

TARTU ÜLIKOOL
Spordibioloogia ja füsioteraapia instituut

Liis Kalda

Mäestikutreeningu mõju sportlase füsioloogilistele näitajatele
Magistritöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja: dots. Jarek Mäestu, PhD

Tartu 2014

SISUKORD

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID	3
SISSEJUHATUS	4
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1. Mäestikutreeningu olemus	6
1.2. Vastupidavuslikku töövõimet mõjutavad tegurid	7
1.3. Hüpoksia mäestikutreeningu tingimustes	10
1.3.1. Akuutne hüpoksia kõrgmäestiku tingimustes	10
1.3.2. Krooniline hüpoksia kõrgmäestiku tingimustes	12
1.4. Erinevad treeningute liigid mäestikutreeningul	14
1.4.1. Treening kõrgmäestikus	14
1.4.2. Mäestikutreeningu liigid	14
1.5. Erinevad andmeanalüüsi võimalused individuaalanalüüsi puhul	19
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	21
3. METOODIKA	22
3.1. Vaatlusalused	22
3.2. Uuringu korraldus	23
3.3. Andmete statistiline töötlus	24
4. TÖÖ TULEMUSED	25
4.1. Treeningute struktuuriline ülesehitus	25
4.2. Vere kliinilised parameetrid	26
5. ARUTELU	32
6. JÄRELDUSED	35
KASUTATUD KIRJANDUS	36
SUMMARY	43

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID

VO_{2max} = Maksimaalne hapnikutarbimine

CO_2 = Süsihappegaas

LHTL= Live high- train low; elamine kõrgel ja treenimine madalal

LHTH = Live high- train high; elamine kõrgel ja treenimine kõrgel

LLTH = Live low- train high; elamine madalal ja treenimine kõrgel

PO_2 = Hapniku osarõhk

EPO = Erütropoetiin

AMH = Akuutne mäestiku haigus

KMH = Kõrgmäestiku haigus

HACE = Kõrgmäestiku ajuturse

HAPE = Kõrgmäestiku kopsuturse

HIF-1 = Hüpoksiale reageeriv transkriptsioonifaktor 1

RBC = Red blood cells; erütrotsüüdid ehk punaverelibled

WBC = White blood cells; leukotsüüdid ehk valged verelibled

MCV = Mean cell volume; erütrotsüütide keskmine maht

HGB = Hemoglobiin

PV = Põhivastupidavustsoon

EV = Erialane vastupidavuse tsoon

SV = Spetsiaalvastupidavuse tsoon

SISSEJUHATUS

Kõrgustreening on hetkel üks läbivaid teemasid spordivaldkonnas, mis köidab teadmisega, et selle kasutamine on üks võimalusi sportlike tulemuste parandamiseks eelkõige vastupidavusaladel. Vastupidavusalasid on väga mitmeid – jooksmine, murdmaasuusatamine, jalgrattasõit, ujumine. Viimaste aastate vältel on toimunud üsna suured muutused kogu maailma vastupidavussportlaste treeningplaanides, nimelt eliitsportlaste aastaplaanides on olulisele kohale kerkinud mäestikutreening.

Üldjoontes võib vastupidavusalade sportlaste ettevalmistuse jagada neljaks perioodiks: ettevalmistusperioodiks, võistluseelseks ettevalmistusperioodiks, võistlusperioodiks ja üleminekuperioodiks. Kõrgustreeninguid kasutatakse nii ettevalmistusperioodil kui ka võistlushooajal. Maksimaalset hapnikutarbimist (VO_{2max}), mille kõrge väärtus on vastupidavusaladel tugevas seoses üldise töövõimega, peetakse üheks olulisemaks vastupidavuse töövõimet iseloomustavaks teguriks ning kõrge maksimaalse hapniku tarbimise näit on eelduseks saada heaks vastupidavusala sportlaseks. Hõredas õhus treenimine annab organismile suurema koormuse, mis võib kaasa tuua suuremad muutused sportlaste funktsionaalsetes parameetrites. Peamine eesmärk mäestikus treenides on suurendada VO_{2max} ja töövõimet meretasapinnal, teisalt üritatakse mäestikutingimustega eelnevalt kohaneda ka siis, kui põhivõistlused toimuvad mäestikutingimustes. Mäestikus treenimise mõju töövõimele tõusis olulisel määral päevakorda aastast 1968, kui toimusid esmakordselt olümpiamängud kõrgmäestikutingimustes, Mexico linnas. Teadmatus sel ajal pani keerlema mõtteid, missugune võiks olla selle mõju spordialadele, mille võistlustulemuse põhikomponendiks on vastupidavus. Kõrgmäestikus treenimise efektiivsust kinnitab asjaolu, et Mexicos toimunud olümpiamängudel näitasid paremaid tulemusi sprindi- ja hüppealade sportlased, teisalt vastupidavusalade sportlaste tulemused jäid tagasihoidlikumaks. Sprindi- ja hüppealadele sarnaselt näitasid häid tulemusi ka varem kõrgel treeninud Etioopia ja Keenia jooksjad. Kuna oli veendumus, et kõrgmäestikul on positiivne mõju ka vastupidavussportlastele, tuli treeningprogramme modifitseerida. Vastupidavussportlaste töövõime parandamiseks hakati järjest rohkem lisama treeningplaanidesse kõrgustreeningud,

et tõsta veres punaliblede hulka ning seeläbi parandada maksimaalset hapnikutarbimist ja vastupidavuslikku töövõimet. On fakt, et üha rohkem on hakatud taliolümpiamänge korraldama tavapärasest kõrgemal - Salt Lake City OM ja Torino OM toimusid kõrgustel 1000m-1400m, 2010. aasta mängud Vancouveris (Whistler Olympia park), kõrguseks 800m - 950m ning viimased taliolümpiamängud toimusid Sochis, kus murdmaasuusatajad võistlesid meretasapinnast 1500m kõrgusel.

Teema valikul on lähtunud hüpoteesist, et kõrgusetreening on üks viis sportlike tulemuste parandamiseks. Antud tööd illustreerib autor näidetega vastupidavusaladelt, kusjuures erilist tähelepanu pöörab autor murdmaasuusatamisele. Teema hõlmab endas individuaaluuringut, kus individuaalsportlase vajalikud andmed on fikseeritud, mis on just olulised konkreetset sportlast silmas pidades, sest mäestikutreeningu efektid on väga individuaalsed.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on välja selgitada kõrgusel treenimise individuaalne mõju vere biokeemilistele parameetritele. Magistritöö tähtsus sportlasele seisneb tema teadlikkuse suurendamises ja sellega läbi võimaliku metoodika ning treeningute planeerimise modifitseerimise, et tagada funktsionaalse võimekuse maksimaalne paranemine.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Mäestikutreeningu olemus

Mäestikutreeningut võib nimetada treeningut hüpobaarilises keskkonnas, mis tähendab, et treenitakse hapnikuvaeguses ehk hüpoksia tingimustes, mille põhjustab hapniku osarõhu madalus välisõhus, võrreldes tingimustega meretasapinnal. Kui atmosfääri rõhk merepinna tasemel on 760 mmHg, siis kõrguse kasvades see langeb oluliselt (tabel 1). Erinevate gaaside protsentuaalne osakaal õhus jääb aga sõltumata kõrgusest ühesuguseks, sisaldades keskmiselt hapnikku 21%, süsihappegaasi 0,03% ja lämmastikku 79%. Koos üldise atmosfääri rõhu vähenemisega aga väheneb kõrguse suurenedes paratamatult ka erinevate gaaside, sealhulgas ka hapniku osarõhk. Nii on hapniku osarõhk (PO_2) merepinna tasemel 159 mmHg, kahe kilomeetri kõrgusel aga vaid 125 mmHg (Rusko et al., 2004; tabel 1). Kõrguses olles tuleb arvestada peale atmosfääri rõhu langusega ka teiste keskkonnast tingitud faktoritega, mis mõjutavad inimese organismi talitlust ja kehalist töövõimet mäestikutingimustes. Näitena võib tuua päikesekiirguse, õhutemperatuuri ja niiskuse. Uuringud on leidnud, et mäestikus viibimine toob organismis kaasa nii funktsionaalseid kui ka struktuurseid muutusi (tabel 2). Sellega seoses on mäestikutreeningud suhteliselt sagedad treeningumeetodid paljudel maailma vastupidavussportlastel nii ettevalmistusperioodil kui ka võistlusperioodil.

Tabel 1. Õhurõhk ja õhu koostis erinevatel kõrgustel (Rusko et al., 2004).

	PB (mmHg)	PO_2 (mmHg)
meretasapinnal	760	159,2
1000m	674	141,2
2000m	596	124,9
3000m	526	110,2
4000m	462	96,9
9000m	231	48,8

PB - Õhurõhk Maa atmosfääris millimeetrites elavahõbesammast; PO_2 - Hapniku osarõhk Maa atmosfääris millimeetrites elavahõbesammast.

Tabel 2. Mäestikus viibimisega kaasnevad võimalikud struktuursed ja funktsionaalsed muutused organismis (Wilber, 2001; Ponsot et al., 2006).

Võimalikud struktuursed muutused	Võimalikud funktsionaalsed muutused
Paraneb kapillaarisatsioon	Paraneb VO_{2max}
Suureneb mitokondrite arv ja maht	Suureneb minutiventilatsioon
Suureneb punavereliblede tootmine	Madal hapniku ülekande difusiooni määr
Suureneb CO_2 eraldumine	
Väheneb vereplasma maht	

Maailmas on palju erinevaid võimalusi ja kohti kõrgustreeningute läbiviimiseks. Sportlane ja treener otsustavad koha valikul vastavalt sellele, milline on see oluline töövõimeefekt, mida nad taotleavad kõrgusel treenides. Mäestikutingimused saab jaotada olenevalt kõrgusest üle merepinna – madalmäestik (alla 1200m), keskmäestik (1300m-2500m) ja kõrgmäestik (üle 3000m) (Friedmann-Bette, 2008). Madalmäestiku treeningu üheks levinumaks kohaks suusatajate seas on Ramsau. Kõige populaarsemad kohad keskmäestikus on Seiser Alm (Alpe di Siusi), Davos, Livigno, St. Moritz ning kõrgmäestiku treeningu tuntumateks kohtadeks on Val Senales, Ramsau am Dachtein ja Passo Stelvio. Treeningud viiakse tavaliselt läbi umbes 1800m kuni 2700m kõrgusel meretasapinnast ning mägedes viibimise kestvuseks on vähemalt 3 nädalat (Friedmann-Bette, 2008)

1.2. Vastupidavuslikku töövõimet mõjutavad tegurid

Suusatajatel nagu ka teistel vastupidavusalade sportlastel on vaja head vastupidavuslikku töövõimet, et sooritada kestvaid lihastööd ilma ülemäärase väsimuse kuhjumiseta. Organismi hea hapnikutarbimise võime on üks tähtsaimatest omadustest, mida suusatamine nõuab (Anttila ja Roponen, 2008). Maksimaalne hapnikutarbimine (maksimaalne aeroobne töövõime) on ka üheks kõige olulisemaks vastupidavuslikku töövõimet mõjutavaks parameetrikis üldisemas plaanis. Aeroobne töövõime näitab organismi võimet kindlustada töötavaid lihaseid võimalikult rohke hapnikuga (Jürimäe ja Mäestu, 2011). Viimase 20-30 aasta jooksul on sportlaste maksimaalne hapnikutarbimine (VO_{2max}) kasvanud ja kestvusalade maailmarekordid paranenud. Üks tegureid, mis parandab VO_{2max} kasvu ja maailmarekordite parandamist on kõrgustreening, sest just need sportlased, kes on elanud mägistes piirkondades, on viimastel kümnenditel võitnud pikamaajooksu olümpia- ja maailmameistrivõistluste medaleid (Rusko et al., 2004). Aeroobse töövõime eest vastutavad

organismis peamiselt respiratoorne süsteem, südameveresoonekond ning lihaskond. Teisiti võib neid nimetada, kui maksimaalset hapnikutarbimist mõjutavateks teguriteks. Organismi kokkupuutumine hüpoksiaga ja mäestikutreeninguga toob suures osas muutusi just nendes aeroobset töövõimet mõjutavates parameetrites.

Kopsude ventilatsioon suureneb mäestikutingimustes nii puhkeseisundis kui ka kehalisel tööl (Townsend et al., 2002). See on tingitud hapniku osarõhu langusest mäestikuõhus, mille tulemusena saabub kopsudesse iga sissehingatud liitriga vähem hapnikku kui merepinna tasemel. Tagamaks organismi hapnikuvarustust vajalikul määral, reageeribki organism selliselt, et suurendatakse kopsu läbiva õhu hulka ja seeläbi ka hapniku hulka.

Südame maksimaalne löögimaht on parameeter, mida on võimalik fikseerida maksimaalse kehalise koormuse rakendamisel. Mäestikutingimustes südame talitlust iseloomustavat näitaja väärtus väheneb. Südame maksimaalse löögimahu langus on otseses seoses vereplasma mahu vähenemisega. Südame löögimaht osutub mäestikutingimustes võrreldes meretasapinnaga väiksemaks nii standardsel submaksimaalsel koormusel kui ka maksimaalsel koormusel (Rusko et al., 2004).

