

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Andžei Veidenbaum

**Lühiajaline aklimatiseerumine kõrge temperatuuriga tehiskeskkonnas:
üksikjuhtumi uuring**
Short-term heat acclimation: a case study

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:
Prof. Vahur Ööpik

Kaasjuhendaja:
MSc Saima Timpmann

Tartu, 2020

SISUKORD

LÜHIÜLEVAADE	4
ABSTRACT	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	6
1.1 Aklimatiseerumine.....	6
1.1.1 Kuumaga aklimatiseerumine	6
1.2 Füsioloogilised kohanemisreaktsioonid kõrge temperatuuriga aklimatiseerumisel.....	6
1.2.1 Higieritus	7
1.2.2 Vere maht ja vedeliku tasakaal	8
1.2.3 Kardiovaskulaarne adaptatsioon	9
1.2.4 Skeletilihassüsteemi adaptatsioon.....	10
1.2.5 Taju- ja kognitiivne adaptatsioon.....	10
1.3 Kohanemisreaktsioonide avaldumise ulatus sõltuvalt aklimatiseerumise kestusest	11
2. UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED.....	12
3. METOODIKA	13
3.1 Vaatlusalune	13
3.2 Uuringu üldine korraldus	13
3.3 VO ₂ max määramine.....	13
3.4 Töövõime hindamine	14
3.5 Aklimatiseerumise programm	15
3.6 Organismi veestaatuse hindamine	15
3.7 Keha rektaal- ja nahatemperatuuri ning südame löögisageduse mõõtmine.....	16
3.8 Vereanalüüsid.....	16
3.9 Tajutud pingutuse raskusastme ja õhutemperatuuri hindamine	17
3.10 Andmete statistiline töötlus.....	17
4. TÖÖ TULEMUSED	18
4.1 Südame löögisagedus ja plasma maht	18
4.2 Rektaaltemperatuur.....	18

4.3 Naha keskmine temperatuur.....	19
4.4 Töövõime	19
4.5 Vere biokeemilised näitajad.....	19
4.6 Keha mass ja veestaatus.....	21
4.7 Tajud pingutuse raskusastmele ja keskkonna temperatuurile	21
4.8 Õhutemperatuur ja suhteline niiskus kliimalaboris	23
5. ARUTELU.....	25
6. JÄRELDUSED	30
KASUTATUD KIRJANDUS	31
AUTORI LIHTLITSENTS	35

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Uurimistöö eesmärgiks oli hinnata lühiajalise (5-päevase) kõrge temperatuuriga tehiskeskkonnaga aklimatiseerumise programmi, milles rakendatakse kontrollitud hüpertermiat ja sihipärast dehüdratsiooni, efektiivsust.

Metoodika: Uuringus osales omal algatusel Eesti kaitseväge ohvitser, kelle vanus oli 39 a, kehapikkus 186,5 cm, keha mass 88,9 kg ning maksimaalne hapnikutarbimise võime (VO_2max) 69 ml/kg/min. Lühiajalise aklimatiseerumise programmi käigus tekitati uuritaval kontrollitud hüpertermia (koormust reguleeriti nii, et aklimatiseerumissessioonide ajal püsiks rektaaltemperatuur vahemikus 38,5–39 °C) ning sihilik dehüdratsioon (uuritaval ei lubatud aklimatiseerumissessioonide ajal juua). Töövõime testimine toimus kokku kahel korral (enne ja pärast aklimatiseerumise sessiooni), mis seisnes suutlikkuseni kõndimises jooksulindil, mille kiirus oli konstantselt 6 km/h ja mille tõusunurk oli valitud nii, et koormuse intensiivsus oleks 60% uuritava (VO_2max) tasemest. Kliimalaboris olid õhutemperatuur ja õhu suhteline niiskus reguleeritud tasemetele vastavalt 42 °C ja 18%.

Tulemused: Uuringu tulemused näitasid, et lühiajalise aklimatiseerumise programmi läbimise järgselt paranes uuritava vastupidavusik töövõime 18%. Rahuoleku rektaaltemperatuur oli teisel töövõime testimisel kliimalaborisse sisenemisel 0,45 °C madalam ning nahatemperatuur 0,73 °C madalam. Töövõime testide jooksul suuri muutusi kehamassis ei täheldatud. Aklimatiseerumise programmi järgselt olid laktaadi, kortisooli ja prolaktiini näitajad teiseks töövõime testimise alguseks madalama väärtusega. Teisel töövõime testimisel oli higierituse ja joomise intensiivsus suurem ning 5-päevase aklimatisatsiooniperioodi jooksul vereplasma maht suurenes 19,9%. Samuti oli tajutud pingutuse raskusaste ja tajutud keskkonna temperatuur kliimalaboris madalam teisel töövõime testimisel.

Kokkuvõte: Lühiajaline aklimatiseerumise programm kontrollitud hüpertermia ja sihiliku dehüdratsiooni tingimustes toob esile adaptatiivseid muutusi inimorganismis parandades töövõimet, langetades rektaal- ja nahatemperatuuri, suurendades higistamise intensiivsust, mõjutades vere biokeemilisi näitajaid ning parandades tajutud pingutuse raskusastet ja tajutud keskkonna temperatuuri.

Märksõnad: aklimatiseerumine; sihilik dehüdratsioon; kontrollitud hüpertermia; rektaaltemperatuur.

ABSTRACT

Aim: The aim of the study was to evaluate the effectiveness of a short-term (5-day) high-temperature artificial acclimation program using controlled hyperthermia and permissive dehydration.

Methods: An Estonian Defense Forces officer aged 39 years, body height 186.5 cm, body weight 88.9 kg and maximum oxygen consumption (VO_2max) 69 ml/kg/min participated in the study on his own initiative. During the short-term acclimation program, the subject developed controlled hyperthermia (the load was adjusted so that the rectal temperature remained between 38.5 and 39 °C during the acclimation sessions) and permissive dehydration (the subject was not allowed to drink during the acclimation sessions). Performance testing was performed a total of two times (before and after the acclimation session), consisting of walking on a treadmill with a constant speed of 6 km/h and an ascent angle chosen so that the load intensity was 60% of the (VO_2max) level. In the climate chamber, the air temperature and relative humidity were regulated to 42 °C and 18% respectively.

Results: The results of the study showed that after completing the short-term acclimation program, the subject's endurance performance improved by 18%. The rectal temperature at rest was 0.45 °C lower and the mean skin temperature 0.73 °C lower when entering the climate chamber during the second performance test. No major changes in body weight were observed during the performance tests. Following the acclimatization program, lactate, cortisol, and prolactin levels were lower by the second start of performance testing. In the second performance test, the intensity of sweating and drinking was higher, and plasma volume increased by 19.9% during the 5-day acclimation period. Also, the severity of the perceived effort and the perceived ambient temperature in the climate laboratory were lower in the second performance test.

Conclusions: A short-term acclimation program under controlled hyperthermia and permissive dehydration reveals adaptive changes in the human body by improving performance, lowering rectal and mean skin temperatures, increasing sweating intensity, affecting blood biochemical parameters, and improving perceived exercise severity and perceived environmental severity.

Keywords: acclimation; permissive dehydration; controlled hyperthermia; rectal temperature.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Aklimatiseerumine

Aklimatiseerumine on protsess, mille käigus organism kohaneb harjumuspärastest erinevate keskkonnatingimustega (IUPSThermal Commission 2001). Sportlased ja missioonisõdurid puutuvad aklimatiseerumisega sagedamini kokku, kuna nad reisivad keskmisest sagedamini (White et al., 2014). Sportlaste puhul on reisimine seotud võistlustega ja treeningulaagritega, sõduritel on reisimine seotud peamiselt välismissioonidega. Edu või ebaedu on tihedalt seotud sportlase või sõduri võimete ja oskustega kohaneda uute keskkonnatingimustega (White et al., 2014).

1.1.1 Kuumaga aklimatiseerumine

Peamised ja kõige sagedamini esinevad keskkonnategurid, mis panevad sportlaste ja missioonisõdurite kohanemisvõime proovile on ümbritseva keskkonna temperatuur ja niiskus, kõrgus merepinnast ning ajavöötmehetetus (NATO Science and Technology Organization 2013; White et al., 2014). Vastupidavusalade sportlased peavad sageli kuumaga aklimatiseeruma selleks, et suurendada koormustaluvust ja sportlikku saavutusvõimet kõrge temperatuuriga keskkonnas (Rahimi et al., 2019).

Kuumastressi põhjustavad nii keskkonnategurid (temperatuur, õhuniiskus, päikesekiirgus) kui ka indiviidi poolt kantavad riided ja turvavarustus, mis takistavad soojusekadu. Keskkonnateguritest, riietusest ja turvavarustusest tingitud kuumastress ning kehaline töö kõrge temperatuuri mõjuväljas suurendavad organismis füsioloogilist pinget, mis peamiselt väljendub kõrges rektaal- ja nahatemperatuuris, südame- ja vereringesüsteemi suurenenud koormuses, organismi suurenenud sõltuvuses süsivesikute ainevahetusest ja vähenenud aeroobses võimekuses (NATO Science and Technology Organization 2013; Périard et al., 2015).

