

TARTU ÜLIKOOL

Spordipedagoogika ja treeninguõpetuse instituut

Raido Mitt

Mäestikutreeningu kasutamine kesk- ja pikamaajooksus

The use of altitude training in middle- and long distance running

Bakalaureusetöö

Kehalise kasvatuse ja spordi õppekava

Juhendaja:

Lektor M. Mooses (PhD)

Tartu 2016

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	3
SISSEJUHATUS	4
1. MÄESTIKUTREENINGU FÜSIOLOOGIA.....	5
2. MÄESTIKU MÕJU TÖÖ- JA SAAVUTUSVÕIMELE	8
3. MÄESTIKUTREENINGU POTENTSIAALNE EFEKT.....	10
4. AKLIMATISEERUMINE JA REAKLIMATISEERUMINE	13
4.1. Mäestikuga kohanemine ehk aklimatiseerumine	13
4.2. Reaklimatiseerumine.....	15
5. MÄESTIKUTREENINGU ERINEVAD REŽIIMID	17
5.1. LHTH – ela kõrgel, treeni kõrgel.....	17
5.2. LHTL – ela kõrgel, treeni madalal loomulikud tingimused	18
5.3. LHTL kunstlikud tingimused.....	21
5.3.1. Alpituba lämmastiku lisamisega	23
5.3.2. Alpituba hapniku filtreerimisega.....	24
5.3.3. LHTLO ₂ – lisahapniku kasutamine.....	24
5.4. LLTH – ela madalal, treeni kõrgel.....	25
5.4.1. IHE	26
5.4.2. IHT	27
6. MÄESTIKULAAGER	29
KOKKUVÕTE	30
KASUTATUD KIRJANDUS	31
SUMMARY	34
LISA 1	36

KASUTATUD LÜHENDID

CO₂ - süsihappegaas

EPO – erütropoietiin

FiO₂ – hapniku sisaldus sissehingatavas õhus

IHE – (*intermittent hypoxic exposure*) vahelduv hüpoksia tingimustes viibimine

IHT – (*intermittent hypoxic training*) vahelduv hüpoksia tingimustes treenimine

LHTH – (*live high, train high*) ela kõrgel, treeni kõrgel

LHTL – (*live high, train low*) ela kõrgel, treeni madalal

LHTLO₂ – ela kõrgel, treeni madalal täiendava hapniku kaudu

LLTH – (*live low, train high*) ela madalal, treeni kõrgel

LLTL – (*live low, train low*) ela madalal, treeni madalal

N₂ – lämmastik

O₂ – hapnik

PiO₂ – sissehingatava hapniku osarõhk

PO₂ – hapniku osarõhk

V_E – kopsude minutiventilatsioon

VO₂max – maksimaalse hapnikutarbimise näitaja

ü.m.p – üle merepinna

SISSEJUHATUS

Tõsine huvi mäestikutreeningu vastu nii vastupidavusalade sportlaste, treenerite, kui ka teadlaste poolt sai alguse 1968. aasta Mehhiko Olümpiamängudest, mis peeti esmakordselt mäestikutingimustes, ≥ 2200 meetrit üle merepinna (ü.m.p). Lähtuvalt Olümpiamängude toimumise asukohast tekkis vajadus uuringute järele, mis aitaks sportlaseid nii aklimatiseerumisel kui ka võistlemisel madalama hapniku osarõhuga keskkonnas (Chapman & Levine, 2007).

Viimase 30-40 aasta jooksul on sportlaste aeroobne võimekus paranenud ning seeläbi ka maailmarekordid kesk- ja pikamaajooksudes. Oluline panus tulemuste paranemisse on tulnud tõenäoliselt läbi mäestikutreeningu, sest sportlased, kes elavad ja treenivad mäestikutingimustes (näiteks Kenya ja Etioopia jooksjad), on valitsenud (Rusko et al., 2004) ning valitsevad ka käesoleval hetkel kesk- ja pikamaajooksu distantse. Samas on mitmed uuringud välja toonud, et andmed mäestikutreeningu efektiivsuse kohta meretasapinnalt pärit vastupidavusalade sportlastele on vastukäivad (Issurin, 2007; Muraoka & Gando, 2012; Rusko et al., 2004; Vargas-Pinilla, 2014; Wilber, 2011).

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on uurida mäestiku mõju organismile ja saavutusvõimele, mäestikutreeningu positiivset mõju kesk- ja pikamaajooksu sooritusele ning erinevaid mäestikutreeningu kasutamise võimalusi. Töö annab ülevaate mäestikutreeningu füsioloogiast, potentsiaalsest efektist, mõjust töö- ja saavutusvõimele, aklimatiseerumisest ning erinevatest mäestikutreeningu režiimidest.

Töö on potentsiaalselt huvi pakkuv nii tipp- kui ka harrastusportlastele ja treeneritele.

Märksõnad: mäestik, vastupidavus, aklimatiseerumine, hemoglobiin, sooritusvõime.

Keywords: altitude, endurance, acclimatization, hemoglobin, performance.

1. MÄESTIKUTREENINGU FÜSIOLOOGIA

Siirdudes meretasapinnalt kesk- või kõrgmäestikku, toimuvad inimese organismi talitluses märkimisväärsed muutused, mis leiavad aset nii puhkeseisundis kui ka kehalisel tööl. Muutuvad nii hingamissüsteemi kui ka südame talitus, samuti vere näitajad ja ainevahetuse reaktsioon kehalisele koormusele. Maksimaalse hapnikutarbimise võime ($VO_2\max$) ja vastupidavuslik töövõime langevad (Ööpik, 2007). Lähtuvalt kõrgusest merepinnast jagatakse üldjoontes mäestikud erinevatesse kategooriatesse. Keskmäestik (*moderate altitude*) on sageli kirjeldatud kui kõrgust 1200-2500 m ü.m.p ning kõrgmäestikuks (*high altitude*) nimetatakse kõrgust alates 2500 m ü.m.p.

Mäestikutingimuste iseloomulikuks jooneks on hapnikuvaegus ehk hapniku osarõhu (PO_2) langus. Hapniku (O_2) osarõhu langus mäestikuõhus tingib suurenemise kopsude minutiventilatsioonis (V_E) nii puhkeseisundis kui ka kehalisel tööl, mille tulemusena saabub kopsudesse iga sissehingatud liitriga vähem hapnikku kui meretasapinnal (Ööpik, 2007). Kopsude minutiventilatsioon on ühes minutis kopsusid läbinud õhu hulk ning puhkeolekus on see 6-8 l \cdot min $^{-1}$. Füüsilise töö ajal, suurenend hapnikutarbimise korral võib V_E hingamissageduse ja -sügavuse arvelt tõusta 100 ja enama liitrini minutis (Kingisepp, 2006). Tagamaks organismi O_2 varustamist vajalikul määral, suurendatakse kopsusid läbiva õhu hulka (Ööpik, 2007). Seoses sellega suureneb hingamise sügavus ja kiirus, suurendades omakorda alveolaarventilatsiooni (West, 2004). Alveolaarventilatsioon on see osa kopsude ventilatsioonist, mis osaleb gaasivahetuses (Kingisepp, 2006). Alveolaarventilatsiooni suurenemise on põhjustanud hüpoksia stimulatsioon perifeersetele kemoretseptoritele, mis on tundlikud PO_2 langusele arteriaalses veres (West, 2004). Kopsude minutiventilatsiooni suurenemise tulemusena intensiivistub ühtlasi ka süsihappegaasi (CO_2) eritumine organismist. See tingib CO_2 osarõhu languse alveolaarõhus ning lõppkokkuvõttes ka veres, mis omakorda põhjustab vere pH nihke aluselise suunas ehk tekib respiratoorne alkalooos (Ööpik, 2007). Sellele vastuseks intensiivistavad neerud karbonaatioonide eritamist uriini, mis pidurdab alkalooosi süvenemist, kuid samas vähendab vere puhversüsteemide mahtuvust. Karbonaatioonide kontsentratsioon veres ning seega ka vere puhversüsteemide mahtuvus väheneb mäestikutingimustes esimeste päevade jooksul kiiresti ja ulatuslikult (Vargas-Pinilla, 2014; Ööpik, 2007).

Paralleelselt kõrguse suurenemisega langevad koos PO_2 langusega atmosfääriõhus ka selle väärtused alveolaarõhus ja arteriaalses veres (Lemberg et al., 2004; Muraoka & Gando, 2012). Sellest tulenevalt langeb vere hapnikuga küllastatuse aste ning raskendatud on hapniku

transport (Daniels, 2014). Hapniku transport toimub suures osas läbi erütrotsüütides ringleva hemoglobiini, mis omakorda moodustab punaliblede massist kuni 30% (Kingisepp, 2006). Hemoglobiin transpordib O₂ kopsukapillaaridest läbi vasaku südamepoole ülejäänud kehasse. Kui meretasapinnal on PO₂ 159 mmHg, siis näiteks 2400 m kõrgusel vaid 118 mmHg, millest tulenevalt langeb oluliselt PO₂ ka kopsualveoolides (Ööpik, 2007). See omakorda seletab, miks on meretasapinnal hemoglobiini hapnikuga küllastatuse aste arteriaalses veres 96-98%, 2400 m kõrgusel aga vaid 90-92%. Sellest tulenevalt on hapniku hulk, mida iga liiter kopsudest läbi voolavat verd endaga kudedesse kaasa suudab võtta, mäestikutingimustes väiksem kui meretasapinnal (Ööpik, 2007). Kopsukapillaarides oleva vere PO₂ on normaalselt umbes 40 mmHg, kuid alveoolides on PO₂ umbes 100 mmHg. Mäestikus, näiteks 3000 m ü.m.p on see aga 60 mmHg. Arteriaalse vere hemoglobiini hapnikuga küllastatuse aste on umbes 97%. Venoosse vere puhul (puhkeolekus) aga umbes 75%. Kudede hapnikutarbimise tõustes väheneb järsult kapillaaride hemoglobiini hapnikuküllastatus (Loogna, 2005). Kuna kõrguse suurenemine toob endaga kaasa PO₂ vähenemise veres ning PO₂ määrab, kui palju O₂ transporditakse hemoglobiiniga veres, siis kõrguse suurenedes transpordib teatud kogus hemoglobiini järjest vähem O₂ töötavatesse lihastesse. Transporditava O₂ koguse langus alandab ühtlasi ka maksimaalset hapnikutarbimist (Daniels, 2014).

Vereplasma maht mäestikutingimustes väheneb. See on tingitud suurenevast vee-eritumisest ning vedeliku ümberjaotumisest organismisiselt. Suurenenud vee-eritumise põhjustavad kuiv õhk ja suurenenud V_E (Vargas-Pinilla, 2014; Ööpik, 2007). Vereplasma maht väheneb mäestikus kiiresti ja märgatavalt, esimese 24-48 tunni jooksul kuni 25% (Ööpik, 2007). Plasma mahu vähenemine suurendab nii erütropoeesi, kui ka retikulotsüütide (noored, osaliselt säilinud tuumaga punalibled) hulka, põhjustades hemoglobiini kontsentratsiooni ja erütrotsüütide hulga suurenemist, mille tulemusena paraneb vere hapnikutransportimise võime (Vargas-Pinilla, 2014; Ööpik, 2007). Märkimisväärne suurenemine erütrotsüütide hulgas võib esineda pärast 3 nädalast viibimist minimaalselt 2100 m kõrgusel ning väljendub kõrguse suurenedes üha rohkem (Vargas-Pinilla, 2014).