Hapniku transpordisüsteemi olulisemaks komponendiks on vere võime transportida hapnikku. Punaste vereliblede arv ja veremaht on peamised vereparameetrid, mis on tähtsad hapniku transpordil kopsudest organismi erinevatesse osadesse (Jürimäe ja Mäestu, 2011). Punased verelibled sisaldavad omakorda hemoglobiini, mis seob hapnikku. Mäestikutingimustes vereplasma maht väheneb kiiresti ning märgatavalt ja võib ulatuda 25%-ni (McArdle et al., 2000). Plasmamahu vähenemisega suureneb nii erütrotsüütide hulk vere ruumalühiku kohta kui ka hemoglobiini kontsentratsiooni ning seega paraneb vere hapniku transportimise võime (Rusko et al., 2004).

Lihastes ilmnevad mäestikutingimuste mõjul nii struktuursed kui ka ainevahetuslikud muutused, mis sõltuvad kõrgusest ja mis on seda ulatuslikumad, mida kauem mägedes viibitakse. Laktaadi kontsentratsioon veres kehalisel tööl peegeldab koormuse intensiivsust ja energeetilisi protsesse töötavates lihastes. Laktaadi teke lihastes on eelkõige seotud anaeroobsete energiatootmise mehhanismide tööle rakendumisega (Stray- Gundersen et al., 2004). Uuringud on valdavalt leidnud, et laktaadi kontsentratsioon mäestikutingimustes suureneb submaksimaalsel tööl, kuid väheneb maksimaalsel tööl (Stray- Gundersen et al., 2004). Mäestikutingimustes on submaksimaalsete koormuste puhul, mis intensiivsusele ületavad anaeroobse läve taseme, laktaadi kontsentratsiooni tõus veres ulatuslikum, kui mere

tasapinnal. See on ootuspärane, kuna piiratud hapnikuvarustuse tingimustes võib eeldada anaeroobse energiatootmise kiiremat tööle rakendumist ning kõrgematel intensiivsustel sageli ka domineerimist töötavates lihastes, millega peabki kaasnema laktaadi produktsiooni suurenemine töötavates lihastes. Raskesti on aga seletatav tõsiasi, et maksimaalse pingutusega saavutatav laktaadi kontsentratsioon nii lihastes kui ka veres jääb mäestikutingimustes märgatavalt madalamaks kui merepinna kõrgusel (Boning, 1997). See võib olla tingitud sellest, et kopsude ventilatsiooni suurenemise tulemusena intensiivistub ühtlasi süsihappegaasi eritumine organismist. See tingib süsihappegaasi (CO₂) osarõhu languse alveolaarõhus ja lõppkokkuvõttes ka veres, mis omakorda põhjustab vere pH nihke aluselise suunas. Teiste sõnadega – tekib respiratoorne alkaloos.

Mitmenädalase kõrgmäestiku tingimustes treenimise peamiseks eesmärgiks on erütrotsüütide arvu ja arteriaalse vere hapnikukandmise võime parandamise kaudu suurendada edasitoimetatava hapniku kogust (Rusko et al., 2004). Erütrotsüütide teket stimuleerib kudede hapnikuvarustuse vähenemine e. hüpoksia, mis stimuleerib neerudes erütropoetiini (EPO) teket. EPO on glükoproteiin, mida sünteesitakse neerudes ning ta stimuleerib luuüdis erütrotsüütide rea tüvirakkude diferentseerumist ja paljunemist. Erütropoetiin reguleerib erütropoeesi vastavalt organismi hapnikuvajadusele. Hormooni vabanemist kontrollitakse neerude hapnikusensorite abil, mis on tundlikud vere hapniku osarõhule (Ööpik, 2007). Suurenenud perifeerse hapnikukoguse korral väheneb vere EPO kontsentratsioon ning vastupidi, hapnikuvaeguse ajal vabaneb seda suuremal määral, kui normaalsetes tingimustes. Uuringutes on leitud, et kõrgus 2000m üle merepinna on hüpoksiast põhjustatud minimaalseks kriitiliseks kõrguseks, et tagada erütropoeesi märkimisväärset suurenemist. (Chapman ja Levine, 2007). Lisaks eelnevale on mäestikutreeningu eesmärkideks tõsta töövõimet mere tasapinnal, kohaneda mäestikes toimuvateks võistlusteks ning otsida paremaid tingimusi erialasteks treeninguteks.

Hapnikuvaegus põhjustab hingamissageduse tõusu, mis viib kopsude kaudu süsihappegaasi verest välja. Selle tõttu happe-leelise tasakaal organismis nihkub viimase poole, kutsudes esile rea kohanemisreaktsioone. Kohanemisraskuste tõttu võib saabuda seisund, mida võime nimetada teisti kui „mäehaiguseks” (Hall et al., 2014). Kõrgustreeningu ajal tekkivad terviseohud hõlmavad kõrgmäestiku sündroomi (AMS), kõrgmäestikuhaigust (KMH) ning kõrgmäestiku ajuturset (HACE) ja kõrgmäestiku kopsuturset (HAPE) (tabel 3). Need haigusnähud võivad ilmneda noortel, tervetel inimestel ja sportlastel esimese paari päeva

jooksul suurtes kõrgustes viibides (Schommer et al., 2012). Mäestikutreeningu puhul tuleb arvestada veel võimalike probleemide negatiivset mõju, näiteks dehüdratatsioon ja söögiisu vähenemine, millega võib kaasneda kehamassi ja rasvavaba massi langus ning käte ja jalgade turse (Burtscher et al., 2010; Schommer et al., 2012). Seetõttu ei suudagi sportlased reeglina mägedes treenida sama mahu ja intensiivsusega, mis on neile jõukohane normaalsetes oludes ning oodatud suurem treeninguefekt võib jääda saavutamata. Kuid siinkohal tuleb öelda, et kõigi nende probleemide sagedus ja ägedus oleneb kõrgusest, kõrguste vahest baaskõrgustele minnes ja individuaalsest vastuvõtlikkusest.

Tabel 3. Kõrgusega kaasnevad peamised organismi seisundid ja nende patoloogilised sümptomid (Bailey ja Davies, 1997; Schommer et al., 2012).

	Akuutne mäestiku haigus (AMS)	Kõrgmäestikuhaigus (KMH)	Harva esinev haigus (HACE ja HAPE)
Kõrgus	Tekib alates 1500m kõrgusel, kuid märgatav on alates 2500m kõrgusel.	Tekib üle 2500m kõrgusel.	Tekib alates 3500m kõrgusel.
Sümptomid	Peavalu, nõrkus, väsimus, isutus, kerge iiveldus, peapööritus, unehäired.	Väsimus, hingeldus, köha, hingamispuudulikkus.	Minestus, hallutsinatsioonid, desorientatsioon.
Tekke aeg	Tekib 6- 12 tunni vältel. Möödub 1-3 päeva jooksul.	Tekib 2-3 päeva pärast kõrgusel olles.	Tekib harva.

1.3. Hüpoksia mäestikutreeningu tingimustes

1.3.1. Akuutne hüpoksia kõrgmäestiku tingimustes

Kõrgmäestiku haiguste oht sõltub peamiselt kõrgusest, lisaks tõusu kiirusele ja individuaalsele vastuvõtlikkusele kõrguse viibimise ajast. Sellest tulenevalt on läbi viidud väga paljusid uuringuid kuidas mõjutab kõrgus organismi - kui palju ning millisel viisil tavainimest ja sportlast. Viimasel juhul on oluliseks faktoriks see, et nende pingutuslävi kõrgel treenides on suurem. Lisaks mäestikutingimustega kokkupuutumine toob endaga kaasa organismis funktsionaalseid ja struktuurseid muutusi, mis tekivad akuutse ning kroonilise hüpoksia tagajärjel (tabel 2).

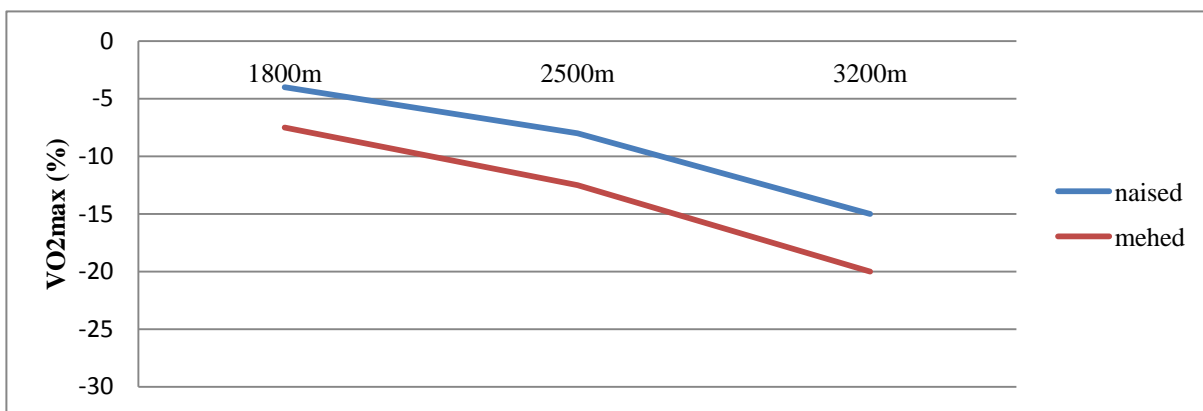
Akuutne hüpoksia on äkiline ja kiire hapniku hulga langus kudede tasandil, mis tekib kõrgustel maal või õhus. Akuutne kokkupuude hapnikuvaese keskkonnaga avaldab mõju kõikidele organismi funktsionaalsetele süsteemidele, sealhulgas kesknärvisüsteemile, respiratoorsele süsteemile, kardiovaskulaarsele süsteemile ja lihastele. Kudede tasandil vahendab seda protsessi kiire hapnikuomastamine (Rusko et al., 2004).

Kokkupuude akuutse hüpoksiaga toob endaga kaasa ridamisi muutusi veresoonekonnas - vereplasma mahu vähenemine, hematokriti (vererakkude osa vere üldmahust) suurenemine, hemoglobiini kontsentratsiooni tõusu, punavereliblede arvu tõusu ning vere viskoossuse tõusu. Samuti võib akuutne hüpoksia tuua kaasa muutusi erinevates töövõime parameetrites (VO_{2max} langus, transkriptsiooni faktori HIF-1 esilekutsumise, muutuse laktaadi kontsentratsioonis) (Stray- Gundersen et al., 2009).

Vereplasma maht väheneb mäestikutingimustes kiiresti ja märgatavalt esimese 24–48 tunni vältel kuni 25% (Ööpik, 2007). See on tingitud nii suurenevast vee-eritumisest kui ka tõenäoliselt vee ümberjaotumisest organismisisiselt. Plasmamahu vähenemine suurendab nii erütrotsüütide hulka vere ruumalaühiku kohta kui ka hemoglobiini kontsentratsiooni, mis parandab vere hapniku transportimise võimet. Kuna erütrotsüütide kogumass aga nõnda lühikese ajaga ei muutu, kaasneb plasmamahu vähenemisega ka vere kogumahu vähenemine. Vereplasma vähenemisega muutub ka vere viskoossus suuremaks (Rusko et al., 2004).

Akuutse kõrgmäestiku tingimustega kokkupuutumise tulemuseks on VO_{2max} ja kehalise töövõime langus. Uuringutes on leitud, et iga 1000m akuutse kõrgmäestiku tingimustega kokkupuutumise kohta kaotab sportlane umbes 6% kuni 10% merepinna taseme VO_{2max} -st ja töövõimest (Clark et al., 2007; Fulco et al., 1998; Wehrin ja Hallen, 2006;) (joonis 1). Aeroobse töövõime kahanemine ilmneb tegelikult juba tagasihoidliku, vaid 600m kõrguse juures (Gore et al., 1996). Väga treenitud sportlased on seesuguse akuutse kõrgmäestiku tingimustega kokkupuutumise põhjustatud funktsioonide languse suhtes vastuvõtlikumad arteriaalse hapniku küllastumise tõttu (Clark et al., 2007). Seesugune VO_{2max} langus on vastupidavusaladega tegelevate sportlaste puhul on suuresti tingitud sportlaste väga kõrge südame minutimahust ja kiirest verevoolust kopsudes. Kuna kõrgmäestiku tingimustes on

hapniku ülekande difusioonimäär kopsukapillaarides madalam, ületab kiire verevool kopsudes kopsude difusioonivõime (Levine et al., 2008). Nii vajatakse mistahes absoluutse koormusega sportimise puhul meretasemel vajatavast kõrgemat hapniku tarbimise määra, mille tulemuseks on sportimise suhteline intensiivsus kõrgmäestiku tingimustes kõrgem (Beidleman et al., 2008).



Joonis 1. Maksimaalse hapnikutarbimise (VO_{2max}) protsentuaalne muutus hüpoksia tingimustes kõrge tasemega murdmaasuusatajatel (Wehrlin ja Hallen, 2006).

Kõigis organismi kudedes on eksisteeriv transkriptsioonifaktor, hüpoksia poolt esilekutsuv faktor-1 (HIF-1), mis on üldine hapniku homöostaasi regulaator ning millel on akuutses kardiovaskulaarses ja respiratoorses reaktsioonis hüpoksiale kriitiline roll (Semenza, 2004). Akuutne hüpoksia kutsub esile antud faktori ekspresseerumise. Normaalses hapnikutingimustes on HIF-1 poolestusaeg 5 min, hüpoksiaga kokkupuutumise korral pikeneb see 30min võrra, mis võimaldab HIF-1 stabiliseeruda ja rakkudesse koguneda. Selle tulemusena toimub spetsiifiliste rakkude transkriptsioon.

