

TARTU ÜLIKOOL
sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Anette Kasemets

Keskmäestiku režiimi mõju vastupidavusalade sportlaste töövõimele
The effect of altitude training on the endurance athletes' performance

Bakalaureusetöö

kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja:
Dotsent, J. Mäestu

Tartu, 2019

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1. VASTUPIDAVUSALA SPORTLANE JA KESKMÄESTIK	5
2. LOODUSLIKUD JA SIMULEERITUD TINGIMUSED KESKMÄESTIKUS VIIBIMISEKS	8
3. MUUTUSED VASTUPIDAVUSLIKUS TÖÖVÕIMES KESKMÄESTIKU TINGIMUSTES.....	15
4. KOKKUVÕTE	19
KASUTATUD KIRJANDUS	20
SUMMARY	23

KASUTATUD LÜHENDID

Hb - hemoglobiin

Hb mass - hemoglobiini mass

LHTL - *live high, train low* - elamine kõrgel, treenimine madalal

LHTH - *live high, train high* - elamine kõrgel, treenimine kõrgel

LHTLTH - *live high, train low, train high* - elamine kõrgel, treenimine madalal, treenimine kõrgel

LLTH - *live low, train high* - elamine madalal, treenimine kõrgel

RBC - erütrotsüüdid

VO_{2max} - maksimaalne hapnikutarbimine

SISSEJUHATUS

Vastupidavusspordialade tipptasemel harrastamiseks on oluline võimalikult kõrge maksimaalne hapniku tarbimine ja anaeroobse läve kiirus, mis määravad ära sportlase töövõime. Maksimaalse hapniku tarbimise tõstmiseks kasutatakse erinevaid treeningu meetodeid. Kuna meretasapinnal normaalses õhus treenides võib teatud tasemel sportlaste puhul töövõime jätkuv arendamine olla siis, on eliitsportlaste seas üsna laialt levinud ka keskmäestiku treeningu kasutamine, kus tulenevalt madalamast hapniku osakaalust välisõhus on treeningu mõju organismile suurem. Samas on mäestikus treenimine seotud ka teatavate ohtutega, sest erinevate stressorite hulk võib sportlastele mõjuda kahjulikult ning töövõime võib hoopiski alaneda.

Keskmäestiku treeningu eesmärgiks on hüpoksia seisundi tekitamine, tänu millele erütrotsüütide arv suureneb, mis omakorda loob eelduse ka maksimaalse hapniku tarbimise paranemisele. Kasutatakse erinevaid keskmäestikus treenimise meetodeid, kus varieeritakse elamise ja treenimise keskkondi nii kõrgel kui ka madalal. On leitud, et parima treeningu efekti saavutamiseks tuleks elada kõrgel ja treenida madalal. Seda on võimalik teha nii looduslikus kui ka simuleeritud keskkonnas.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on välja selgitada vastupidavusala sportlaste töövõime muutuseid, kasutades mäestikutreeningu liiki elamine kõrgel ja treenimine madalal meetodit. Keskmäestiku režiimi mõju vastupidavusala sportlaste töövõimele ajendas autoril uurimisteemaks valida isiklik soov kasutada treeningplaanides keskmäestiku laagreid.

Märksõnad: keskmäestik, elamine kõrgel-treenimine madalal, vastupidavus, töövõime.

Keywords: altitude, live high-train low, endurance, performance

1. VASTUPIDAVUSALA SPORTLANE JA KESKMÄESTIK

Reeglina vastupidavusala sportlaste treeningud kestavad suhteliselt pikka aega, ulatudes mõnekümne minutilistest intervalltreeningutest kuni 3-5 tunni pikkuste ühtlustreeninguteni. Treeningu detailsem sisu võib olla väga erinev. Ainult meretasapinnal treenides on raske parandada oma töövõime näitajaid. Iga tippsportlane aga unistab olümpiakullast, mis paneb teda süvenema ja analüüsima, milliseid muudatusi oleks võimalik oma treeningplaanis teha, et ajastada tippvormi aasta kõige olulisemale võistlusele. Vastupidavusala sportlastel on kõige olulisemad töövõime näitajad maksimaalne hapniku tarbimine (VO_{2max}) ja anaeroobse läve kiirus, millest alates algab intensiivsem laktaadi kuhjumine veres (Schmitt et al., 2006). VO_{2max} näitab maksimaalset hapniku hulka, mida on organism võimeline omastama pingelisel lihastööl (Rodahl et al., 2003). Need kaks näitajat määravad väga suures osas ära vastupidavusala sportlaste võimekuse kehalisel tööl (Schmitt et al., 2006).

Vastupidavusala sportlased on aastaid kasutanud keskmäestiku meetodeid oma treeningplaanides (Wilber et al., 2007). Eliitsportlased veedavad aastas 60-100 päeva keskmäestiku laagrites, mis on ära jaotatud erinevatele treeningperioodidele (Tønnessen et al., 2014). Kõrge keskkond ehk keskmäestiku tingimused tähendab, et sportlane viibib kõrgusel meretasapinnast 1500-3000m. Madal keskkond ehk normaaltingimused on alla 1500m (Millet et al., 2010). Kõrgmäestiku tingimusi kasutades on olemas mitmeid võimalusi hüpoksia seisundi tekitamiseks (Wilber et al., 2007). Elamine kõrgel-treenimine kõrgel (LHTH) ehk elatakse keskmäestikus ja treenitakse sellel kõrgusel või isegi kõrgemal. Elamine kõrgel-treenimine madalal (LHTL), kus treenimise jaoks ollakse keskmäestiku kõrgusest madalamal. Elamine madalal-treenimine kõrgel (LLTH), kus eelmise meetodiga võrreldes on olukord vastupidine. Treeningu tegemiseks viibitakse keskmäestikus ning muul ajal viibitakse tavakeskkonnas. Kasutusele on tulnud ka meetod, kus elatakse kõrgel ning treenitakse nii madalamal kui ka kõrgel (LHTLTH) (Millet et al., 2010; Ringas, 2013). Soovitav on viibida keskmäestikus lühikest aega ja mitu korda aastas, mitte üks kord ja pikalt. Keskmäestikus ei soovitata olla järjest üle kahe kuu (Saunders et al., 2009). Näiteks murdmaasuusatajad on hooaja peale ära jaganud LHTL režiimil treeningud. Nendeks on juuli/juuni, august/september, oktoober/november, detsember ja jaanuar/veebruar. Kõik laagrid kestavad 10-16 päeva (Solli et al., 2017).