Maksimaalne hapnikutarbimine mäestikutingimustes langeb, kuna väheneb sissehingatava hapniku osarõhk (PiO₂). Märgatav, 8-11% iga järgneva 1000 m kohta, on see langus alates kõrgusest, kus atmosfääriõhu PO₂ langeb alla 131 mmHg, mis juhtub ~ 1600 m kõrgusel. Selle languse peamiseks põhjuseks on lihaste hapnikuvarustuse halvenemine, mis tuleneb PiO₂ langusest (Ööpik, 2007). Näiteks 3000 m kõrgusel on VO₂max langenud juba ~85%-le meretasapinna tasemest (West, 2004). Maksimaalne hapnikutarbimine meretasapinnal sõltub otseselt hemoglobiini kontsentratsioonist veres. Ig hemoglobiini kontsentratsiooni muutus

toob endaga kaasa $\sim 3 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ muutuse VO_2max tasemes. Tippvastupidavussportlastel on täheldatud tavainimestest keskmiselt 35% võrra kõrgemat hemoglobiini kontsentratsiooni. 14% võrra veelgi kõrgem on see mäestikust ($\sim 2600 \text{ m ü.m.p}$) pärit sportlastel (Schmidt & Prommer, 2008).

Mäestikutreeningu üks peamisi eesmärke on tõsta VO_2max taset läbi O_2 transpordisüsteemi parandamise ning seeläbi parandada sportlikku saavutusvõimet nii meretasapinnal kui ka mäestikus võisteldes (Vargas-Pinilla, 2014).

Kokkuvõtlikult võib öelda, et kuigi PO_2 languse tõttu mäestikutingimustes leiavad inimese organismis aset mitmed füsioloogilised muutused, on hematoloogiliste parameetritega seotud muutused tõenäoliselt kõige olulisemad. Hemoglobiini kontsentratsiooni ja erütrotsüütide hulga suurenemine aitab parandada vere hapnikutransportimise võimet, mis on oluline sportliku saavutusvõime parandamisel vastupidavusalade sportlastel.

2. MÄESTIKU MÕJU TÖÖ- JA SAAVUTUSVÕIMELE

Võistlusdistsididel, kus peamist rolli mängib hapniku transpordisüsteem, mõjutab hapnikuvaegus töövõimet negatiivselt. Seetõttu hakkab intensiivsel lihastööl kestusega üle 2 minuti, mille puhul energiat toodetakse peamiselt aeroobselt, vähenenud PO₂ atmosfääriõhus sooritusele avaldama tugevat negatiivset mõju (Lemberg et al., 2004). Sprindidistsididel ja ka lühikeste lõikudega intervalltreeningul võib olla võimalik saavutada isegi suurem kiirus kui meretasapinnal, sest mäestikus on vähenenud õhutihedus ning see väljendub väiksemas aerodünaamilises vastupanus (Issurin, 2007).

Mäestik mõjutab eelkõige treenitavaid lihaseid ning negatiivne efekt sooritusvõimele on tagasihoidlikum, sest hõredama õhu tõttu on mäestikus väiksem õhutakistus, mille tagajärjel omakorda paraneb ökonoomsus. Mäestikku jõudes sportlase aeroobne võimekus (VO₂max) langeb 12-16%, kuid sooritusvõime ainult 6-8%, sest energiakulu jooksmisel (*cost of running* või *running economy*) väheneb, kuna õhutakistus on väiksem. Kokkuvõtlikult kaotad aeroobses võimekuses, kuid kompenseerid seda läbi ökonoomsuse paranemise. Lisaks, aeroobne võimekus ei esinda ainukest vaba energiaallikat ja anaeroobne võime ei ole negatiivselt mõjutatud mäestikus viibimise tõttu (Daniels, 2014).

Sellest tulenevalt mõjutavad mäestikus töövõimet kõige enam kolm peamist faktorit (Lemberg et al., 2004):

1. Vähenenud õhutihedus (madalam õhutakistus)
2. Madalam õhuniiskus ehk kuivem õhk
3. Vähenenud hapniku osarõhk

Mäestikus viibimisel on otsene negatiivne mõju kesk- ja pikamaajooksu sooritusvõimele. Distsididel alates 1500 meetrist ei suudeta mäestikus joosta sama kiiresti, kui meretasapinnal. Seda on täheldatud nii sportlastel, kes elavad meretasapinnal, kui ka sportlastel, kes on pärit mäestikust. Treenimine mäestikus parandab sooritusvõimet mäestikus ja keha aklimatiseerub teatud määral, aga mitte sellisel määral, et jõudlus mäestikus ja meretasapinnal oleks võrdne (Daniels, 2014).

Kui lühikeste võistlusdistsidide (näiteks 400 m jooks) tulemusi keskmäestik eriti ei mõjuta, siis pikemate võistlusdistsidide (1500 m, 5000 m, 10 000 m ja maraton) ajad võivad olla kuni 20% aeglasemad, kui samal distantsil meretasapinnal (Fulco et al., 1998; Saunders et al., 2009). Lisaks tõid ka Lemberg et al., (2004) välja, et isegi pärast aklimatiseerumist jäävad võistlustulemused kehtusaladel 7-12% nõrgemaks võrreldes meretasapinnal näidatutega ning

aerobne töövõime väheneb proportsionaalselt kõrguse suurenemisega: 2000 m 10%, 3000 m 15%, 4000 m 20-25%, 5000 m 50%.

Tähelepanu on vaja pöörata ka treeningu intensiivsustele. Võrreldes treenimisega meretasapinnal on mäestikutingimustes treenides kestusaladel intensiivsus madalam ($0,3-0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) ja puhkepausid pikemad. Näiteks 2000 m kõrgusel joostes peaks 10 km aeg olema vähemalt 2 minutit, 5 km aeg 50 sekundit, 2 km aeg 10-15 sekundit ja 1 km aeg 4-8 sekundit aeglasem kui treenides meretasapinnal. Planeeritud maratoni tempoga võiks joosta 12-15 km, 10 km võistlustempoga 3-5 km. 200-400 m lõikude läbimise ajad võivad treenitud sportlastel olla samad, mis meretasapinnal treenides, kuid lõikude vahelised pausid peavad olema tunduvalt pikemad (Lemberg et al., 2004).

Kesk- ja pikamaajooksus mõjutab mäestikust tingitud hapnikuvaegus töövõimet negatiivselt. Viibides ja treenides mäestikus, sooritusvõime küll paraneb, aga mitte sellisel määral, et töövõime mäestikus ja meretasapinnal oleks võrdne. Pikemate võistlusdistsantside (alates 1500 m) ajad võivad olla kuni 20% aeglasemad ning seoses sellega on ka treeningute intensiivsus madalam.

3. MÄESTIKUTREENINGU POTENTSIAALNE EFEKT

Vastupidavuslase sportlased on mäestikutreeningut kasutanud pea pool sajandit, eesmärgiga tõsta saavutusvõimet meretasapinnal ning on tekkinud laialt levinud uskumus, et mäestikutreening suurendab vastupidavuslikku töövõimet meretasapinnal. Klassikaline mäestikutreening eeldab, et sportlane elab ja treenib mäestikus kõrgusel 1800-3000 m ü.m.p 2-4 nädalat, valmistumaks mäestikus toimuvaks võistluseks või parandamiseks enda meretasapinna saavutusvõimet pärast mäestikus aklimatiseerumise ajal või madalama hapniku osarõhuga keskkonnas treenimise ajal toimunud adaptatsiooni (Saunders et al., 2009). Ka Chapman & Levine (2007) väidavad, et maratoonar, kes lisab mäestikutreeningu enda maksimaalse tulemuse saavutamise plaanidesse, elab mäestikus kõrgusel 2000-2500 m minimaalselt 20 tundi päevas vähemalt 4 nädalat, tundub omavat suurimat potentsiaali saavutusvõime tõstmiseks. Sarnaselt peetakse üldise vastupidavuse arendamiseks parimaks kõrgust 2000-2400 m ü.m.p (Lemberg et al., 2004). Kõrgust üle 3000 m ü.m.p ei soovitata treeninguteks kasutada. Keskmaajooksjatele soovitatakse kiirusliku vastupidavuse treeningute läbiviimist mitte kõrgemal kui 1500-1800 m ü.m.p. Seetõttu on oluline, et mäestikus viibimise jooksul on võimalik varieerida erinevate kõrgustega erineva toimega treeningute läbiviimiseks.

Et mäestikutreening tõstaks saavutusvõimet, peab esinema mäestikuga aklimatiseerumise efekt, mis kas parandab O₂ transporti töötavatesse lihastesse (eelkõige läbi erütrotsüütide hulga kasvu) või parandab O₂ kasutamist läbi hapnikuvaeses keskkonnas treenimise (Chapman & Levine, 2007). Samas leidsid Rusko et al., (2004), et uuringud, kus hüpoksiat kogeti ainult treeningu ajal, ei ole näidanud aklimatisatsiooni efekti, isegi kui erütropoietiini (EPO) kontsentratsioon, mis on aluseks uute erütrotsüütide tekkele, on pärast treenimist hüpoksia keskkonnas kasvanud.

Mäestikutreeningul võib olla ka negatiivne mõju saavutusvõimele (Rusko et al., 2004). Jooksja, kes lisab mäestikutreeningu enda treeninguplaanidesse, peab olema teadlik, et mäestikutreeningule reageerimine on väga individuaalne. Mõnedel sportlastel põhjustab mäestikutreening erütrotsüütide hulga olulist kasvu, samas kui teistel suureneb see minimaalselt või üldse mitte. Sarnaselt, mõnedel sportlastel langeb mäestikus märkimisväärselt treeningkiirus ja hapnikutarbimise väärtused, samas kui teised on võimelised säilitama treeningkiiruse, mis on lähedane meretasapinna näitajatele (Chapman & Levine, 2007). Üks võimalikke selgitusi mäestikutreeningu positiivse mõju puudumise kohta on see, et isegi mõõdukas hüpoksia treeningu ajal võib oluliselt langetada treeningkiirust ja

vähendada mehaaniliste ja neuromuskulaarsete ärritajate mõju, viies järg-järgult mõnda vastupidavusele spetsiifilist tegurit nõrgemaks. Kuigi $VO_2\text{max}$ ja O_2 transport mängivad enamuste vastupidavusalade tulemustes olulist rolli, tuleks pöörata tähelepanu ka teistele teguritele nagu neuromuskulaarsed ja anaeroobsed omadused ning jõunäitajad, mis mõjutavad vastupidavust ja mäestikutreeningu toimet saavutusvõimele (Rusko et al., 2004).