1.3.2. Krooniline hüpoksia kõrgmäestiku tingimustes

Krooniline hüpoksia on seisund, mille ajal toimub kudedes pidev hapniku hulga langus nädalate, kuude või aasta jooksul (Rusko et al., 2004). Sportlaste pikaajaline viibimine mäestikus loob tingimused kroonilisele hüpoksiale. See protsess on aeglane ja salakaval. Pidev hapnikuvaegus toob kaasa endaga füsioloogilisi muutusi ja võib põhjustada erinevaid probleeme nagu näiteks energia defitsiit (mineraalainete puuduse teke), immuunsüsteemi nõrgenemine, stressi tekkimine, taastumise aeglustumine, ületreeningu ohu tekkimine (Gore et al., 2001; Meehan et al., 2001; Rusko, 1996). Kroonilise hüpoksia tagajärjed nii veresoonkonnas kui töövõime parameetrites, võrreldes akuutse hüpoksiaga, on erinevad. Maksimaalne hapnikutarbimise võime mäestikus viibimisel esialgse märgatava languse järel

küll osaliselt taastub, kuid mitte meretasapinnal saavutatava tasemeni (Amstrong, 2007). Samuti on uuringutes leitud, et laktaadi kontsentratsioon submaksimaalsel ja maksimaalsel tööil langeb kroonilise hüpoksia tingimustes võrreldes akuutse hüpoksiaga (Wagner ja Lundby, 2007).

Pikaajaline kokkupuude kroonilise hüpoksiaga loob eelduse punaste vererakkude hulga ning hemoglobiini massi tõusuks (Wehrin et al., 2006). Kokkuvõtvalt on akuutse ja kroonilise hüpoksia erinevused esitatud tabelis 4.

Tabel 4. Akuutse ja kroonilise hüpoksia poolt tingitud muutused organismi funktsionaalsetele süsteemidele (Rusko et al., 2004; Saunders et al., 2009).

Akuutne ja krooniline hüpoksia kõrgmäestikus		
	Akuutne	Krooniline
Respiratoorne süsteem	Südame löögisageduse tõus Väheneb kopsude difusioon Väheneb hemoglobiini küllastus aste (tase)	Kopsude ventilatsioon stabiliseerub
Süda	Südamelöögisagedus tõuseb Südame minutimaht langeb	Südame minutimaht hakkab tõusma
Veresoonkonna süsteem	Tõstab hematokriti taset Vere viskoossus tõuseb Väheneb vereplasma maht	Väheneb vereplasma maht
Ainevahetus	Tõstab laktaadi kontsentratsiooni submaksimaalsel tööil ja langetab maksimaalsel tööil	Laktaadi kontsentratsioon koormusel võib tõusta
Lihaskude	Muutused tagasihoidlikud	Suureneb mitokondrite arv ja maht. Suureneb kapillaratsioon Tõuseb aeroobsete ensüümide aktiivsus
Töövõime	Maksimaalne hapnikutarbimine langeb	Maksimaalne hapnikutarbimine tõuseb algtasemele tagasi

1.4. Erinevad treeningute liigid mäestikutreeningul

1.4.1. Treening kõrgmäestikus

Mitmenädalase mäestikutingimustes treenimise esmaseks eesmärgiks on erütrotsüütide arvu ja arteriaalse vere hapnikutranspordimise võime suurendamise kaudu suurendada edasitoimetatava hapniku kogust (Rusko et al., 2004). Pikemaajaline hüpoksia tingimustes olemisel kutsub hapniku madal osarõhk esile erütropoetiini (EPO) tootmise neerudes, mis omakorda stimuleerib erütrotsüütide tootmist luuüdis ja annab tulemuseks VO_{2max} tõusu ning seeläbi töövõime suurenemise (Levine ja Stray-Gundersen, 1997; Levine et al., 2005; Stray-Gundersen et al., 2001). Kui kõrgus ja mõõdukal kõrgusel treenimise kestvus on piisavad, tõusevad EPO ja erütrotsüütide tase veres peaaegu kõigil juhtudel (Clark et al., 2009; Levine ja Stray-Gundersen, 1997; Rusko et al., 2003). Pideva, klassikalise kõrgusega kokkupuutumise käigus saavutab vereseerumi EPO 24 kuni 48 h jooksul tipptaseme ja langeb seejärel umbes 1 nädala möödudes baastaseme lähedusse (Hahn ja Gore, 2001). HIF-1 puhul on leitud ka seos EPO-geeni transkriptsiooni reguleerimisega (Wang et al., 1995). HIF-1 aktiveerib mitmeid geene, mis kodeerivad erinevaid organismi kohanemisreaktsioone vahendavaid proteiine. Transkriptsioonifaktori (HIF-1) poolt aktiveerivate parameetrite hulgas on EPO ja raua- transferrin (Sasaki et al., 2000).

1.4.2. Mäestikutreeningu liigid

Vaatamata põhjalike teaduslike uuringute puudumisele on sportlike tulemuste parandamiseks mõeldud kõrgustreening paljudele sportlastele, treeneritele ja spordimeditsiinis töötavatele isikutele suureks huviorbiidiks. Paljud eliitsportlased on kasutusele võtnud vähemasti mõned kõrguse treeningu vormid, mis reeglina annavad konkurentsieelise ning üldise eesmärgiga parandavad kehalist vormi ja sooritusvõimet.

Mäestikus treenimise peamiseks eesmärgiks on muuta organismis verenäitajaid, tõsta organismis hemoglobiini taset, kuid erinevad mäestikutreeningu meetodid ei ole siin ühesuguse efektiga. Mäestikutreeninguid saab vastavalt elamise ja treenimise seiskohalt erinevalt liigitada kolme suuremasse rühma:

1. Ela kõrgel, treeni madalal (LHTL, live high- train low);
2. ela kõrgel, treeni kõrgel (LHTH, live high-train high);
3. ela madalal ja treeni kõrgel (LLTH, live low-train high).

1.4.2.1 Ela kõrgel ja treeni madalal (LHTL)

Sageli kasutatavaks mäestikutreeningu liigiks on „ela kõrgel ja treeni madalal“ (LHTL), kuna see treeningu liik, just tänu kunstlike tingimuste loomise võimalustele alpimaja või alpitelki kasutades, pakub sportlastele eelise kodus treenimiseks.

„Ela kõrgel ja treeni madalal“ (LHTL) on esitatud meetod Levine ja Stray-Gunderseni poolt, eesmärgiga parandada sportlaste sooritust võrreldes klassikalise (LHTH) kõrgustreeningu mudeliga (Robach et al., 2006). LHTL efektiivsuse idee on parimal kujul leidnud teaduslikku tõestust USA-s kaheksakümnendate aastate lõpul ja üheksakümnendate algul. Sporditeadlased Benjamin Levine ja James Stray- Gundersen on tegelenud uuringutega, millest on selgunud, et mäestikus viibimise toime ja samaaegne treenimine mere tasapinnale lähedastel kõrgustel andsid töövõime tõusule vastupidavusaladel oluliselt suurema efekti traditsioonilise keskmäestikulaagris (1800m-2200m) harjutamisega võrreldes (Wilber, 2011). Selle seletus ühelt poolt on vere hapniku transpordivõime tõus hüpoksia toimel, kuna mere tasapinnal harjutades saab samas tunduvalt efektiivsemalt koormata tugi-liikumisaparaati ehk treenida kvaliteetsemalt võrreldes kõrgmäestikus viibides. „Ela kõrgel, treeni madalal“ skeemi rakendamiseks on kaks võimalust: laskuda igaks treeninguks mäestikulaagrist mere tasapinnale harjutama või kasutada kodustes tingimustes ehk mere tasapinna kõrgusel kunstlike tingimuste loomist (elada kõrgel) ja treenida siis enda tavapärastes treeningkohtades. Käesoleval ajal on kunstlike mäestikutingimuste loomisel kaks peamist vahendit: alpimaja ja alpitelk.

Alpimaja juured ulatuvad meie põhjanaabriteni Soome. 1990ndal aastal spordifüsioloog Heikki Rusko poolt välja töötatud ja kasutusele võetud „lämmastik-maja“, oli eelkõige võimalus tagada Soome eliitsportlastele treenimine kodus LHTL tingimustes. Alpimaja võimaldab sportlastel treenida harjumuspärases keskkonnas, kuid nende eluruumides luuakse mäestikuoludele vastavad atmosfääritingimused kunstlikult vastavat aparatuuri kasutades (Levine ja Stray-Gundersen, 1997). Tänapäeval on alpimaja kasutusele võetud paljude spordialade treeningus simuleeritud mäestikuefekti saavutamise vahendina, mis on treeningu efektiivsust mõjutav lisaärritaja, kus mõjurina toimib hüpoksia efekt. Nagu looduslike mäestikutingimuste puhulgi, teostub see mõju vereloomet kiirendava tegurina, mõjutades erütropoetiini rohkemat sünteesi. Alpimaja kujutab endast reguleeritava õhu koostisega ruumi,

millest filtreeritakse vastava kompressorseadme ja membraanifiltrite abil õhuhapnikku vähemaks, suurendades seeläbi lämmastiku osarõhku. Seega, tinglikult võib alpi toas valitsevaid tingimusi, seda aga siiski ainult sissehingatava õhu koostises oleva hapnikuprotsendi alusel e. hüpoksia seisukohalt, samastada viibimisega mäestikutingimustes teatud kõrgusel.

Tabel 5 (1). Erinevates uuringutes leitud „ela kõrgel-treeni madalal“ (LHTL) treeningute efektid maksimaalsele hapnikutarbimisele ja erinevatele biokeemilistele parameetritele.

	LHTL looduslikul tingimusel ja kunstlikult simuleeritud	Periood	Vaatlusalused	VO_{2max}	Biokeemilised parameetrid
Levine & Stary-Gunderse n (1997)	Elamine 2500m ja treenimine 1250m kõrgusel	4 nädalalt	13 üliõpilaskjooksjat	+5%	RCM +9%
Dehnert et al. (2002)	Elamine 1956m, treenimine 800m	2 nädalat	11 eliit triatleeti	-	-
Wehrlin et al. (2006)	Elamine 2500m, treenimine 1000m-1800m	24 päeva	10 eliit orienteerujat	+4%	RCM +5%
Wehrlin ja Marti (2005)	Elamine 2456m, treenimine 1800m	26 päeva	2 šveitsi maailmaklassi jooksjat		Hgb mass +3,9% /+7,6% RCV+ 5,8%/6,3%
Robach et al. (2006)	Elamine 2500m, 3000m,3500m ja treenimine 1200m	18 päeva	6 suusatajat	-	HCT + 2,3% HGB +0,4% Punaste vereliblede arv +0,3% EPO +3,8% (p<0,05)
Robertson et al. (2010)	Elamine 3000m ja treenimine 600m	2x 3 nädalane blokk	8 mees- ja naisjooksjat	+2,1%	Hgb mass +2,8%
Rusko et al. (1995)	Elamine 2500m ja treenimine meretasapinnal	14 päeva	6 eliit naismurdmaasuusatajat	-	EPO +31% Retikulotsüüdid +50%
Rusko et al. (1999)	Elamine 2500m ja treenimine meretasapinnal	25 päeva	12 mees ja nais vastupidavus sportlast	+5%	EPO +60% RCM +5%

EPO- Erütropoetiin; RCM- punavereliblede mass; HCT- hematokrit; HGB- hemoglobiin; RCV- punaste vereliblede maht

Tabel 5 (2). Erinevates uuringutes leitud „ela kõrgel-treeni madalal“ (LHTL) treeningute efektid maksimaalsele hapnikutarbimisele ja erinevatele biokeemilistele parameetritele.

Laitinen et al. (1995)	Elamine 2500m ja treenimine meretasapinnal	20-28 päeva	7 hästi treenitud meesjooksjat	-	EPO +84% RCM +7%
Piehl-Aulin et al. (1998)	Elamine 2700m ja treenimine meretasapinnal	10 päeva	9 meest ja naist vastupidavussportlast	-	EPO +85% Retikulotsüüdid +38%
Mattila et al. (1996)	Elamine 3000m ja treenimine meretasapinnal	11 päeva	5 eliit meesjalgratturit	-	EPO +47% Retikulotsüüdid +98%
Ashenden et al. (1999)	Elamine 2650m ja treenimine meretasapinnal	12 päeva	6 eliit naisjalgratturit	-	-

EPO- Erütropoetiin; RCM- punavereliblede mass; HCT- hematokrit; HGB- hemoglobiin; RCV- punaste vereliblede maht.