1.2 Füsioloogilised kohanemisreaktsioonid kõrge temperatuuriga aklimatiseerumisel

Kuumaga aklimatiseerunud indiviid on suuteline taluma kuumastressi ja kehalist tööd kuumastressi tingimustes suhteliselt hästi. Edukal aklimatiseerumisel organismis ilmnevad füsioloogilised kohanemisreaktsioonid vähendavad kuumastressiga kaasnevaid kahjulikke mõjusid. Peamised füsioloogilised kohanemisreaktsioonid on plasma mahu suurenemine, südame löögisageduse ja rektaaltemperatuuri langus standardsel kehalisel tööol, pingutuse subjektiivselt tajutava raskusastme langus, Na^+ ja Cl^- sisalduse langus uriinis ja higis, higierituse intensiivistumine ja ühtlustumine nahal, higierituse künnise alanemine ning

süsiivesikute kasutamise vähenemine kehalisel tööl (Périard et al., 2015; Sawka et al., 2011). Aklimatiseerumine suurendab maksimaalset hapnikutarbimise võimet ($VO_2\max$) ja parandab vastupidavuslikku töövõimet kõrge temperatuuriga keskkonnas (Daanen et al., 2018; Sawka et al., 2011). Vastupidavuslikku töövõimet on uuringutes hinnatud nii konstantse submaksimaalse intensiivsusega töö kestuse alusel suutlikkuseni kui ka ette antud vahemaa läbimiseks või kindla töö hulga sooritamiseks kuluva aja alusel. Aklimatiseerumise tulemusena pikeneb töö kestus suutlikkuseni oluliselt enam kui lüheneb aeg kindla vahemaa läbimiseks või töö hulga sooritamiseks (Benjamin et al., 2019).

1.2.1 Higieritus

Muutused higierituses ja higi koostises olid ühed esimestest kohanemisreaktsioonidest, mida kirjeldati seoses kuumusega aklimatiseerumisega. Juba 1940ndatel oli teada, et kõrge temperatuuriga aklimatiseerumisel suureneb higieritus ning väheneb higis leiduva naatriumi ja kloriidi kontsentratsioon (Horvath & Shelley 1946). Seda näidati uuringuga, kus osales 16 heas füüsilises vormis sõdurit, kes läbisid 14-päevase aklimatiseerumise programmi, kus kliimalabori õhutemperatuur oli 48,9 °C ning suhteline õhuniiskus keskmiselt 36,2%. Ühe aklimatiseerumissessiooni pikkus oli valdavalt 60 minutit (kõndimise tempo 2,9 miili tunnis), kuid esimesel päeval oli selle pikkuseks 30 minutit ja kolmeteistkümnendal päeval oli kuni suutlikkuseni. Aklimatiseerumise programmi läbimise järgselt paranes uuritavate töövõime, langes rektaal- ja nahatemperatuur, südame löögisagedus, kuid seejuures oli kohanemine higierituses progresseeruv, mitte lineaarne (Horvath & Shelley 1946). Nielsen ja kaasautorid (1997) täheldasid enda uuringus, et pärast aklimatiseerumist kliimalaboris suurenes vereplasma maht, paranes higieritus ning langes südame löögisagedus (Nielsen et al., 1997).

Paranenud higieritus on üks tunnusmärkidest, mis viitab indiviidi kuumaga aklimatiseerumisele. Kolmandal kuni neljandal päeval ilmnevad muutused higierituses (Eichna et al., 1950; Horvath & Shelley 1946). Higestamine algab madalamal kehatemperatuuril ning selle intensiivsus suureneb vastavalt kehatemperatuuri tõusule pärast kuumaga aklimatiseerumist (Eichna et al., 1950; Nadel et al., 1974).

Aklimatiseerumise käigus ilmnevad muutused nii higi koostises kui ka higierituses. Elektrolüütide tagasiimendumine verre higinäärme juhast suureneb, mille tulemusena väljutatavas higis elektrolüütide (Chinevere et al., 2008), sealhulgas naatriumi kontsentratsioon langeb (Chinevere et al., 2008; Nielsen et al., 1997). Seevastu Chinevere jt (2008) uuring näitas, et aklimatiseerumise programmi (10-päevane) tagajärjel kaaliumi taseme muutus ei olnud statistiliselt oluline. Naatriumi kontsentratsiooni langus higis võib

alata juba aklimatiseerumise teisel päeval (Buono et al., 2018). Aklimatiseerumata inimese higis võib naatriumi kontsentratsioon olla 60 mEq/L või enamgi ning rohke higistamise korral võib see veelgi suurenda. Aklimatiseerunud indiviidi higi naatriumisisaldus võib aga olla väga madal, jäädes 10mEq/L piiresse (Allan & Wilson 1971). Higi madal elektrolüütide kontsentratsioon suurendab veeauru gradienti nahapinna ja ümbritseva õhu vahel, mistõttu suureneb higi koostisse kuuluva vee aurustumine ja sellega kaasnev soojuskadu (Lorenzo et al., 2010; Sawka et al., 2011).

Higierituse intensiivsuse tõusu ja higi naatriumi kontsentratsiooni languse füsioloogilisi mehhanisme on aklimatiseerumise kontekstis küllaltki palju uuritud ning leitud, et need hõlmavad nii neuraalseid kui ka endokriinseid kohanemisreaktsioone (Sawka et al., 2011).

1.2.2 Vere maht ja vedeliku tasakaal

Kõrge temperatuuriga aklimatiseerumisel suureneb kogu keha veesisaldus 2 kuni 3 liitri võrra või ~5–7% kehamassist. Kogu keha veesisalduse suurenemise jagunemine intratsellulaarse (ICF) ja ekstratsellulaarse vedeliku (ECF) vahel on erinev (Périard et al., 2016).

Kogu keha veesisalduse suurenemist saab osaliselt seletada vedelikku säilitavate hormoonide (aldosteroon ja vasopressin ehk antidiureetiline hormoon) sekretsiooni suurenemisega aklimatiseerumisel. Naatriumi säilitamine aitab säilitada osmoolide arvu ekstratsellulaarses vedelikus ja läbi selle suurendada ECF mahtu kuumaga aklimatiseerumisel. Seega, kui kogu keha veesisaldus ja ECF suureneb pärast aklimatiseerumist, võib eeldada ka vereplasma mahu suurenemist (Périard et al., 2016).

Aastal 1940 avaldati uuring (Bazett et al., 1940), kus kirjeldati kuumaga aklimatiseerumisega tekkivaid kohanemisreaktsioone vere biokeemilistes näitajates. Uuringus leiti, et vereplasma maht suurenes väga kiiresti, mille tagajärel vähenes ajutiselt hemoglobiini kontsentratsioon ja hematokrit ning samuti plasma proteiinide kontsentratsioon (Bazett et al., 1940).

Akuutse aklimatiseerumise ajal suureneb vereplasma maht tavaliselt 4%–15%, kuid see võib kõikuda vahemikus 3%–27%. Samal ajal erütrotsüütide maht jääb aklimatiseerumise ajal muutumatuks (Périard et al., 2016). Plasma mahu suurenemise ulatus sõltub aklimatiseerumise ulatusest, uuritava hüdratsiooni seisundist ja nahatemperatuurist (Kenefick et al., 2014). Plasma mahu suurenemine on kõige ulatuslikum aklimatiseerumise viiendal päeval (Périard et al., 2019).

Lõppkokkuvõttes on vereplasma mahu suurenemisel kaks füsioloogilist eelist: 1) suurendab vaskulaarset täituvust, et toetada kardiovaskulaarset stabiilsust, 2) suurendab vere erisoojust (Sawka et al., 2011).

Hiljutised uuringud on näidanud, et kontrollitud hüpertermia tingimustes, kus rektaaltemperatuuri hoiti kogu aklimatiseerumissessiooni vältel 38,5 °C, suurenes plasma maht ~14% pärast 8–22-päevast aklimatiseerumist (Patterson et al., 2014).

Kõrge temperatuuriga keskkonnas treenimisel tekkiv dehüdratsioon suurendab keha rektaaltemperatuuri, mida suurem on vee defitsiit kehas, seda kõrgem on keha rektaaltemperatuur. Aklimatiseerumisega kaasnev kogu keha veesisalduse suurenemine võib anda kasulikku kaitset dehüdratsiooni eest. Kuumas keskkonnas mõõduka dehüdratsiooni tingimustes treenimisel on võimalik adaptatiivseid muutusi mõjutada – parandades vedeliku ja elektrolüütide vahelist tasakaalu, suurendades vereplasma mahtu ja kardiovaskulaarset vastust kuumastressile (Garrett et al., 2014; Garrett et al., 2011). Vaatamata sellele, et dehüdratsioonil on ilmne kahjulik mõju sportlikule sooritusele, võivad aklimatiseerumist kiirendada režiimid, kus on lubatud dehüdratsioon (Garrett et al., 2014).

Paremini aklimatiseerunud inividid on võimelised paremini säilitama euhüdratsiooni seisundit treeningute ajal ning läbi selle vähendada keha vee defitsiiti ja tahtlikku dehüdratsiooni. See on oluline adaptatsioon, kuna kuumaga on higieritus intensiivsem ning kui kaotatud vedelikku kuidagi ei kompenseerita, siis dehüdratsioon saabub kiiremini, eriti kõrge õhuniiskusega keskkonnas (Périard et al., 2015).

1.2.3 Kardiovaskulaarne adaptatsioon

Treenides kõrge temperatuuriga keskkonnas on esimesel päeval südame löögisagedus kõrgem ning südame löögi maht väiksem võrreldes treenimisega tavalises keskkonnas. Kohanemise käigus hakkab südame löögisagedus vähenema. Kardiovaskulaarse koormuse vähendamisel osalevad mitmesugused mehhanismid ja nende suhteline panus varieerub kõrge temperatuuriga aklimatiseerumise käigus ja ka üksikisikute vahel (Périard et al., 2015). Need mehhanismid on järgmised: paranenud naha jahutus ja vere mahu ümberjaotus, vereplasma mahu suurenemine, vähenenud naha- ja rektaaltemperatuur. Samuti oletatakse, et vähenenud sümpaatilise närvisüsteemi aktiivsuse tõttu võib aeglustuda südame löögisagedus aklimatiseerumise ajal (Hodge et al., 2013).

