puhverduvõime tõusuga (Gibala et al., 2006) ja vähenenud energiakuluga submaksimaalsetel koormustel (Iaia et al., 2009).

1.3 HIIT treeningu mõju kehakoostisele

Ülekaalulisus ja rasvumine on meie ühiskonnas kasvav probleem, seda nii arenenud kui ka arenguriikides (Speiser, et al., 2005). Gillen koos kolleegidega (2013) leidis, et HIIT treening on hea meetod parandamiseks kehakoostist ja oksüdatiivset võimekust. Plussina toodi välja, et inimestel kulub antud treeninguks võrdlemisi vähe aega. Mõne uuringu puhul on ilmnud, et HIIT treening mõjutab kogu keha rasvamassi, eriti just kõhusisese rasva hulga, vähenemist rohkem kui kestvustreening keskmisel intensiivsusel (Trapp et al., 2008). Lisaks treeningule on kehakoostise muutumisel ülimalt suur roll ka toitumisel (Van Proeyen et al., 2011).

Gillen koos kolleegidega (2013) uuris HIIT treeningu mõju 16 ülekaalulise uuritava. Kolmel korral nädalas tehti HIIT treening, mille jooksul läbiti veloergomeetril 10x60 sek. Lõigu ajal hoiti väimalikult suurt intensiivsust ning puhkepausiks jäi 60 sek. Uuring kestis kokku 6 nädalat ning ilmesid muutused kehakoostises, kuigi kehakaal ise jäi muutumatuks. Vähenes rasvahulk kogu kehas ning täheldati rasvavaba massi kasvu. Rasvavaba massi kasv oli kõige märgatavam just alakehas.

12nädalase HIIT treeningu mõju kehakoostisele vaatlevas uuringus, milles osales 46 ülekaalulist noormeest ilmes, et võrreldes kontrollgrupiga vähenes vähesel määral kogu keha rasvahulk (jalad, kõht, vistseraalne) ja vöö ümbermõõt ning täheldati rasvavaba massi kasvu. Vööümbermõõdu vähenemist seostati vistseraalrasvaprotsendi langemisega (Heydari et al., 2012). Kuna vistseraalse rasva vähenemine vähendab ka ateroskleroosiliste kardiovaskulaarhaiguste riski

(Okauchi et al., 2007; Fox et al., 2007), paistab HIIT treening olema mõistlik tervisesportlase treeningu osa.

31 naissoost uuritavaga uuringus võrreldi HIIT ja vastupidavustreeningu mõju kehakoostisele. Mõlemad grupid treenisid viie nädala jooksul neli korda nädalas. HIIT grupp tegi treeningul 60 korda 8sekundise pingutuse 12sekundise pausiga. Vastupidavus rühma treeninguks oli 40 minutit koormusel 60% VO_{2max} . Mõlema grupi siseselt tõusis VO_{2max} (9,1% HIIT ja 10,3% kehvustreening). Kui vaadata muutusi kehakoostises, siis ilmnes, et kehakaal oli HIIT grupil võrreldes kehvustreeninguga pisut tõusnud. Kusjuures tõusnud oli ka lihassmass, mis kehvustreeningus oli jäänud muutumatuks. Samas kehvustreeningus oli erinevalt HIIT rühmaga langenud nii, rasvaprotsent, kehamassi indeks kui ka rasvamassi hulk. Siiski soovitatakse antud uuringus HIIT treeningut kui efektiivset meetodit nii kardiorespiratoorse töövõime arendamiseks kui ka kehakaalu säilitamiseks (Kong et al., 2016).

Samas on saadud ka vastupidiseid tulemusi. 38 väheaktiivse uuritavaga teostatud 12nädalase uuringuperioodi jooksul sooritasid uuritavad 3 korda nädalas intensiivse IT. Uuringu järgsetel mõõtmistel selgus, et nii keha rasvamassis kui ka rasvavabas massis ei olnud toimunud muutusi. Autorid toovad välja, et kuigi HIIT treening sobib kehalise töövõime tõstmiseks, ei saa seda soovitada rasvamassi vähendamiseks ning kehakaalu kontrolli all hoidmiseks (Keating et al., 2014).

HIIT treeninguga seotud rasvamassi vähenemise põhjused on veel natuke ebaselged. Antud treening mõjutab tugevalt ka hormonaalsüsteemi. Sellelgi võib oma roll olla, kuna katehoolamiinid mõjutavad nii intramuskulaarse kui subkutaanse rasva lipolüüsi (Gillen et al., 2013). Oma roll võib olla ka treeningujärgsel liighapnikutarbimisel (EPOC), mis ilmnes uuringus, kui kasutati suure intensiivsusega intervall (Hazell et al., 2012). Kolmandaks põhjuseks on välja toodud ka intensiivse koormuse järgne söögiisu vähenemine (Boutcher, 2011). Tabelis on näha erineva pikkuse, valimi ja kestvusega HIIT uuringute mõjud kehalisele töövõimele ning kehakoostisele (tabel 1).