Ameerika Ühendriikides tutvustati LHTL meetodit 1992. aastal arstide Benjamin Levine ja James Stray-Gundersen-i poolt. Arvati, et LHTL annab sportlaste organismile parima tulemuse, mis keskmäestiku efektist on võimalik saada, sest treeninguteks liigutakse madalamale kõrgusele, mis võimaldab treeninguid efektiivsemalt läbi viia (Millet et al., 2010;

Schmitt et al., 2006; Wehrlin, 2008; Wilberg, 2011; Wilber et al., 2007). Varasemalt kasutatud LHTH meetodile lisaks hakati järjest enam kasutama meetodit LHTL. Kuigi mõlemad režiimid tõstavad sportlaste saavutusvõimet meretasapinnal, siis LHTL meetodi puhul leiti, et võrreldes LHTH meetodiga parandab viimane sportlaste kiirust ja vähendab LHTH meetodiga tekkinud probleeme, nagu näiteks lihasmassi kadu, väsimus, aneemia ja aeroobse treenituse vähenemine (Wilberg, 2011). LHTL meetod küll tekitab väsimust ja stressi, kuna reisimist on palju, rahaline kulu suureneb, ilmastik võib olla muutuv erinevatel kõrgustel (Millet et al., 2010).

LHTL režiimi võib mõjutada vastupidavusala sportlastel hemoglobiini kontsentratsiooni, minuti ventilatsiooni, hemodünaamika, närvisüsteemi, lihaste puhversüsteemi ja ökonoomsust (Wilberg, 2011). Nende muutuste jaoks arvatakse, et mäestikus tuleks viibida vähemalt 400 tundi 2300-2600m kõrgusel (Wehrlin, 2008). Vastupidavusala treeningud keskmäestikus suurendavad ka oksüdatiivsete ensüümide aktiivsust, mis suurendavad seejärel kapilaare lihastes. Sportlaste ökonoomsus võib seejärel tõusta kuni 10% (Christoulas et al., 2011). LHTL meetodi mõjul võib suurened ka erütrotsüütide (RBC) mass, kui elada keskmäestikus 2000-3000m kõrgusel ning treenida madalamal kui 1500m kõrgusel (Millet et al., 2010), kus saab säilitada sportlaste kiirust ja paremad hapniku omastamise tingimused soodustavad efektiivsemaid treeninguid. Selline mõju on vastupidavusala sportlastele väga kasulik ja tõstab nende töövõimet (Wilberg, 2011). Keskmäestikus võiks viibida 20-22 tundi päevas (Wilberg, 2011). Mida kauem keskmäestikus viibida, seda paremad muutused organismis toimuvad. Optimaalseks keskmäestikus elamise kõrguseks LHTL meetodi kasutamisel on 2200-2500m ja viibida tuleks neli nädalat, et esineks RBC arvu suurenemine veres. On teada, et 18 päevaga tekivad muutused, mida sportlastel on vaja töövõime parandamiseks - pikaajaline kasulik muutus ökonoomsuses, lihaste puhversüsteem, hüpoksiline ventilatsiooni reageerimine (Millet et al., 2010).

Wilbre et al. (2007) uuringus kasutasid pikamaajooksjad 28 päeva LHTL meetodit. Vaatlusalused elasid 2500m kõrgusel, kus viibiti 22 tundi päevas ja 2 tundi päevast treeniti 1250m kõrgusel. Selle tulemusel paranesid RBC maht 5%, hemoglobiini mass (Hb mass) 9% ja VO_{2max} tõusis 4%. Nende muutuste abil paranes vaatlusaluste 5000m jooksu aeg 1,3% võrra ehk 13,4sekundit. Simuleeritud tubades või kõrgemal viibides on piisav aeg 12-16 tundi päevas. Hauser et al. (2018) viisid läbi uuringu simuleeritud tingimustes, et näha Hb massi muutusi. Triatleedid viibisid 18 päeva 2250m kõrgusel, treeniti kuni 1200m kõrgusel. Simuleeritud tingimustes viibisid sportlased kuni 12,5 tundi päevas. Vaatlusaluste tulemused muutusid oluliselt Hb mass näitajates $13,1 \pm 1,2$ kuni $13,6 \pm 1,1$ g/kg-1 ehk 4,2% ($p < 0,05$). Kahe uuringu tulemused näitavad, et aeg, mil viibiti keskmäestikus ühes päevas ja 18 päeva või kauem,

mõjutab vastupidavusala sportlaste füsioloogilisi näitajaid, olenemata, kas viibitakse simuleeritud või looduslikus keskkonnas.

2. LOODUSLIKUD JA SIMULEERITUD TINGIMUSED KESKMÄESTIKUS VIIBIMISEKS

Uuringuid, kus on võrreldud keskmäestiku tingimustes treenimist simuleeritud ja looduslikes keskkondades on kirjanduses suhteliselt vähe (Saugy et al., 2014). Siiski eksisteerivad seisukohad, et simuleeritud tingimustes tuleks viibida pikemalt kui looduslikus, see tuleneb tundide arvust päevas (Saugy et al., 2016). Sportlased, kes on aklimatiseerunud varem simuleeritud keskkonnas, siis neil on lihtsam loodusliku keskkonnaga harjuda (Saugy et al., 2014). Looduslikes tingimustes on võimalik viibida pikemaajaliselt, millega saavutatakse pikem hüpoksia seisund. Loodusliku tingimuste kasutamise miinuseks võrreldes simuleeritud tingimustega on logistika ja suur rahaline kulu (Saugy et al., 2016).