Higi erituse intensiivsuse ja vereplasma mahu suurenemine soodustab soojuse hajumist naha pinnal. Plasma mahu suurenemise tulemusel südame löögisagedus langeb ja võimaldab säilitada paremini südame löögi mahtu treeningu ajal kuumas keskkonnas. Südame

löögisageduse langus on selge märk sellest, et indiviid on kuumaga aklimatiseerumas (Périard et al., 2016).

Lühiajalise (5 päeva) aklimatiseerumise käigus, kus treeniti 30 min päevas koormusel 70% VO_2max leiti, et aklimatiseerumise tulemusena suurenes uuritavatel vereplasma maht ja südame löögimaht ning langes südame löögisagedus. Need vaatlused näitasid, et kuumaga aklimatiseerumine võib parandada tsentraalseid hemodünaamika näitajaid, kuid selle paranemise ulatus on väga suuresti sõltuv keskkonnatingimustest (nt kuum või niiske keskkond), aklimatiseerumise režiimist, treenimise intensiivsusest ja indiviidide isikuomadustest (Goto et al., 2010).

1.2.4 Skeletilihassüsteemi adaptatsioon

Kõrge temperatuuriga aklimatiseerumine mõjutab kogu keha ning skeletilihaste ainevahetust, näiteks on leitud, et noorte Aasia meeste seas on ainevahetuse määr ehk ainevahetuse põhikäive (*the basal metabolic rate*) aasta soojematel kuudel madalam. Lihaste hapniku tarbimine submaksimaalsel pingutusel on aklimatiseerumise tagajärjel samuti vähenenud ning sealhulgas ka lihaste glükogeeni kasutus (40%–50%) (Périard et al., 2019).

Aklimatiseerumise mõjul on vähenenud verevool ja laktaadi akumulatsioon lihastes submaksimaalsel pingutusel ja jõunäitajate suurenemine laktaadiläve juures (Lorenzo et al., 2010). Seda võib seostada paranenud laktaadi eemaldamisega kogu keha veesisalduse suurenemise tõttu, hilinevad laktaadi kuhjumisega suurenenud südame löögimahu tõttu ning ainevahetuse kiiruse langusega. Kuumaga aklimatiseerumine võib ühtlasi parandada lihaste aeroobset ainevahetust läbi mitokondrite adaptatsiooni ja lihaste kapillaarvõrgustiku suurenemise (Kuhlenhoelter et al., 2016; Tamura et al., 2014).

1.2.5 Taju- ja kognitiivne adaptatsioon

Akuutne hüpertermia suurendab ebamugavust kõrge temperatuuri talumise suhtes ning samuti omab potentsiaalset mõju treenimisele ja kognitiivsele võimekusele (Gaoua et al., 2012; Stevens et al., 2017). Kuumaga aklimatiseerumine ei pruugi mõjutada soojusmugavust (*thermal sensation*) puhkeolekus, kuid see võib paraneda sportlaste seas, kes harrastavad vastupidavusalasid või meeskonnaspordialasid (Kelly et al., 2016; Tyler et al., 2016). Kuid siiski on ebaselge, millises ulatuses osaleb see paranemine aklimatiseerumisega seotud kehalise jõudluse paranemisel.

1.3 Kohanemisreaktsioonide avaldumise ulatus sõltuvalt aklimatiseerumise kestusest

Füsioloogiliste kohanemisreaktsioonide ulatus on seotud aklimatiseerumise programmi kestusega. Ajaliselt jagunevad aklimatiseerumise programmid lühiajaliseks (<7 päeva), keskmiseks (8-14 päeva) ning pikaajaliseks (>15 päeva) (Garrett et al., 2011). Palju on uuritud keskmise ja pikaajalise kestusega aklimatiseerumise programmide mõju inimorganismile. Nende uuringute tulemused näitavad, et enamus aklimatiseerumisel ilmnevatest füsioloogilistest kohanemisreaktsioonidest teostub suures ulatuses ligikaudu 14 päevaga (Garrett et al., 2011; Sawka et al., 2011), kuid pikemaajalisema aklimatiseerumise korral kohaneb organism veelgi täiuslikumalt (Tyler et al., 2016). Sportlaste, aga ka sõdurite elukorraldus ei võimalda sageli nii pikka aega aklimatiseerumisele pühendada (Garrett et al., 2014). Arvukad eliitspordivõistlused toimuvad sellistes geograafilistes kohtades, mis hõlmavad endas kokkupuudet kuuma ja niiske keskkonnaga (nt 2022. a jalgalli maailmameistrivõistlused Kataris). Eriti puudutab see sportlasi, kes treenivad jahedamas kliimas ning kes ei ole kohanenud kuuma keskkonnaga (Rahimi et al., 2019). Seetõttu on viimastel aastatel alustatud uuringuid eesmärgiga välja töötada programme, mis võimaldaksid aklimatiseeruda oluliselt kiiremini (Garrett et al., 2014).

Kõrge temperatuuriga aklimatiseerumise juhised soovivad tavaliselt euhüdratsiooni seisundi säilitamist aklimatiseerumise ajal. Reaalsuses tekib aklimatiseerumise käigus teatud dehüdratsioon ikkagi ja tekkinud dehüdratsioon võib esile kutsuda mõningaid adaptatsioone. Dehüdratsioon põhjustab organismis suurenenud vedeliku regulatsiooni, kardiovaskulaarset ja termaalset koormust, mis omakorda põhjustab kudede kõrgemat temperatuuri ja suurenenud hüповoleemiat. Lisaks sellele suureneb vedelikku ja stressi reguleerivate hormoonide vastus (aldosteroon, arginiinvasopressiin, kortisool). Plasma mahu suurenemine on aluseks teistele kasulikele füsioloogilistele ja funktsionaalsetele muutustele (Garrett et al., 2014).

2016. a uuriti lühiajalise (5 päeva) aklimatiseerumise programmi mõju kontrollitud hüpertermia ja dehüdratsiooni tingimustes. Uuritavad osalesid viiel järjestikusel päeval treeningul, mille kestus oli 90 min. Keskkonna temperatuur treeningute ajal oli 40 °C ning suhteline õhuniiskus 50%. Uuritavate rektaaltemperatuuri hoiti vahemikus 38,5–38,9 °C ning treeningu ajal neile juua ei antud. Aklimatiseerumise programmi tagajärjel langes uuritavate rektaal- ja nahatemperatuur ning südame löögisagedus, samuti vähenes tajutav pingutus, kuid suurenes kogu keha higieritus (Neal et al., 2016).

Lühiajalisi aklimatiseerumise programme, mida läbitakse alla seitsme päeva, ja nende mõjusid on uuritud vähem. Seetõttu vajab lühiajaline kõrge temperatuuriga aklimatiseerumise programm rohkem uurimist (Garrett et al., 2014).

2. UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Käesoleva uurimistö eesmärgiks oli hinnata lühiajalise (5-päevase) kõrge temperatuuriga tehiskeskkonnaga aklimatiseerumise programmi, milles rakendatakse kontrollitud hüpertermiat ja sihipärast dehüdratsiooni, efektiivsust.

Eesmärgi saavutamiseks seati uurimistö ülesanneteks määrata aklimatiseerumisprogrammi mõju uuritava:

1. Vereplasma mahule.
2. Südame löögisagedusele.
3. Rektaaltemperatuurile, nahatemperatuurile ja higieritusele.
4. Vastupidavuslikule töövõimele.
5. Vere biokeemilistele näitajatele.
6. Subjektiivselt tajutavale pingutuse raskusastmele ja keskkonna temperatuurile.
7. Kehamassile ja veestaatusele.

3. METOODIKA

3.1 Vaatlusalune

Uuringus osales omal algatusel Eesti kaitseväge ohvitser, kes alates 2019. a sügisest viibib välismissioonil Lääne-Aafrika riigis Malis. Missiooni piirkonnas on keskmine temperatuur 31 °C ning õhu suhteline niiskus 55% (Freshworks, 2018). Uuritav võttis uurimisgrupiga ühendust ning tema eesmärgiks oli end võimalikult hästi sihtriigis valitseva kliima talumiseks ette valmistada, st aklimatiseeruda kliimalabori tingimustes. Uuritava vanus uuringus osalemise ajal oli 39 a, kehapikkus 186,5 cm, keha mass 88,9 kg ning maksimaalne hapnikutarbimise võime ($VO_2\max$) 69 ml/kg/min. Üksikjuhtumi uuringu läbiviimiseks saadi kooskõlastus Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komiteelt (protokoll nr 293/T-26, 20.05.2019). Uuritavale tutvustati põhjalikult uuringu protokoll, mille järgselt ta allkirjastas nõusolekuvormi.

3.2 Uuringu üldine korraldus

Ajavahemikus 14.09.2019 kuni 22.09.2019 toimus uuring Tartu Ülikooli sporditeaduse ja füsioterapia instituudi spordifüsioloogia laboris. Uuritavaga saadi kokku seitsmel korral. Esimesel korral tutvuti uuritavaga, tutvustati talle uuringu protokoll ning allkirjastati isiku informeerimise ja nõusoleku vorm. Teisel kokkusaamisel mõõdeti uuritava kehapikkust täpsusega 0,001m kasutades metallantropomeetrit, uuritav kaaluti täpsusega 0,001 kg kasutades elektroonilist kaalu (CH3G-1501 Combics, Sartorius AG, Goettingen, Saksamaa) ning seejärel määrati uuritava $VO_2\max$.