Issurin (2007) toob välja kolm potentsiaalset tegurit, läbi mille realiseerub mäestikutreeningu positiivne efekt:

1. **Paranenud hapniku transport lihastesse.** Väiksem hapniku osarõhk mäestikus annab organismile märku, et on oluline suurendada O_2 transportivate vererakkude (erütrotsüütide) ja hemoglobiini hulka. Selle ülesande täitmiseks suureneb EPO süntees, mis omakorda viib täiendavate erütrotsüütide tootmiseni. Lisaks suureneb ka vere maht. Suurem hulk erütrotsüüte ja seeläbi ka suurem hemoglobiini hulk ning suurem vere maht aitavad suuremal hulgal O_2 lihasteni viia. Probleemseks on aga asjaolu, et suurenenud erütrotsüütide arv ning hemoglobiini kogumass langevad pärast mäestikutreeningut. Näiteks on leitud, et Kenya jooksjate hemoglobiini kogumass pärast 14 päeva meretasapinnal on samal tasemel meretasapinnal treenivate Euroopa jooksjatega ning 32 päeva pärast ~6% madalam, kui mäestikust tulles (Prommer et al., 2010). See on kooskõlas uuringutega, mis on leidnud, et mäestikutreening võib suurendada hemoglobiini kogumassi ~7% (Schmidt & Prommer, 2008), kuid seda vaid teatud perioodiks. Vere maht langeb mäestikutreeningu eelsele tasemele erinevatel andmetel 14-28 päevaga. Vastupidavussportlastel ületab lihaste võime vastu võtta ja kasutada hapnikku südameveresoonkonna võimet hapnikku transportida. Mäestikutreeningu põhieesmärk on suurendada erütrotsüütide kogumahtu ja hemoglobiini kogumassi, suurendamaks vere O_2 transpordivõimet, mis omakorda suurendab $VO_2\text{max}$ taset ning parandab seeläbi saavutusvõimet nii meretasapinnal, kui mäestikus (Rusko et al., 2004). Samas on leitud (Saunders et al., 2009), et suurema erütrotsüütide arvu tähtsus kõrgemate sportlike tulemuste saavutamiseks tipptasemel vastupidavusaladel ei ole selgepiiriline, sest maailma parimatel vastupidavussportlastel, ~2000-3000 m ü.m.p elavatel Etiooplastel, on võrreldes teistega ainult natukene kõrgem hemoglobiini kontsentratsioon. Lisaks on leitud (Prommer et al., 2010), et vere hapnikutranspordivõime, mis väljendus hemoglobiini kogumassis ning vere mahus, ei selgitanud Kenya jooksjate oluliselt paremat saavutusvõimet Saksamaa jooksjate ees. Vereparameetrid tipptasemel Saksamaa ning Kenya jooksjatel ei erinenud ning huvitava faktina toodi välja, et Kenya jooksjate

suhteline hemoglobiini kogumass isegi vähenes võrreldes Sakslastega pärast 2 nädalast meretasapinnal viibimist (Prommer et al., 2010). Vastupidiselt aga on leitud 2600 m ü.m.p elavatel ja treenivatel Colombia ratturitel vastavalt 11% ja 9% kõrgemaid hemoglobiini kogumassi ja vere mahu väärtuseid võrreldes meretasapinnal elavate ja treenivate ratturitega (Böning et al., 2001; Claydon et al., 2005). Schmidt ja Prommer (2008) tõid välja, et kõrgusel üle 2000 m ü.m.p 3-4 nädalane treeninglaager, kus päevas viibitakse hüpoksia tingimustes vähemalt 14 tundi, suurendab hemoglobiini kogumassi 6.5-8%.

2. **Paranenud hapniku kasutamine lihastes.** Suureneb müoglobiini (salvestab kudedes hapnikku) kontsentratsioon, aeroobsete ensüümide aktiivsus ning mitokondrite (rakkudes energiatootmine) arv.
3. **Suurenenud anaeroobne mahutavus läbi lihaste ja vere puhversüsteemide omaduste paranemise.** Paranevad vere ja lihaste võime puhverdada suuremal hulgal vesinikioone ning seeläbi ennetada organismi sisekeskkonna happelisemaks muutumist (atsidoosi).

Õnnestunud mäestikutreening võimaldab jooksjatel saavutada kiiremini oma potentsiaal. Läbi mäestikutreeningu saavutatud kehaline vorm võib olla parem eelnevalt meretasapinnal saavutatust, aga mitte ilmtingimata parem tasemest, mis oleks saavutatud treeningute jätkamisel meretasapinnal. On kindlasti võimalik, et korralik treening meretasapinnal ideaalsetes tingimustes võib esile kutsuda saavutusvõime paranemist mäestikutreeninguga võrdses ulatuses. Mitmed ainult mõne nädala pikkuse mäestikutreeningu tagajärel läbimurde teinud sportlased on suutnud säilitada oma edu, isegi kui nad veedavad meretasapinnal terve ülejäänud hooaja (Daniels, 2014).

Mäestikutreeningu potentsiaalne efekt realiseerub läbi aklimatiseerumise, mille üheks olulisemaks tulemuseks on vere koostise paranemine – erütrotsüütide arvu ja hemoglobiini hulga suurenemine. Kogu seda mehhanismi reguleeritakse organismis erütropoeesi intensiivsusega, mille aluseks on EPO, mis omakorda stimuleerib erütrotsüütide regeneratsiooni. Selle kompenseeriva mehhanismi väljakujunemisel põhinebki mäestikutingimuste efekti olemus – hapniku transpordisüsteemi võimekuse paranemine (Lemberg et al., 2004).

4. AKLIMATISEERUMINE JA REAKLIMATISEERUMINE

4.1. Mäestikuga kohanemine ehk aklimatiseerumine

Mäestikuga aklimatiseerumine on kompleksne protsess, mida mõjutavad füsioloogilised faktorid, keskkond, treeningmetoodika ning sportlase individuaalsed eripärad. Hoolimata aklimatiseerumise keerukusest, on võimalik selgelt eristada 3 erinevat aklimatiseerumise faasi (Issurin, 2007):

1. **Akuutne faas ehk kohanemisfaas.** Treeningkoormus antud faasis on kõige rohkem piiratud. Sportlaste puhul, kes kasutavad mäestikutreeningut esmakordselt, on see eriti ohtlik, kuna soovitakse alustada treeninguid suure mahu ja/või intensiivsusega. Antud faasi kestuseks on 3-7 päeva, kuid see on reeglina lühem sportlastel, kes on varasemalt mäestikutreeningut kasutanud. Jätkates siin faasis treeninguid sama koormusega, mis meretasapinnal, ei suuda sportlased järgmises mikrotsüklis treeningkoormust säilitada ning hiljem meretasapinnal on probleeme uuesti aklimatiseerumisega, mistõttu saavutusvõime pärast mäestikutreeningut ei pruugi olla paranenud.
2. **Üleminekufaas.** Antud faasis võib sportlane tunda end väsinuna isegi pärast suhteliselt kergelt treeningut ning ka spordiala tehnika võib kergelt häiruda. Ettevaatlik peab olema kõrge intensiivsusega glükoolüütiliste treeningute puhul, sest ülepingutus antud faasis võib oluliselt häirida ülejäänud perioodi kohanemist mäestikutreeninguga. Antud faasi pikkus võib varieeruda lähtuvalt sportlase mäestikutreeningute kogemusest, kuid kahe faasi (akuutne faas ja üleminekufaas) peale kokku on soovitatav kergema koormusega treenida 6-12 päeva.
3. **Stabiliseerumise faas.** Antud faasis on võimalik tõsta treeningkoormus taas esialgsele tasemele ning seejärel järk-järgult tõsta/säilitada treeninglaagri lõpuni. Viimasel paaril päeval on soovitatav treeningkoormust taas natukene langetada, et kiirendada reaklimatiseerumist meretasapinnal. Kui mäestikus treenimise eesmärk on valmistuda võistlemiseks mäestikus, siis on mõistlik selles faasis läbi viia treeningud 3-4 nädala vältel ning kogu treeninglaagri pikkus on üks kuu või isegi rohkem. Valmistumisel võistluseks meretasapinnal võiks laagri minimaalseks pikkuseks olla 20-25 päeva.

Kokkuvõtlikult võib aklimatiseerumise faase täiendada tabel 1 abil, kus on välja toodud üldine lähenemine treeninguplaanide koostamisel.

Tabel 1. Aklimatiseerumise faasid (Issurin, 2007 järgi).

Treeningu parameetrid	Akuutne faas ehk kohanemisfaas	Üleminekufaas	Stabiliseerumise faas
Mikrotsükli tüüp	Kohanemine	Koormav	Koormav ja/või löök
Mikrotsükli pikkus	3-7 päeva	3-5 päeva	5-7 päeva
Mikrotsüklike arv	1	1	1-3
Treeningute maht	Tavaline või 10-20% madalam	Tavaline või 5-10% madalam	Tavaline
Kõrge intensiivsusega treeningute maht	40-60% madalam	15-30% madalam	Tavaline
Koordinatsioon	Madalam	Natuke madalam	Tavaline

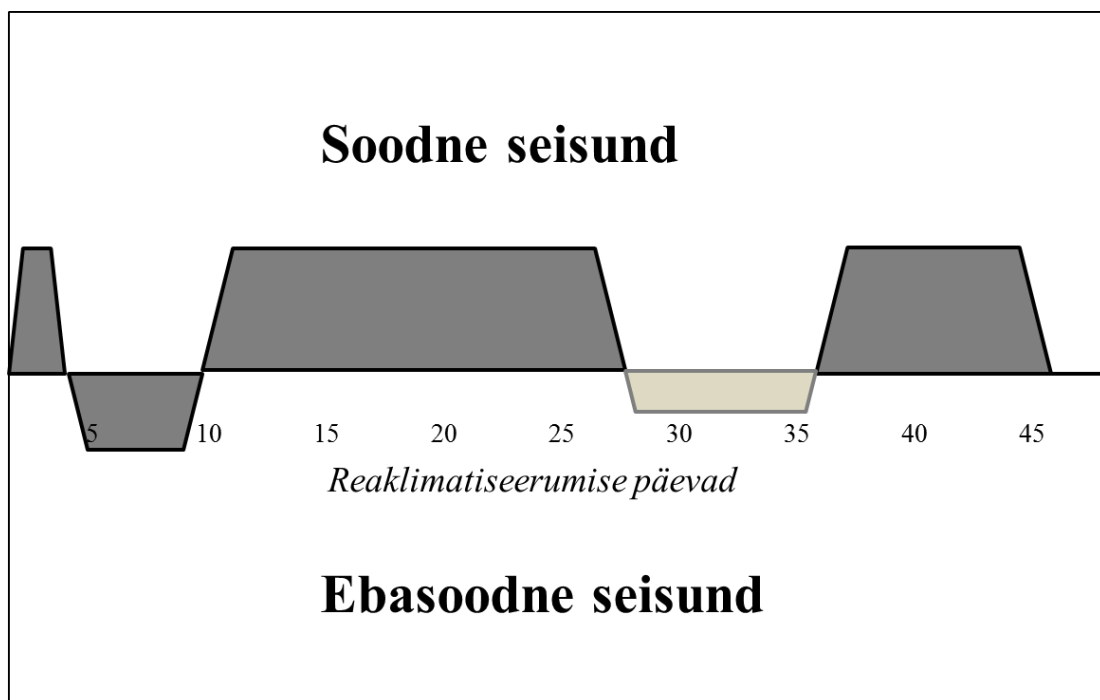
Aklimatiseerumine on oluline seoses tekkiva hapnikuvaegusega mäestikus. Daniels (2014) väidab, et mõju vastupidavussooritusele algab juba kõrgusest ~1000 m ü.m.p ning sagedamini käivad jooksjad 1000-2500 m ü.m.p, sest nendel kõrgustel kutsub treening esile optimaalseima aklimatiseerumise. Rusko et al., (2004) leidsid, et minimaalne aeg saavutamaks aklimatiseerumise efekt paistab olevat vähemalt 12 tundi päevas vähemalt 3 nädalat viibimist mäestikus või simuleeritud mäestikus 2100-2500 m ü.m.p. See on minimaalne aeg, et kutsuda esile muutusi hematoloogilistes näitajates. Ka Chapman & Levine (2007) töid välja, et elades kõrgusel 2000-2500 m ü.m.p tundub erütropoees olevat maksimaalne ning seejuures aklimatiseerumisega kaasnevad negatiivsed mõjud sooritusele minimaalsed. Lisaks väidavad nad (Chapman & Levine, 2007), et minimaalne aeg päevas peaks olema 12-16 tundi kõrgusel 2000-2500 m ü.m.p ning mida rohkem, seda parem, kuid soovivad viibida nendes tingimustes minimaalselt 4 nädalat, kuna võrreldes 3 nädalaga on erütrotsüütide hulga kasv pea kahekordne.

Mäestikus treenides leiavad sportlaste kehas aset sarnased kohanemisreaktsioonid, kuid nende ulatus määrab mäestikutreeningust saadava efekti suuruse. Pikemaajalise aklimatiseerumise võimaluse puudumisel on sageli esimene päev mäestikus parimaks ajaks võistlemisel. Mäestikusse minnes on halvim tunne päevadel 3-5 ja seda isegi rahuliku treeningu juures. Saavutusvõime läheb tavaliselt paremaks esimese nädala lõpuks, sealt alates aklimatiseerumine paraneb ning treeningud ja võistlused lähevad palju paremini (Daniels, 2014).