1.4.2.2 Ela kõrgel ja treeni kõrgel (LHTH)

Ela kõrgel ja treeni kõrgel (LHTH). Sellist mäestikutreeningu meetodikat võib nimetada klassikaliseks kõrguse treeninguks, kus sportlased elavad ja treenivad 1500m - 3000m kõrgusel. Sellise treeningu liigi peamiseks eesmärgiks on tõsta sooritusvõimet meretasapinnal (Friedmann-Bette, 2008). Hüpoksia poolt põhjustatud suurenenud erütropoesist tingitud hemoglobiini kogumassi (HGM) ning vere punaliblede arvu tõusu peetakse kõrgustreeningu järgse aeroobse sooritusvõime tõstmise võtmeteguriks. Uuringus on täheldatud, et elamine ja treenimine kõrgel toob kaasa muutused lihaskoes (Mizuno et al., 1990; Saltin et al., 1995). Mizuno et al. (1990) ja Saltin et al. (1995) märkasid lihaste puhverdusvõime tähelepanuväärset tõusu tippmurdmaasuusatajate sääremarjalihastelt ja õlavarre 3-pealihasele võetud biopsiates, pärast kahe nädalast elamist ja treenimist 2000m kõrgusel. Samas võib öelda, et neid muutusi on vähe uuritud ja otsesest seost töövõime paranemisega on hetkel raske hinnata. Treeningu meetodika LHTH kohta on kirjanduses mitmeid uuringuid (Bailey ja Davies, 1997; Gore et al., 2001; Mizuno et al., 1990; Rahkila ja Rusko, 1982; Saltin et al., 1995; Stray-Gundersen et al., 1999; Svedenhag et al., 1997; Rusko et al., 1996). Paraku on tulemused uuringute lõikes vasturääkivad ja mingist kindlast mäestikutreeningu efektist selle meetodika puhul rääkida ei saa, sest uuringu gruppides esinesid väga erinevad individuaalsed reaktsioonid mäestikutreeningu puhul.

1.4.2.3 Ela madalal ja treeni kõrgel (LLTH)

Ela madalal ja treeni kõrgel (LLTH) on üks elamise-treenimise võimalusi mäestikutreeningus, mida kasutavad paljud eliitsuusatajad oma treeningsessioonil. Sellise treeningu meetodiga elatakse reeglina 600m- 1200m kõrgusel ja treeningud viiakse läbi 2500m- 3000m kõrgusel merepinnast. Rääkides suusatamise mäestikutreeningust, aetakse sageli segamini selle põhimõtet, mida taoteldakse mäestikutreeninguga- treenimine kõrges, eesmärgiga verenäitajate paranemine või suustamine kõrgel liustikul. Paljud suusatajad kasutavad treenimiseks varianti „ela madalal ja treeni kõrgel“ sügisesel ettevalmistusperioodil (Anttila ja Roponen, 2008). Eesti suusatajad kasutavad sellist harjutamise viisi vähemalt korra aastas. Treeninglaager viiakse läbi nende ühes tuntuimas treeningpaigas, Ramsaus. Elamispaik on 1000m- 1200m kõrgusel ja treenimas käiakse 2700m kõrgusel liustikul. Olenevalt treeningu iseloomust viibitakse üleval liustikul keskmiselt 2 kuni 3 tundi. Treeninglaagri eemärgiks on just viia läbi erialased treeningud heades tingimustes, kuna efektiivsete erialatreeningute jaoks püütakse otsida võimalikult häid tingimusi suusatamiseks. Samuti annab piltilusal alpimaastikul treenimine hingelist jõudu ja värskendust.

On viidud läbi mitmeid uuringuid tõestamaks, et sellise meetodi kasutamine toob kaasa muutuseid vereparameetrites, kuid on ka vastuolusid. “Madalal elamise – kõrguses treenimise” puhul ei piisa sageli treeningsessioonide ajal hüpoksiliste tingimustega kokkupuutumisest hematoloogiliste näitajate muutuste esilekutsumiseks (Vogt ja Hoppeler, 2010), ehk võib öelda, et hüpoksia mõju on suhteliselt madal ning hemoglobiini kontsentratsioon ei muutu reeglina oluliselt “madalas elamise – kõrgusel treenimise” puhul. Samuti ei leitud Hoppeleri et al. (2008) poolt analüüsitud uurimustes muutusi vere maksimaalses laktaadi kontsentratsioonis ega südame löögisageduses hüpoksilistes ega tavatingimustes treenimise puhul LLTH tingimustes. Siiski väidavad LLTH pooldajad, et meretasapinnalise treeningu jooksul võib üks peamisi treeninguga seonduva kohanemise stiimuleid olla kudede hüpoksia (Rusko et al., 2004). Arvatakse, et viies treeninguid läbi hüpoksilistes tingimustes, alaneb hapniku osaline rõhk lihaskudedes veelgi ning annab seega täiendava treeningstiimuli ja suurendab treeningtulemuse ulatust. Geeniekspressiooni uurimine mRNA-s või lihaskoe proteiinitasemes näitas, et hüpoksia kutsub esile järsu rakulise vastuse hüpoksiat mõjutava teguri (HIF) kaudu (Lundby et al., 2012). Kuid teisalt Lundby et al. (2012) on arvamusel, et LLTH ja vahelduv hüposkililne hingamine puhkeajal ei suurenda vastupidavusvõimet kui normoksia ehk siis mere tasapinna tingimustes treenimine. Madalal.

elamisel ja kõrgel treenimisel on ka omad negatiivsed pooled lisaks oluliselt väiksemale mõjule adaptatsioonis vastupidavustreeningutele. Selline treeningu liik on suhteliselt kulukas ja võtab palju aega. Lisaks on see sportlastele suhteliselt ebamugav, kuna nad peavad kiirelt kohanema lühiaegse tõusuga kõrgustele ja pärast harjumuspärasele kõrgusele alla tulekuga.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et hüpoksia tingimustes viibimine, erinevate kasutatavate meetodide puhul, omab positiivset mõju funktsionaalsetele parameetritele. Uuringud toetavad mäestikutreeningu liiki "ela kõrgel- treeni madalal" ning "ela kõrgel ja treeni kõrgel" meetodi kasutamist. Uuringutes välja tulnud andmed viitavad, et LHTL meetodi kasutamine nii looduslikul tingimustel kui ka kunstlikel tingimustel viivad vere biokeemiliste parameetrite märkimisväärsele tõusule. Kuid siinkohal peab märkima, et individuaalsed reaktsioonid on olnud vägagi erinevad.

Kuna kirjanduses leidub vähe uuringuid LLTH treeningu meetodi kohta, võrreldes teiste mäestikutreeninguliikidega, siis individuaalsuse efekt mäestikus, on peamisi aspekte läbivas töös. Ela madalal ja treeni kõrgel (LLTH), kui üks lihtsam võimalus hüpoksilise intervetsiooni teostamiseks, on näiteks läbi viidud Levini poolt (Lundby et al., 2012). Uuringu käigus ei täheldatud soorituse paranemist pärast 5-nädalast suure intensiivsusega hüpoksilist (15,3% O₂) treeningut. Ela madalal ja treeni kõrgel (LLTH) meetodi puhul on võetud väga skeptiline hoiak- kuna muutused biokeemilistes parameetrites on olnud väikesed või olematud. Siiski on oluline ära märkida, et selle treeningu vahendi puhul on mäestikuefekt tõenäolisemalt väiksem, kui LHTL või LHTH puhul, siis on ka positiivsete nihete leidmine grupi tasandil suhteliselt keerukas.

1.5 Erinevad andmeanalüüsi võimalused individuaalanalüüsi puhul.

Enamik spordi töövõime uuringuid on teostatud, kasutades vaatlusaluste grupe, mille käigus vaatlusaluseid uuritakse ühes või mitmes ajapunktis. Samuti on kasutusel ka gruppidevahelised võrdlused (kontrollgrupp ja sekkumise grupp). Selliste uuringudisainide miinuseks on, et individuaalsel tasemel võivad intervetsiooniefektid olla vägagi erinevad ning grupi "keskmise tulemuse" alusel järelduste tegemine individuaalsportlase reaktsioonile on piiratud – järeldused kehtivad pigem "keskmise sportlase" kohta. Individuaaluuringu eesmärgiks on

ühe või väga väheste vaatlusaluste puhul hinnata sõltuva parameetri (töövõime, vereparameetrid jne.) muutust erinevates ajapunktides ning hinnata teatava sekkumise mõju (Kinugasa et al., 2004).

Individuaalandmete analüüsiks on mitmeid võimalusi (ülevaade Kinugasa et al., 2004), mis sõltuvad uuringu disainist ja andmete kogumise eripärast. Kõige levinumaks individuaalanalüüsi meetodiks on visuaalne analüüs (Bobrovich ja Ottenbacher, 1998; Mattacola ja Lloyd, 1997; Rowbottom et al., 1998). Visuaalset analüüsi kasutatakse peamiselt siis, kui sõltuvas muutujas on mittelineaarsed erinevused erinevate ajapunktide vahel.

Statistiline olulisus individuaalanalüüsi puhul viitab võimalikkusele, kas interventsiooni tegelik efekt oli ka usutav (Kinugasa et al., 2002). Näiteks, püütakse uurida, kas mingi uus treeningmeetod võrreldes traditsioonilise treeningmeetodiga omab paremat efekti. Sellisel juhul annavad statistilised meetodi võimaluse hinnata, kas sportlase töövõime muutus on tingitud uue treeningmetoodika kasutuselevõtust. Üheks selliseks võimaluseks on autokorrelatsiooni kasutamine. Autokorrelatsiooni puhul arvutatakse seos esimese ja teise andmepunkti, esimese ja kolmanda andmepunkti jne., kuni eelviimane andmepunkt on võrreldud viimase andmepunktiga.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Mäestikutreeningu teema aktuaalsust kinnitab asjaolu, et teaduskirjanduses on küll andmeid kõrgusel treenimise mõjust vastupidavussportlastele, kuid ainuüksi suusatajaid iseloomustavaid andmeid leidub vähe. Samuti on treenerid teadvustanud mäestikutreeningu võimaliku positiivse efekti, kuid teadmisi napib, kuidas seda läbi viia selliselt, et tagataks positiivne efekt töövõimele, eriti oluline on silmas pidada individuaalset reaktsiooni mäestiku treeningule.

Töö eesmärgiks on uurida, kuidas mõjub mäestikutreening kõrge tasemega individuaalsportlasele. Lähtudes töö eesmärgist püstitati järgnevad ülesanded:

1. Uurida murdmaasuusataja treeningmahtu, läbitud kilometraaži ning vereparameetreid kaheksa nädalase treeningperioodi eelselt, ning sellele järgnenud mäestikulaagrit ja hinnata vaatlusaluse suusataja vereparameetrite muutusi enne laagrit ja peale laagrit.
2. Hinnata vaatlusaluse murdmaasuusataja treeningmahtude ja kilometraaži seost vereparameetrite näitajatega enne mäestikulaagrit.
3. Hinnata vaatlusaluse suusataja mäestikutreeningu mõju vereparameetritele ja töövõimele peale mäestikulaagrit.

3. METOODIKA

3.1 Vaatlusalused

Käesoleva uurimustöö on oma olemuselt üksikjuhtumi uuring (case study). Uurimuses käsitletakse mäestikutreeningu liiki elu madalal ja treeni kõrgel (LLTH, live low – train high), kui ühte potentsiaalset treeningvahendit, mida murdmaasuusatajad oma treeningutes väga sageli ja regulaarselt kasutavad.

Antud magistritöö vaatlusaluseks oli kõrgelt treenitud Eesti naismurdmaasuusataja, kelle treeningstaaž uuringu alguses oli 7 aastat. Kuna tegemist on individuaalandmetega, siis selle uurimuse tarbeks ei küsitud Tartu Ülikooli eetika komitee luba. Vaatlusaluse peamised antropomeetrilised parameetrid kolmel erineval hooajal on esitatud tabelis 6.

Tabel 6. Naismurdmaasuusataja peamised antropomeetrilised ja funktsionaalsed parameetrid läbi kolme hooaja.

	2009/2010	2010/2011	2011/2012
Vanus	20	21	22
Pikkus	173	172	172,8
Keha mass	61,9	62,8	63
VO_{2max} l/min	4,011	4,007	3,711
VO_{2max} l/min/kg	64,8	63,8	58,9
FIS punktid (distant)	141,95	212,21	319,52
FIS punktid (sprint)	241,28	334,96	343,48

3.2 Uuringu korraldus

Antud uurimistöös on vaatluse all kaks erinevat treeningperioodi (mäestikutreeningule eelnev periood ja mäestiku treeningtsükkel) kolmel järjestikusel hooajal. Vaatluse all oli 8 nädalane treeningtsükkel mäestikulaagri eelselt ning sellele vahetult järgnev mäestikulaager Ramsaus, kus treeningud toimusid 1200m- 2700m kõrgusel ning elamine 1100m kõrgusel. Vaatlusaluse treeningmahud ja kilometraaž on võetud tema treeningpäevikute detailse analüüsi põhjal ajavahemikus 2009 - 2011.

Sportlase organismi seisundit iseloomustavaid andmeid määrati Tartu Ülikooli spordimeditsiini ja taastusravi kliinikus, korralise meditsiinilise testimise käigus, kasutades traditsioonilist kasvavate koormustega testi liikurrajal ehk jooksulindil. Koormustestide protokoll oli igal aastal üks ja sama. Koormust tõsteti astmeliselt 2 - 3min kaupa kuni suutlikkuseni. Igal koormusastmel mõõdeti pulsisagedust, vererõhku, hingamisnäitajaid ning vere laktaadi kontsentratsiooni. Vastupidavuse taseme määramiseks mõõdeti maksimaalne hapnikutarbimine, anaeroobne lävi ja aeroobne lävi.