Teisele külastuskorrale järgnes uuringu põhiosa, mis koosnes kahest töövõime testist (Test 1 ja Test 2) ning nende vahele jäänud neljast standardsest aklimatiseerumissessioonist. Esimese aklimatiseerumissessioonina võeti arvesse ka Test 1, seega aklimatiseerumissessioonide koguarv oli 5. Kõikidel kordadel saabus uuritav laborisse hommikul samal kellaajal.

3.3 $VO_2\max$ määramine

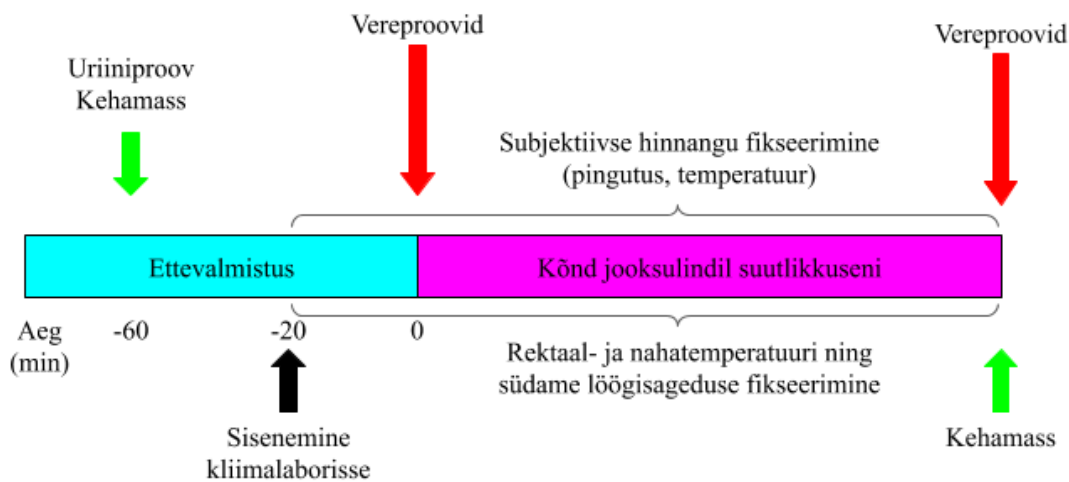
Uuritava $VO_2\max$ määrati normaalsetes keskkonnatingimustes (21–22 °C, õhu suhteline niiskus 50–55%). Selleks kasutati astmeliselt tõusvate koormustega kõnnitesti (Burk et al., 2012) motoriseeritud jooksulindil (Viasys/Jaeger LE300 C, Viasys Healthcare GmbH, Hoechberg, Saksamaa) ning hingamisgaaside analüsaatorite süsteemi (MasterScreen CPX, Viasys Healthcare GmbH, Hoechberg, Saksamaa), millega mõõdeti reaajas uuritava hapnikutarbimist. Testi põhiosale eelnes kümne minuti pikkune soojendus kiirusel 5 km/h.

Testi põhiosa algas kiirusel 6 km/h ning kaldenurgaga 3,5%. Kiirus jäi koormustesti ajal muutumatuks, kuid iga kahe ja poole minuti järel suurenes kaldenurk 3,5% võrra kuni uuritav andis märku suutmatuses kõndi jätkata.

3.4 Töövõime hindamine

Aklimatiseerumise programmi esimesel päeval ja üks päev pärast viiendat aklimatiseerumissessiooni sooritas uuritav töövõime testi (vastavalt Test 1 ja Test 2), mis seisnesid suutlikkuseni kõndimises jooksulindil, mille kiirus oli konstantselt 6 km/h ja mille tõusunurk oli valitud nii, et koormuse intensiivsus oleks 60% uuritava VO_2 max tasemest. Töövõime testimiseks saabus uuritav laborisse kell üheksa hommikul ja andis uriiniproovi, misjärel ta kaaluti alasti olekus. Uuritav paigaldas iseseisvalt rektaaltemperatuuri anduri ning seejärel kinnitati ta kehale nahatemperatuuri ja südame löögisageduse andurid. Seejärel uuritav sisenes kliimalaborisse ning seisis jooksulindil 20 min kuni töövõime testi alguseni. Kliimalaboris olid õhutemperatuur ja õhu suhteline niiskus reguleeritud tasemetele vastavalt 42 °C ja 18%. Töövõime testi ajaline ülesehitus on toodud joonisel 1.

Vahetult enne töövõime testi algust võeti uuritavalt veeni- ja kapillaarvere proovid. Töövõime testi ajal mõõdeti uuritava südame löögisagedust, rektaal- ja nahatemperatuuri ning fikseeriti tema subjektiivne hinnang tajutud väsimusele, pingutuse raskusastmele ja õhutemperatuurile. Töövõime testi ajal oli uuritaval lubatud juua vett vastavalt oma äranägemisele. Testi vältel tarbitud vee kogus mõõdeti ja protokolliti. Uuriija oli valmis töövõime testi koheselt lõpetama uuritava märguande peale, et ta ei suuda enam jätkata. Uuriija oli ühtlasi valmis testi koheselt lõpetama omal algatusel, juhul kui 1) uuritava rektaaltemperatuuri tõusust tasemele 39,5 °C möödus 5 min; 2) uuritava südame löögisageduse tõusust tasemele 95% eakohasest maksimumist möödus 5 min; 3) uuritaval ilmsid kuumatalumatuse sümptomid (Burk et al., 2012). Kõigil võimalikel juhtudel oli ette nähtud fikseerida töövõime näitajana testi algusest selle lõpetamiseni kulunud aeg. Koheselt pärast töövõime testi lõpetamist uuritav kuivatati, kaaluti ning temalt võeti veeni- ja kapillaarvere proovid.



Joonis 1. Töövõime testi korraldus (töövõime näitajaks oli kõnni kestus suutlikkuseni).

3.5 Aklimatiseerumise programm

Igaks aklimatiseerumissessiooniks paluti uuritaval saabuda laborisse kell üheksa hommikul. Esimese aklimatiseerumissessioonina võeti arvesse Test 1. Ülejäänud neli sessiooni olid standardsed ning need seisnesid jooksmises ja kõndimises jooksulindil kestusega 90 minu igal sessioonil. Koormust (lindi kiirust ja tõusunurka) reguleeriti nii, et uuritava rektaaltemperatuur, mida jälgiti reaalselt, püsis vahemikus 38,5–39 °C.

Enne ja pärast iga aklimatiseerumissessiooni kaaluti uuritavat riieteta. Enne iga standardset aklimatiseerumissessiooni paigaldas uuritav ise rektaalanduri ning uurimisgrupi liige paigaldas rindkerele pulsivöö. Standardsete aklimatiseerumissessioonide ajal nahatemperatuuri ei mõõdetud. Standardse sessiooni jooksul ja 30 min vältel pärast seda uuritavale juua ei antud. Tegemist on lühiajalise aklimatiseerumise programmiga kontrollitud hüpertermia ja sihipäraselt esile kutsutud dehüdratsiooni tingimustes (Neal et al., 2016). Dehüdratsiooni ulatus esimesest neljanda standardse aklimatiseerumissessioonini oli vastavalt 4,4%, 4,1%, 4,2% ja 4,5% kehamassist.

3.6 Organismi veestaatuse hindamine

Päeva jooksul enne esimest töövõime testi pidi uuritav dokumenteerima tarbitud toidu ja vedeliku kogused, hoiduma kofeiinist ja alkoholist ning märkimisväärsest kehalisest aktiivsusest. Enne teist töövõime testimist paluti uuritaval jälgida sama toidu-, joogi- ja elurežiimi.

Organismi veestaatust enne kumbagi töövõime testi ja iga standardset aklimatiseerumise sessiooni hinnati uriini erikaalu alusel, mis määrati digitaalse refraktomeetri (PAL-10S;

ATAGO, Tokyo, Jaapan) abil. Popowski et al. (2001) järgi näitab uriini erikaal vahemikus 1,006–1,020 euhüdratsiooni seisundit, erikaalu väärtused alla 0,006 ja üle 1,020 aga vastavalt hüperhüdratsiooni ja hüpohüdratsiooni seisundeid.

3.7 Keha rektaal- ja nahatemperatuuri ning südame löögisageduse mõõtmine

Keha rektaaltemperatuuri mõõtmiseks töövõime testide ja aklimatisatsioonisessioonide ajal paigaldas uuritav endale rektaaltemperatuuri anduri (REC-UU-VL5-0; Grant Instruments Ltd, Cambridge, UK) sulgurlihase taha 10 cm sügavusele pärasoolde. Temperatuuri fikseeriti iga minuti tagant kasutades elektroonilist lugerit SQ2020-1F8 (Grant Instruments Ltd, Ühendkuningriik).

Nahatemperatuuri mõõtmiseks töövõime testide ajal paigaldati uuritava vasakule kehapolele neli nahatemperatuuri andurit (DS1922L; Maxim Integrated Products Inc., San Jose, Calif., USA): rinnale, õlavarrele, reiele ja säärele. Nahatemperatuuri registreeriti iga minuti tagant. Pärast töövõime testi lõppu eemaldati andurid uuritava kehalt ning andurites salvestatud andmed kanti vastava seadme (DS1401-4+, Maxim Integrated Products, Inc, USA) abil arvutisse. Salvestatud andmete põhjal arvutati naha keskmine temperatuur (MST) rakendades Ramanathan (1964) valemit: $MST = 0,3 (t_{rind} + t_{käsi}) + 0,2 (t_{reis} + t_{säär})$.

Südame löögisageduse mõõtmiseks kasutati pulsikella ja -vööd Polar®RS800CX (Polar Electro Oy, Soome).