4.2. Reaklimatiseerumine

Sportlaste mäestikutreeningu järgne reaklimatiseerumine ning sellest tulenevalt ka saavutusvõime võib varieeruda suurel määral ning seda mõjutavad füsioloogilised muutused, treeningkoormuse muutused mäestikutreeningu järgsel perioodil ning sportlase individuaalsed eripärad.

Pärast mäestikust meretasapinnale naasmist või pärast viibimist kunstlikes mäestikutingimustes on täheldatud aeroobse töövõime kõrge taset 1-2 kuu kestel. Selle aluseks on mäestikus viibimise perioodil organismis toimunud muutused ehk hapniku transpordisüsteemi võimekuse ja hapniku omastamise võime paranemine (Lemberg et al., 2004). Samas on Issurin (2007) välja toonud, et pärast mäestikus viibimist meretasapinnale tagasi pöördudes langeb mäestikus tõusnud erütrotsüütide- ning hemoglobiini hulk suhteliselt kiiresti, kuigi suurenenud vere maht normaliseerub järk-järgult 2-4 nädalaga. Tuleb arvestada, et teatud päevadel pärast mägedest meretasapinnale naasmist kaasneb ka töövõime langus, millele järgneb töövõime uus tõus (joonis 1). Neid päevi tuleks arvestada võistluste ja treeningute planeerimisel (Lemberg et al., 2004).



Joonis 1. Positiivsed ja negatiivsed perioodid sportlaste seisundis mäestikulaagri järgelt (Issurin, 2007 järgi).

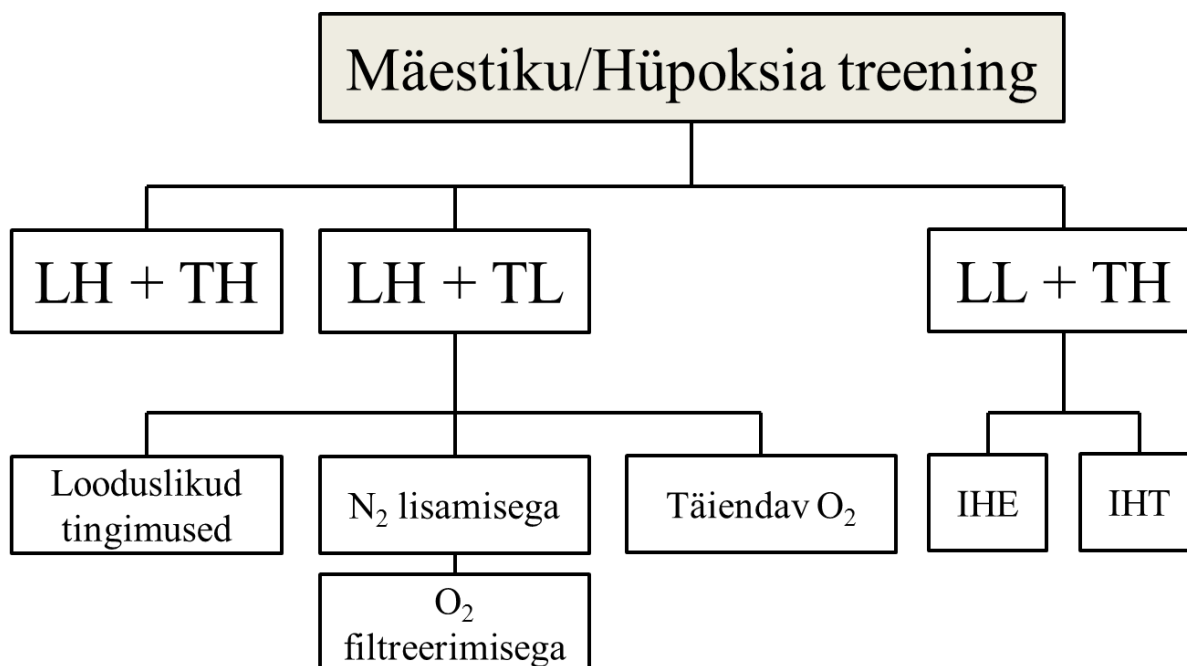
Paljud uuringud ja praktilised kogemused tippreeneritelt on näidanud kahte töövõime tõusulainet. Esimene tõus töövõimes on 1-2 päeva vahetult peale mäestikulaagrit ning teine tõusulaine 18.-24. päeval peale mäestikulaagrit (Lemberg et al., 2004). Ka Issurin (2007) toob

välja, et soodne aeg reaklimatiseerumise efektiivseks kasutamiseks lisaks esimestele päevadele on perioodid 12.-28. päeval ning 37.-46. päeval, mil on parim aeg võistlemiseks või intervalltreeningute läbiviimiseks. Viimase puhul puuduvad siiski kindlad tõendid, et verenäitajad, ensüümide aktiivsus või rakutasemel muutused niivõrd pikalt pärast mäestikutreeningut veel kestavad. Pigem arvatakse põhjuseks olevat mäestikutreeningu tugevam treeningefekt, mis võib tingida mõningase hilinemise sportliku vormi tõusus.

Aklimatiseerumine on keeruline protsess ning sõltub paljuski individuaalsetest iseärasustest. Sellegipoolest peaks kohanemisfaasis, mis kestab kuni nädal, treeningute intensiivsus olema võimalikult madal. Nii aklimatiseerumisel, kui ka reaklimatiseerumisel tasub intensiivsete treeningute ja ka võistluste planeerimisel arvestada selleks soodsaid ja ebasoodsaid perioode.

5. MÄESTIKUTREENINGU ERINEVAD REŽIIMID

Tänapäeval kasutatakse mäestikutreeningu läbiviimiseks kolme põhilist mudelit (joonis 2), mis omakorda jaotatakse alamudeliteks.



IHE (*intermittent hypoxic exposure*) – vahelduv hüüpoksia; IHT (*intermittent hypoxic training*) – vahelduv hüüpoksia treening; LH + TH (*live high + train high*) – ela kõrgel, treeni kõrgel; LH + TL (*live high + train low*) – ela kõrgel, treeni madalal; LL + TH (*live low + train high*) – ela madalal, treeni kõrgel.

Joonis 2. Kaasaegsed mäestikutreeningu mudelid (Wilber, 2011 järgi).

5.1. LHTH – ela kõrgel, treeni kõrgel

Mäestikutreening algas meetodiga, kus sportlased elasid ja treenisid mäestikus (1500-4000 m ü.m.p) eesmärgiga suurendada erütrotsüütide mahtu ning seeläbi tõsta $VO_2\max$ taset meretasapinnal, mis kokkuvõttes viib paremate võistlustulemusteni vastupidavusaladel. Seda meetodit hakati nimetama „ela kõrgel, treeni kõrgel“ ehk „*live high, train high*“ ning seeläbi sai ka üldtuntuks lühend LHTH.

Ei ole palju uuringuid, mis tõestaksid LHTH meetodi efektiivsust meretasapinna saavutusvõimele vastupidavusalade sportlastel. Muraoka & Gando (2012) välja toodud maksimaalse aeroobse võimekuse paranemine on LHTH mudeli puhul kõige olulisem saavutatav füsioloogiline adaptatsioon. LHTH tagajärjel paranenud hapniku transpordivõime lihastesse ning O_2 kättesaadavus aitavadki treenitud sportlasel suurendada maksimaalset aeroobset võimekust. Samas tõid Levine & Stray-Gundersen (1997) oma uuringu põhjal välja, et LHTH küll suurendab erütrotsüütide mahtu ning $VO_2\max$ taset, kuid ei suurenda

pikamaajooksu saavutusvõimet meretasapinnal. Ka Friedmann-Bette (2008) kirjutab ülevaateartiklis, et ≥ 2000 m kõrgusel 3-4 nädalat läbi viidud mäestikutreening parandab tänu hüpoksia tingimuste põhjustatud erütrotsüütide ja hemoglobiini massi suurenemisele hapnikutranspordivõimet, kuid tippportlastega tehtud hästi kontrollitud uuringud ei ole LHTH puhul näidanud saavutusvõime paranemist meretasapinnal.

Lisaks kutsub LHTH esile ka neid füsioloogilisi adaptatsioone, mis mõjuvad sportlikule sooritusvõimele ebasoodsalt. Näiteks hüperventilatsiooni tagajärjel toimuv vesinikkarbonaadi liigne eritamine kesk- ja kõrgmäestikus ning vere puhverdusvõime tõenäoline vähenemine (Muraoka & Gando, 2012). Lisaks suureneb hematokriti väärtus, suurendades omakorda vere viskoosust, mis vähendab verevoolu lihastes. Peale selle, β -adrenergiliste retseptorite regulatsioonihäired ja parasümpaatilise närvisüsteemi aktivatsioon koos viibimisega kesk- või kõrgmäestikus arvatakse maha suruvat skeetilihaste glükogenolüüsi ning alandavat südame väljutust (Muraoka & Gando, 2012). Pealegi on esinenud glükotüütiliste ensüümide aktiivsuse vähenemist, kasvanud stressihormoonide taset veres ning valgusünteesi intensiivsuse langemist (Muraoka & Gando, 2012).

LHTH meetodit kasutavad tänapäeval lisaks mäestikust pärit sportlastele meretasapinnalt pärit vastupidavusalade esindajad pigem ettevalmistusperioodil, sest sel perioodil ei ole intensiivsete treeningute maht kuigi suur. Võistlusettevalmistusel kasutatakse aga treeningpaika, kus intensiivseid treeninguid on võimalik teha madalamal ning seega säilitada kiirust. Ühes esimestes mäestikutreeningut puudutavas uuringus (Buskirk et al., 1967) leiti, et ülikooli tasemel treeninud ja võistelnud pikamaajooksjate tulemused läksid pärast 63 päevast LHTH treeninglaagrit (4000 m ü.m.p) distantssidel 800 m – 3200 m 3-8% kehvemaks. Sellest tulenevalt võib väita, et vastupidavusalade sportlased peaksid LHTH treeninglaagrit läbi viima kindlatel perioodidel ning olema teadlikud LHTH treeninglaagri mõjudest, et tähtsateks võistlusteks see mõju enda jaoks positiivseks muuta.

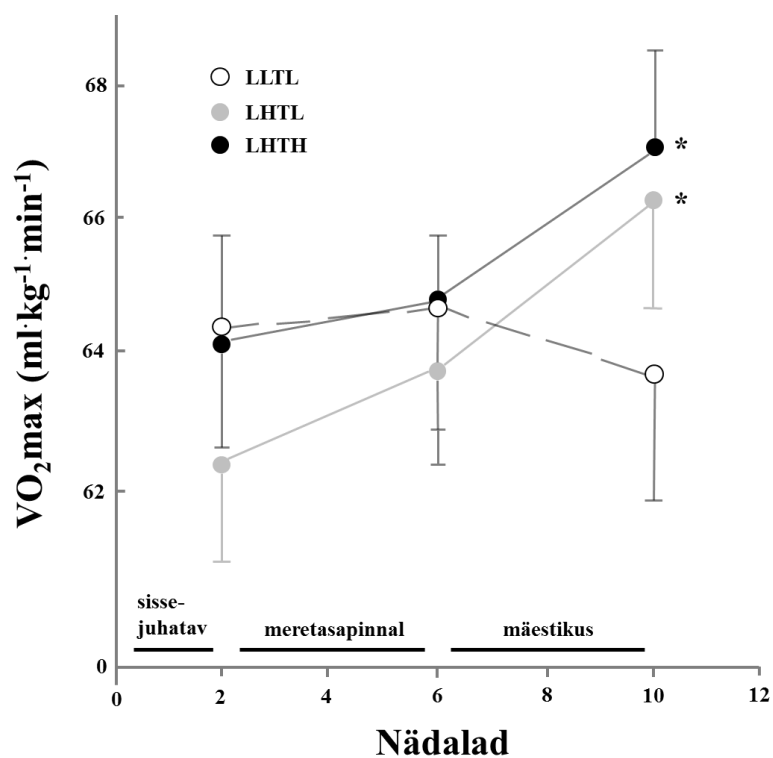
5.2. LHTL – ela kõrgel, treeni madalal loomulikud tingimused

1990. aastate alguses töötasid Dr. Benjamin Levine ja Dr. James Stray-Gundersen välja mäestikutreeningu mudeli, mida nimetasid „ela kõrgel, treeni madalal“ ehk „*live high, train low*“ (LHTL). LHTL on levinuim mäestikutreeningu meetod, sest mäestikus elamine stimuleerib füsioloogilist adaptatsiooni, aga treenimine meretasapinnal võimaldab säilitada treeningute intensiivsuse (ka aklimatiseerumise kohanemisfaasis) ning aitab sellega vältida sportliku taseme langemist (Smart, 2012). Antud meetodi miinuseks võib lugeda asjaolu, et

tagasihoidlikuks võib jääda adaptatsioon rakutasandil. LHTL rakendamiseks kasutatakse mitmes kombinatsioonis looduslikke ja simuleeritud mäestikutingimusi.