Saugy et al. (2016) uurisid, kuidas mõjub triatleetidele LHTL režiim 18 päeva jooksul võrreldes simuleeritud ja looduslikus keskkonnas. Mõlemad vaatlusaluste grupid elasid 2250m kõrgusel ja treenisid 1100-1200m kõrgusel. Simuleeritud tingimustes käisid uuritavad päevas 5-6 korda alpitoast väljas, et süüa ja treenida. Nad viibisid simuleeritud tingimustes $12,7 \pm 0,5$ tundi päevas. Looduslikes tingimustes oldi $17,1 \pm 1,7$ tundi. Vereproovide võtmisel jälgiti WADA labori nõudeid. Sportlastel oli looduslikes tingimustes öine südamelöögisagedus madalam kui simuleeritud tingimustes vastavalt 48 ± 2 versus 51 ± 1 ($p < 0,05$). Mäestiku treeningu tulemusel paranesid vaatlusalustel oluliselt nii hemoglobiini (Hb) ja VO_{2max} näitajad (tabel 1 ja tabel 2) ning töövõime (tabel 3).

Looduslikes tingimustes LHTL meetodi läbiviimine mõjutab Hb rohkem võrreldes simuleeritud tingimustega (Saugy et al., 2016). Wehrlin et al. (2006) uurisid, kuidas LHTL meetod 24 päeva möödudes muudab Šveitsi orienteerujate verenäitajaid. Keskmäestikus 2456m kõrgusel viibiti 18 tundi päevas. Kontrollgrupiks olid Šveitsi murdmaasuusatajad, kes treenisid ja elasid 500-1600m kõrgusel. Orienteerujatel Hb suurenes ($p < 0,05$), murdmaasuusatajatel jäi vastav näit samale tasemele ($p < 0,05$). Samuti paranes orienteerujatel oluliselt maksimaalne hapniku tarbimine (tabel 1). Erinevuse põhjuseks tõid autorid välja, et murdmaasuusatajatel oli eelnevalt oluliselt suurem kogemus mäestikutreeningutega, mis võib mõjutada ka üldisemat kohanemisvõime langust keskmäestikutreeningutele. Uuringute tulemustest on näha, et muutused VO_{2max} ja Hb tekkisid LHTL meetodil. Samuti selgub uuringutest, et looduslikud tingimused mõjuvad sportlaste näitajatele paremini kui simuleeritud tingimused, kuigi tulemused ei ole märgatavalt erinevad. Seega ei saa üheselt väita, millistes tingimustes treenimine võiks olla sportlase jaoks soovitamam.

Hauser et al. (2017) uurisid loodusliku keskkonna mõju hemoglobiini kontsentratsioonile. Vaatlusalused viibisid 18 päeva LHTL meetodil, elati kõrgusel 2250m ja treeniti kuni 1200m kõrguseni. LHTL meetodi lõppedes tõusis Hb mass ($P < 0.001$). Individuaalselt paranes vaatlusaluste Hb mass 0,4 kuni 8,7%. Uuring näitab, et 18 päevaga tõuseb Hb mass ja seda ka igal sportlasel individuaalselt.

Tabel 1. Muutused hemoglobiini kontsentratsioonis ja maksimaalses hapniku tarbimises mäestikutreeningu LHTL meetodil looduslikes tingimustes.

Autor	Valim	Kõrgus ja aeg	Hb%	VO _{2max} %
Saugy et al., 2016	Triatleedid 16 meest Vanus 24 ± 4 a	Elamine 2250m, treenimine 1100- 1200m. 18 päeva.	-	+3,2
Saugy et al., 2014	Triatleedid 13 meest Vanus 23 ± 4 a	Elamine 2250m, treenimine 1100- 1200m. 18 päeva.	+4,2	+6,1
Hauser et al., 2017	Triatleedid 15 Meest Vanus 23,9 ± 4,0 a	Elamine 2250m, treenimine 1200m. 18.päeva	+4,5	Ei hinnatud
Hauser et al., 2017	Triatleedid 10 Meest Vanus 23,9 ± 4,0 a	Elamine 2250m, treenimine 1200m. 18.päeva	+4,9	Ei hinnatud
Wehrlin et al., 2006	Orienteerujad 10 Vanus 23 ± 4 a	Elamine 2456m, treenimine 1800m ja 1000m. 24 päeva.	+5,3	+4,1

Vanus on esitatud kujul aritmeetiline keskmine ± standardhälve. Miinus (-) – tulemused ei muutunud oluliselt ($p > 0,05$). Hb %- hemoglobiini kontsentratsiooni oluline muutus ($p > 0,05$). VO_{2max} %- maksimaalne hapniku tarbimise oluline muutus ($p > 0,05$).

Hemoglobiini kontsentratsiooni parameeter on üks paremaid ja kergemaid viise hindamaks keskmäestiku mõju sportlase kohanemisele. Hb mass ja ferritiini kontsentratsioon tõusevad kolme nädalasel LHTL meetodil koos toetava rauapreparaadi manustamisel (Heikura et al., 2018). Hb mass võib jääda samaks vigastuste ja haiguste tagajärjel või toetavate ainete puuduse korral organismis (Heikura et al., 2018). Hauser et al. (2018) uurisid kuidas muutub kõrge Hb massi näitajatega sportlaste Hb mass 18 päeva jooksul LHTL meetodil, kui elati simuleeritud tingimustes 2250m kõrgusel ja treeniti kuni 1200m kõrgusel. Tulemustes selgus, et kõrge Hb massiga sportlaste Hb mass suurenes 916 ± 88 grammilt kuni 951 ± 96 grammi. Naiste tulemused võrreldes meestega on näidanud 10% madalamat Hb mass muutust (Schmidt & Prommer 2008). Muutuste teket seostatakse Hb mass ja kehakaalu muutumisega enne ja

pärast LH+TL režiimi kasutamist. Kehakaalu langus mõjutab Hb massi, sest keha rasvaprotsent on seotud Hb massi protsentuaalse tulemusega. Kehakaalu muutused võivad tuleneda ka rasvaprotsendi, lihasmassi või pidevast organismi muutustest näiteks vedelikust (Hauser et al., 2018).