1.4 HIIT treeningu mõju mõjutavad faktorid

51 artiklit hõlmavas metanalüüsis jõuti järeldusele, et VO_{2max} tõuseb HIIT treeningu mõjul enim just mittetreinitud ja istuva eluviisiga inimestel. Mõju treenitud inimestele oli oluliselt tagasihoidlikum. Maksimaalse võimsuse suuremat tõusu HIIT treeningu mõjul seostati madalama

baastasemega. Samas artiklis tuli ka välja, et mida pikem oli uuringuperiood, seda suuremaid muutusi täheldati (Weston et al., 2014). HIIT treeningu mõju mõjutavate faktoritena toodi välja veel ka vanus, kehaline aktiivsus (Weston et al., 2014) ning kehakoostis, toitumine, treeningu pikkus ja intensiivsus (Ouerghi et al., 2014). Uuritava sugu ei mõjuta HIIT treeningu mõjusid (Astorino et al., 2011). Tabelis 1 on välja toodud erineva pikkuse, valimi ja kestvusega HIIT uuringute mõjud kehalisele töövõimele ning kehakoostisele (tabel 1).

Tabel 1. Erinevates uuringutes saadud HIIT treeningu mõju töövõimele ja kehakoostisele.

Uuring	Metoodika	Vaatlusalused	Muutus
Arad et al., 2015	14 nädalat, 3 korda nädalas. 4x30-60 sek 75-90% maksimaalsest SLS. Puhkepaus 180-210 sek.	N-28 naist	VO _{2max} ↑ BMI ↓ Keha _{%rasv} ↓ Keha _{lih} ↑
Cocks et al., 2016	12 treeningut. 4-7x 30 sek maksimaal pingutus. Puhkepaus 120 sek.	N-16 meest Vanus 24 ± 2	VO _{2max} ↑ BMI ↓ Keha _{%rasv} ↓
Jung et al., 2015	4 nädalat, 3x nädalas. 10x1 min 90% maksimaalsest SLS. Puhkepaus 1 min.	N- 27 naist, 5 meest. Vanus 30-60a.	VO _{2max} ↑ BMI ↑ Kehamass ↑
Robinson et al., 2015	2 nädalat, 5x nädalas. 4-10x1 min 85-90% maksimaalsest SLS. Puhkepaus 1 min.	N-39 naist. Vanus 52a.	VO _{2max} ↑ BMI ↓
Sawyer et al., 2016	8 nädalat, 3x nädalas. 10x1 min 90-95% maksimaalsest SLS. Puhkepaus 1 min.	N-9 naist vanus 18-55a. N-9 meest vanus 18-45a.	VO _{2max} ↑ BMI → Keha _{%rasv} ↓ Keha _{lih} ↑

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva töö eesmärgiks on hinnata, HIIT treeningu mõju töövõimele ja kehakoostisele noortel kehaliselt aktiivsetel meestel.

Vastavalt töö eesmärgile püstitati järgmised konkreetsed ülesanded.

1. Hinnata töövõime muutusi HIIT treeningu tulemusel kehaliselt aktiivsetel meestel.
2. Hinnata kehakoostise muutusi HIIT treeningu tulemusel kehaliselt aktiivsetel meestel.
3. Hinnata HIIT treeningu mõju kehakoostise ja töövõime muutumisele.

3. METOODIKA

3.1 Vaatlusalused ja uuringu korraldus

Antud uurimistöö põhineb 2017 sügis kuni 2018 kevad Tartu Ülikooli sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi poolt läbiviidud uuringul „Adaptiivsed muutused skeletilihastes kõrge intensiivsusega intervalltreeningu (IT) mõjul noortel ja vanemaealistel“. Antud uuringule on antud TÜ inimuuringute eetikakomitee luba (prot. nr. 267/T-9, 20.02.2017). Käesoleva uurimustöö valimiks oli 10 meessoost kehaliselt aktiivset meest vanuses 20-25 aastat (Tabel 2), kes varem kõrge intensiivsusega IT oma treeningutes kasutanud polnud. Vaatlusalused võisid olla tegelenud tervise huvides kehalise treeninguga, kuid võistlussportlasi uuringusse ei kaasatud. Uuringu kestus oli ligikaudu viis nädalat. Esimesel uuringu päeval toimus uurimismetoodikaga tutvumine. Esimese nädala jooksul määrati kehakoostise ja töövõime näitajad. Teisel nädal pärast lähteandmete registreerimist sooritas uuringus osaleja esimese kõrge intensiivsusega IT veloergomeetril. Uuringus osaleja sooritas kõrge intensiivsusega IT veloergomeetril kolm korda nädalas kolme järjestikuse nädala jooksul, kokku üheksa treeningut. Kordustestimine, mille käigus määrati kehakoostise ja töövõime näitajad, toimus vähemalt 72 tundi pärast viimast kõrge intensiivsusega IT.

Tabel 2. Vaatlusaluste üldandmed ($X \pm SD$)

N	Vanus (aastad)	Kehamass (kg)	Pikkus (cm)
10	25,89 \pm 3,3	83,25 \pm 20,25	178,3 \pm 6,1

3.2 Sekkumised

3.2.1 Kõrge intensiivsusega intervalltreening

Vaatlusalused sooritasid ühel kõrge intensiivsusega treeningul veloergomeetril (Monark 834E, Rootsi) 6 korda 30-s Wingate testi (maksimaalse intensiivsusega pedalleerimise), mille puhul pedaalidele rakendatud jõumoment moodustas 0,7 Nm kehakaalu kilogrammi kohta. Puhkeintervallid pingutuste vahel olid 4 minutit. Antud sekkumist sooritati kolm korda nädalas, kolme järjestikuse nädala jooksul. Kokku sooritas vaatlusalune uuringuperioodi vältel üheksa kõrge intensiivsusega IT.