3.8 Vereanalüüsid

Veeni- ja kapillaarvere proovid võeti uuritavalt vahetult enne kumbagi töövõime testi ning koheselt testi lõpetamise järel. Veeniveri koguti 5-ml geeliga vaakumkatsutisse ja 3-ml vaakumkatsutisse, mis sisaldas EDTA-d. EDTA-ga katsutit verega hoiti külmikus kuni Tartu Ülikooli Kliinikumi ühendlaboratooriumisse saatmiseni hemoglobiini kontsentratsiooni ja hematokriti määramiseks. Saadud andmeid kasutati vereplasma mahu muutuse arvutamiseks (Dill & Costill 1974). Vereplasma mahu suhtelist muutust hinnati sel viisil nii aklimatiseerumise perioodi kohta tervikuna kui ka kummagi töövõime testi ajal eraldi. Geeliga vaakumkatsutit verega hoiti 20 min toatemperatuuril ning seejärel tsentrifuugiti 10 min kiirusel 3000 pöör/min temperatuuril 4 °C (Eppendorf 5804R, Eppendorf AG, Hamburg, Saksamaa). Eraldatud seerum säilitati temperatuuril –18 °C kuni hormoonianalüüsides teostamiseni Tartu Ülikooli Kliinikumi ühendlaboratooriumis. Seerumis määrati prolaktiini ja kortisooli kontsentratsioon elektrokemoluminestsents-immuunmeetodil “ECLIA” analüsaatoril Cobas 6000 (Roche Diagnostics GmbH, Tokyo, Jaapan). Sõrmeotsa

kapillaarveres (20 μ l) määrati laktaadi ja glükoosi kontsentratsioon kasutades analüsaatorit Biosed S-line (EKF-Diagnostic, Saksamaa).

3.9 Tajutud pingutuse raskusastme ja õhuperatuuri hindamine

Subjektiiivset hinnangut tajutud pingutuse raskusastmele ja õhuperatuurile küsiti uuritavalt 15 min intervalliga. Uuritav sisenen kliimalaborisse 20 min enne töövõime testi ja 5 min enne aklimatiseerumissessiooni algust ning esimesed näitajad fikseeriti vahetult pärast sisenemist. Viimased andmed fikseeriti hetkel, kui uuritav lõpetas töövõime testi või aklimatiseerumissessiooni. Tajutud pingutust hinnati Borg'i (Borg 1982) skaalal ning õhuperatuuri taju ASHRAE seitsme punkti skaalal (Schweiker et al. 2016), mis ulatub "külmast" "kuumani".

3.10 Andmete statistiline töötlus

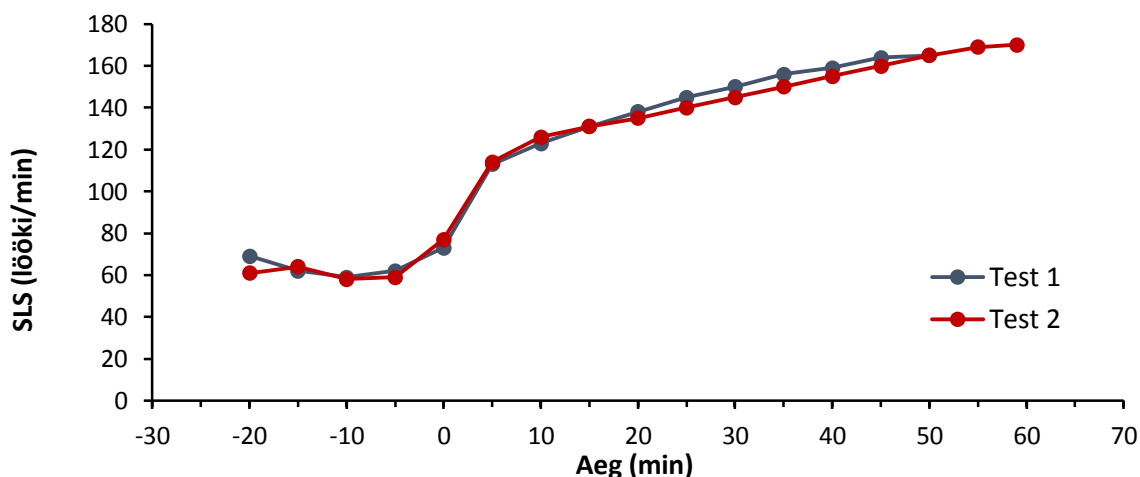
Statistilist andmetöötlust kasutati kliimalabori keskkonnatingimuste (temperatuur ja suhteline õhuniiskus) võrdlemisel kahe töövõime testimise protseduuri jooksul. Selleks kasutati andmetöötlusprogrammi Excel, tulemused on esitatud kujul: keskmine \pm standardhälve (SD). Keskmiste võrdlemisel kasutati sõltumatute muutujate t-testi, statistilise olulisuse nivooiks loeti $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1 Südame löögisagedus ja plasma maht

Kliimalaborisse sisenemisel oli uuritava südame löögisagedus esimesel töövõime testil 69 lööki/min ning teisel töövõime testil 61 lööki/min. Töövõime testi alguseks olid vastavad näitajad 73 lööki/min ja 77 lööki/min. Alates 15. min kuni 45. min on teise töövõime testi südame löögisageduse näitajad mõnevõrra madalamad kui esimesel testimisel (Joonis 2).

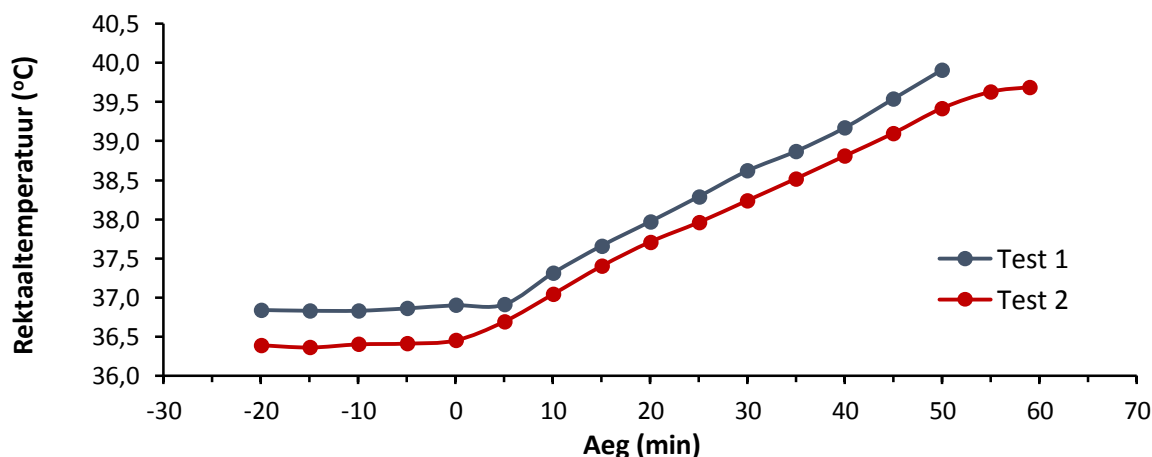
Vereplasma maht suurenes 5-päevase aklimatiseerumisprogrammi jooksul 19,9% võrra.



Joonis 2. Südame löögisagedus (SLS) enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist.

4.2 Rektaaltemperatuur

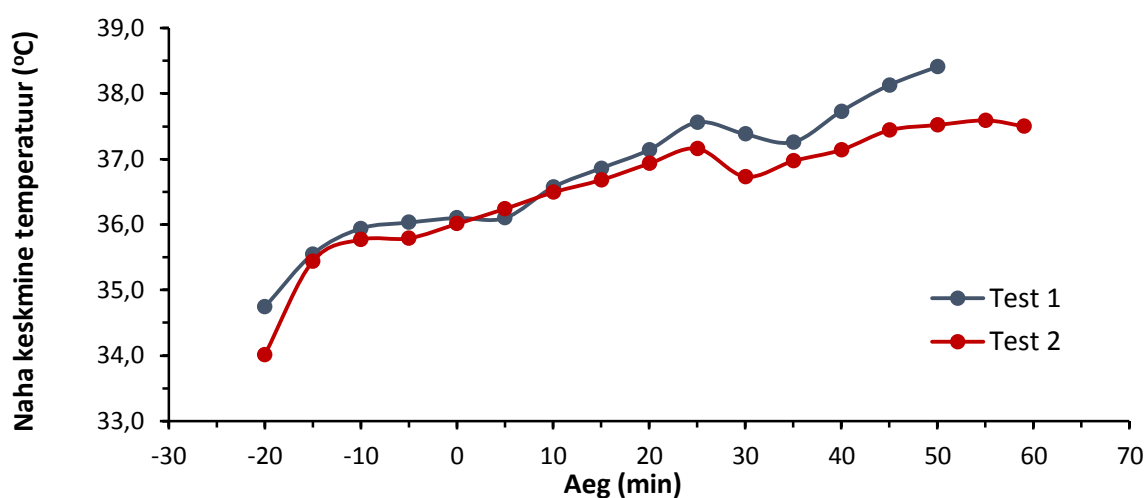
Teisel töövõime testimisel oli rektaaltemperatuur kõigis ajapunktides madalam võrreldes esimese töövõime testimisega. Kliimalaborisse sisenedes oli teisel töövõime testil uuritava rektaaltemperatuur 0,48 °C madalam, kuni töövõime testi alguseni oli rektaaltemperatuur teisel testimisel keskmiselt 0,45 °C madalam (Joonis 3).



Joonis 3. Rektaaltemperatuur enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist.