Vastupidavusala sportlastele on oluline kulutada võimalikult vähe aega lisategevustele, mis ei ole otseselt treeninguga seotud (Wilber, 2011). Peamine põhjus on selles, et treeningud on suhteliselt pikad ning oluline on võimalikult efektiivselt aega kulutada nii treeningutele kui ka taastumisele. LHTL režiim looduslikus keskkonnas aga nõuab pidevat liikumist päeva jooksul kõrgel asuvast elamiskohast madalamal asuvasse treeningkohta. Treenimiseks sõidetakse keskmäestikust madalamale ning treeningu järgselt jälle tagasi. Selle tõttu on välja arendatud meetodika alpitubade või alpitelkide näol, mis lihtsustab sportlastel selle treeningrežiimi kasutamist oma treeningplaanides (Wilber, 2011). Teaduslikult on välja töötatud niinimetatud hüpoksia toad, mida kutsutakse ka alpitubadeks. Selle mudeli väljatöötajaks peetakse Soome teadlast Heikki Ruskot (Wilber, et al 2007). Sellistes tubades luuakse tingimused, kus tekitatakse õhu koostis, milles on kuni 20,9% hapnikku ja kuni 79,0% lämmastikku. Näiteks, 2500m kõrgusele omaseid tingimusi simuleerides viiakse ruumis hapniku protsent umbes 15,3 protsendini ja lämmastiku protsent umbes 84,7 (Wilber, 2011). Arvatakse, et sportlastel on oluline viibida alpitoas vähemalt 12 tundi päevas ja treeningud tuleks sooritada meretasapinnal või madal kõrgusel (Wilber, 2011; Wilber et al., 2007). Uuringutes on leitud, et simuleeritud tingimused alpitubade kasutamise näol kutsuvad esile sarnaseid subjektiivseid sümptomeid, mis tekivad mäestikus nagu alanenud unekvaliteet ja halvem enesetunne. Samuti tuntakse alpitelgi kasutamisel sageli peavalu ja väsimust (Ringas, 2013; Christoulas, et al 2011; Robach et al., 2006; Levine et al, 2005; Svedenhag et al 1997).

Selleks, et saada maksimaalset positiivset tulemust LHTL režiimi mõjust vastupidavusala sportlastele, tuleks teada, milline kõrgus ja millise aja jooksul kutsub esile sportlase organismis muutusi, et paraneks ka sportlase spetsiifiline töövõime. Simuleeritud tingimustes on oluliselt lihtsam määrata kindlat hüpoksia annust, millega saab parandada sportlase organismi parimat reageerimisele keskmäestiku efektile. Lisaks on võimalik väga individuaalselt läheneda sportlasele, vastavalt tema treenitusele ja füsioloogiale, võrreldes tingimustega, mis valitsevad looduslikes mägedes (Saugy et al., 2016).

Kasutades LHTL meetodit simuleeritud tingimustes leiti, et simuleerides kõrgust alla 3000m ei muutunud Hb oluliselt kuuest analüüsitud uuringust neljal (Tabel 2). VO_{2max} näitajad muutusid kõigil kõrgustel, väljaarvatud Saunders et al. (2004) uuringus, kus jooksjate VO_{2max} langes. Jooksjad jagati erinevatesse gruppidesse ja erinevatesse mäestiku keskkondadesse. Kasutusel olid meetodid LHTL, LHTH (10 jooksjat), milleks oli treenimine 1500-2000m

kõrgus ja kolmas grupp oli LLTL ehk kontrollgrupp (13 jooksjat). Uuringus testiti nende kolme erineva keskkonna mõju sportlastele. Vaatlusaluseid testiti päev peale mäestikutreeningu lõppu meretasapinnal. Kui LHTL meetodil langes vaatlusalustel usutavalt VO_{2max} , siis teiste gruppide puhul usutavaid muutusi hapnikutarbimises ei leitud ($p>0,05$). Sellegipoolest LHTL meetodil treeninud sportlased tegid oma hooaja parima jooksu üks kuu hiljem peale mäestikutreeningute lõppemist (Saunders et al., 2004). Uuringu põhjal võib oletada, et kohe peale LHTL meetodi kasutamist ei ole töövõime näitajad nii head, kui nad on mõne nädala pärast. Saugy et al. (2014) uuringus võrreldi simuleeritud ja loodusliku keskkonna mõju Hb ja VO_{2max} näitajatele. Vaatlusaluseid testiti üks päev peale LHTL meetodi lõppu meretasapinnal. Simuleeritud grupi vaatlusalustel suurenes Hb mass $2,6\pm1,9$ %. Antud näitaja tõus ei olnud oluline, mille tõttu ei ole seda tabelisse märgitud. VO_{2max} määramiseks viidi laboratoorsetes tingimustes läbi rattaga kasvavate koormustega test kuni väsimuseni. Laboratoorses testis toimusid maksimaalses hapnikutarbimises olulised muutused ($p<0.01$). Saugy et al. (2014) ning Saunders et al. (2004) uuringud viidi läbi erinevatel kõrgustel ning neil oli erinev ajaline kestvus. Nende uuringute tulemustest võib oletada, et Hb ja VO_{2max} muutuse ulatus mõjutab olulisel määral kõrgus, kus viibitakse ja treenitakse (Tabel 2) ning üldjuhul peaks treeningperiood kestma vähemalt 3 nädalat (18 päeva).

Tabel 2. Muutused hemoglobiini kontsentratsioonis ja maksimaalses hapniku tarbimises mäestikutreeningu LHTL meetodil simuleeritud tingimused, kasutades alpituba või alpitelki.