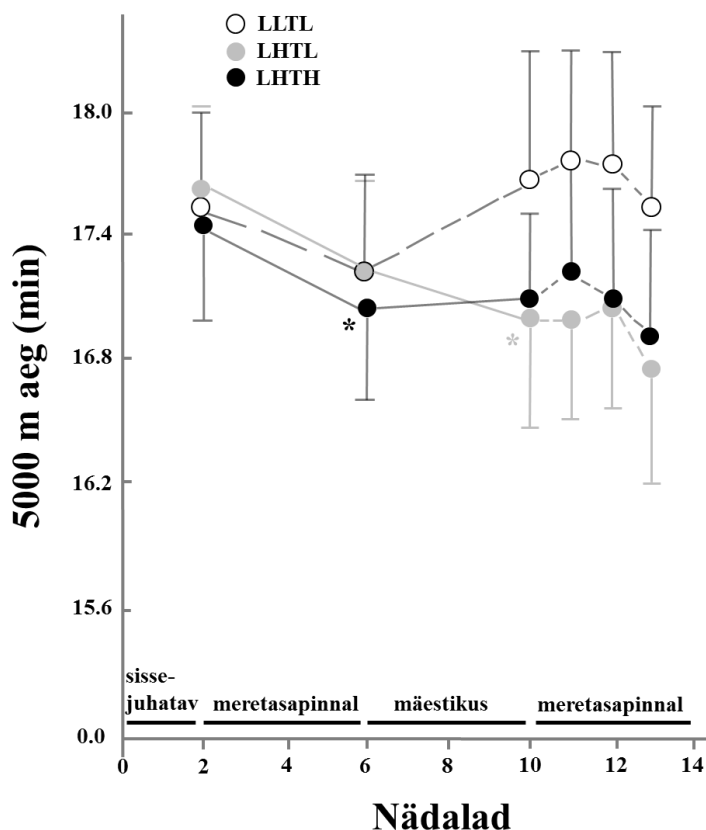
LHTL looduslikes tingimustes uuringud on näidanud, et antud režiimi kasutades suureneb oluliselt hemoglobiini ja erütrotsüütide hulk, $VO_2\max$, O_2 omastamise võime ning sooritusvõime vastupidavusaladel (Brugniaux et al., 2006; Issurin, 2007; Chapman & Levine, 2007).

Levine & Stray-Gundersen (1997) viisid läbi uuringu, kus sportlased jagati 3 gruppi: LHTH, LHTL ja LLTL (ela madalal, treeni madalal; *live low, train low*). LHTL grupp viibis 28 päeva järjest ~22 tundi päevas 2500 m ü.m.p ning treenis 1250 m ü.m.p (~2 tundi päevas). LLTL elas ja treenis täpselt samamoodi, aga 150 m ü.m.p nagu ka LHTH grupp 2500 m ü.m.p. 3. päeval pärast treeninglaagrit oli LHTL ja LHTH grupi sportlastel erütrotsüütide maht suurenenud 5% ning hemoglobiini kontsentratsioon 9%. $VO_2\max$ väärtused olid suurenenud 4%, mis on välja toodud ka joonisel 3.



Joonis 3. $VO_2\max$ väärtused pärast sissejuhatavat treeningut meretasapinnal –ning mäestikutreeningut (LHTL – elamine 2500 m ü.m.p ning treenimine 1400 m ü.m.p; LHTH – elamine 2500 m ü.m.p ning treenimine 2500 – 2700 m ü.m.p) ja kontrollgrupil meretasapinnal treeningut (LLTL – elamine ja treenimine meretasapinnal (Levine & Stray-Gundersen, 1997 järgi). * $P < 0.05$ – oluliselt erinev eelmisest mõõtmisest.

5000 m jooksus paranes LHTL grupi sportlaste sooritusvõime 1% (keskmiselt 13.4 sekundit) ning langes mäestikutreeningu eelsele tasemele tagasi 4. nädalaks (joonis 4). Hoolimata asjaolust, et ka LHTH grupi sportlastel oli vereparameetrites ning VO₂max väärtustes paranemine samas suurusjärgus LHTL grupiga, ei näidanud nemad mingisugust paranemist 5000 m jooksu ajas.



Joonis 4. 5000 m aeg pärast treeningut meretasapinnal ning pärast mäestikulaagrit. 5000 m jooksud viidi läbi 3, 7, 14 ja 21 päeva pärast treeninglaagrit. LHTL – elamine 2500 m ü.m.p ning treenimine 1400 m ü.m.p; LHTH – elamine 2500 m ü.m.p ning treenimine 2500 – 2700 m ü.m.p; LLTL – elamine ja treenimine meretasapinnal (Levine & Stray-Gundersen, 1997 järgi). * $P < 0.05$ – oluliselt erinev eelmisest mõõtmisest.

Uuringu kokkuvõttes märkisid autorid, et elamine mäestikutingimustes (2500 m ü.m.p) suurendab erütrotsüütide mahtu, hemoglobiini kontsentratsiooni ning seeläbi organismi O₂ transpordivõimet nii LHTH, kui ka LHTL meetodit kasutades. Lisaks võimaldas LHTL grupi puhul madalamal kõrgusel intensiivsete treeningute läbiviimine parandada ainevahetuslikku ning närvilihasaparaadi adaptatsiooni. Stray-Gundersen et al., (2001) näitasid sarnast efekti ka oma tipptasemel jooksjatega läbi viidud uuringus (1% paranemist 3000 m jooksu ajas). Hiljem kinnitas sarnast paranemist (1.6% 5000 m jooksus) võistlustulemuses ka Wehrlin et al., (2006) uuring Šveitsi orienteerumiskoondisega.

5.3. LHTL kunstlikud tingimused

Jooksja jaoks, kes tahab mäestikus treenida ning kasutada LHTL treeningumudelit, on tihtipeale esmajärguliseks logistilised, mitte füsioloogilised probleemid. Paljude sportlaste jaoks on problemaatiline jätta maha oma treener, abikaasa, pere, töö ja igapäevane treeningkeskkond. Lisaks sunnivad reisi- ning majutuskulud mäestikus paljusid sportlasi mäestikulaagrit ära jätma, vaatamata suurele saavutusvõime arendamise potentsiaalile, mida mäestikulaager ja LHTL mudel võib pakkuda. Püüdes neid logistilisi muresid minimaliseerida ja teha mäestikule juurdepääs rohkematele sportlastele mugavamaks, on hakatud kasutama alpituba (Chapman & Levine, 2007).

LHTL kunstlikes tingimustes lähenemine eeldab spetsiaalselt hüpoksia tingimustega loodud eluruumi (tuba, telk või korter) kasutamist, kus madalam hapnikusisaldus on kombineeritud normaalse õhurõhuga. Selle lähenemise suurimad ootused on seotud hematoloogiliste faktoritega: loodetakse kasvatada EPO sünteesi, hemoglobiini ja erütrotsüütide taset, mis aitavad kaasa VO_2max ning aeroobse võimekuse tõusule (Issurin, 2007).

Sportlased viibivad alpmajas pidevalt, välja arvatud treeningu ja söömise ajal. Alpmaja kasutatakse palju võistlusperioodil, kus treeningute intensiivsus on suur. Samas ei ole mäestikus võimalik treenida sellise intensiivsusega, mida nõuab põhidistants, näiteks keskmaajooks. Colorado Ülikooli teadlased soovivad viibida kunstlikes hüpoksia tingimustes 8-10 tundi päevas ühe nädala jooksul. See peaks olema nende arvates piisav kohanemise efekti saamiseks. Saavutatud efekt säilib 3-4 nädalat (Lemberg et al., 2004). Ka Muraoka & Gando (2012) töid välja, et sportlastel soovitatakse alpmajas (kunstlikes tingimustes, 2000-2500 m ü.m.p) viibida vähemalt 6 päeva ning 10 tundi päevas samal ajal meretasapinnal tugevalt treenides. Samas soovitavad Rusko et al., (2004) viibida mäestikus (ka kunstlikes tingimustes) minimaalselt 12 tundi päevas 3 nädala jooksul 2100-2500 m kõrgusel saavutamaks positiivseid nihkeid vere hapnikutranspordi süsteemis. Tabelis 2 on kokkuvõtlikult välja toodud tingimused, mida peaks arvestama alpitoas viibimisel, saavutamaks füsioloogiliste parameetrite suurenemine.

Tabel 2. Tingimused alptoas viibimisel suurendamiseks füsioloogilisi parameetreid (Muraoka & Gando, 2012 järgi).

Füsioloogilised parameetrid	Simuleeritud mäestiku tingimused (m ü.m.p)	Päevane viibimise aeg (h·päevas ⁻¹)	Perioodi kestus kokku (päevades)
EPO ↑	2000-3000	8-18	2-30
Hemoglobiini kontsentratsioon, erütrotsüütide maht ↑	2100-2500	12,5-18	20-30
VO ₂ max ↑	2100-3000	12-16	18-30
Töövõime, anaeroobne lävi ↑	2000-3500	9-16	13-28
Anaeroobne võimsus ↑	2100-3000	8-18	7-30

Samas kasutatakse kunstlike hüpoksia tingimuste puhul, milles sportlased küll viibivad, kuid eriti ei treeni, ka oluliselt suuremaid kõrguseid. Rodriguez et al., (1999) uurisid lühikese vahelduva kokkupuute mõõdukate hüpoksiatingimustega barokambri mõju aeroobsele võimekusele meretasapinnal ja hematoloogilistele näitajatele. Uuringus osalenud 17 kõrgmäestiku ekspeditsioonil osalenud liiget jagati 2 gruppi. 1. grupp (7 liiget) kombineeris passiivse hüpoksiaga kokkupuute madala intensiivsusega treeninguga veloergomeetril ning 2. grupp (10 liiget) koges ainult passiivset kokkupuudet hüpoksiatingimustega. Mõlemad grupid veetsid kunstlikes tingimustes barokambri 3-5 tundi päevas 9 päeva progresseeruvalt suurenedes 4000-5500 m ü.m.p. Uuringu tulemused näitasid arengut nii hematoloogiliste näitajate, kui ka aeroobse võimekuse puhul ning erinevused gruppide vahel ei olnud märkimisväärsed. 1. grupi hematokrit tõusis 42,7-lt 46,7-ni ning hemoglobiini kontsentratsioon 14,4-lt 17,4-ni. 2. grupi hematokrit tõusis 41,6-lt 46,8-ni ning hemoglobiini kontsentratsioon 14,1-lt 16,3-ni. Meretasapinnal läbiviidud maksimaalne kasvavate koormustega test jooksulindil näitas märkimisväärt suurenemist testi maksimaalses ajas (keskmiselt 3,9%) ning maksimaalses kopsude ventilatsioonis (keskmiselt 5,5%). Uuringu tulemustele toetudes võib järeldada, et lühikest aega kestev kunstlike hüpoksiatingimustega kokkupuute suurematel kõrgustel parandab aeroobset võimekust ning hematoloogilisi näitajaid.