Treeningu koormuse arvutamisel kasutati Esteve-Lanao et al. (2007) poolt kasutatud kolmel intensiivsustsoonil põhinevat meetodit. Selle kohaselt määrati vaatlusaluse kõige madalamaks intensiivsustsooniks treeningud, mis sooritati kuni aeroobse läve pulsini (tsoon 1), nn – madala laktaadi kontsentratsiooni tsoon. Treeningud aeroobse ja anaeroobse läve vahelises tsoonis moodustasid, nn – laktaadiga kohanemise tsooni (tsoon 2) ning treeningud kõrgemal pulsil kui anaeroobne lävi (tsoon 3), nn – laktaadi kuhjumise tsoon. Suusatamise treeningu kohaselt moodustavad antud tsoonid vastavalt põhivastupidavustsooni (PV), erialase vastupidavuse tsooni (EV) ning spetsiaalvastupidavuse tsooni (SV) (Anttila ja Roponen, 2008). Koormuse arvutamisel kasutati Garmin pulsikellaga kogutud treeningute pulsisagedust, kasutades “time-in-zone” meetodit (Seiler ja Kjerland, 2006). Selle kohaselt salvestatakse iga südamelöögisagedus eelpoolkirjeldatud treeningtsooni ning akumuleeritud treeningu maht igas treeningtsoonis korrutatakse läbi vastavalt tsooni numbrile. Näiteks, kolmetunnise treeningu, mille puhul sportlane viibis madala laktaasi kontsentratsiooni tsoonis 130 min ja laktaadi kohanemise tsoonis 60 min, annab kokku $130 \times 1 + 60 \times 2 = 250$ koormusühikut. Garmin pulsikella treeningprogrammis oli võimalik määrata ka treeningul läbitud kilometraaži. Antud uurimuses sisalduvad üldise kilometraaži all järgmiste spordialade kilometraažid: jalgratas, suusatamine, rullsuusatamine, sõudmine, imitatsioon, jooksmine.

Puhkeoleku vereproov näpuotsa kapillaarverest võeti laboratoorsetes tingimustes enne laagrit (8 nädalat enne ning vahetult laagrisse mineku eel). Samuti võeti vereproov 1 päev peale mäestikulaagrit. Vereproovist määrati kliinilise vere parameetrid (hemoglobiin, punaste vereliblede hulk, valgete vereliblede hulk ning hematokrit). Vereproovi andmeid määrati Otepää Tervisekeskuse laboris.

Vaatlusaluse distantisi FIS-i punktid arvutati vastavalt Rahvusvahelise suusaliidu poolt kehtestatud FIS punktide arvutamise reeglitele (FIS Point rules, 2013). Punktid arvutati sportlase 5 parema võistluse keskmise tulemuse põhjal, viimase 12 kuulisel perioodil. Sprindi FIS-i punktid 5 sprindi võistluse keskmise tulemuse põhjal, viimase 12 kuulisel perioodil. Kui aga 12 kuu vältel oli vähem kui 5 võistlust, siis vastavalt võistluste arvule korrutati võistluste arvu keskmise koefitsendiga (FIS Point rules, 2013).

3.3 Andmete statistiline töötlus

Andmete statistiliseks analüüsiks kasutati arvutiprogrammi IBM SPSS 20.0 ja Microsoft Excel. Kõikide saadud parameetrite osas määrati aritmeetiline keskmine ja standardhälve. Kõikide näitajate omavaheliste seoste hindamiseks kasutati autokorrelatsioonianalüüsi Durbin-Watsoni testi, seejuures loeti olulisuse nivooks $p < 0,05$. Kasutati AB ja ABA (laiendatud AB mudel) põhilist mudelit, mille eesmärk on tuua välja üksiksportlase mõõtmistulemused enne ja peale mäestikutreeningut ning mäestikutreeningul (Kinugasa et al., 2004). Durbin-Watson testi puhul näitavad testi olulisust d statistiku väärtused. Kui statistika on vahemikus 1,5-2,5, loetakse seos mitteoluliseks. Samuti kasutati tulemuste analüüsil vaatlusmeetodit, kui kõige levinumat andmeanalüüsimeetodit nn. single-case disaini puhul (Kinugasa et al., 2004).

4.TÖÖ TULEMUSED

4.1 Treeningute struktuuriline ülesehitus

Vaatlusaluse peamised treeningute parameetrid kolme hooaja jooksul mäestikutreeningu eelselt on esitatud tabelis 7 ning mäesikutreeningu parameetrid tabelis 8.

Tabel 7. Vaatlusaluse treeningkoormuste struktuur, treeningmahud (min), kilometraaž 1-4 ja 5-8 nädalat enne laagrit, keskmine treeningmaht (min) ja kilometraaž 8 nädala vältel.

	2009/2010			2010/2011			2011/2012		
	1-4	5-8	Kesk	1-4	5-8	Kesk	1-4	5-8	Kesk
PV (min)	3487	3098	823	3103	3634	842	3191	2662	731
EV (min)	232	286	64	247	278	65	176	236	51
SV (min)	27	4	3	4	7	1	1	11	1
Kilometraaž	680,5	501	147,7	536	566	137,5	434	265,5	87,4

PV- põhivastupidavustsoon; EV- erialane vastupidavuse tsoon; SV- spetsiaalvastupidavuse tsoon; Kesk- nädala keskmine treeningute maht.

Tabelis on näha vaatlusaluse treeningmahud ja läbitud kilometraaž 1-4 ja 5-8 nädalat enne mäestikulaagrit ning samuti nende keskmine 8 nädala vältel. Treeningmahus PV tsoonis ehk põhivastupidavus tsoonis minutites on (hooaegadel 2009/10, 2010/11 ja 2011/2012) keskmised nädalamahud olnud suhteliselt sarnased, kuid nädalate lõikes esinevad suuremad erinevused 2009/10 hooajal, mil nädalate 1-4 jooksul oli maht PV tsoonis oluliselt suurem. Läbi kolme hooaja võib öelda ka, et EV tsoonis tehtud töö oli suhteliselt sarnane 2009/10 ja 2010/11 hooajal (keskmise nädala mahu erinevus ainult 1 minut) Samuti esinevad erinevused läbitud kilometraažis mäestikulaagri eelses treeningtsükklis. Kui 2009/10 ja 2010/11 mahud on võrreldavad, siis 2011/12 hooajal on toimunud keskmises kilometraažis oluline langus. See seletab asjaolu, et sportlane kurtis kohati väsimust ja seega võeti sellega risk maha ning vähendati sportlasel treeningmahtusid. Kilometraaž on seoses sportlase treeningmahuga- mida

ajaliselt pikemad treeningud, seda ka sportase kilometraaž kõrgel. Sportlase hinnangul näitab indiviidi enesetunne ja tema taluvus aeroobse ja anaeroobsel tsoonil, kui kiiresti ta trennis liigub ja palju ta kilometraaži läbib.

Tabel 8. Vaatlusaluse treeningmahud (min) ja kilometraaž mäestikulaagris.

	2009/2010	2010/2011	2011/2012
PV (min)	4685	5020	3441
EV (min)	265	254	84
SV (min)	0	0	0
Kilometraaž	742	775,5	494,5

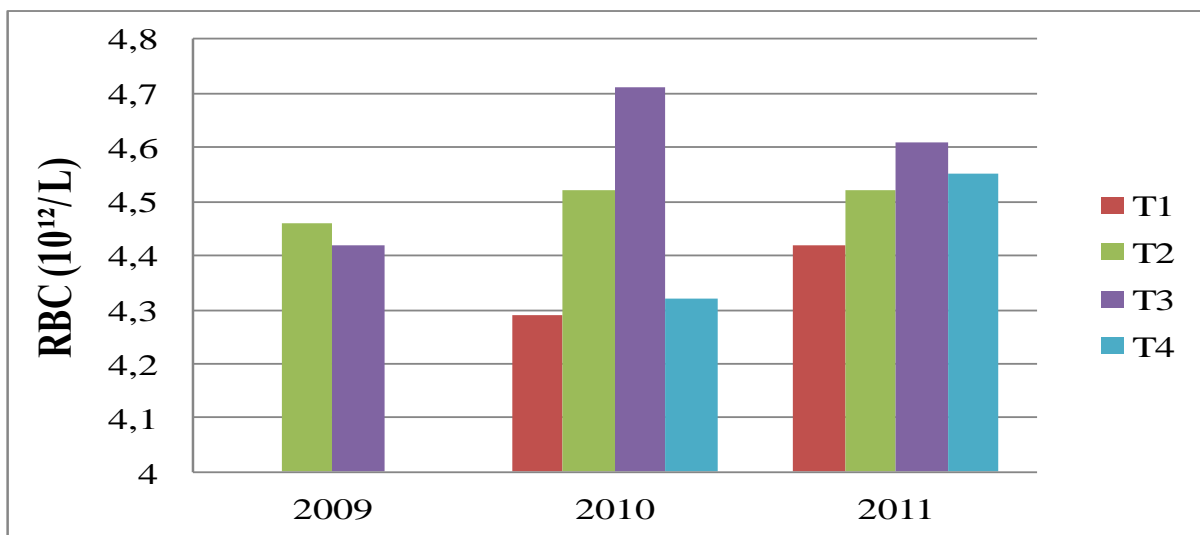
PV- põhivastupidavustsoon; EV- erialane vastupidavuse tsoon; SV- spetsiaalvastupidavuse tsoon.

Võrreldes uuritava kõige varasema hooaja ehk 2009/10 on treeningmahud PV tsoonis suurenenud esimese 2 hooaja vältel kuid viimasel hooajal on näha PV tsoonis treeningute selget langust mäestikulaagris. Treeningud EV tsoonis on võrreldes kahel esimesel hooajal suhteliselt sarnased, kuid langenud hooajaks 2011/12 kõigest 84 minutini. Samuti kajastavad laagri jooksul läbitud kilometraaž üsna hästi PV ja EV tsoonides oldud aega, olles oluliselt langenud 2011/2012 hooajal. Mäestikulaagris SV tsoonis treeninguid ei tehtud mitte ühelgi vaadeldud hooajal. Hooaja 2011/12 mäestikulaagris kurtis sportlane väsimust, mis peegeldus, et erialaseid jõutreeninguid ei suutnud ta vastavalt tavapärasele meetodile teha. Samuti plaanipärased treeningud mahuliselt pidi võtma vähemaks, kuna sportlane polnud võimeline kauem tegema.

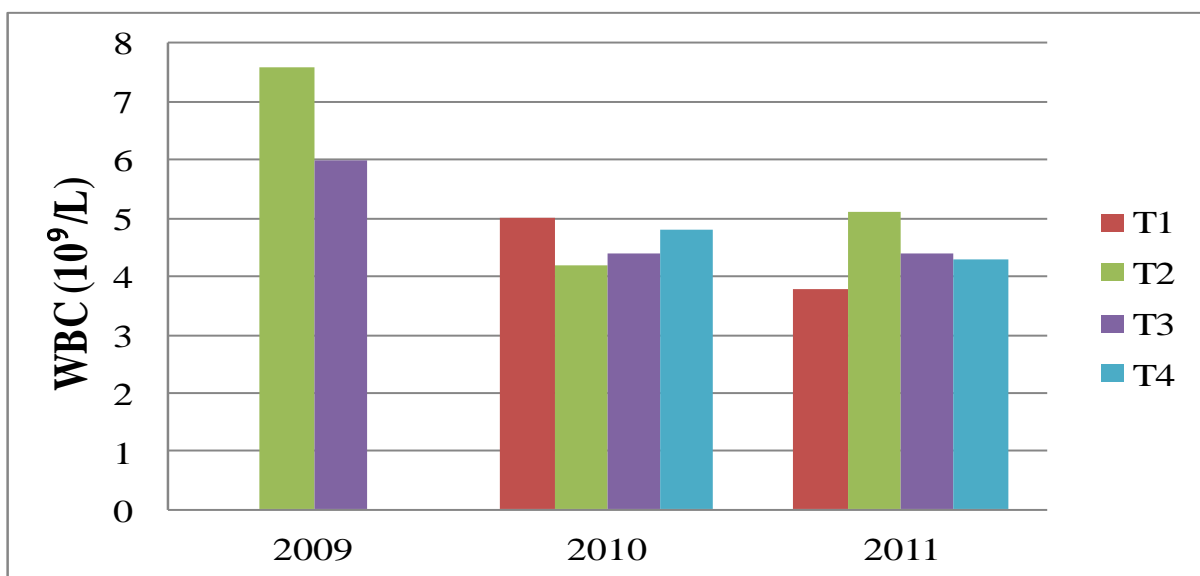
4.2 Vere kliinilised parameetrid

8 nädalase treeningtsükli ja sellele järgnenud mäestikulaagri jooksul võetud erinevate vereparameetrite tulemused on esitatud joonistel 2, 3, 4, 5, 6.