Autor	Valim	Kõrgus ja aeg	Hb %	VO _{2max} %
Saugy et al., 2016	Triatleedid 16 Meest Vanus 24 ± 4 a	Elamine treenimine 1200m. 18 päeva	2250m, 1100-	- +4,9
Saugy et al., 2014	Triatleedid 14 Meest Vanus 23±4 a	Elamine treenimine 1200m. 18 päeva	2250m, 1100-	- +6,1
Hauser et al., 2017	Triatleedid 15 Meest Vanus 23,9 ± 4,0 a	Elamine treenimine 1150m. 18 päeva.	2250m, 1150m. 18	+3,8 Ei hinnatud
Hauser et al., 2017	Triatleedid 10 Meest Vanus 23,9 ± 4,0 a	Elamine treenimine 1150m. 18 päeva.	2250m, 1150m. 18	+3,4 Ei hinnatud
Robach et al., 2006	Ujujad 1 Naine 8 Meest Vanus 17±0.5 a	Elamine treenimine 5päev ja elamine 3000m, treenimine 1200m. 8 päeva	2500m, 1200m.	- +6,9
Robertson et al., 2009	Jooksjad 8 Vanus 30,6 ± 4,6 a	Elamine treenimine 3nädalat	3000m, 600m.	+2,8 +2,1
Robertson et al., 2009	Jooksjad 8 Vanus 30,6 ± 4,6 a	Elamine treenimine 3nädalat	3000m, 600m.	+2,7 +2,1
Saunders et al., 2004	Jooksjad 10 Meest Vanus 25,3±2,6 a	Elamine treenimine päeva	2000-3100m. 600m. 20	- -3,4

Vanus on esitatud kujul aritmeetiline keskmine ± standardhälve. Miinus (-) – tulemused ei muutunud oluliselt (p>0,05). Hb %- hemoglobiini kontsentratsiooni oluline muutus (p>0,05). VO_{2max} %- maksimaalne hapniku tarbimise oluline muutus (p>0,05).

LHTL meetodil treeningud võivad mõjutada Hb ja RBC hulka 4-6% (Wehrlin, 2008; Wilber, 2011). RBC ja Hb mass näitajate paranedes on laktaadi eemaldumine lihastes kiirem (Millet et al., 2010; Schmitt et al., 2006). Hüpoksia raskendab hapniku transporti lihastesse, mis kõrgema töö intensiivsuse korral tekitab lihastes väsimuse, mis omakorda vähendab sportlastel vastupidavuslikku töövõimet (Amann, 2014). Hb massi vähenemine on palju kiirem kui RBC tavaline eluiga, sellega ei tõuse kõigil sportlastel VO_{2max} näitajad (Chapman, et al., 2014). Hb ja RBC parameetrite muutused loovad eelduse vastupidavusala sportlaste töövõime ja VO_{2max} muutusteks (Christoulas et al., 2011; Ringas 2013; Levine et al., 2005; Robach et al., 2006; Svedenhag et al., 1997). VO_{2max} testid on näidanud, et LHTL kaudu on võimalik hapniku omastamist parandada (Rusko et al., 2004). Simuleeritud keskkonna võimalus annab meretasapinnal toimuvatel treeningutel säilitada kiirust ning vältida sportlaste VO_{2max} langust (Wehrlin, 2008). Enamus sportlastel tõuseb VO_{2max} kuni 10% (Chapman et al., 2014). On võimalik, et kõikidele sportlastele ei too LHTL meetodi kasutamine positiivseid muutusi Hb mass ja VO_{2max} näitajates, tulemused võivad hoopis halveneda. Selliste tulemusteni jõudis Saunders et al., (2004). Põhjusteks võidvad olla stress, treeningkoormused, taastumine, valesti valitud kõrgus elamiseks ja treenimiseks ning sportlase kohanemisvõime (Millet et al., 2010).

3. MUUTUSED VASTUPIDAVUSLIKUS TÖÖVÕIMES KESKMÄESTIKU TINGIMUSTES

Sportlased on erineva treenitusega, mis muudab ka reaktsiooni keskmäestiku treeningule individuaalseks (Wilber et al., 2007). Keskmäestikus viibimist kasutavad vastupidavusala sportlased erinevate põhjustel. Peamine põhjus on parandada kehalist töövõimet meretasapinna lähedal. Veel kasutatakse keskmäestiku laagreid, et valmistuda võistlemiseks keskmäestiku keskkonnas (Millet et al., 2010). Nende hulgas, kes kasutavad keskmäestiku laagreid oma treeningplaanides leidub neid, kellele ei mõju keskmäestiku keskkond nii nagu soovitakse ja neil tekivad mäestiku haigused nagu peavalu, söögiisu langus, immuunsüsteemi nõrgenemine (Wilber et al., 2007; Tiollier et al., 2005). LHTL režiimil paranevad sportlaste vastupidavusliku töövõime tulemused kuni 2% (Heikura et al., 2018; Robertson et al., 2010; Shmitt et al., 2018). Reeglina on sportlaste jaoks ka väikesed muutused töövõime parandamisel olulised (Garvican-Lewis et al., 2013). Paljud vastupidavusalade tippsportlased kasutavad keskmäestiku laagreid (Heikura et al., 2018). Kõige tavapärasem on pärast kõrguses viibimist madalal meretasapinnal võistlemine. Keskmäestikus viibitakse reeglina kuni neli nädalat, et parandada oma kehalist võimekust meretasapinnal. (Saunders et al., 2009).

Et kohaneda keskmäestikus võimalikult hästi tuleks esimestel päevadel, eriti 7-10 päeva jooksul teha aeroobseid ehk madala intensiivsusega treeninguid (Shmitt et al., 2018). Vastupidavusala sportlastel tuleks hoida võistlustele omast spetsiifilist kiirust. Selle jaoks tehakse keskmäestiku laagrites rohkem aga lühemaid võistluskiirusel lõike. Väga oluline on selle juures pikem taastumine võrreldes meretasapinnaga, et hoida ära negatiivsete kohanemisreaktsioonide tekkimist, hemolüüsi suurenemist ning vältida erütropoetiin vähest tootmist (Saunders et al., 2009). LHTL meetodil kõrge intensiivsusega treeningud peaaegu, et puuduvad (Wilber et al., 2007). Intensiivseid treeninguid viiakse läbi ainult keskmäestikust madalamatel kõrgustel (Tønnessen et al., 2014). LHTL meetodil võiksid olla 80% treeningutest madala intensiivsusega, allpool aeroobset läve ja 20% kõrgemate intensiivsusega (Saunders et al., 2009). On leitud, et treeningmeetodid, mis sisaldavad kiirendusi keskmäestikus ei mõju töövõime paranemisele positiivselt (Lundby & Robach 2016). Juhul kui vastupidavusala sportlase taastumine on aeglane, siis intensiivsed treeningud LHTL meetodi tingimustes tekitavad ohu üleväsimuseks. Sooritades rohkem intensiivseid treeninguid on väsimuse tekkimine laagri lõpus sportlastel suurem ja tulemused ei parane meretasapinnal just nii nagu loodetakse. Tekkinud väsimust aitavad vähendada madala intensiivsusega treeningud (Shmitt et al., 2018; Schmitt et al., 2006).