3.3 Uurimismeetodid

3.3.1 Antropomeetrilised mõõtmised

Mõõtmised teostati enne ja pärast treeningut. Keha pikkuse määramiseks kasutati standartset antropomeetrit (Soehnle Professional, Saksmaa, täpsusega $\pm 0,1$ cm). Kehamassi määramiseks kasutati elektroonilist kaalu (Soehnle, Saksamaa, täpsusega $\pm 0,1$ kg).

3.3.2 Keha koostise määramine

Kogu keha koostise ja luutiheduse määramiseks kasutati kahe energiatasemega röntgen-absorptsioometriat (DXA) (Hologic Discovery QDR Series, USA). Määrati keha rasvaprosent, kere rasvamass, rasvavabamass, rasvamass, luumass (BMC) ja luutihedus (BMD). Lisaks üla- ja alajäsemete kogukaal, rasva- ja luuvaba mass, BMC ja BMD.

3.3.3 Aeroobse töövõime määramine

Aeroobset töövõimet hinnati maksimaalse hapnikutarbimise järgi kasvavate koormuste meetodil veloergomeetril (Lode Corival Ergometer, LODE Holding Co, Groningen, The Netherlands). Esimene koormused oli 40 W ja iga järgnev koormus 20W kõrgem ning igal koormusel töötati 1 minut. Hapnikutarbimist koormuste ajal määrati seadmega Cortex Metamax 3B (Cortex Biophysic GmbH, Leipzig, Saksamaa). Testi käigus mõõdeti sportlasel SLS ja väljahingatavast õhust VO_2 , VCO_2 , VE, BF. Maksimaalseks hapnikutarbimiseks (VO_{2max}) loeti viimasel koormusel 30s jooksul määratud kõige suuremat hapnikutarbimise taset. Samuti määrati VT_1 , mis iseloomustab aeroobset läve (AeL) ja VT_2 , mis iseloomustab anaeroobset läve (AnL).

3.4 Andmete statistiline analüüs

Uurimustöös kasutati andmete statistiliseks analüüsiks programme Excel 2013, SPSS 20. Andmete kirjeldamiseks leiti keskväärtused ja nende standardhälbed. Andmete normaaljaotust kontrolliti Kolmogorov-Smirnov testiga. Tunnuste vaheliste seoste hindamiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonianalüüsi. Erinevate testimiste tulemuste erinevuse olulisuse hindamiseks kasutati paaride Student'i T-testi. Madalaimaks statistilise erinevuse olulisuse nivooks on $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

Käesolevas uuringus selgus, et statistiliselt olulist mõju ($p < 0,05$) avaldas kolme nädalane HIIT treening kehaliselt aktiivsetel meestel koormustaluvusele, maksimaalsele hapnikutarbimise võimele, aeroobsele võimsusele, hingamissagedusele ning maksimaalsele võimsusele (Tabel 3).

Tabel 3. Vaatlusaluste töövõime muutused kolme nädalase HIIT treeningu mõjul.

Näitaja	Enne	Pärast	P
AeL (SLS)	136,40±11,31	136,90±9,80	0,84
AeL (W)	144,80±24,91	147,50±15,85	0,65
AeL (l/min)	2,00±0,32	2,00±0,18	0,57
AnL (SLS)	164,00±10,41	164,70±9,49	0,77
AnL (W)	214,70±28,02	224,00±19,79	0,17
AnL (l/min)	2,81±0,31	2,94±0,30	0,16
VO _{2max} (l/min)	3,69±0,22	3,92±0,46	0,04*
VCO _{2max}	4633,10±544,27	4769,00±689,73	0,153
Pa _{max}	286,50±37,30	300,60±37,62	0,01*
VE _{max}	159,51±39,19	173,48±40,53	0,06
SLS _{max}	189,00±7,36	189,10±7,84	0,95
BF _{max}	52,83±12,68	59,15±15,84	0,03*
P _{max}	294,80±37,94	312,60±33,67	0,003*
P _{max/kg}	3,64±0,59	3,85±0,53	0,004*

*statistiliselt oluline erinevus $p < 0,05$ enne ja pärast tulemuste vahel.

AeL -aeroobne lävi, AnL-anaeroobne lävi, VO_{2max}- maksimaalne hapnikutarbimine, VCO_{2max}- maksimaalne süsihappegaasi kontsentratsioon väljahingatavas õhus, Pa_{max}- aeroobne võimsus, VE_{max}- maksimaalne ventilatsioon, SLS_{max}- maksimaalne südamelöögisagedus, BF_{max}- maksimaalne hingamissagedus, P_{max}- maksimaalne võimsus, P_{max/kg}- maksimaalne võimsus keha kilogrammi kohta.

Kolmenädalase HIIT treeningu mõjul statistiliselt olulisi ($p < 0,05$) muutusi kehakoostises ei täheldatud. Mõõtmistulemused on välja toodud tabelis (Tabel 4). Kuigi keha rasvamass vähenes algusega võrreldes ca 300 g, ei olnud muutus siiski statistiliselt oluline.

Tabel 4. Vaatlusaluste kehakoostise muutused kolme nädalase HIIT treeningu mõjul.