4.3 Naha keskmine temperatuur

Kliimalaborisse sisenedes oli esimesel töövõime testimisel naha keskmine temperatuur 34,74 °C, teisel aga 34,01 °C ehk 0,73 °C madalam. Esimese töövõime testiga võrreldes olid teise töövõime testi vastavates ajapunktides mõõdetud näitajad valdavalt madalama väärtusega, eriti testi lõpuosas. Teise töövõime testi 5. min oli naha keskmine temperatuur lühiajaliselt kõrgem kui esimesel töövõime testimisel (Joonis 4).



Joonis 4. Naha keskmine temperatuur enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist.

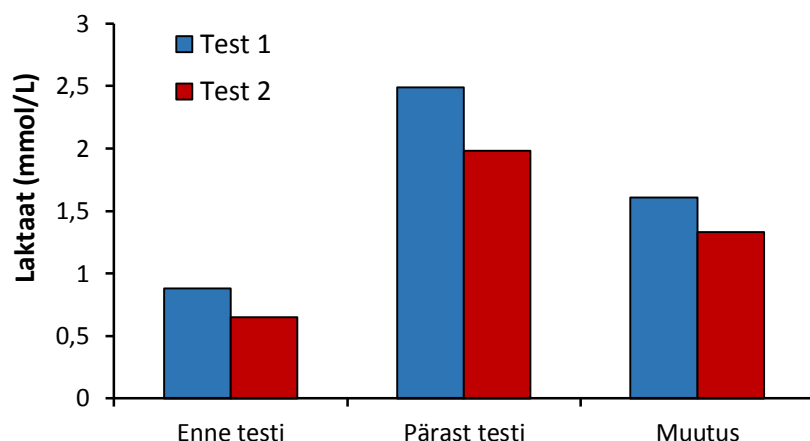
4.4 Töövõime

Enne 5-päevast aklimatiseerumist (Test 1) registreeriti uuritava kõnni kestuseks 50 min ning pärast aklimatiseerumist (Test 2) 59 min. Mõlemal korral peatas testi uurija momendil, kui uuritava rektaaltemperatuuri tõusust tasemele 39,5 °C möödus 5 min. Aklimatiseerumise tulemusena paranes uuritava töövõime seega 9 min ehk 18% võrra.

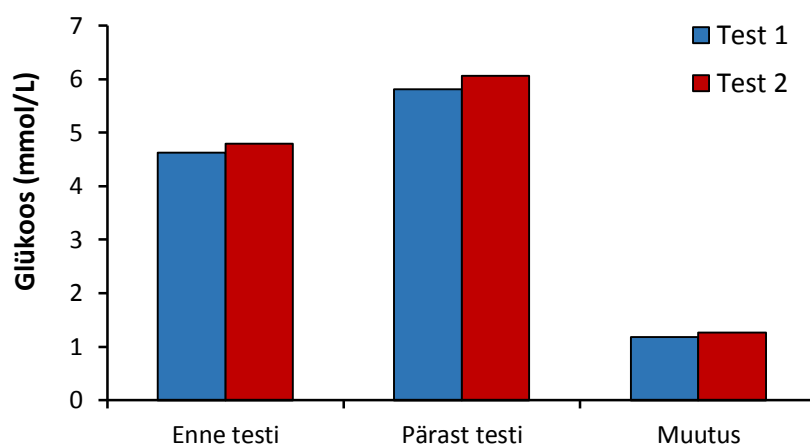
4.5 Vere biokeemilised näitajad

Enne Testi 1 oli laktaadi tase kapillaarveres 0,88 mmol/L ning selle järel 2,49 mmol/L, muutus testi ajal seega 1,61 mmol/L. Enne Testi 2 oli laktaadi tase 0,65 mmol/L ja selle järel 1,98 mmol/L ning muutus testi ajal 1,33 mmol/L (Joonis 5).

Enne Testi 1 oli glükoosi tase kapillaarveres 4,63 mmol/L ja selle järel 5,81 mmol/L ning muutus testi ajal 1,18 mmol/L. Test 2 puhul olid vastavad näitajad 4,79 mmol/L, 6,06 mmol/L ja 1,27 mmol/L (Joonis 6).



Joonis 5. Laktaadi kontsentratsioon kapillaarveres enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist. Muutus horisontaaltelje all tähistab laktaadi taseme muutust töövõime testi ajal. Laktaadi kontsentratsioon pärast töövõime testi on kalkuleeritud mõõtmistulemuste alusel, võttes arvesse vere mahu muutust testi jooksul.



Joonis 6. Glükoosi kontsentratsioon kapillaarveres enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist. Muutus horisontaaltelje all tähistab glükoosi taseme muutust töövõime testi ajal. Glükoosi kontsentratsioon pärast töövõime testi on kalkuleeritud mõõtmistulemuste alusel, võttes arvesse vere mahu muutust testi jooksul.

Kortisooli tase seerumis oli Testi 2 puhul võrreldes Testiga 1 madalam nii enne kui ka pärast testi sooritamist. Prolaktiini tase seerumis oli enne Testi 2 madalam kui Testi 1 puhul, pärast testi sooritamist aga kõrgem (Tabel 1).

Tabel 1. Kortisooli ja prolaktiini kontsentratsioon seerumis enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist. Hormoonide kontsentratsioon pärast töövõime testi on kalkuleeritud mõõtmistulemuste alusel, võttes arvesse plasma mahu muutust testi jooksul.

	Test 1		Test 2	
	Enne testi	Pärast testi	Enne testi	Pärast testi
Kortisool (nmol/L)	322,8	541,2	203,9	472,7
Prolaktiin (mU/L)	122	1477	80	1545

4.6 Keha mass ja veestaatus

Viiepäevase aklimatiseerumise vältel langes uuritava kehakaal 1 kg võrra. Akuutne kehamassi langus Test 1 ja Test 2 jooksul oli praktiliselt ühesugune (Tabel 2).

Otsustades uriini tiheduse alusel, alustas uuritav mõlemat töövõime testi euhüdratsiooni seisundis (Tabel 2). Testi 2 ajal jõi uuritav rohkem vett ning ka joomise intensiivsus oli kõrgem võrreldes Testiga 1. Higieritus ja higierituse intensiivsus olid Testil 2 suuremad võrreldes Testiga 1 (Tabel 2). Akuutne vereplasma mahu vähenemine oli Testi 2 ajal suurem kui Testi 1 jooksul (Tabel 2).

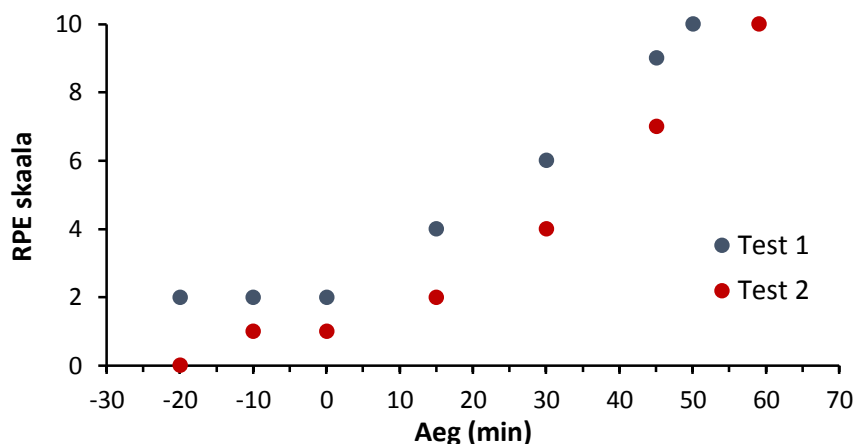
Tabel 2. Kehamass ja veestaatus enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist.

Parameeter	Test 1	Test 2
Kehamass (kg)		
enne testi	88,91	87,91
pärast testi	87,54	86,57
muutus	1,37	1,34
Uriini tihedus	1,012	1,004
Joodud vesi (ml)	2167	2860
Joomise intensiivsus (ml · min ⁻¹)	43,3	48,5
Higieritus (ml)	3300	4201
Higierituse intensiivsus (ml · min ⁻¹)	66,0	71,2
Vereplasma mahu muutus (%)	-5,45	-13,13

4.7 Tajud pingutuse raskusastmele ja keskkonna temperatuurile

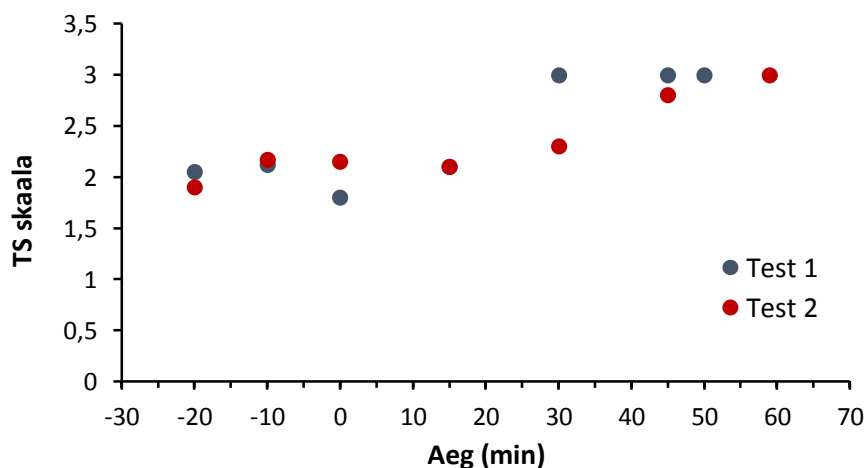
Pingutuse tajutud raskusaste oli Testil 2 valdavalt madalam võrreldes Testi 1 vastavate ajapunktidega. Enne Testi 1 ja Testi 2 kliimalaborisse sisenedes hindas uuritav tajutud

pingutust vastavalt 2 ja 0 palliga. Mõlema töövõime testi lõppedes hindas uuritav tajutud pingutust 10 palliga (Joonis 7).