Tähtsamad võistlused vastupidavusala sportlastel toimuvad, kas keskmäestikus või sellest madalamal. Mõlemas võistluspaigas võistlemiseks kasutatakse ettevalmistuses LHTL meetodit (Millet et al., 2010). Eliitsportlased on aastaid saanud katsetada erinevaid režiime, et leida milline annab kõige parema keskmäestiku efekti võistlustulemuse parandamiseks. Võistlustulemusi parandasid näiteks kiiruisutajad, kes kasutasid LHTL režiimi enne olümpiamänge ning olid väga edukad 2002. aastal Salt Lake City's taliolümpiamängudel. Tulemused paranesid veelgi järgmisel taliolümpial 2006. aastal Torinos (Wilberg, 2011). On leitud, et keskmäestikus võistlemiseks aklimatiseeruda, tuleks enne viibida kaks kuni neli nädalat 1800-3000m kõrgusel. Võistlustulemused ei muutu oluliselt lühikestel distantssidel kuni 400m, pikemad distantssid nagu maraton on tulemused aeglasemad võrreldes meretasapinnal tehtavate tulemustega. (Saunders et al., 2009).

Saugy et al. (2014) poolt läbi viidud uuringus võrreldi simuleeritud ja loodusliku keskkonna mõju vastupidavusala sportlaste töövõimele. Kasutati LHTL meetodit 18 päeva. Vaatlusalusteks olnud triatleedid elasid 2250m kõrgusel ja treenisid 1100-1200m kõrgusel merepinnast. Vaatlusalused olid jagatud kahte gruppi. Üks grupp oli simuleeritud keskkonnas ja teine looduslikus keskkonnas. Testimiseks kasutati spetsiifilist töövõime testi ehk 3km jooksu, mis läbiti staadionil 400m ringil meretasapinna lähedal. Peale LHTL meetodi kasutamist paranes töövõime ehk jooksu aeg, eriti simuleeritud keskkonna sportlastel. Testid tehti uuesti 7. ja 21. päeval pärast mäestiku treeningu lõppu, kus mõlema grupi jooksuajad langesid ($p < 0,05$). Saugy et al. (2016) võrdlesid 18 päevases uuringus simuleeritud ja loomuliku keskkonna mõju triatleetide spetsiifilisele töövõimele. Uuringus osalejad elasid 2250m kõrgusel ning treenisid 1100-1200m kõrgusel merepinnast. Sportlased sooritasid kolm kilomeetri jooksu 100-390m kõrgusel peale LHTL meetodit ning seitsmendal ja 21. päeval peale LHTL meetodi lõppemist. Tulemused paranesid looduslikus keskkonnast tulles 1,7% võrra rohkem võrreldes simuleeritud keskkonnast. Aasta hiljem sooritati samasugune uuring uuesti aga grupid vahetati ära. Vaatlusalused, kes varasemalt olid looduslikus keskkonnas, järgmisel aastal olid simuleeritud keskkonnas. Tulemused töövõimes paranesid veelgi peale LHTL meetodit looduslikus keskkonnas 1,92% ja simuleeritud keskkonnas 0,97 %. Peale 21 päeva LHTL meetodil paranesid töövõime näidud $P < 0.001$ (tabel 3).

Tabel 3. Muutused töövõimes mäestikutreeningu LHTL meetodil.

Autor	Vaatlusalused/vanus	Kõrgus ja aeg	Spetsiifiline töövõime/töövõime laboris	Töövõime %
Saugy et al., 2016	Triatleete 16 meest Vanus 24 ± 4 a	Elamine 2250m, treenimine 1100-1200m. 18 päeva.	3km jooks	Simuleeritud: -4,5 Loomulik: -6,2
Robertson et al., 2009	Jooksjaid 6 meest 2 naist Vanus $30,6 \pm 4,6$ a	Elamine 3000m, treenimine 600m. 21 päeva	4,5km jooks	-1,4
Robertson et al., 2009	Jooksjaid 6 meest 2 naist Vanus $30,6 \pm 4,6$ a	Elamine 3000m, treenimine 600m. 21 päeva	4,5km jooks	0,7
Saunders et al., 2004	Jooksjaid 10 meest Vanus $25,3 \pm 2,6$ a	Elamine 2000-3100m. treenimine 600m. 20 päeva	Kasvavate koormustega väsimuseni (<i>treadmill</i>)	3,3
Schmitt et al., 2006	Murdmaasuusatajaid 6 Vanus 23 ± 4 a Ujujaid 9 Vanus 20 ± 3 a Jooksjaid 5 Vanus 24 ± 5 a	Elamine 2500m, treenimine 1200m. 5-6 päeva, elamine 3000m, treenimine 1200m. 12-18 päeva	Spetsiifiline: jooks või ujumine Mitte erialane: Ratta ergomeeter 4min	-2,3
Wehrlin et al., 2006	Orienteerujaid 10 Vanus 23 ± 4 a	Elamine 2456m, treenimine 1800m ja 1000m. 24 päeva.	5000m jooks- staadionil 400m	-1,6

Vanus on esitatud kujul aritmeetiline keskmine $\pm$ standardhälve.