Looduslikes tingimustes langeb õhurõhk vastavalt mäestiku kõrguse suurenemisega. Madalam rõhk põhjustab olukorra, kus meie organismi võime välisõhust hapnikku siduda on langenud. Kirjeldatakse seda kui alarõhu tingimustes hüpoksiat (*hypobaric hypoxia*). Simuleeritud mäestikutingimuste ehk hüpoksia uurimiseks kasutatakse alpituba või alpitelki.

5.3.1. Alpituba lämmastiku lisamisega

Alpimaja/alpituba on lähtuvalt kasutatavatest seadmetest kahte tüüpi. Esimene on alpituba, mille tingimuste loomiseks kasutatakse lämmastikku (*nitrogen house*). Lämmastiku maja terminiga kirjeldatakse normaalarõhuga hüpoksia tingimustega tuba, mis simuleerib mäestiku keskkonda. Lämmastiku maja leiutas Dr. Heikki Rusko Soomes 1990. aastal alguses eesmärgiga simuleerida mäestiku keskkonda suhteliselt madalal paiknevas Soomes, võimaldades seeläbi Soome tipp sportlastel läbi viia LHTL treeningut ilma, et peaks reisima välismaale seda tegema. Lämmastiku maja simuleerib mäestiku keskkonda kõrgusel 2000-3000 m ü.m.p O₂ kontsentratsiooni lahjendamise kaudu toas sees (Wilber, 2011). Lämmastiku (N₂) lisamisega on õhurõhk hapnikuvaeses ruumis samaväärne meretasapinna tasemega (760 mmHg), aga sissehingatava hapniku kontsentratsioon (FiO₂) hapnikuvaeses ruumis (FiO₂ = 15,3%) on madalam, kui meretasapinnal või väljaspool hapnikuvaest ruumi (FiO₂ = 20,93%). Ventilatsioonisüsteem tõmbab toast välja õhku, mille koostises on 20,93% O₂ ja 79% N₂. Samaaegselt lisatakse tuppa tagasi mineva õhuga ventilatsioonisüsteemi 100% N₂ sisaldusega gaasi, mille tulemusena hakkab ruumis sisene gaas koosnema 15,3% O₂ ja 84,7% N₂. Saadud normaalarõhuga hüpoksia keskkond simuleerib mäestiku tingimusi 2500 m ü.m.p, kus sissehingatava hapniku osarõhk (PiO₂) on 116 mmHg (Wilber, 2001). Chapman & Levine (2007) leidsid, et lämmastiku maja meetodi puhul sõltub potentsiaalne erütropoeetiline kasu päevasest kokkupuute pikkusest hapnikuvaese keskkonnaga. Sportlased, kes veedavad 2500 m kõrgusel 20-24 tundi päevas, on näidanud keskmiselt 8%-list erütrotsüütide hulga kasvu. Kasutades lämmastikumaja mudelit mäestikuga samaväärselt, on 16 tundi päevas hapnikuvaese keskkonnaga kokkupuudet 3 nädala jooksul kaasa toonud keskmiselt ~5%-lise erütrotsüütide hulga kasvu. Seevastu ei täheldatud pärast ainult 8-10 tunnist päevast magamist lämmastikutelgis 3 nädala jooksul muutusi erütrotsüütide hulgas. Niisiis, kuigi kunstlik mäestikutingimuste mudel võib olla sportlaste jaoks mugavam, tundub reaalses mäestikutingimustes viibimine omavat suuremat erütropoeetilist stiimulit.

Teine viis alpitoas mäestikutingimuste loomiseks on läbi hapniku filtreerimise. Selleks filtreeritakse vastavas toas või telgis olevast õhust välja O₂ molekulid ning väiksema molekulide kontsentratsiooniga õhk pumbatakse tagasi vastavasse alpituppa/telki. Mõlema meetodi puhul räägitakse normaalarõhuga hüpoksiast (*normobaric hypoxic environment*) ehk väiksem kättesaadav O₂ hulk õhus on tekitatud normaalarõhu tingimustes (meretasapinnal).

5.3.2. Alpituba hapniku filtreerimisega

Sarnaselt lämmastiku maja meetodiga, saab normaalarõhuga hüpoksia keskkonna simuleerida ka hapniku filtreerimise (*oxygen filtration*) kaudu. Selle meetodiga tekitatakse samuti mäestikku simuleeriv keskkond tuppa või majja ning lisaks on kaubanduslikult saadaval ka spetsiaalsed alpitelgid. Hapniku filtreerimisega alpitoas kasutatakse hapniku membraanifiltreid, mis vähendavad O₂ molekulaarset kontsentratsiooni väljaspoolt tuba või telki väljatõmmatud õhus. Vähendatud O₂ kontsentratsiooniga õhk pumbatakse generaatori abil tuppa või telki ning tulemuseks on normaalarõhuga hüpoksia keskkond elamiseks ja magamiseks (Wilber, 2011). Hapniku filtreerimisega alpitoa puhul on normobaariline hüpoksia keskkond loodud meretasapinnale, alandades vastavas ruumis, majas või telgis hapniku kontsentratsiooni 15-16%-ni, mis vastab ~2500 m ü.m.p mäestikutingimustele ning teeb sissehingatava hapniku osarõhuks 110-120 mmHg (Rusko et al., 2004).

5.3.3. LHTLO₂ – lisahapniku kasutamine

Veel üks LHTL mäestikutreeningu võimalus on lisahapniku kasutamine. Sportlased elavad loomulikus hüpobaaria tingimustega hüpoksia keskkonnas, aga treenivad simuleeritud meretasapinnal täiendava hapniku abiga (LHTLO₂). LHTLO₂ kasutatakse tõhusalt USA-s Colorado Springs linnas asuvas Olümpia Treeningkeskuses, kus USA rahvuskoondise sportlased elavad ligikaudu 2000-3000 m kõrgusel Kaljumäestiku (*Rocky Mountains*) jalamil. Keskmise õhurõhk Colorado Springsis on ligikaudu 610 mmHg, mis teeb sissehingatava hapniku osarõhuks ligikaudu 128 mmHg. Hingates sisse atesteeritud meditsiinilise kvaliteediga gaasi, mille O₂ sisaldus on ligikaudu 26%, saavad sportlased kõrgel intensiivsusel treeninguid läbi viia simuleeritud meretasapinna keskkonnas, kus PiO₂ on ligikaudu 150 mmHg (Wilber, 2011).

On ainult mõned uuringud, kus on hinnatud LHTLO₂ tõhusust sportlase saavutusvõimele. Ühes nendest (Wilber et al., 2003) uuriti mõju füsioloogilistele näitajatele ning

saavutusvõimele LHTLO₂ intervalltreeningu (veloergomeetril 6x100 kJ) ajal treenitud vastupidavussportlastel, kes elasid alaliselt keskmäestikus 1800-1900 m ü.m.p. Uuringul osalejad sooritasid 3 katset, kus intervalltreeningu ajal oli FiO₂ vastavalt 0,21 (PiO₂ - 128 mmHg) (kontrollkatse), 0,26 (PiO₂ - 159 mmHg) ja 0,60 (PiO₂ - 366 mmHg). Testimine viidi läbi 1860 m ü.m.p. Võrreldes kontrollkatsega (21% O₂) oli intervalltreeningul keskmine koguaeg vastavalt 5% (26% O₂) ja 8% (60% O₂) kiirem. Kooskõlas paranenud koguaajaga oli juurdekasv ka võimsuses, vastavalt 5% (26% O₂) ning 9% (60% O₂). Lisaks oli kõrgem VO₂max vastavalt 7% ja 14% ning arteriaalse vere oksühemoglobiiniga küllastatus vastavalt 5% ja 8%. Uuringu tulemustest lähtuvalt võib järeldada, et kõigi nende näitajate paranemine aitas omakorda kaasa saavutusvõime märkimisväärsele paranemisele. Wilber et al., (2004) lisasid sarnase uuringu tulemuste põhjal, et märkimisväärne paranemine saavutusvõimes toimus ilma lisa oksüdatiivse stressi esilekutsumiseta nagu ilmnes mitmetelt hemotoloogilistelt ja uriini biomarkeritelt. Lisaks näitasid saavutusvõime paranemist ka Morris et al., (2000), kes vastupidiselt uurisid pikaajalise LHTLO₂ treeningu mõju. Nende uuringu tulemused näitasid, et hüpoksilise gaasi sisse hingamine võimaldab keskmäestikus läbi viia kõrgema intensiivsusega treeninguid, mis parandab märkimisväärselt lihaste maksimaalset võimsust ning sooritusvõimet.

Nende uuringute tulemustele toetudes võib järeldada, et LHTLO₂ parandab saavutusvõimet ilma, et kutsuks esile lisa oksüdatiivset stressi. Lisaks annavad need tulemused tippportlastele kinnitust, et LHTLO₂ kasutamine mäestikutreeningu meetodina võimaldab minimaalse reisimisega efektiivselt elada ja magada kõrgel ning treenida madalal (Wilber, 2011).

5.4. LLTH – ela madalal, treeni kõrgel

LLTH (ela madalal, treeni kõrgel; *live low, train high*) – mäestikutreeningu mudel, kus sportlased elavad looduslikus normaalarõhuga keskkonnas ja puutuvad kokku suhteliselt lühikeste intervallidega (kogupikkus 5-180 minutit) simuleeritud normaalarõhuga hüpoksia või alarõhuga hüpoksia tingimustega. LLTH mudelit saavad sportlased kasutada puhkeolekus (IHE – vahelduv hüpoksia, *intermittent hypoxic exposure*) või treeningu ajal (IHT – vahelduv hüpoksia treening, *intermittent hypoxic training*).

Kuna väidetavalt suurendavad IHE/IHT saavutusvõimet läbi EPO sünteesi ja erütrotsüütide mahu suurenemise, siis tema mugavuse tõttu kasutavad seda mäestikutreeningu mudelit tippportlased paljudes riikides (Wilber, 2011).

5.4.1. IHE

IHE arendati algselt välja endises Nõukogude Liidus ja see kujutas endast hüpoksilise õhu (9-11% O₂) sisse hingamist läbi maski või huuliku 5-7 minutiliste intervallidena. Taastumiseks hingati sama aja jooksul tavalist välisõhku (20,95% O₂). Ühe sessiooni kestuseks 1-3 tundi ning päevas 1-2 sessiooni (Rusko et al., 2004). Levine (2002) kirjutab ülevaateartiklis, et pidev IHE simuleeritud kõrgmäestikus hüpobaaria tingimustega hüpoksia keskkonnas stimuleerib aklimatiseerumise protsessi, mis sisaldab endas mitmeid füsioloogilisi adaptatsioone, parandades töövõimet mäestikus ning võib olla kasulik sooritusvõimele meretasapinnal. Adaptatsioon, mida on pideva IHE järel täheldatud ning millel on selge seos paranenud saavutusvõimega meretasapinnal, on hemoglobiini kontsentratsiooni ja hematokriti suurenemine, mis omakorda suurendab hapniku transpordivõimet ja parandab aeroobset töövõimet. Samas lisab ta, et on ka uuringuid, kus tippportlastel ei täheldatud IHE käigus erütrotsüütide hulga suurenemist.