Joonis 7. Tajutud pingutuse raskusaste (RPE) enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist.

Uuritav tajus keskkonna temperatuuri kliimalaboris madalamana enne Testi 1 algust (ajapunkt 0). Mõlema testi 15. min tajus uuritav keskkonna temperatuuri ühtemoodi, kuid sellest ajapunktist alates tajus uuritav teisel töövõime testimisel keskkonna temperatuuri madalamana (Joonis 8). Testide 1 ja 2 lõpetamisel tajus uuritav õhutemperatuuri võrdset kõrgena.

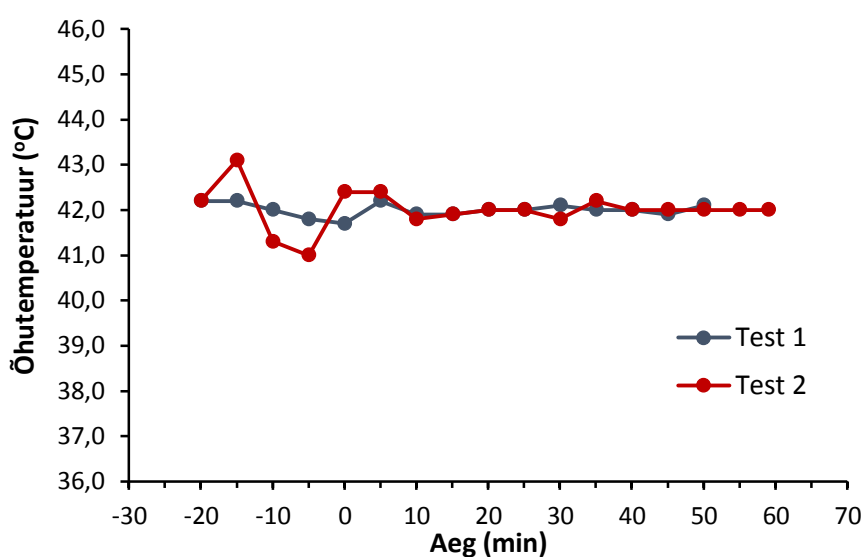


Joonis 8. Tajutud õhutemperatuur (TS) enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist.

4.8 Õhutemperatuur ja suhteline niiskus kliimalaboris

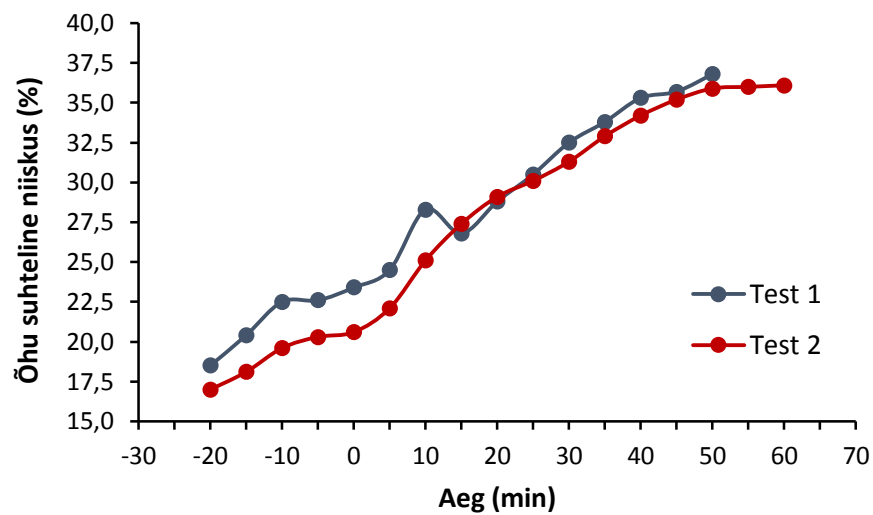
Kliimalabori parameetrid olid reguleeritud töövõime testi ja aklimatiseerumissessioonide ajaks selliselt, et õhutemperatuur ja õhu suhteline niiskus püsiks tasemetel vastavalt 42 °C ja 18%. Testi 1 ajal püsis kliimalabori temperatuur stabiilsena vahemikus 41,7 °C ja 42,2 °C (Joonis 9).

Pärast uuritava kliimalaborisse sisenemist enne Testi 2 tõusis õhutemperatuur seal algul 1,1 °C ja seejärel langes 1,8 °C võrra. Testi 2 ajal püsis õhutemperatuur kliimalaboris stabiilsena vahemikus 41,8 °C kuni 42,4 °C (Joonis 9). Kliimalabori keskmine temperatuur uuritava kambris viibimise aja jooksul oli Testi 1 korral $42,0 \pm 0,1$ °C ja Testi 2 puhul $42,0 \pm 0,4$ °C ($p = 0,961$).



Joonis 9. Õhutemperatuur kliimalaboris töövõime testimisel enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist.

Uuritava sisenemisel kliimalaborisse enne Testi 1 ja Testi 2 oli õhu suhteline niiskus seal vastavalt 18,5% ja 17%, kuid testi lõpuks oli see tõusnud tasemele vastavalt 36,8% ja 36,1%. Tegemist oli tehnilise probleemiga, mis väljendus kliimalabori automaatika võimetuses õhu suhtelist niiskust kontrollida. Testi 1 alguseks (ajapunkt 0) oli õhu suhteline niiskus kliimalaboris esimesel korral 23,4%, Testi 2 alguseks aga 20,6% ehk 2,8% võrra madalam. Testide 1 ja 2 vaheline erinevus õhu suhtelise niiskuse osas kahanes 15. minutiks minimaalseks (Joonis 10). Kliimalabori keskmine õhuniiskus uuritava kambris viibimise aja jooksul oli Testi 1 korral $28,0 \pm 5,9\%$ ja Testi 2 puhul $27,7 \pm 6,9\%$ ($p = 0,890$).



Joonis 10. Õhu suhteline niiskus kliimalaboris töövõime testimisel enne (Test 1) ja pärast (Test 2) 5-päevast aklimatiseerumist.

5. ARUTELU

Käesolevas üksikjuhtumi uuringus hinnati lühiajalise (5-päevase) aklimatiseerumise programmi mõju uuritava vereplasma mahule, südame löögisagedusele, rektaaltemperatuurile, nahatemperatuurile, higierituse intensiivsusele, vastupidavuslikule töövõimele ja mõnede muudele füsioloogilistele ja kognitiivsetele parameetritele. Sawka et al. (2011) järgi on kõrge temperatuuriga keskkonnaga aklimatiseerumise „klassikalisteks markeriteks“ südame löögisageduse ja keha süvatemperatuuri langus ning higierituse intensiivsuse tõus standardse submaksimaalse intensiivsusega kehalisel tööl ning vastupidavusliku töövõime paranemine kõrge keskkonnatemperatuuri mõjuväljas. Samas nii Sawka et al. (2011) kui ka Périard et al. (2016) osutavad plasma mahu suurenemisele kui tähtsale füsioloogilisele kohanemisreaktsioonile, millel südame löögisageduse ja keha süvatemperatuuri langus standardsel kehalisel tööl kõrge temperatuuriga keskkonnas osaliselt põhineb. Nimetatud viiest aklimatiseerumise markerist nelja osas (rektaaltemperatuur, higierituse intensiivsus, plasma maht ja vastupidavuslik töövõime) ilmnenud muutuste ulatus kinnitab, et meie uuritav aklimatiseerus kõrge temperatuuriga keskkonnaga võrdlemisi edukalt vaid viie aklimatiseerumissessiooni mõjul.

Lühiajalise aklimatisatsiooni perioodi jooksul meie uuritava vereplasma maht suurenes 19,9%. Garrett et al. (2012) uuringus osalenud mehed läbisid samuti 5-päevase aklimatiseerumise programmi kontrollitud hüpertermia ja sihipärase dehüdratsiooni tingimustes, kus ühe sessiooni pikkuseks oli 90 min ning kliimalabori õhutemperatuur 39,5 °C ning õhu suhteline niiskus 60%. Nende uuritavate vereplasma maht suurenes keskmiselt vaid 4,5%. Plasma mahu suurenemise ulatus meie uuritaval oli märkimisväärselt suurem ka võrreldes teiste autorite andmetega, kes rakendasid 10-päevaseid aklimatiseerumise programme ilma kontrollitud hüpertermia ja sihipärase dehüdratsioonita. Nii tuvastasid Burk et al. (2012), Lorenzo et al. (2010) ja Yamada et al. (2007) oma vaatlusalustel plasma mahu suurenemise keskmiselt vastavalt 11,1%, 6,5% ja 9,3% ulatuses.

Tyler et al. (2016) metaanalüüs näitas, et lühiajaline aklimatiseerumise programm on piisav, et kutsuda esile muutusi südame löögisageduses, kuid meie uuritaval avaldus see vähe. Alates 15. min kuni 45. min oli tema südame löögisagedus Testil 2 vaid keskmiselt 4 löögi võrra minutis madalama kui Testil 1. Märksa ulatuslikumat südame löögisageduse langust on registreeritud nii lühiajalise (Kelly et al., 2016; Neal et al., 2016), keskmise pikkusega (Burk et al., 2012; Lorenzo et al., 2010) kui ka pikaajalise (Mikkelsen et al., 2019; Patterson et al., 2004) aklimatiseerumise programmi läbimise tulemusena. Näiteks Lorenzo et al. (2010) uuringus selgus, et 10-päevase aklimatiseerumise programmi tulemusena, kus kliimalabori

õhutemperatuur oli 38 °C ja õhu suhteline niiskus 30%, langes uuritavate südame löögisagedus standardse intensiivsusega kehalisel tööl keskmiselt 15 lööki/minutis. Patterson et al. (2004) leidsid, et nende uuritavate rahuoleku südame löögisagedus oli aklimatiseerumise 8-päevaks langenud 5 lööki/minutis ning aklimatiseerumise 22-päevaks lisaks veel 5 lööki/minutis. Muutused südame löögisageduses tekivad kuumaga aklimatiseerumisel võrdlemisi kiiresti, olles tavaliselt täheldatavad juba aklimatiseerumise neljandal kuni viiendal päeval ning peaaegu täielik adaptatsioon südame löögisageduse osas avaldub ligikaudu seitsme päevaga (Périard et al., 2015).