Robertson et al. (2009) said oma uuringus hoopis vastupidise tulemuse kasutades vaatlusalusena jooksjaid. Töö eesmärk oli uurida LHTL meetodi kordamise mõju töövõimele ühes treeningperioodis. Vaatlusalused läbisid kaks korda kolme nädalase laagri LHTL meetodil elades 3000m kõrgusel. Kahe laagri vahe oli viis nädalat. Vaatlusaluste töövõime esimesel korral 4,5 kilomeetri jooksus paranes oluliselt. Peale teist kolme nädalast laagrit töövõime langes 0,7% ehk nad jooksid antud distantssi kauem (tabel 3). Nende kahe uuringu valguses võib oletada, et keskmäestikus viibimisel on kasulik mõju, kui seda korrata igal aastal. LHTL meetodit kasutada samal aastal ja sama pikalt mitu korda ei too kaasa oodatut töövõime tõusu. Tulevased uuringud, mida hakatakse LHTL meetodil tegema võiks rohkem uurida töövõime muutuste võrdlust aasta hiljem sooritatud meetodi tulemustega.

On leitud, et LHTL režiimist naasmisel meretasapinnale kestab keskmäestiku efekt kuni kolm nädalat (Schmitt et al., 2006). RBC hulk ja aeroobne võimekus püsib sama kaua (Robach et al., 2006). On arvatud, et parim töövõime peale keskmäestikust naasmist on kümnendal päeval (Chapman et al., 2014). Leitud on ka, et 15. päev pärast keskmäestikust alla tulemist on töövõime väga hea (Schmitt et al., 2006). Selleks ajaks on aklimatiseerumine toimunud ja sportlased on madalamal kõrgusel võimelised suuremal kiirusel kehalist tööd tegema kui keskmäestikus. Suurimaks põhjuseks on paranenud välisõhu ja lihaste vaheline hapnikuvahetus ja omastamine (Chapman et al., 2014).

Vastupidavusala sportlaste seas on levinud ka LHTLTH, mis tõstab VO_{2max} , Hb mass ja töövõime näitajaid (Robertson et al., 2010). Robertson et al. (2010) viisid läbi uuringu, kus võrreldi LLTH ja LHTLTH meetodi mõju töövõimele. Vaatlusalusteks olid jooksjad, kes viibisid 3 nädalat LHTLTH meetodil 3000m kõrgusel ja LLTH meetodi vaatlusalused elasid 600m kõrgusel. Töövõimet hinnati 3 kilomeetri jooksuga staadionil. Tulemused paranesid eriti LHTLTH meetodit kasutanud sportlastel, kui kaks päeva peale meetodi lõppu viidi läbi töövõime test, mis paranes 1,1%. Tulemused paranesid vähe LLTH meetodi kasutamisel (0,1%). Muutused VO_{2max} paranesid mõlemal meetodil (LHTLTH $4,8\% \pm 4,2\%$ ja LLTH $2,2\% \pm 2,9\%$). Tulemuste paranesid Hb mass näitajates $3,6\% \pm 2,4\%$ LHTLTH meetodil aga LLTH meetodil vähenes näitaja $0,7\% \pm 3,9\%$. Uuringu põhjal võib öelda, et LHTLTH meetod aitab kaasa töövõime paranemisele.

4. KOKKUVÕTE

Ainult meretasapinnal treenides on raske parandada sportlastel oma töövõime näitajaid. Vastupidavusala sportlastel on kõige olulisemad töövõime näitajad maksimaalne hapniku tarbimine ja anaeroobse läve kiirus. Need kaks näitajat määravad suures osas ära sportlaste võimekuse kehalisel tööl. Et tõsta töövõimet on olemas mitmeid võimalusi. Tippsportlaste seas on levinud töövõime parandamiseks keskmäestiku treening. Keskmäestiku treening mõjutab vastupidavusala sportlastel hemoglobiini kontsentratsiooni, minuti ventilatsiooni, hemodünaamikat, närvisüsteemi, lihaste puhversüsteemi ja ökonoomsust.

Mäestikutreeningu kontekstis on kasutusel on mitmeid meetodeid: LHTH ehk elatakse kõrgel-treenitakse kõrgel, LHTL ehk elatakse kõrgel-treenitakse madalal, LLTH ehk elatakse madalal ja treenitakse kõrgel ja LHTLTH ehk elatakse kõrgel ja treenitakse nii madalal kui ka kõrgel. Erinevate uuringute tulemustel on leitud, et kõige kasulikum meetod vastupidavusala sportlastele on LHTL meetod.

LHTL meetodit uurides on leitud, et kõige efektiivsem on elada 2500-3000m kõrgusel merepinnast ja treenida alla 1500m kõrgusel kolm kuni neli nädalat. Lisaks keskmäestikus elamisele on võimalik kasutada ka alpituba, kus luuakse vastav keskkond. Teaduskirjanduse põhjal võib öelda, et LHTL meetod mõjutab töövõimet positiivselt, kuna Hb ja VO_{2max} näitajad paranevad. LHTL meetod võib mõjutada Hb ja RBC hulka 4-6%. Enamus sportlastel paraneb VO_{2max} näitaja 10%. Looduslikus keskkonnas paranevad näitajad rohkem võrreldes simuleeritud keskkonnaga aga alpitoa kasutamine on mugavam. Sellegipoolest tuleb lähtuda LHTL meetodi kasutamisel individuaalsusest.