Näitaja	Enne	Pärast	p
BMC (kg)	3,20±0,42	3,21±0,43	0,70
BMD (g/cm ³)	1,22±0,40	1,23±0,41	0,31
Kehamass (kg)	80,56±13,20	80,51±13,23	0,87
Käsi _{lihas} (kg)	7,34±1,02	7,34±1,12	0,99
Jalg _{lihas} (kg)	37,02±4,80	37,03±4,62	0,35
Kehatüvi _{lihas} (kg)	29,17±3,77	29,11±3,84	0,80
Kogukeha _{rasv} (kg)	15,98±5,74	15,66±5,43	0,05
Keha _{lihas} (kg)	61,33±7,58	61,60±8,09	0,47
Keha _{%rasv} (%)	19,33±4,03	19,01±3,88	0,10

*statistiliselt oluline erinevus $p < 0,05$ enne ja pärast tulemuste vahel.

BMC- luumass. BMD- luutihedus.. Käsi_{rasv}- rasvamass kätes. Käsi_{lihas}- lihasmass kätes. Käsi_{%rasv}- käte rasvaprotsent. Jalg_{rasv}- rasvamass jalgades. Jalg_{lihas}- lihasmass jalgades. Jalg_{%rasv}- jalgade rasvaprotsent.

Kehatüvi_{rasv}- rasvamass kehatüves. Kehatüvi_{lihas}- lihasmass kehatüves. Kehatüvi_{%rasv}- rasvaprotsent kehatüves.

Keha_{rasv}- kogu keha rasvamass. Keha_{lihas}- kogu keha lihasmass. Keha_{%rasv}- kogu keha rasvaprotsent.

Korrelatsioonianalüüsi tulemusel leiti, et statistiliselt olulisel määral ($p < 0,05$) esines positiivne korrelatiivne seos VO_{2max} ja pikkuse ($r=0,71$), AeL (w) ($r=0,54$), AnL (w) ($r=0,69$), Pa_{max} ($r=0,88$), VE_{max} ($r=0,86$), P_{max} ($r=0,85$) ning lihasmassi ($r=0,56$) vahel. Pa_{max} omas positiivset korrelatiivset seost AeL (w) ($r=0,67$), AnL (w) ($r=0,83$) ja lihasmassiga ($r=0,56$). BF_{max} omas negatiivset korrelatiivset seost vanusega ($r=-0,52$) ning positiivset seost Pa_{max} ($r=0,75$) ja $P_{max/kg}$ ($r=0,77$). P_{max} omas positiivset seost AeL (w) ($r=0,67$), AnL (w) ($r=0,81$), ja lihasmassiga ($r=0,55$). $P_{max/kg}$ omas negatiivset seost kehamassiga ($r=-0,69$), rasvaprotsendiga ($r=-0,86$), lihasmassiga ($r=-0,56$) ja positiivset seost SLS_{max} ($r=0,57$).

5. ARUTELU

Käesoleva töö eesmärgiks oli hinnata, kuidas mõjutab kolme nädalane HIIT treening kehaliselt aktiivsete meeste töövõimet ning kehakoostist. Teema väärisküsimine, kuna HIIT ning IT üldse on kardiovaskulaarsete riskide vähendamisel ning aeroobse võimekuse tõstmisel paljulubav meetod (Logan et al., 2014). Mitmed teisedki uuringud on näidanud positiivseid mõjusid kardiorespiratoorsele fitnessile (Burgomaster et al., 2008; Trapp et al., 2008; et al 2010) ja kehalisele töövõimele (Burgomaster et al., 2005).

Käesolevas uuringus selgus, et statistiliselt olulist ($p < 0,05$) mõju avaldas kolme nädalane HIIT treening kehaliselt aktiivsetel meestel maksimaalsele võimsusele keha kilogrammi kohta ($P_{\max/kg}$), maksimaalsele hapnikutarbimise võimele ($VO_{2\max}$), maksimaalsele aeroobsele võimsusele (P_{\max}), hingamissagedusele (BF_{\max}) ning maksimaalsele võimsusele (P_{\max}) (Tabel 3). Kõigi mainitud näitajate tulemused paranesid kolme nädalase HIIT treeningu mõjul. $VO_{2\max}$ tõus (Tabel 3) oli sarnane varasemates uuringutes saadud tulemustele, kus HIIT treeningu tulemusena tõusis laktaadi tase oluliselt kõrgemale kui kehvustreeningus (Foster et al., 2015). See omakorda aga stimuleerib $VO_{2\max}$ ning lihaste oksüdatiivse potentsiaali tõusu (Burgomaster et al., 2005). Antud uuringus sooritasid uuritavad maksimaalse võimsusega sprinte. Bacon (2013) tõi ka enda metanalüüsis välja, et $VO_{2\max}$ näitaja paranemine tõuseb lineaarselt koos kasutatud intensiivsuse tõusuga, ehk mida intensiivsemalt treenitakse, seda enam peaks tõusma $VO_{2\max}$. MacInnis ja Gibala (2017) seostavad $VO_{2\max}$ tõusu löögimahu ja südame kui pumba võimsuse tõusuga. Sarnaselt käesoleva uuringuga on $VO_{2\max}$ tõusnud ka teistes varasemates uuringutes (Arad et al., 2015; Cocks et al., 2015; Jung et al., 2015; Robinson et al., 2015; Sawyer et al., 2016; Skleryk et al., 2013).