Erütrotsüütide ehk punaverelibledede arvus (joonis 2.) on toimunud muutused. 2010. aasta mäestikulaagri ja 2011. aasta laagri RBC hulk, peale laagrit võetud veri T3, on suurenenud võrreldes enne võetud verega koguni 4,43-lt 4,52 $10^{12}/L$ ulatudes 5 %-ni. 2009. aasta ja 2010. aasta laagri analüüside tulemustes olid muutused väiksemad ning 2009 aastal oli RBC hulk hoopiski langenud võrreldes vahetult mäestikulaagrieelse perioodiga. Kuid võrrelda pikemat mäestikulaagrieelse perioodi RBC arvu ja peale mäestikulaagrit võetud vereprooviga T3 ja T4, on RBC hulk jäänud siiski kõrgemaks kui testimisel punktis T1.



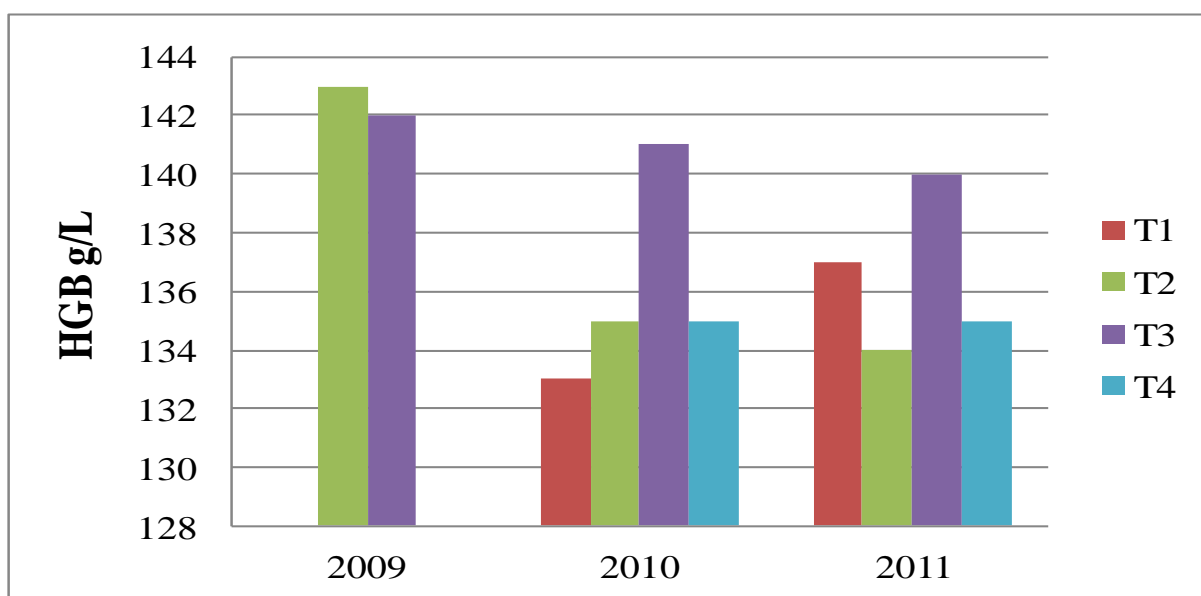
Joonis 2. Punavereliblede (RBC) arvu muutus 8 nädalase treeningtsükli ja sellele järgnenud mäestikulaagri jooksul. T1- 2 kuud enne mäestikulaagrit võetud veri; T2- 2 nädalalt enne mäestikulaagrit; T3- koheselt peale mäestikulaagrit võetud veri ja T4- 2 nädalat peale mäestikulaagrit võetud veri.



Joonis 3. Valgevereliblede (WBC) arvu muutus 8 nädalase treeningtsükli ja sellele järgnenud mäestikulaagri jooksul. T1- 2 kuud enne mäestikulaagrit võetud veri; T2- 2 nädalalt enne mäestikulaagrit; T3- koheselt peale mäestikulaagrit ja T4- 2 nädalat peale mäestikulaagrit võetud veri.

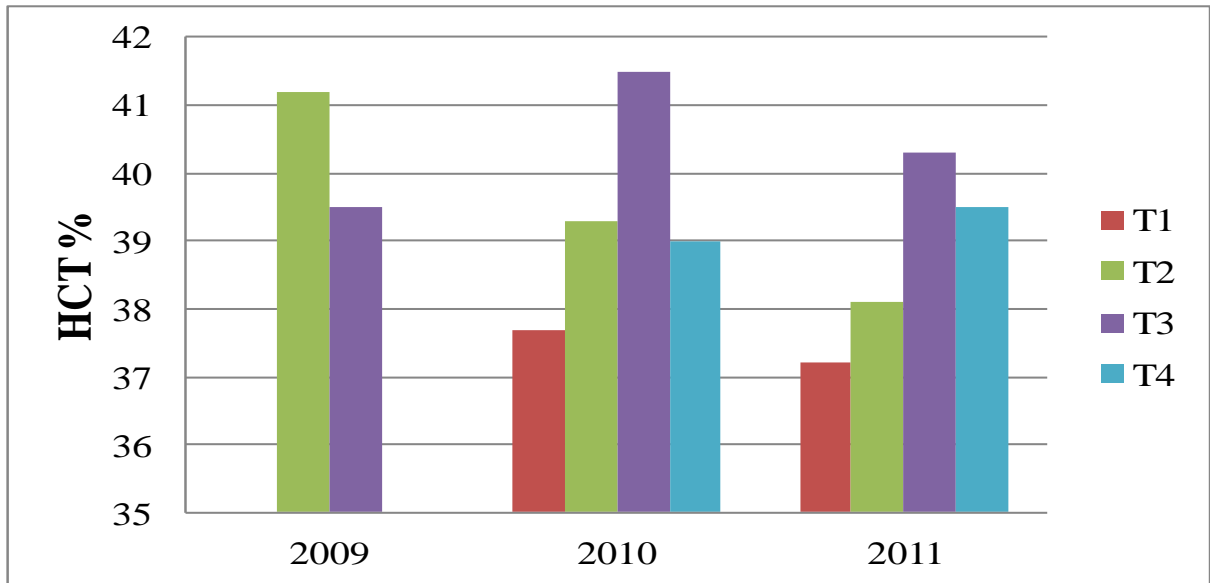
Valgevereliblede (WBC) arvus olulisi muutusi mäestikulaagri tagajärjel ei toimunud. Joonisel on näha, et 2010. aasta ja 2011. aasta valgevereliblede hulk üldiselt ei muutu. Samas kui 2009. aasta tulemustes on valgevereliblede hulk olulisel määral alanenud.

Hemoglobiini kontsentratsioonis (joonis 4) on näha stabiilset tõusutrendi peale mäestikulaagrit võetud T3 verenäidu, vähem T4 verenäidu suhtes. Erinevate hooegade hemoglobiini kontsentratsiooni tase peale mäestikulaagrit võetud T3 veri on tõusnud keskmiselt 6-7 ühiku võrra, võrreldes enne laagrit. 2010. aastal peale mäestikulaagrit võetud T3 vere hemoglobiini tase on suurenenud 133 g/L 148 g/L-i, mida võib pidada väga oluliseks muutuseks. T4 ehk siis 2 nädalat peale laagrit võetud veri näitab hemoglobiini kontsentratsiooni langust ehk siis HGB-i näit on langenud samale tasemele T2 verrega.



Joonis 4. Hemoglobiini kontsentratsiooni muutused 8 nädalase treeningtsükli ja sellele järgnenud mäestikulaagri jooksul. T1- 2 kuud enne mäestikulaagrit võetud veri; T2- 2 nädalalt enne mäestikulaagrit, T3- koheselt peale mäestikulaagrit ja T4- 2 nädalat peale mäestikulaagrit võetud veri.

Aastal 2009 on mäestikulaagri tagajärjel hemoglobiini kontsentratsioon hoopiski langenud, jäädes laagri lõpu testimisel siiski samasse suurusjärku kui 2010. ja 2011. aasta mäestikulaagrijärgne hemoglobiini kontsentratsioon. 2009. aastal kõrge vere hemoglobiini tase enne mäestikulaagrit võib olla seotud sportlase treeningstruktuurist.



Joonis 5. Hematokriti (HCT) protsendilise väärtuse muutused 8 nädalase treeningtsükli ja sellele järgnenud mäestikulaagri jooksul. T1- 2 kuud enne mäestikulaagrit võetud veri; T2- 2 nädalalt enne mäestikulaagrit; T3- koheselt peale mäestikulaagrit võetud veri ja T4- 2 nädalat peale mäestikulaagrit võetud veri.

Hematokriti näitajad kahel viimasel aastal koheselt peale laagrit ehk T3 veri on paranenud võrreldes enne laagrit T2 võetud verega keskel läbi 2,3% ja võrreldes T1 võetud verega 3,45%. Seejärel võetud T4 veri on langenud, kuid siiski võrreldes T1 verega on vastav näitaja siiski kõrgem. Erandiks võib tuua 2009. aastat, kus hematokriti väärtuses on toimunud hoopis paari protsendiline langus.

Lisaks analüüsiti käesolevas magistritöös mäestikutreeningu võimalikku mõju merepinnal ja mäestikutingimustes sooritatud treeningute ning vereparameetrite omavahelisi seoseid, kasutades autokorrelatsiooni meetodit (tabel 9 ja 10).

Tabel 9. Merepinnal treeningute ja vereparameetrite (A- valgeverelibled ja punaverelibled; B- hemoglobiin, hematokrit) vahelised seosed.

A

	Valgeverelibled (WBC)				Punaverelibled (RBC)			
	R ² x100	B	p	Autocorrel (Durbin-Watson)	R ² x100	B	p	Autocorrel (Durbin-Watson)
PV (min)	93,4	-0,002	0,034	1,347	0,5	<0,001	0,927	1,260
EV (min)	36,5	-0,015	0,396	1,034	15,7	<-0,001	0,604	1,335
SV (min)	0,7	-0,013	0,914	1,503	21,0	0,002	0,541	1,353
Koormus	87,5	-0,002	0,065	1,027	1,1	<-0,001	0,896	1,269
Km	16,6	-0,003	0,593	1,081	9,7	<-0,001	0,688	1,403

PV- põhivastupidavustsoon; EV- erialane vastupidavuse tsoon; SV- spetsiaalvastupidavuse tsoon.

B

	Hemoglobiin (HGB)				Hematokrit (HCT)			
	R ² x100	B	p	Autocorrel (Durbin-Watson)	R ² x100	B	p	Autocorrel (Durbin-Watson)
PV (min)	62,2	-0,005	0,211	1,054	12,9	0,001	0,641	1,564
EV (min)	5,9	-0,019	0,758	0,952	7,6	0,006	0,724	1,429
SV (min)	2,1	0,071	0,855	1,405	2,5	0,023	0,841	1,763
Koormus	51,8	-0,004	0,280	0,925	7,3	0,001	0,731	1,463
Km	0,0	<-0,001	0,986	1,124	18,6	0,003	0,568	1,760

PV- põhivastupidavustsoon; EV- erialane vastupidavuse tsoon; SV- spetsiaalvastupidavuse tsoon.

Mere tasapinnal treeningparameetrite ning erinevate vereparameetrite vahel ühtegi usutavat seost ei leitud. Ilmnes küll positiivne seos ($p=0,034$) põhivastupidavustsoonis tehtud treeningu mahu ning valgeverelibled vahel, kuid autokorrelatsiooni kordaja analüüs näitas siiski antud seose mitteolulisust ($d=1,347$).

Tabel 10. Mäestikutreeningute järgsete vereparameetrite (A-valgeverelibled ja punaverelibled; B-hemoglobiin, hematokrit) vahelised seosed.

A

	Valgeverelibled (WBC)				Punaverelibled (RBC)			
	R ² x100	B	p	Autocorrel (Durbin-Watson)	R ² x100	B	p	Autocorrel (Durbin-Watson)
PV(min)	33,5	0,001	0,421	1,810	48,9	<-0,001	0,300	1,859
EV (min)	69,4	0,007	0,167	1,965	48,0	-0,001	0,307	2,556
SV (min)								
Koormus	45,1	0,001	0,328	1,932	52,4	<-0,001	0,276	2,013
Km	77,0	0,005	0,122	2,148	70,8	-0,001	0,159	2,433

PV- põhivastupidavustsoon; EV- erialane vastupidavuse tsoon; SV- spetsiaalvastupidavuse tsoon.

B

	Hemoglobiin (HGB)				Hematokrit (HCT)			
	R ² x100	B	p	Autocorrel (Durbin-Watson)	R ² x100	B	p	Autocorrel (Durbin-Watson)
PV (min)	85,9	0,002	0,053	2,731	13,4	0,001	0,634	1,733
EV (min)	94,5	0,009	0,028	2,888	0,1	<-0,001	0,970	2,145
SV (min)								
Koormus	95,0	0,001	0,025	3,121	7,2	<0,001	0,731	1,882
Km	93,3	0,007	0,034	2,028	0,4	-0,001	0,941	2,164

PV- põhivastupidavustsoon; EV- erialane vastupidavuse tsoon; SV- spetsiaalvastupidavuse tsoon.

Mäestikutingimustes tehtud treeningute puhul leiti usutavad seosed hemoglobiini kontsentratsiooni ja erialase vastupidavuse treeningute vahel ($p=0,028$; $d=2,888$) ning hemoglobiini kontsentratsiooni ja treeningu koormuse vahel ($p=0,025$; $d=3,121$). Positiivne oli ka seos läbitu kilometraaži ja hemoglobiini kontsentratsiooni vahel ($p=0,034$), kuid seda seost ei kinnitanud autokorrelatsioon ($d=2,028$). Muude treeningparameetrite ja mäestikutreeningujärgsete vereparameetrite vahelisi seoseid ei leitud, ehkki seos põhivastupidavustsooni treeningute ja hemoglobiini kontsentratsiooni muutuste vahel oli lähedal olulisuse piirile ($p=0,053$).