Katayama et al., (2003) viisid läbi uuringu, mille eesmärgiks oli välja selgitada IHE mõju hüpobaaria tingimustega hüpoksia keskkonnas mõju saavutusvõimele, kardiorespiratoorsele vastupidavusele ning hematoloogilistele parameetritele treenitud vastupidavusalade sportlastel. 12 treenitud meessoost pikamaajooksjat jagati vastavalt hüpoksia (6 sportlast) ja kontrollgrupp (6 sportlast). Hüpoksia grupi liikmed viibisid simuleeritud mäestikustingimustes 4500 m ü.m.p 90 minutit, 3 korral nädalas ja nii 3 nädalat. Mõlema grupi sportlased jätkasid tavapärasest treenimist meretasapinnal. Uuringust järeldati, et hüpoksia grupi liikmetel paranes pärast 3-nädalast IHE-d märkimisväärselt 3000 m sooritusvõime (aeg enne keskmiselt 9:38 ning pärast 9:25), mis aga 3 nädalat hiljem oli langenud 9:30 peale. Kuigi VO₂max IHE käigus hüpoksia grupil märkimisväärselt langes, tõustes esialgsele tasemele tagasi 3 nädala möödudes, paranes IHE eksperimendi käigus märkimisväärselt hüpoksia grupi jooksulindil maksimaalse testi aeg – 11,5 minutilt (enne IHE-d) 12,6 minutile (pärast IHE-d). Maksimaalse testi aeg aga vähenes märkimisväärselt 3 nädala möödudes pärast IHE-d, olles keskmiselt 11,9 minutit. Hematoloogistes ja kardiorespiratoorsetes parameetrites IHE eksperimendi käigus märkimisväärsed muutusi ei täheldatud.

Uuringu tulemuste põhjal võib siiski väita, et IHE võib parandada saavutusvõimet ning submaksimaalset töövõimet meretasapinnal treenitud vastupidavussportlastel, aga need muutused hakkavad pärast IHE-d kiiresti langema.

Ka Abellan et al., (2005), kes uurisid 16 meessoost hästi treenitud triatleedi peal IHE (3 tundi päevas, 5 päeva nädalas, 4 nädalat simuleeritud mäestikus 4000-5500 m ü.m.p) mõju erütropoesile, ei täheldanud erütrotsüütide ja retikulotsüütide hulga kasvu, kuigi EPO tase märkimisväärselt tõusis.

5.4.2. IHT

IHT, mis töötati välja 1990. aastate lõpus Austraalia ja Uus-Meremaa spordiinstituutides ning mida esitleti 1999. aasta veebruaris Flagstaffis toimunud ülemaailmsel mäestikutreeningule pühendatud spordisümposiumil, kujutab sarnaselt IHE-ga endas modifitseeritud mäestikutreeningu varianti, mille eripäraks on väga madal 10-15% O₂ sisaldusega õhk, mida hingatakse sisse spetsiaalse maski kaudu 4-6 minutiliste intervallidena vaheldumisi normaalse välisõhuga. Erinevus IHE-ga on aga selles, et IHT viiakse läbi treeningu ajal. Seansside kogupikkus võib varieeruda 5-120 minutini, suurimat efekti on saadud 60-90 minutiliste seansside kasutamisel. IHT füsioloogiline efekt realiseerub organismis hapniku defitsiidi mõjul käivituvate kompensatsioonimehhanismide kaudu, eelkõige EPO taseme tõusus, mis omakorda stimuleerib veres erütrotsüütide arvu ning hemoglobiini kontsentratsiooni suurenemist (Lemberg et al., 2004).

Ühes vähestest saavutusvõime paranemist näidanud IHT uuringus (Hendriksen & Meeuwsen, 2003) viibisid osalejad barokambris simuleeritud mäestikutingimustes 2500 m ü.m.p 2 tundi päevas 10 päeva jooksul. 2 tunnisel barokambris viibimise ajal viidi läbi treening veloergomeetril, mille intensiivsus oli 60-70% maksimaalsest südamelöögisagedusest. Tulemuste määramiseks viidi meretasapinnal läbi maksimaalne test kurnatuseni veloergomeetril ja Wingate anaeroobne test. 9.ndal päeval pärast IHT-d oli märkimisväärselt paranenud maksimaalne võimsus (5,2%), keskmine anaeroobne võimsus (4,1%) ning maksimaalne aeroobne võimsus (3,8%). Lisaks täheldati ka minimaalset paranemist VO₂max väärtustes (1,9%). Need uuringu tulemused näitavad, et IHT võib parandada anaeroobset energiasüsteemi ja väiksemal määral ka aeroobset süsteemi.

Samas viisid Julian et al., (2004) läbi uuringu, kus hästi treenitud pikamaajooksjad kasutasid IHT 5 korda nädalas 4 nädala jooksul režiimiga 5 minutit hüpoksia tingimustes, 5 minutit tavatingimustes ja nii kokku 70 minutit vahelduvat normaalrõhuga hüpoksiat.

Tulemused näitasid, et mõju 3000 m sooritusele meretasapinnal või $VO_2\text{max}$ -le ei olnud ning märkimisväärseid muutusi ei täheldatud ka hematoloogilistes näitajates.

Ainult 31% IHT uuringutest on näidanud saavutusvõime paranemist läbi IHT (Wilber, 2011). Lisaks on väga vähestest kontrollitud uuringutest, kus uuritavatena on osalenud hästi treenitud või tippportlased, täheldatud hemoglobiini kontsentratsiooni suurenemist läbi IHT ning näiteks $VO_2\text{max}$ suurenemist ei ole näidanud ükski IHT-ga seotud uuring (Wilber, 2011).

6. MÄESTIKULAAGER

Kesk- ja pikamaajooksus, kus peamist rolli lihastöö energeetilisel kindlustamisel etendab aeroobse energiatootmise süsteem, kasutatakse aastasest treeningtsüklist 3-5 mäestikutingimustes läbiviidud treeningulaagrit või sarnaseid tingimusi meretasapinnal. Mäestikulaagrite koht sportlase ettevalmistussüsteemis sõltub peamiselt võistluskalendrist (kas võistlused toimuvad mäestikus või meretasapinnal) ja sportliku vormi arengu seaduspärasustest. Kindlasti peab mäestikulaagrite korraldamisel arvestama aklimatisatsiooni- ja reaklimatisatsioonifaasi kestuse iseärasusi, mille iseloom ja kestus on erinevatel sportlastel väga individuaalne. Olulist rolli mängib siin ka konkreetse sportlase mäestikustaaž. Prantsusmaa spordiarst, sporditeadlane Marc Henri Bichon, soovib näiteks 6-kuulise ettevalmistustsükli puhul, kui võistlus toimub keskmäestikus, kolme mäestikulaagrit ja 15. päevalist kohanemislaagrit võistluspaigas vahetult enne võistlust (Lemberg et al., 2004).

Kõige levinumaks mäestikulaagri kestuseks on 21-24 päeva. Laagri kestuse määrab paljuski ära ka reisile kulutatud aeg, ajavöönd, kliimaatilised tingimused ja rahalised võimalused. Enamuse spetsialistide arvates tuleks suurendada laagrite arvu aastas, mitte aga ühe laagri kestust. Peale 3-4 nädalat mäestikus selle toimeefekt enam eriti ei suurene. See kõik puudutab neid sportlasi, kes elavad meretasapinnal. Mägedes elavate sportlaste puhul on asi vastupidi. Näiteks Etioopia pikamaajooksja Haile Gebreselassie ei ole kunagi järjest üle kolme nädala (aastas kokku kaks kuud) Euroopas mäestikulaagris, lähtudes tema mäenedžeri J.Hermensi väljaöeldust. Samas paljud Aafrika mandri jooksjad, võisteldes Euroopas, viibivad võistluste vaheajal keskmäestikus, peamiselt Davosis ja Font Romeaus (Lemberg et al., 2004).

Nii ettevalmistusperioodile kui ka võistlusperioodile planeeritud mäestikulaagri puhul tuleb arvestada aklimatisatsiooni- ja reaklimatisatsioonifaasidega. Lisaks tuleb arvestada mäestikutreeningu mõju töö- ja saavutusvõimele iseärasusi ning vastavalt sellele mäestikulaagrid planeerida, et mäestikutreeningust saadav kasu oleks maksimaalne.

KOKKUVÕTE

Mäestikus ilmnevad hapniku osarõhu languse tõttu organismi talitluses mitmed füsioloogilised muutused, mis leiavad aset nii puhkeseisundis, kui ka kehalisel tööl. Kõige olulisem neist on hapniku transpordisüsteemi langus, mis mõjutab oluliselt ka töö- ja saavutusvõimet mäestikutingimustes. Selle tagajärjel hakkab organism aklimatiseeruma, mille peamine eesmärk on vere koostise parandamine, läbi mille omakorda paraneb O₂ transpordisüsteemi võimekus. Kutsumaks esile muutusi hematoloogistes näitajates, peaks mäestikus või simuleeritud mäestikutingimustes viibima minimaalselt 12 tundi päevas vähemalt 3 nädalat kõrgusel 2000-2500 m ü.m.p.

Mäestikutreeningu positiivne mõju kesk- ja pikamaajooksus avaldub läbi paranenud O₂ transpordisüsteemi võimekuse, mille aluseks on hemoglobiini kontsentratsiooni ja erütrotsüütide hulga suurenemine organismis. Selle tulemusena paraneb oluliselt saavutusvõime meretasapinnal, mis ongi mäestikutreeningu üks peamised eesmärgid. Kuigi töö käigus selgus, et uuringud mäestikutreeningu mõju kohta on kohati vastukäivad ning individuaalsete iseärasuste tõttu võib mäestikutreeningust saadav potentsiaalne kasu olla erinev, tasub võimalusel mäestikutreeningut proovida, sest tulemused kesk- ja pikamaajooksus on näidanud, et mäestikutreening on nende saavutamisel olnud määrava tähtsusega.

Tänapäeval on mäestikutreeningu kasutamiseks palju erinevaid võimalusi. Kasutatakse põhiliselt kolme režiimi, milleks on LHTH, LH TL ning LLTH. Kui LHTH mudel eeldab nii viibimist, kui ka treenimist looduslikus mäestikus, siis teised kaks mudelit pakuvad mitmeid alternatiivseid võimalusi kasutamaks mäestikutreeningut ka meretasapinnal. LHTH mudelit on soovitatav kasutada pigem ettevalmistusperioodi ajal, kui treeningute intensiivsus ei ole väga kõrge. Samas LH TL ja LLTH mudelit saab kasutada ka võistlusperioodil, sest need võimaldavad treenida meretasapinnaga võrdväärse intensiivsusega. Need võimalused on teinud mäestikutreeningu kasutamise palju mugavamaks ja odavamaks ka meretasapinnal elavatele sportlastele ning võimaldab saavutada looduslikus mäestikus viibimisega sarnase efekti.