Teise parameetrina tõusis antud uuringus HIIT treeningu mõjul P_{\max} (Tabel 3). Kuna vaatlusaluste kehakaal ei suurenenud oluliselt, siis suurenes läbi P_{\max} tõusu ka uuritavate $P_{\max/kg}$ $3,64 \pm 0,586$ v. $3,85 \pm 0,526$ ($p < 0,05$). Wingate testil on sarnaselt meie uuringule (Tabel 3) näidanud maksimaalse võimsuse tõusu ka teised varasemad uuringud (Whyte et al., 2010; Weston et al., 2014; Ouerghi et al., 2014). Varasemate uuringute põhjal võib maksimaalse võimsuse tõusu seostada lihase fosfokreatiini varude suurenemisega (Rodas et al., 2000), aga ka anaeroobsete ensüümide aktiivsuse tõusuga või glükolüüsimis võime tõusuga (Larsen et al., 2014). Lisaks võib seostada lihastöö võimsuse tõsu ka neuraalse adaptatsiooniga, mille läbi siis kaasatakse töösse rohkem motoorseid ühikuid ja seega paraneb ka lihaste sünkronisatsioon ning tõuseb võimsus. Seda on ka näitanud uuringud, kus on vaadeldud HIIT treeningu mõju närvisüsteemi kohastumisele

(Vera-Ibañez et al., 2017). Arvatavasti oleks uuringu pikemajalisem kestvus oluliselt rohkem lihashüpertroofiat esile kutsunud.

Meie poolt läbi viidud uuringus ei ilmnunud statistiliselt olulisi ($p > 0,05$) muutusi aeroobse ja anaeroobse läve hapnikutarbimistes ega võimsustes. See võib olla seletatav sellega, et antud uuringus kasutatud HIIT treeningus oli intensiivsus nii aeroobsest kui anaeroobsest lävest oluliselt kõrgem. Ka varasemad uuringud on näidanud maksimaalse võimsuse ning hapnikutarbimise tõusu samas läve võimused on jäänud muutumatuks (Foster et al., 2015). Arendamiseks aeroobse ja anaeroobse läve võimsusi, tuleks teha ka madalamal intensiivsusel treeninguid. Madalamal intensiivsusel, näiteks aeroobse läve tasemel, treenides luuakse hea baas edasisteks intensiivseteks treeninguteks. Treeningud anaeroobsel lävel tõstavad südamelihase kontraktilsuse efektiivsust. Seega oleks soovitatav üldise vastupidavuse arendamiseks teha ka madala intensiivsuse ning pikema kestvusega treeninguid.

Teiseks uuringu eesmärgiks oli saada teada, kas ja kuidas mõjutab HIIT treening kehakoostist. Kuna ülekaalulisus ja rasvumine on meie ühiskonnas kasvav probleem, seda nii arenenud kui ka arenguriikides (Speiser, et al., 2005), on uuringu olulisus põhjendatud. Varasemates uuringutes on leitud, et HIIT treening on hea meetod parandamiseks kehakoostist ja oksüdatiivset võimekust (Trapp et al., 2008; Van Proeyen et al., 2011; Babraj et al., 2009; Richards et al., 2010). Plussina on välja toodud ka see, et võrreldes traditsioonilise vastupidavustreeninguga kulub HIIT treeningule oluliselt vähem aega (Gillen et al., 2013).

Sarnaselt Keatingi ja kolleegide (2014) uuringule ei täheldatud käesolevas uuringus HIIT treeningu mõjul statistiliselt olulisi muutusi kehakoostise näitajates. Kuigi keha rasvamass vähenes algusega võrreldes *ca* 300g, ei olnud muutus statistiliselt oluline. Üldiselt on varasemad uuringud näidanud, et HIIT treeningu mõjul keha rasvamass väheneb (Trapp et al., 2008; Gillen et al., 2013; Babraj et al., 2009; Richards et al., 2010; Heydari et al., 2012; Kong et al., 2016; Hazell et al., 2012; Boutcher, 2011). Varasemad uuringud on samas kestnud ka pikemat aega ning on olnud suurema uuritavate arvuga. Kindlasti on antud uuringu tulemused seotud ka sellega, et vaatlusaluste toitumist ning tarbitud kaloraazi ei jälgitud. Lisaks eelnevale võib põhjuseks olla ka see, et valdav osa energiat maksimaalsel intensiivsusel 30 sekundiliste sprintide sooritamiseks toodetakse süsivesikutest. Lisaks sellele kestis treening ajaliselt suhteliselt vähe ning treeningu jooksul kulutatud energiahulk jäi arvatavasti suhteliselt tagasihoidlikuks. Kuna antud treeningul kulutatakse suures koguses süsivesikuid kukub kiirelt ka veresuhkur. See võib aga tõsta söögiisu

ja isu energiarikkama toidu järele. Kuna uuringus ei täheldatud lihasmassi juurdekasvu, siis võis jääda muutumatuks ka ainevahetuse põhikäive. Seega poleks saanud toitumisharjumusi muutmata oluliselt muutuda ka keha rasvaprotsent ning kehakaal.