5. ARUTELU

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli uurida kuidas mõjub mäestikutreening, kasutades „ela madalal ja treeni kõrgel“ (LHTL), individuaalsportlase vere parameetrite muutustele. Antud töö peamiseks tulemuseks võib pidada, et mäestikutreening mõjutab vaatlusaluse hemoglobiini kontsentratsiooni olulisel määral. Seevastu hematokriti, punavereliblede arvu ning valge vereliblede arvus olulisi erinevusi mäestikutreeningu tagajärjel ei leitud.

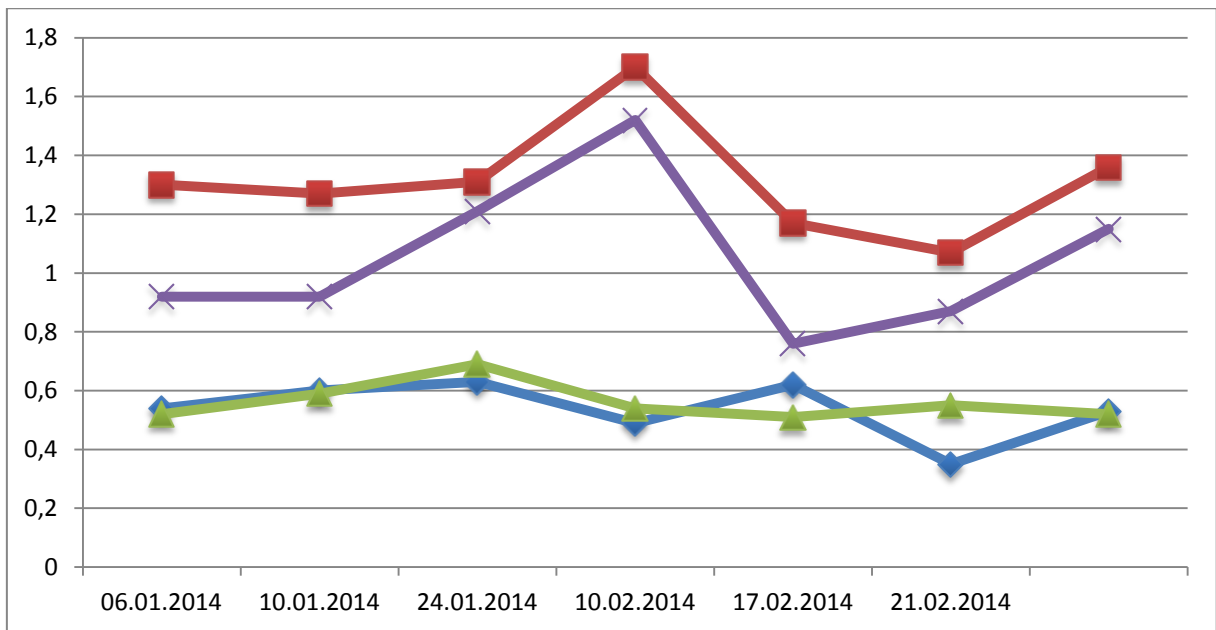
Mäestikutreeningu eesmärgiks on parandada vastupidavusalade sportlaste hapnikutranspordi parameetreid või vastupidavuslikku töövõimet ehk siis muuta organismis verenäitajaid, tõsta organismis hemoglobiini taset, parandada VO_{2max} -i ja see läbi parandada töövõimet. Uuringu tulemused näitasid, et mäestikutreening mõjutas sportlase vereparameetrite tulemusi. Kuigi Vogt ja Hoppler, (2010) väitsid oma uurimuste põhjal, et „madalas elamise- kõrguse treenimise“ puhul ei piisa treeningsessioonide ajal hüpoksiliste tingimustega kokkupuutumisest hematoloogiliste näitajate muutuste esilekutsumisest ja hemoglobiini kontsentratsioon ei muutu reeglina. Vastupidiselt uuringu käigus töö autor täheldas, et hemoglobiini kontsentratsioon muutus 8 nädalase treeningsükli ja sellele järgnevale mäestikulaagri jooksul.

Vaatlusaluse hematoloogiliste näitajate muutused ei tekkinud ainult mäestikus viibides, vaid see on sõltuvuses sooritatud koormuse struktuurist. Enne mäestikulaagrit täheldati, et treeningud PV tsoonis ja WBC näitajad on negatiivses seoses, mis näitab, et PV tsooni treeningute suurenemine toob kaasa organismis WBC arvu languse. Samas on WBC absoluutväärtusi jälgides näha, et 2009. aasta mäestikutreeningutele eelnevalt oli vaatlusaluse WBC hulk väga kõrge. Üheks põhjuseks selleks võib olla, et 2009. aasta meretasapinnal treeningsükli lõpus oli mõnevõrra pikem puhkeperiood, sest 4-6 treeningsükli nädalale oli koondunud väga suur treeningmaht. Puhkeperioodil, taastudes eelnevatest tugevatest koormustest, on leitud WBC hulga tõus veres, mida seostatakse immuunsüsteemi tugevnemisega teiperi tagajärjel (Mujiika ja Padilla, 2003). Seetõttu võis selline ulatuslik treeningmahu muutus olulisel määral mõjutada ka statistilist analüüsi, kuna 2009. aastal ei

olnud võimalik kasutada mere tasapinnal oleva treeningtsükli alguse verenäite, sest visuaalsel analüüsil väga olulisi kõikumisi WBC hulgas, mis võiksid olla tingitud treeningutest mere tasapinnal või kõrgmäestikus, ei täheldatud.

Joonistel 4 ja 5 on näha, et aastatel 2010 ja 2011 mäestikutreeninguga kaasneb vaatlusalusel üsnagi ulatuslik hemoglobiini kontsentratsioon (keskmiselt 4,1%) ja hematokriti väärtuse tõus (keskmiselt 3,45%). Sellised muutused vereparameetrites on mäestikutreeningu efekti silmas pidades olulised (Stray-Gundersen et al., 1999; Rusko et al., 2004). Veelgi efektiivsem oleks olnud mõõta hemoglobiini massi või retikulotsüütide muutusi mäestikutreeningu tagajärjel, kuid kahjuks on nende parameetrite mõõtmine praktikas raskendatud, eelkõige protseduuri hinna ja keerukuse suhtes. Ehkki nii HGB kui HCT väärtustes esinesid visuaalsel vaatlusel olulised nihked, siis näitas statistiliselt usutavat efekti mäestikutreening ainult HGB kontsentratsiooni suhtes ($p < 0,034$), mis näitab, et HCT vastavate väärtuste muutused ei olnud usutavalt seletatavad ainult treeningute sooritamisega mäestikus. Samuti ei näidanud autokorrelatsiooni analüüs usutavaid nihkeid HGB ja HCT väärtustes meretasapinnal tehtavate treeningute tagajärjel ($p > 0,211$). Seega võib antud tulemuste põhjal väita, et konkreetne treeningumudel “ela madalal-treeni kõrgel” annab HGB kontsentratsiooni muutuste osas konkreetse vaatlusaluse puhul positiivseid nihkeid.

Chapmani (2013) poolt välja antud kirjanduses ja seal viidatud erinevatele uuringute põhjal saab öelda, et treeningutel ja võistlustel reageerivad sportlased mäestikus olles väga individuaalselt. Sama kehtib ka organismi reaktsioonile mäestikutingimustes. Olgu siinkohal toodud üks näide individuaalanalüüsi olulisusest nelja sportlase mäestikulaagrist (1800m kõrgusel; publitseerimata andmed). Joonisel 6 on selgesti näha, et kahe sportlase puhul ei avalda retikulotsüütide hulgale mäestikutreening mingit mõju (roheline ja sinine joon). Seevastu ühe sportlase puhul (lilla joon) avaldab retikulotsüütide hulgale mõju juba alpituppa minek (2500m kõrgusel), mis näitab, et tema puhul võib ka alpitoa kasutamine anda päris head efekti. Seevastu ühe sportlase puhul (punane joon) omab mõju ainult mäestikulaager. Seega on kokkuvõtvalt näha 4 sportlase puhul 3 erinevat reaktsiooni treeningutele kõrgmäestiku tingimustes.



Joonis 6. Sõudmise neljapaadi liikmete retikulotsüütide % muutused mäestikulaagri jooksul. 06.01 – baastestimine; 10.01 – alpigimaja tsükkel; 24.01 – mäestikulaagri algus; 17.02 – alpigimaja tsükkel; 21.02 – tsükli lõpp.

Käesoleva magistritöö tulemusi arvestades tuleb arvestada teatavate limiteerivate teguritega. Uurimustöö põhines eeldusel, et kasutatakse kahte treeningvahendit – treening meretasapinnal (baasväärtused) ning treening mäestikus (interventsioon). Vaatamata sellele, et treeningtsükli mudelid olid suhteliselt sarnased, välja arvatud 2011 mäestikutreeningud, mille puhul võis täheldada suhteliselt suurt treeningmahtude langust, ei saa me välistada siinkohal erinevaid kõrvalmõjusid, mis võivad samuti olulisel määral analüüsi tulemust mõjutada (kumulatiivne treeningmaht, väikesed haigestumised, organismi vastuvõtlikkus treeningstiimulile erinevatel aastatel, toitumine, treeningtingimused jne). Samuti tuleb silmas pidada autokorrelatsiooni kasutamisel, et mida rohkem saadakse erinevaid mõõtmistulemusi baastingimustes ja interventsiooni tingimustes, seda usutavamad on tulemused. Antud uuringus oli kahjuks võimalik kasutada suhteliselt vähe mõõtmistulemusi ajapunktides, mis võimaldab suuremat statistilist viga.

Kui üldiselt võtta kokku kirjanduses kirjeldavad uuringud, võib täheldada, et printsiibi “ela kõrgel, treeni madalal” rakendamine on tõenäoliselt kõige efektiivsem meetod parandamiseks vastupidavusalade sportlaste hapnikutranspordi parameetreid või vastupidavuslikku töövõimet ning “ela madalal-treeni kõrgel” mudeli puhul on usutavaid tulemusi saadud kõige vähem. Antud töö tulemused näitavad, et kui mäestikutreening planeerida treeningprogrammi, siis on igal juhul oluline jälgida igat sportlast individuaalselt ning vastavalt sportlase organismi reaktsioonile tuleks järgnevatel aastatel treeningmudeli sobivus üle vaadata.

6. JÄRELDUSED

Käesoleva uurimustöö tulemuste alusel võib teha alljärgnevad järeldused:

1. Mäestikulaagrite eelneval, kaheksa nädala pikkuse treeningperioodil. läbitud treeningmahud ja kilometraaž erinesid mõnevõrra erinevatel hooajaliselt. Samuti toimusid muutused hemoglobiini ja hematokriti väärtustes mäestikutreeningu järgselt.
2. Murdmaasuusataja treeningparameetrid mere tasapinnal ei olnud usutavas seoses vereparameetritega, väljaarvatud seos valgevereliblede ja põhivastupidavustsoonis tehtavate treeningute hulk.
3. Mäestikutreening mõjutas usutavalt murdmaasuusataja hemoglobiini kontsentratsiooni mäestikutreeningu jooksul.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Anntila S, Roponen T. Kaikki hiihdosta- tekniikka, välineet & harjoittelu. Suomi: Docendo; 2008.
2. Ashenden MJ, Gore CJ, Dobson GP, Hahn AG. „Live high, train low“ does not change the total haemoglobin mass male endurance athletes sleeping at a simulated altitude of 3000m for 23 nights. *Eur J Appl Physiol Occup* 1999; 80: 479-484.
3. Bailey DM, Davies B. Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: a review. *Br J Sports Med* 1997; 31: 183-190.
4. Beidleman BA, Muza SR, Fulco CS, Cymerman A, Sawka MN, Lewis SF, Skrinar GS. Seven intermittent exposures to altitude improves exercise performance at 4300m. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40: 141-148.
5. Boning D. Altitude and hypoxia training. *Int J Sports Med* 1997; 18: 565-570.
6. Brugniaux JV, Schmitt L, Robach P, Nicolet G, Fouillot JP, Moutereau S, Lasne F, Pialoux V, Saas P, Chorvot MC. Eighteen days of „living high, training low“ stimulate erythropoiesis and enhance aerobic performance in elite middle-distance runners. *J Appl Physiol* 2006; 100: 203-211.
7. Burtcher M, Gatterer H, Faulhaber M, Gerstgrasser W, Schenk K. Effects of intermittent hypoxia on running economy. *Int J of Sports Med* 2010, 31(9): 644-650.
8. Chapman R, Levine BD. Altitude training for the marathon. *Sports Med* 2007; 37 (4-5): 392-395.
9. Chapman RF, Stickford JL, Levine BD. Altitude training considerations for the winter sport athlete. *Exp Physiol* 2009; 95(3): 411- 421.
10. Chapman RF, Stray- Gundersen J, Levine BD. Individual variation on response to altitude training. *J Appl Physiol* 1998; 85: 1488-1456.
11. Chapman RF. The individual response to training and competition altitude. *Br J Sports Med* 2013; 47: i40- i44.