Kindlasti ei mõju mäestikutreening kõigile ühtemoodi. On neid, kes saavutavad läbi mäestikutreeningu märkimisväärse läbimurde ning on neid, kes saavad vähem kasu. Selle taga on kindlasti mitu põhjust, sisaldades nii füüsilisi kui vaimseid tegureid. Mäestikutreeningu õnnestumine või selle puudumine sõltub kindlasti ka sellest, kuidas mäestikus treenida ning usaldusest treeningprogrammi või treeneri vastu.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Abellan R, Remacha AF, Ventura R, Sarda MP, Segura J, et al. Hematologic response to four weeks of intermittent hypobaric hypoxia in highly trained athletes. *Hematologica* 2005; 90:126–127.
2. Brugniaux JV, Schmitt L, Robach P, Nicolet G, Fouillot JP, et al. Eighteen days of „living high, training low“ stimulate erythropoiesis and enhance aerobic performance in elite middle-distance runners. *Journal of Applied Physiology* 2006; 100:203–211.
3. Buskirk ER, Kollias J, Akers RF, Prokop EK, Reategui EP. Maximal performance at altitude and on returns from altitude in conditioned runners. *Journal of Applied Physiology* 1967; 23:259–266.
4. Böning D, Rojas J, Serrato M, Ulloa C, Coy L, et al. Hemoglobin mass and peak oxygen uptake in untrained and trained residents of moderate altitude. *International Journal of Sport Medicine* 2001; 22:572–578.
5. Chapman R, Levine BD. Altitude Training for the Marathon. *Sports Medicine* 2007; 37: 392–395.
6. Claydon VE, Gulli G, Slessarev M, Theodore JH, Mezgebu YM, et al. Blood and plasma volumes in Ethiopian high altitude dwellers. *Clinical Autonomic Research* 2005; 15:328.
7. Daniels J. Daniels´ Running Formula. 3rd edition. USA: Human Kinetics: Champaign, IL; 2014.
8. Friedmann-Bette B. Classical altitude training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 2008; 18:11–20.
9. Fulco CS, Rock PB, Cymerman A. Maximal and Submaximal Exercise Performance at Altitude. *Aviation Space and Environmental Medicine* 1998; 69:793–801.
10. Hendriksen IJM, Meeuwssen T. The effect of intermittent training in hypobaric hypoxia on sea-level exercise: a cross over study in humans. *European Journal of Applied Physiology* 2003; 88:396–403.
11. Issurin V. Altitude training: and up-to-date approach and implementation in practice. *Journal of Lithuanian Sports Science Council, Lithuanian Olympic Academy, Lithuanian Academy of Physical Education and Vilnius Pedagogical University* 2007; 1:12–19.
12. Julian CG, Gore CJ, Wilber RL, Daniels JT, Fredericson M, et al. Intermittent normobaric hypoxia does not alter performance or erythropoietic markers in highly trained distance runners. *Journal of Applied Physiology* 2004; 96:1800–1807.

13. Katayama K, Matsuo H, Ishida K, Mori S, Miyamura M. Intermittent Hypoxia Improves Endurance Performance and Submaximal Exercise Efficiency. *High Altitude Medicine & Biology* 2003; 4:291–304.
14. Kingisepp PH. *Inimese füsioloogia*. Tartu, Atlex, 2006.
15. Lemberg H, Nurmekivi A, Jalak R. *Jooksja Tarkvara*. Tallinn: Spin Press; 2004, 46–53.
16. Levine BD. Intermittent Hypoxic Training: Fact and Fancy. *High Altitude Medicine & Biology* 2002; 3:177–193.
17. Levine BD, Stray-Gundersen J. „Living high-training low“: effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *Journal of Applied Physiology* 1997; 83:102–112.
18. Loogna G. *Inimese füsioloogia ja anatoomia*. Tallinn, Kirjastus Medicina, 2005.
19. Morris DM, Kearney JT, Burke ER. The Effects of Breathing Supplemental Oxygen During Altitude Training on Cycling Performance. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2000; 3:165–175.
20. Muraoka I, Gando Y. Effects of the „live high-train high“ and „live high-train low“ protocols on physiological adaptations and athletic performance. *Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 2012; 1:447–455.
21. Prommer N, Thoma S, Quecke L, Gutekunst T, Völzke C, et al. Total hemoglobin mass and blood volume of elite Kenyan runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2010; 42:791–797.
22. Rodriguez FA, Casas H, Casas M, Pages T, Rama R, et al. Intermittent hypobaric hypoxia stimulates erythropoiesis and improves aerobic capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1999; 31:264–268.
23. Rusko HK, Tikkanen HO, Peltonen JE. Altitude and endurance training. *Journal of Sports Sciences* 2004; 22:928–945.
24. Saunders PU, Pyne DB, Gore CJ. Endurance Training at Altitude. *High Altitude Medicine & Biology* 2009; 10:135–148.
25. Schmidt W, Prommer N. Effects of various training modalities on blood volume. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 2008; 18:57–69.
26. Smart NA. „Live High – Train Low“. *Altitude Training for Endurance Performance*. *Journal of Athletic Enhancement*. 2012; 1:1–2.
27. Stray-Gundersen J, Chapman RF, Levine BD. „Living high-training low“ altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *Journal of Applied Physiology* 2001; 91:1113–1120.

28. Vargas-Pinilla OC. Exercise and Training at Altitudes: Physiological Effects and Protocols. *Revista Ciencias de la Salud* 2014; 12:107–122.
29. 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. *Journal of Applied Physiology* 2006; 100:1938–1945.
30. West JB. The Physiological Basis of High-Altitude Diseases. *Annals of Internal Medicine* 2004; 141:789–800.
31. Wilber RL. Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. *Journal of Human Sport and Exercise* 2011; 6:271–286.
32. Wilber RL. Current Trends in Altitude Training. *Sports Medicine* 2001; 31:249–265.
33. Wilber RL, Holm PL, Morris DM, Dallam GM, Callan SD. Effect of FiO₂ on Physiological Responses and Cycling Performance at Moderate Altitude. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2003; 35:1153–1159.
34. Wilber RL, Holm PL, Morris DM, Dallam GM, Subudhi AW, et al. Effect of FiO₂ on Oxidative Stress during Interval Training at Moderate Altitude. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2004; 36:1888–1894.
35. Ööpik V. Aklimatiseerumine spordis. In: Hannus A, Jalak R, Loko J, Nurmekivi A, Port K, et al. *Treenerite tasemekoolitus, spordi üldained, III tase*. Tallinn: Sunprint Invest; 2007, 31–40.

SUMMARY

The use of altitude training in middle- and long distance running

The aim of this study was to evaluate the effect of altitude training on running performance as well as enhance knowledge about the effect of altitude and altitude training on the human body.

Since 1968 Olympic Games in Mexico City, which were first held in altitude of > 2200 m above sea level (a.s.l), the interest of training at altitude by scientists and elite endurance athletes have increased remarkably. The first altitude training studies were developed to get to know how is most effective acclimatize before the competition to maximize racing performance in an a hypoxic environment. Future studies have also shown that altitude training can also improve endurance performance at sea level. However, the results of altitude training studies are equivocal, because a lot of controlled studies haven't shown a positive effect on sea-level performance.

At altitude, atmospheric pressure and partial pressure of oxygen decrease in parallel with altitude. Exposure to hypoxia influence all functional systems of the body. The most important physiological adaptation achieved during staying at altitude is an increase in hematological parameters, causing improvement in the oxygen transporting ability, which is distracted when going to the altitude. It seems that the minimum dose to attain a hemotological acclimatization effect is > 12 h a day for at least 3 weeks at an altitude or simulated altitude of 2000-2500 m. Otherwise the effect of altitude or altitude training is quite insignificant.

The use of altitude training has to be well planned, because due to hypoxia, performance is negatively affected in altitude and the trainings has to be done at lower intensity compared to sea level conditions. Training speed in altitude should be about $0.3-0.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ slower and the breaks between intervalls should be much longer. Due to slower training speed, performance may be affected negatively, which influence athletes to use altitude training more in the preparatory period of the season.

Since 1968 Olympic Games many different altitude training models have been developed. LH + TH, LH + TL and LL + TH are the most used ones. LH + TH, the classical altitude training, is rather used by athletes at specific times during the training year. LH + TL is probably the most popular, because this model allows to keep high training intensity. This can be accomplished using a number of methods and devices. LL + TH is the most convenience one,

because it can be utilized at sea level by athletes in the resting state (intermittent hypoxic exposure) or during formal exercise sessions (intermittent hypoxic training). These different models allows athletes to use altitude training also at sea level without travelling, which is excluded due to money problems, work or just because of a long time to be away from home.

It is important to be aware of the strong inter-individual variation in response to training at altitude. Some athletes demonstrate a strong erythropoietic response to altitude, while others see little or no gain in red cell mass with chronic exposure. Similarly, many athletes see significant impairment of training speed and oxygen uptake at altitude, while others are able to maintain training near what they would be able to do at sea level. These factors, and other individual acclimatization responses to altitude, will ultimately determine how specific athletes will respond (Chapman & Levine, 2007).

LISA 1

Kõrgusest tulenevad treeningusoovitused pikamaajooksjatele (võimalik kohaldada ka teistele vastupidavussportlastele) (Saunders et al., 2009):

Kõrgus (m)	< 1800	1800-2200	2200-3000
Kestus nädalates	4-8	3-6	2-4
Tavaline treeningkoormus	Merepinna treeninguga lähedane	Alguses madalam intensiivsus; intervallide vahel pikemad pausid	Suurem maht, terve aeg madalam intensiivsus; intervallid rohkem 5-10 km võistlustempos
Positiivne	Treeningute intensiivsus kannatab minimaalselt ning nendeks sisseelamise aeg on lühike	Piisav suurendamiseks erütrotsüütide produktsiooni, eriti 2000 m ü.m.p	Suhteline intensiivsus on tõusnud 14%-lt 21%-le
Negatiivne	Liiga madal, et kutsuda esile erütrotsüütide produktsiooni	Intervallid 1500 m – 10 km võistlustempos on häiritud ~3-6% ulatuses, eriti laagri alguses	Treening 1500 m – 10 km võistlustempos on häiritud ~6-12% ulatuses 3000 m kõrgusel
Kasulik enne mäestiku-treeningut	Ideaalne viia läbi pärast kõrgemal toimunud mäestiku-laagrit ettevalmistus-perioodi alguses	Rauavarude eelnev täiendamine; terve ning puhanud olek; kasulik eelnev mäestiku kogemus	Rauavarude eelnev täiendamine; sportlased peaksid olema terved ning puhanud
Kasulik mäestikus viibise ajal	Kasulik võistluseelses ettevalmistuses, kus treeningute kvaliteet ei tohiks kõrguse tõttu kannatada	Rauavarude iga-päevane täiendamine; piisav taastumine treeningute vahel; soovitatav intervallide vahel 2-3 korda pikemad pausid, kui meretasapinnal	Rauavarude iga-päevane täiendamine; esimesel nädalal kerged madala intensiivsusega treeningud; 5-10 km võistlustempos intervallide puhul kuni 2x pikemad pausid

Lisa 1 jätkub.

Kõrgus (m)	3000-3500	> 3500
Kestus nädalates	2	Ei ole soovituslik
Tavaline treeningkoormus	Rõhk mahutreeningul, intensiivsus madal-mõõdukas	Treeningutel väga madal intensiivsus; nõutav on pikk sisseelamise periood
Positiivne	Suur kiirus sprinditreeningute ajal; peaaegu kindel erütrotsüütide produktsiooni kasv	Väga suured kiirused sprinditreeningute ajal
Negatiivne	Võib põhjustada ületreeningut ning võimetust kohaneda hüpoksia tingimustega; treeningud 10 km võistlustempos häiritud ~15% ulatuses 3500 m kõrgusel	Võib põhjustada märkimisväärt lihaste atroofiat; treeningud 1500 m – 10 km võistlustempos tõsiselt häiritud
Kasulik enne mäestikutreeningut	Rauavarude täiendamine 1-2 nädalat enne; terve ning puhanud olek; kui on eelnev positiivne kogemus madalamatel kõrgustel, siis siin tasub ainult proovida	Rauavarude täiendamine nädalaid enne; vajalik olla puhanud ja terve
Kasulik mäestikus viibise ajal	Rauavarude igapäevane täiendamine; madala intensiivsusega mahutreeningud; ≤ 200 m pingutused; intervallid 10 km võistlustempos 3-4x pikemate pausidega, kui meretasapinnal	Rauavarude igapäevane täiendamine; võimalik ainult madala intensiivsusega treeningud; mõned ≤ 200 m pingutused; intervallid 10 km ja poolmaratoni võistlustempos 4-5x pikemate pausidega, kui meretasapinnal

Lihlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Raido Mitt

(sünnikuupäev: 11.03.1991)

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

Mäestikutreeningu kasutamine kesk- ja pikamaajooksus,

mille juhendaja on Martin Mooses,

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 lihlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 18.01.2016