Kokkuvõtteks võib öelda, et keskmäestiku treening mõjutab vastupidavusala spordialade sportlaste töövõimet positiivselt. Edaspidi võiks uurida keskmäestiku treeningu efektiivsust mitme aasta vältel.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Amann M. Pulmonary system limitations to endurance exercise performance in humans. *Exp Physiol*. 2014; 97(3): 311–318.
2. Chapman RF, Laymon Stickford AS, Lundby C, Levine BD. Timing of return from altitude training for optimal sea level performance. *J Appl Physiol* 2014; 116: 837–843.
3. Christoulas K, Karamouzis M, Mandroukas K. "Living high - training low" vs. "living high - training high": Erythropoietic responses and performance of adolescent cross-country skiers. *J Sports Med Phys Fitness* 2011; 51: 74-81.
4. Garvican-Lewis L, Clark S, Polglaze T, McFadden G, Gore C. Ten days of simulated live high:train low altitude training increases Hbmass in elite water polo players. *Br J Sports Med* 2013; 47: 70–73.
5. Hauser A, Troesch S, Saugy J, Schmitt L, Cejuela -Anta R et al. Individual hemoglobin mass response to normobaric and hypobaric “live high–train low”: A one-year crossover study. *J Appl Physiol* 2017; 123: 387–393.
6. Hauser A, Troesch S, Steiner T, Brocherie F, Girard O et al. Do male athletes with already high initial haemoglobin mass benefit from ‘live high–train low’ altitude training? *Exp Physiol* 2018; 103: 68–76.
7. Heikura IA, Burke LM, Bergland D, Uusitalo AL, Mero AA et al. Impact of energy availability, health, and sex on hemoglobinmass responses following live-high–train-high altitude training in elite female and male distance athletes. *Int j sports physiol perform*, 2018; 13: 1090-1096.
8. Levine BD, Stray-Gundersen J, Gore CJ, Hopkins WG. Point: Positive effects of intermittent hypoxia (live high:train low) on exercise performance are mediated primarily by augmented red cell volume. *J Appl Physiol* 2005; 99: 2053–2058.
9. Lundby C & Robach P. Does ‘altitude training’ increase exercise performance in elite athletes? *Exp Physiol* 2016; 101 (7): 783–788.
10. Millet GP, Roels B, Schmitt L, Woorons X, Richalet JP. Combining hypoxic methods for peak performance. *Sports Med* 2010; 40 (1): 1-25.
11. Ringas K. Alpitelgi kasutamise võistlussportlaste ettevalmistuses. Magistritöö Tartu: Tartu Ülikooli kehakultuuriteaduskond; 2013.
12. Robach P, Schmitt L, Brugniaux J, Roels B, Millet G. Living high–training low: effect on erythropoiesis and aerobic performance in highly-trained swimmers. *Eur J Appl Physiol* 2006; 96: 423–433.

13. Robertson EY, Saunders PU, Pyne DB, Aughey RJ, Anson JM et al. Reproducibility of performance changes to simulated live high/train low altitude. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42(2): 394-401.
14. 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(2): 379-87.
15. Rusko HK, Tikkanen HO, Peltonen JE. Altitude and endurance training. *J. Sports Sci* 2004; 22: 928–944.
16. Saugy JJ, Schmitt L, Cejuela R, Faiss R, Hauser A. Comparison of “live high-train low” in normobaric versus hypobaric hypoxia. *Plos one* 2014; 9(12): 1-21.
17. Saugy JJ, Schmitt L, Hauser A, Constantin G, Cejuela R. Same performance changes after live high-train low in normobaric versus hypoxia. *Frontiers in Physiology* 2016; 7: 1-19.
18. Saunders PU, Pyne DB, Gore CJ. Endurance training at altitude. *High Alt Med Biol* 2009; 10(2): 135-48.
19. Saunders PU, Telford RD, Pyne DB, Cunningham RB, Gore CJ et al. Improved running economy in elite runners after 20 days of simulated moderate-altitude exposure. *J Appl Physiol* 2004; 96: 931–937.
20. Schmidt W, Prommer N. Effects of various training modalities on blood volume. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18: 57–69.
21. Schmitt L, Millet GP, Robach P, Nicolet G, Brugniaux J et al. Influence of “living high–training low” on aerobic performance and economy of work in elite athletes. *Eur J Appl Physiol* 2006; 97: 627–636.
22. Schmitt L, Willis SJ, Coulmy N, Millet GP. Effects of different training intensity distributions between elite cross-country skiers and nordic-combined athletes during live high-train low. *Front. Physiol* 2018; 9: 1-9.
23. Solli GS, Tønnessen P, Sandbakk Ø. The training characteristics of the world’s most successful female cross-country skier. *Front. Physiol* 2017; 8: 1-14.
24. Svedenhag J, Piehl-Aulin K, Skog C, Saltin B. Increased left ventricular muscle mass after long-term altitude training in athletes. *Acta Physiol Scand* 1997; 161: 63-70.
25. Tiollier E, Schmitt L, Burnat P, Fouillot JP, Robach P. Living high–training low altitude training: effects on mucosal immunity. *Eur J Appl Physiol* 2005; 94: 298–304.
26. Tønnessen E, Sylta Ø, Haugen TA, Hem E, Svendsen IS. The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *Plos one* 2014; 9(7): 1-13.

27. Wehrlin JP. Altitude and endurance athletes.effects of acute and chronic hypoxic exposure. Disseratsioon. Bern: Swiss Federal Institute of Sport Magglingen; 2008.
28. Wehrlin JP, Zuest P, Hallen J, Marti B. Live high-train low for 24 days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes. *J Appl Physiol* 2006; 100: 1938–1945.
29. Wilber RL. Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. *JHSE* 2011; 6(2): 271-286.
30. Wilber RL, Stray-Gundersen J, Levine BD. Effect of hypoxic “dose” on physiological responses and sea-level performance. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(9): 1590-1599.

SUMMARY

Methods of hypoxic training and/or exposure, have the goal to induce an improvement in athletic performance at sea level. The most important parameters in endurance performance are VO_{2max} and anaerobic capacity.

Different methods of altitude/hypoxic training currently used by elite athletes are 'live high-train high' (LHTH), 'live high-train low' (LHTL), 'live low-train high' (LLTH) and 'live high-train low-train high' (LHTLTH). LHTL seems to be most efficient method.

The optimal altitude for living high has been defined as being 2200–2500m and for training low under 1500m. The optimal duration at altitude appears to be 3-4 weeks. There are two methods to LHTL-normobaric hypoxia or hypobaric hypoxia conditions. In hypobaric hypoxia has shown more increase VO_{2max} and Hb mass.

In conclusion the present bachelor thesis demonstrates that LHTL improves performance among endurance athletes.

AUTORI LIHTLITSENTS TÖÖ AVALDAMISEKS

Mina, Anette Kasemets,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose Keskmäestiku režiimi mõju vastupidavusalade sportlaste töövõimele, mille juhendaja on Jarek Mäestu,

reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Anette Kasemets

13.05.2019