Lihasmassi muutumatuks jäämine võib antud uuringu puhul olla seotud liiga lühikese uuringu kestvusega. Suurenes küll maksimaalne võimsus aga arvatavasti oli põhjuseks neutraalne adaptatsioon kuna lihasmassi kasvu uuringus ei täheldatud. Küll on seda täheldatud varasemates uuringutes (Kong et al., 2016), kuid need uuringud on kestnud rohkem kui kolm nädalat. Arvatavasti jääb nii lühike periood ebapiisavaks kutsuma esile lihashüpertroofiat. Muutuseid kehakoostises ei täheldanud ka teises lühiajalises HIIT treeningu uuringus, mis kestis vaid 2 nädalat (Kelly et al., 2017).

Sarnaselt muudele vaadeldud kehakoostise näitajatele ei täheldatud muudatusi ka luumassis ning luutiheduses. See on taas seotud liiga lühikese uuringuajaga. Lisaks puudub veloergomeetria treenides ka põrutav koormus, mis peaks stimuleerima pikemas perspektiivis luumassi kasvu.

Korrelatsioonianalüüsi tulemusel leiti statistiliselt oluline ($p < 0,05$) positiivne seos VO_{2max} ja lihasmassi vahel. See on seletatav sellega, et lihasmassi suurenedes kasvab ka nõudlus hapniku järel, seega peaks tõusma ka absoluutne VO_{2max} . Antud uuringus ei vaadeldud küll VO_{2max} keha kilogrammi suhtes, kuid arvatavasti oleks ilmnenu negatiivne seos. Kõik võimsuse näitajad, välja arvatud $P_{max/kg}$, olid positiivses seoses lihasmassiga. See on ka loogiline, kuna lihashüpertroofiaga peaks kaasnema ka jõu genereerimise võime tõus. Seeläbi paranevad ka võimsuse ja jõu näitajad. $P_{max/kg}$ ja selle negatiivne seos kehamassi, lihasmassi ja rasvaprotsendiga on seletatav sellega, et kuigi tõusis lihasmass ja kehakaal, ei olnud jõu ja võimsuse kasv piisavad võrreldes tõusnud kehakaaluga.

Kokkuvõtteks võib öelda, et HIIT treening on igati sobilik meetod arendamiseks maksimaalset hapnikutarbimise võimet ning maksimaalset võimsust. Seda eriti tänapäeva ühiskonnas, kus kiire elutempo tõttu võivad inimesed aja kokkuhoiu mõttes treeningutest üldse loobuda. HIIT treeningut, mis ajaliselt ei nõua palju aega, on võimalik teha ka näiteks kontoris.

Siiski mõjub HIIT treening pisut erinevalt erinevatele inimestele. Pikema treeningkogemusega inimestel on oodata pisut väiksemat kasutegurit kui seni väheaktiivsetel. Ülekaalulised peaksid nägema HIIT treeningu mõjul suuremaid muutusi töövõimes kui normaalkaalus inimesed. Lisaks tuleks mõelda, milliseid harjutusi valida. Suure ülekaaluga

inimestel poleks arvatavasti liigeste seisukohalt just kõige mõistlikum teha HIIT treeningut joostes või kasutades põrutava iseloomuga harjutusi. Lisaks eelnevale on ülekaalulised inimesed suurema tõenäosusega väheaktiivsed, seega peaks nende kehalisele töövõimele ning kehakoostisele mõjuma väga positiivselt igasugune kehaline aktiivsus. Alustuseks peaksid treeningud olema siiski valdavalt madalama intensiivsusega. Sellisel juhul oleks väiksem koormus liigestele ning lihtsam on ka harjutuse tehnilist pool kinnistada. Kindlasti tuleks leida endale sobiv treening, kuna kehalisel koormusel on oluline roll ennetamaks rasvumist ning südame- veresoonekonna haiguste teket. Siiski ei peaks HIIT treening olema ainus treening vaid tuleks lisada ka läveökonoomsusi tõstvaid madalamal intensiivsusel treeninguid.

6. JÄRELDUSED

1. Kolmenädalase HIIT treeningu mõjul paranesid kehaliselt aktiivsetel meestel maksimaalne hapnikutarbimine, maksimaalne võimsus, koormustaluvus, võimsus maksimaalse hapnikutarbimise lävel ning hingamissagedus.
2. Kolmenädalase HIIT treeningu mõjul ei täheldatud statistiliselt olulisi muutusi kehaliselt aktiivsete meeste kehakoostises.
3. Kolmenädalane HIIT treening on kasulik maksimaalse aeroobse võimsuse arendamisel, kuid aeroobse ja anaeroobse läve ökonoomsuse paranemiseks kui ka kehakoostise muutusteks oli treeninguperiood liiga lühike.

7. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Adamson S, Lorimer R, Cobley JN, Lloyd R, Babraj J. High Intensity Training Improves Health and Physical Function in Middle Aged Adults. *Biology* 2014; 3: 333-344.
2. Arad AD, DiMenna FJ, Thomas N, Tamis-Holland J, Weil R, et al. High-intensity interval training without weight loss improves exercise but not basal or insulin-induced metabolism in overweight/obese African American women. *J. Appl Physiol* 2015; 119: 352–362.
3. Astorino TA, Allen RP, Roberson DW, Jurancich M, Lewis R, et al. Adaptations to high-intensity training are independent of gender. *Eur J Appl Physiol* 2011; 111: 1279–1286.
4. Babraj JA, Vollaard NB, Keast C, Guppy FM, Cottrell G, et al., Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. *BMC Endocr Disord* 2009; 9:3.
5. Bacon AP, Carter RE, Ogle EA, Joyner MJ. VO_{2max} Trainability and High Intensity Interval Training in Humans: A Meta-Analysis. *PLoS One* 2013; 8: 73182. doi:10.1371/journal.pone.0073182.
6. Bauman A, Owen N. Physical activity of adult Australians: epidemiological evidence and potential strategies for health gain. *J Sci Med Sport* 1999; 2: 30–41.
7. Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztein JP. Interval training at VO_{2max} : effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 156–163.
8. Billat VL. Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice. *Sports Med* 2001; 31: 13.
9. Blackwell J, Atherton PJ, Smith K, Doleman B, Williams JP, et al. The efficacy of unsupervised home-based exercise regimens in comparison to supervised laboratory-based exercise training upon cardio-respiratory health facets. *Physiol Rep* 2017; 5: 13390.
10. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes* 2011; 2011: 1-10.
11. Buchheit M, Laursen PB. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. *Sports Med* 2013; 43: 313.
12. Burgomaster KA, Heigenhauser GJ, Gibala MJ. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *J Appl Physiol* (1985) 2006; 100: 2041–2047.

13. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 2008; 586: 151-160.
14. Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJF, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol* (1985) 2005; 98: 1985–1990.
15. Choi HY, Han HJ, Choi J, Jung HY, Joa KL. Superior Effects of High-Intensity Interval Training Compared to Conventional Therapy on Cardiovascular and Psychological Aspects in Myocardial Infarction. *Ann Rehabil Med* 2018; 42: 145-153.
16. Ciolac EG, Bocchi EA, Bortolotto LA, Carvalho VO, Greve JMD, et al. Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypertens Res* 2010; 33: 836–843.
17. Cocks M, Shaw CS, Shepherd SO, Fisher JP, Ranasinghe A, et al. Sprint interval and moderate-intensity continuous training have equal benefits on aerobic capacity, insulin sensitivity, muscle capillarisation and endothelial eNOS/NAD(P)H oxidase protein ratio in obese men. *J Physiol* 2016; 594: 2307-2321.
18. Fleg JL. Salutory effects of high-intensity interval training in persons with elevated cardiovascular risk. *F1000Res* 2016; 5: 2254.
19. Foster C, Farland CV, Guidotti F, Harbin M, Roberts B, et al. The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity. *J Sports Med* 2015; 14: 747-755.
20. Fox C, Massaro JM, Hoffmann U, Pou KM, Liu CY, et al. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: association with metabolic risk factors in the framingham heart study. *Circulation* 2007; 116: 39–48.
21. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkins GP, Burgomaster KA, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 2006; 575: 901-911.
22. Gillen JB, Percival ME, Ludzki A, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women. *Obesity (Silver Spring)* 2013; 21: 2249–2255.

23. Grediagin A, Cody M, Rupp J, Benardot D, Shern R. Exercise intensity does not effect body composition change in untrained, moderately overfat women. *J Am Diet Assoc* 1995; 95: 661–5.
24. Hazell TJ, Olver TD, Hamilton CD, Lemon P WR. Two minutes of sprint-interval exercise elicits 24-hr oxygen consumption similar to that of 30 min of continuous endurance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2012; 22: 276-283.
25. Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO_{2max} more than moderate training. *Med Sci Sport Exer* 2007; 39: 665–71.
26. Heydari M, Freund J, Boutcher SH. The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males. *J Obes* 2012; 2012: 1-8.
27. Iaiia FM, Hellsten Y, Nielsen JJ, Fernstrom M, Sahlin K, et al. Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *J Appl Physiol* 2009; 1985: 73–80.
28. Irving BA, Davis CK, Brock DW, Weltman JY, Swift D, et al. Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40: 1863-1872.
29. Jung ME, Bourne JE, Beauchamp MR, Robinson E, Little JP. High-Intensity Interval Training as an Efficacious Alternative to Moderate-Intensity Continuous Training for Adults with Prediabetes. *J Diabetes Res* 2015; 2015: 191595.
30. Keating SE, Machan EA, O'Connor HT, Gerofi JA, Sainsbury A, et al. Continuous Exercise but Not High Intensity Interval Training Improves Fat Distribution in Overweight Adults. *J Obes* 2014; 2014: 834865.
31. Kelly BM, Xenophontos S, King JA, Nimmo MA. An evaluation of low volume high-intensity intermittent training (HIIT) for health risk reduction in overweight and obese men. *BMC Obes* 2017; 4: 17.
32. Kong Z, Fan X, Sun S, Song L, Shi Q, et al. Comparison of High-Intensity Interval Training and Moderate-to-Vigorous Continuous Training for Cardiometabolic Health and Exercise Enjoyment in Obese Young Women: A Randomized Controlled Trial. *PLoS One* 2016; 11: 0158589. doi:10.1371/journal.pone.0158589.