12. Clark SA, Bourdon PC, Schmidt W, Singh B, Cable G, Onus KJ, Woolford SM, Stanef T, Gore CJ, Aughey RJ. The effect of acute stimulated moderate altitude on power, performance and pacing strategies in well- trained cyclists. *Eur J App Physiol* 2007; 102: 45-55.
13. Clark SA, Quod MJ, Clark MA, Martin DT, Saunders PU, Gore CJ. Time course of haemoglobin mass during 21 days live high:train low stimulated altitude. *Eur J Appl Physiol* 2009.
14. Dehnert C, Hutler M, Liu Y, Menold E, Netzer C, Schick R, Kunabek B, Lehmann M, Boning D, Steinacker JM. Erythropoiesis and performance after two weeks of living high and training low in well trained triathletes. *Int J Sports Med* 2002; 23: S203-S206.
15. FIS (International Ski Federation). Rules for FIS cross-country points. Switzerland, 2013.
16. Friedmann- Bette B. Classical altitude training. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18 (1): 11-20.
17. Fulco CS, Rock PB, Cymerman A. Maximal and submaximal exercise performance at altitude. *Aviat Space Environ Med* 1998; 99: 867-876.
18. Gore CJ, Hahn AG, Scroop GC, Watson DB, Norton KI, Wood RJ, Campell DP, Emonson DL. Increased arterial desaturation in trained cyclists during maximal exercise at 580m altitude. *J Appl Physiol* 1996; 80: 2204-2210.
19. Hahn AG, Gore CJ. The effect of altitude on cycling performance: a challenge to traditional concepts. *Sports Med* 2001; 31: 533-57.
20. Hoffman J. Physiological aspects of sports training and performance. Human Kinetics Publishers; 2002.
21. Hoppeler H, Klossner S, Vogt M. Training in hypoxia and its effects on skeletal muscle tissue. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18 (1): 38-49.
22. http://www.fis-ski.com/mm/Document/documentlibrary/Cross-Country/04/26/74/FISpointsrules2013-2014_finalversion_inclattachments_English.pdf
15.04.2014
23. Jürimäe J, Mäestu J. Treeningõpetus. Eesti: Tartu Ülikooli Kirjastus; 2011.

24. Kinugasa T, Cerin E, Hooper S. Single- subject research design and data analyses for assessing elite athletes conditioning. *Sport Med* 2004; 34(15): 1035- 1050.
25. Kinugasa T, Miyanagana Y, Shimojo H, Nishijima T. Statistical evaluation of conditioning for an elite collegiate tennis player using a single-case design. *J Strength Cond Res* 2002; 16: 466-471.
26. Laitinen H, Alopaeus K, Heikkinen R, Hietanen H, Mikkelsen L, Tikkanen H, Rusko HK. Acclimatization to living normobaric hypoxia and training in normoxia at sea level in runners. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: S109.
27. Larsen GE, George JD, Alexander JL, Fellingham GW, Aldana SG, Parcell AC. Prediction of maximum oxygen consumption from walking jogging or running. *Res Q Exerc Sports* 2002; 73: 66-72.
28. Latin RW, Elias BA. Predictions of maximum oxygen uptake from treadmill walking and running. *J Sports Med Physiol Fit* 1993; 33: 34-39.
29. Levine BD, Stray- Gundersen J, Mehta RD. Effect of altitude on football performance. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18(1): 76-84.
30. Levine BD, Stray- Gundersen J. Does- response of altitude training: how much altitude is enough? New York: Springer; 2006.
31. Levine BD, Stray- Gundersen, Duhaime G, Snell PG, Friedman DB. Living high-training low: the effect of altitude acclimatization/ normoxic training in trained runners. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23: S25.
32. Levine BD, Stray-Gundersen J, Gore CJ, Hopkins WG. Point: counterpoint: positive effects of intermittent hypoxia (live high:train low) on exercise are/ are not mediated primarily by augmented red cell volume. *J Appl Physiol* 2005; 99: 2053-2055..
33. Levine BD, Stray-Gundersen J. „Living high-training low“: effect of moderate-altitude acclimatization with low- altitude training on performance. *J Appl Physiol* 1997; 83: 102-112.
34. Lundby C, Millet GP, Calbet JA, Bärtsch P, Subudhi AW. Does altitude training increase exercise performance in elite athletes? *Br J Sports Med* 2012; 46: 792- 795.

35. Mattacola CG, Lloyd JW. Effects of a 6-week strength and proprioception training program on measures of dynamic balance: A single case design. *J Athlet Train* 1997; 32: 127-35.
36. Mattila V, Rusko H. Effect of living high and training low on sea level performance in cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: S156.
37. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise Physiology*. Philadelphia: Williams & Wilkins; 2000.
38. Meehan RT, Uchakin PN, Sams CF. *High altitude and human immune responsiveness*. New York: Hornbein & Schoene; 2001.
39. Mizuno M, Juel C, Bro-Rasmussen T, Mygind E, Schbye B, Rasmussen B, Saltin B. . Limb skeletal muscle adaptation in athletes after training at altitude. *J Appl Physiol* 1990; 68: 496-502.
40. Piehl- Aulin K, Svedenhag J, Wide L, Berglund B, Saltin B. Short- term intermittent normobaric hypoxia: haematological, physiological and mental effects. *Scand J Med Sci Sports* 1998; 8: 132-137.
41. Ponsot E, Dufour SP, Zoll J, Doutreleau S, N`Guessan B, Geny B, Hoppeler H, Lampert E, Mettauer B, Ventura –Clapier R, Richard R. Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. *J Appl Physiol* 2006, 100: 1249-1257.
42. Rahkila P, Rusko H. Effect of high altitude training on muscle enzyme activities and physical performance characteristics of cross-country skiers. *Exerc Sport Biol, Int Series Sport Sci* 1982; 12: 143-151.
43. Robach P, Schmitt L, Brugniaux JV, Nicolet G, Duvallet A, Fouillot JP, Moutereau S, Lasne F, Pialoux V, Olsen NV, Richalet JP. Living high - training low: effect on erythropoiesis and maximal aerobic performance in elite Nordic skiers. *Eur J Appl Physiol* 2006, 97: 695-705.

44. Robach P, Schmitt L, Brugniaux JV, Nicolet G, Duvallet A, Fouillot JP, Moutereau S, Lasne F, Pialoux V, Olsen NV, Richalet JP. Living high- training low: effect on erythropoiesis and maximal aerobic performance in elite Nordic skiers. *Eur J Appl Physiol* 2006; 97: 695-705.
45. Roberts AD, Clark SA, Townsend NE, Anderson ME, Gore CJ, Hahn AG. Changes in performance, maximal oxygen uptake and maximal accumulated oxygen deficit after 5, 10 and 15 days of living high: train low altitude exposure. *Eur J Appl Physiol* 2003; 88: 390-395.
46. Robertson EY, Saunders PU, Pyne DB, Gore CJ, Anson JM. Effectiveness of intermittent training in hypoxia combined with live high/train low. *Eur J Appl Physiol* 2010; 110: 379-387.
47. Rowbottom DG, Keast D, Green S, Kakulas B, Morton AR. The case history of an elite ultra-endurance cyclist who developed chronic fatigue syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 1345-1348.
48. Rusko H, Leppävuori A, Mäkelä P, Leppäluoto. Living high, training low: a new approach to altitude training at sea level in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: S6.
49. Rusko H, Tikkanen H, Paavolainen L, Hamalainen I, Kalliokoski K, Puranen A. Effect of living in hypoxia and training in normoxia on sea level VO_{2max} and red cell mass. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: S86.
50. Rusko H. New aspects of altitude training. *Americ J Sports Med* 1996; 24: S48-S52.
51. Rusko HK, Tikkanen HO, Peltonen JE. Altitude and endurance training. *J Sports Sci* 2004; 22: 928-945.
52. Rusko HK, Tikkanen HO, Peltonen JE. Oxygen manipulation as an ergogenic aid. *Curr Sports Med Rep* 2003; 2: 233-238.
53. Saltin B, Kim CK, Terrados N. Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scandi J Med Sci Sports* 1995; 5: 222-230.

54. Sasaki R, Masuda S, Nagao M. Erythropoietin: multiple physiological function and regulation of biosynthesis. *Biosci Biotechnol Biochem* 2000; 64: 1775-1793.
55. Saunders PU, Pyne DB, Gore CJ. Endurance Training at Altitude. *High Alti Med Biol* 2009; 10(2).
56. Schommer K, Menold E, Subudhi AW, Bärtsch P. Health risk for athletes at moderate altitude and normobaric hypoxia. *Br J Sports Med* 2012; 46: 828- 832.
57. Semenza GL. O₂- regulated gene expression: transcriptional control of cardiorespiratory physiology by HIF-1. *J Appl Physiol* 2004; 96: 1173-1177; disc. 1170-1172.
58. Stray- Gundersen J, Chapman RF, Levine BD. „Living high-training low“ altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *J Appl Physiol* 2001; 91: 1113-1120.
59. Stray- Gundersen J, Levine BD, Bertocci LA. Effect of altitude training on runners skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: S182.
60. Stray-Gundersen J, Gore CJ, Rodriguez TM, Townsend NE, Levine BD. Effect of intermittent hypobaric hypoxia on erythropoiesis. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: S335.
61. Stray-Gundersen J, Levine BD. Live high, train low at natural altitude. *Scand J Med Sports* 2008; 18(1): 21-28.
62. Svedenhag J, Piehl-Aulin K, Skog C, Saltin B. Increased left ventricular muscle mass after longterm altitude training in athletes. *Acta Physiol Scandi* 1997; 161: 63–70.
63. Townsend NE, Gore CJ, Hahn AG, McKenna MJ, Aughey RJ, Clark SA, Kinsman T, Hawley JA, Cow CM. Living high-training low increases hypoxic ventilatory response of well-trained endurance athletes. *J Appl Physiol* 2002; 93: 1498-1505.
64. Wagner PD, Lundby C. The lactate paradox: does acclimatization to high altitude affect blood lactate during exercise? *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39:749-755.
65. Wang GL, Jiang BH, Rue EA, Semenza GL. Hypoxia-inducible factor 1 is a basic-helix-loop-helix-PAS heterodimer regulated by cellular O₂ tension. *Proc Natl Acad Sci USA* 1995; 92: 5510-5514.

66. Wehrlin JP, Marti B. Live high- train low associated with increased haemoglobin mass as preparation for the 2003 World Championship in two native European world class runners. *Brit J Sports Med* 2006; 40: e3; disc. e3.
67. Werhlin J, Zuest P, German C, Hallen J, Bernard M. 24 days live high-train low increases red cell volume, running performance and VO_{2max} in Swiss national team orienteers. Salzburg: Institute of Sports Science; 2003.
68. Werhlin JP, Hallen J. Linear decrease in VO_{2max} and performance with increasing altitude in endurance athletes. *Eur J Appl Physiol* 2006; 96: 404- 412.
69. Werhlin JP. Altitude and endurance athletes. Disseration from the Norwegian School of Sport Sciences; 2008.
70. Wilber RL. Current trends in altitude training. *Sports Med* 2001; 31(4): 249-265.
71. Vogt M, Hoppeler H. Is hypoxia training good for muscles and exercise performace? *Progress in Cardiovascular Diseases* 2010; 52: 525-533.
72. Ööpik V, Tõnise T, Thomson K, Seene T, Rumm H, Randma T, Port K, Nurmekivi A, Loko J, Jalak R, Hannus A. *Spordi Üldained III*. Eesti: Eesti Olümpiakomitee; 2007.

SUMMARY

THE INFLUENCE OF ALTITUDE TRAINING TO ATHLETE`S PHYSIOLOGICAL INDICATORS

Liis Kalda

Altitude training is one of the most intriguing topics in the field of sports today. It is attractive as it can be used as a means of improving the results primarily in endurance events. The purpose of this thesis was to analyse the influence of altitude training on the blood parameters of a highly trained individual athlete.

The present paper was conducted as a case study. The study discussed the specific kind of altitude training known as living low-training high (LLTH) as a potential means of training used by cross-country skiers on a frequent and regular basis.

The object under observation of the research was a highly trained Estonian female cross-country skier with a training record of 7 years (by the beginning of the study). The content of the present research included data from two separate training periods (the period preceding altitude training and during training in altitude) in three continuous seasons. The study examined the 8-week training session conducted before the altitude training and the immediately following altitude training in Ramsau with training sessions at the altitude of 1200-2700m and living at 1100m. The training volume and mileage of the object are based on the detailed analysis of the athlete's training diary during 2009-2012. For the purposes of this paper, data characterising the condition of the athlete's organism were gathered and samples of capillary whole blood were taken in order to describe the primary parameters of blood oxygen transportation capacity.

The results of the study show that there were some changes in blood parameters while using LLTH altitude training. However, it has to be emphasised that only one top athlete was examined. Thus, the changes occurring on one athlete may not be present in other cases.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Liis Kalda

(sünnikuupäev: 25.05.1989)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Mäestikutreeningu mõju sportlase füsioloogilistele näitajatele,

mille juhendaja on dots. Jarek Mäestu,

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, 19.05.2014 (*kuupäev*)