33. Larsen RG, Maynard L, Kent JA. High-Intensity Interval Training Alters ATP Pathway Flux During Maximal Muscle Contractions in Humans. *Acta Physiol (Oxf)* 2014; 211: 147-160.
34. Laursen PB, Shing CM, Peake JM, Coombes JS, Jenkins DG. Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 1801–1807.
35. Lee MG, Park KS, Kim DU, Choi SM, Kim HJ. Effects of high-intensity exercise training on body composition, abdominal fat loss, and cardiorespiratory fitness in middle-aged Korean females. *Appl Physiol Nutr Metab* 2012; 37: 1019–1027.
36. Lindsay FH, Hawley JA, Myburgh KH, Schomer HH, Noakes TD, et al. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 1427–1434.
37. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol* 2010; 588: 1011–1022.
38. Logan GRM, Harris N, Duncan S, Schofield G. A Review of Adolescent High-Intensity Interval Training. *Sports Med* 2014; 44: 1071.
39. MacInnis, M.J., Gibala, M.J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol* 2017; 595: 2915–2930.
40. Okauchi Y, Nishizawa H, Funahashi T, Oqawa T, Noquchi M, et al. Reduction of visceral fat is associated with decrease in the number of metabolic risk factors in Japanese men. *Diabetes Care* 2007; 30: 2392–2394.
41. Ouerghi N, Boukorraa S, Kaabachi N, Khammassi M, Feki M, et al. Effects of a high-intensity intermittent training program on aerobic capacity and lipid profile in trained subjects. *Open Access J Sports Med* 2014; 5: 243-248.
42. Ouerghi N, Fradj MKB, Bezrati I, Khannassi M, Feki M, et al. Effects of high-intensity interval training on body composition, aerobic and anaerobic performance and plasma lipids in overweight/obese and normal-weight young men. *Biol Sport* 2017; 34: 385-392.
43. Richards JC, Johnson TK, Kuzma JN, Lonac MC, Schweder MM, et al. Short-term sprint interval training increases insulin sensitivity in healthy adults but does not affect the thermogenic response to beta-adrenergic stimulation. *J Physiol* 2010; 588: 2961-2972.

44. Robinson E, Durrer C, Simtchouk S, Jung ME, Bourne JE, et al. Short-term high-intensity interval and moderate-intensity continuous training reduce leukocyte TLR4 in inactive adults at elevated risk of type 2 diabetes. *J Appl Physiol* 2015; 119: 508–516.
45. Rodas G, Ventura JL, Cadefau JA, Cussó R, Parra J. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *Eur J Appl Physiol* 2000; 82: 480–486.
46. Sawyer BJ, Tucker WJ, Bhammar DM, Ryder JR, Sweazea KL, et al. Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on endothelial function and cardiometabolic risk markers in obese adults. *J Appl Physiol* 2016; 121: 279–288.
47. Skleryk JR, Karagounis LG, Hawley JA, Sharman MJ, Laursen PB, et al. (2013) Two weeks of reduced-volume sprint interval or traditional exercise training does not improve metabolic functioning in sedentary obese men. *Diabetes Obes Metab* 2013; 15: 1146–1153.
48. Slentz CA, Duscha BD, Johnson JL, Ketchum K, Aiken LB, et al. Effects of the amount of exercise on body weight, body composition, and measures of central obesity: STRRIDE--a randomized controlled study. *Arch Intern Med* 2004; 164: 31–9.
49. Speiser PW, Rudolf MCJ, Anhalt H, Comacho-Hubner C, Chiarelli F, et al. Childhood obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; 90: 1871–1887.
50. Stöggl TL, Björklund G. High Intensity Interval Training Leads to Greater Improvements in Acute Heart Rate Recovery and Anaerobic Power as High Volume Low Intensity Training. *Front Physiol* 2017; 8: 562.
51. Stöggl TL, Sperlich B. The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Front Physiol* 2015; 6: 295.
52. Tjønnå AE, Lee SJ, Rognmo Ø, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training vs. continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome - “A Pilot Study.” *Circulation* 2008; 118: 346-354.
53. Trapp EG, Chisholm DJ, Freund J, Boutcher SH. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *Int J Obes (Lond)* 2008; 32: 684–691.

54. Van Proeyen K, Szlufcik K, Nielens H, Ramaekers M, Hespel P. Beneficial metabolic adaptations due to endurance exercise training in the fasted state. *J Appl Physiol* 2011; 110: 236-245.
55. Vera-Ibañez A, Colomer-Poveda D, Romero-Arenas S, Viñuela-García M, Márquez G. Neural adaptations after short-term wingate-based high-intensity interval training. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2017; 17: 275-282.
56. Weston KS, Wisloff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2014; 48: 1227–1234.
57. Weston M, Taylor KL, Batterham AM, Hopkins WG. Effects of Low-Volume High-Intensity Interval Training (HIT) on Fitness in Adults: A Meta-Analysis of Controlled and Non-Controlled Trials. *Sports Med* 2014; 44: 1005-1017.
58. Whyte LJ, Gill JMR, Cathcart AJ. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism* 2010; 59: 1421–1428.
59. Wisløff U, Ellingsen Ø, Kemi OJ. High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exerc Sport Sci* 2009; 37: 139–146.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Martin Luik (sünnikuupäev 13.10.1985)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „HIIT treeningu mõju aeroobsele töövõimele ja kehakoostisele noortel kehaliselt aktiivsetel meestel“, mille juhendaja on treeninguteaduste teadur Priit Purge, PhD,

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, 14.05.2018