Meie uuritava puhkeoleku rektaaltemperatuur langes aklimatiseerumise tulemusena keskmiselt 0,45 °C ja jäi keskmiselt 0,19 °C võrra madalamaks kogu töövõime Testi 2 jooksul võrreldes Testiga 1. Rektaaltemperatuuri olulist langust on täheldatud nii lühi- kui ka pikemaajalistes aklimatiseerumise programmide mõjul. Neal et al. (2016) uurimuse tulemustest selgus, et lühiajalise (5-päevase) aklimatiseerumise programmi tulemusena langes nende vaatlusaluste rektaaltemperatuur puhkeolekus keskmiselt 0,24 °C. Burk et al (2012) ja Lorenzo et al. (2010) poolt rakendatud 10-päevaste aklimatiseerumise programmide järgselt langes uuritavate rektaaltemperatuur rahuolekus keskmiselt vastavalt 0,2 °C ja 0,5 °C. Tyler et al. (2016) metaanalüüs näitas, et kõrge temperatuuriga keskkonnaga aklimatiseerumise tulemusena langeb rektaaltemperatuur keskmiselt 0,31 °C ning et ka lühiajalise aklimatiseerumise programmid on selles osas efektiivsed.

Meie uuritava naha keskmine temperatuur osutus töövõime Testil 2 võrreldes Testiga 1 samades ajapunktides valdavalt madalamaks, eriti testi lõpuosas. Burk et al. (2012) demonstreerisid samuti, et 10-päevase aklimatiseerumise mõju naha keskmisele temperatuurile kehalisel tööl kuumas keskkonnas hakkab selgesti avalduma töö kestuse pikenedes üle poole tunni. Seevastu Neal et al. (2016), kes analoogiliselt käesoleva uuringuga rakendasid 5-päevast aklimatiseerumise programmi (õhutemperatuur 39,5 °C, õhu suhteline niiskus 52,2%) kontrollitud hüpertermia ja sihipärase dehüdratsiooni tingimustes, aklimatiseerumise mõju naha keskmisele temperatuurile puhkeolekus ega ka vastupidavustööl kuumas keskkonnas ei täheldanud.

Meie uuritava higierituse intensiivsus töövõime Testil 2 võrreldes Testiga 1 suurenes 7,9% võrra. Ligikaudu sama ulatusega muutusi higierituse intensiivsuses on täheldatud nii lühi- kui ka pikemaajaliste aklimatiseerumise programmide läbimise tulemusena. Tyler et al. (2016) metanalüüsi andmetel on lühiajaliste aklimatiseerumise programmide positiivse mõju suurus higierituse intensiivsusele keskmiselt ligikaudu 5%, keskmise pikkusega ja pikaajaliste programmide mõju aga vastavalt 29% ja 33%. Schleh et al. (2018) uuringus, kus sihipärase

dehüdratsiooni (kuid mitte kontrollitud hüpertermia) rakendamisega aklimatiseerumise programmi pikkuseks oli ainult 3 päeva (õhutemperatuur 40 °C, õhu suhteline niiskus 30%), suurenes uuritavate higieritus vastupidavustööl keskmiselt 19,9 %.

Meie uuritava vastupidavuslikku töövõimet hinnati motoriseeritud jooksulindil, kus tema ülesanne oli kõndida ühtlases tempos (60% VO₂max) kurnatusseisundi saabumiseni. Tegelikult tuli test mõlemal korral lõpetada ühe uuritava ohutuse tagamiseks seatud kriteeriumi alusel, milleks oli 5 min möödumine rektaaltemperatuuri tõusust tasemele 39,5 °C. Sel viisil hinnatuna paranes uuritava töövõime aklimatiseerumise tulemusena 9 minuti ehk 18% võrra. Kaks uuringut (Garrett et al. 2009; Garrett et al. 2014), kus on samuti rakendatud 5-päevaseid aklimatiseerumise programme kontrollitud hüpertermia ja sihipärase dehüdratsiooniga, kuid kõrgema õhutemperatuuri (40 °C) ja õhu suhteline niiskuse (60%) tingimustes, on andnud vastupidavusliku töövõime paranemise osas sarnase tulemuse, vastavalt 14,2% ja 19%. Pikemaajaline (10 päeva, õhutemperatuur 42 °C, õhu suhteline niiskus 18%) aklimatiseerumise programm kontrollitud hüpertermiat ja sihipärast dehüdratsiooni rakendamata pikendas uuritavate kõnni kestust kuumas kurnatuseni siiski märksa enam, keskmiselt 85,9% (Burk et al., 2012).

Töövõime Testil 2 võrreldes Testiga 1 osutus laktaadi kontsentratsiooni tõus meie uuritava kapillaarveres 17,4% väiksemaks, glükoosi taseme tõus aga 7,6% suuremaks. Lorenzo et al. (2010) täheldas 10-päevase aklimatiseerumise sarnast mõju laktaadi reaktsiooni osas kehalisele koormusele. Need erinevused, eriti laktaadi reaktsiooni osas kehalisele koormusele kuumas keskkonnas, võivad peegeldada lihaste energiavarustuse sõltuvuse vähenemist süsivesikute anaeroobsest ainevahetusest (Périard et al., 2015).

Kortisooli tase uuritava seerumis oli Testi 2 puhul võrreldes Testiga 1 madalam nii enne kui ka pärast testi sooritamist. Garrett et al. (2009) uuringus pärast 5-päeva pikkust aklimatiseerumise programmi ei täheldatud statistiliselt oluliselt kortisooli taseme muutusi seerumis. Uuritava prolaktiini tase seerumis oli enne Testi 2 madalam kui Testi 1 puhul, pärast testi sooritamist aga kõrgem. Burk et al. (2012) uuringus täheldati, et pärast 10-päeva aklimatiseerumise programmi, oli teiseks töövõime hindamiseks prolaktiini tase seerumis madalam, kuid testi lõppedes ei olnud erinevus statistiliselt enam oluline.

Meie uuritav tajus Testi 2 ajal võrreldes Testiga 1 pingutust valdavalt kergemana. Alles Testi 2 lõpuks võrdsustus tema subjektiivne hinnang pingutuse raskusastmele Testil 1 antuga. See on heas kooskõlas Tyler et al. (2016) metanalüüsi järeldusega, et aklimatiseerumine vähenda subjektiivselt tajutavat pingutuse raskusastet kehalisel tööl kõrge temperatuuriga keskkonnas. Aklimatiseerumine mõjutab ka keskkonna temperatuuri taju. Meie uuritav tajus

töövõime Testil 2 võrreldes Testiga 1 alates 15. minutist õhutemperatuuri kliimalaboris madalamana. Stevens et al. (2017) täheldavad enda ülevaateartiklis, et aklimatiseerumisega tekib adaptatiivne kohanemine kõrge temperatuuri suhtes, kus inimesed ei taju keskkonda enam nii kuumana. Sawka et al. (2011) toovad enda artiklis samuti välja, et kuumaga aklimatiseerumise järgselt paraneb uuritavate taju keskkonna temperatuuri suhtes. Neal et al. (2016) uuringus toodi muutused temperatuuri tundlikkuse osas samuti välja, kuid statistiliselt olulised need ei olnud.

Käesolevas uurimistöös langes uuritava kehakaal 1 kg võrra 5-päevase aklimatiseerumise vältel. Muutust kehakaalus on aklimatiseerumise programmi läbimise järgselt küll täheldatud, kuid sageli puudub sellel statistiline olulisus. Garrett et al. (2012) uuringus osales 8 meest, kes läbisid 5-päevase aklimatiseerumise sessiooni kontrollitud hüpertermia ja sihiliku dehüdratsiooni tingimustes, kus kliimalabori õhutemperatuur ja õhu suhteline niiskus olid reguleeritud vastavalt 40 °C ja 60%. Aklimatiseerumise järgselt ei täheldatud uuritavatel statistiliselt olulist kehakaalu muutust. Küll aga oli kehakaalu muutus statistiliselt oluline vastupidavustööl kuumas keskkonnas, kus uuritavaid kaaluti enne ja pärast testimist (Garrett et al., 2012). Seevastu Burk et al. (2012) uuringus ei olnud muutus uuritavate keha massis statistiliselt oluline.

Mõlemat töövõime testi alustas käesoleva uurimistöe uuritav euhüdratsiooni seisundis. Schleh et al. (2018) lühiajalise aklimatiseerumise programmi raames olid uuritavad kõigil aklimatiseerumissessioonidel ja mõlemal vastupidavustööl, kus esimene toimus enne aklimatiseerumise programmi algust ja teine pärast programmi lõppu, euhüdratsiooni seisundis.

Õhutemperatuur ja õhu suhteline niiskus olid kliimalaboris reguleeritud tasemetele vastavalt 42 °C ja 18%. Uurimistöe tulemustest selgus, et kliimalabori keskmine temperatuur oli uuritava kambris viibimise aja jooksul Testi 1 korral $42,0 \pm 0,1$ °C ja Testi 2 puhul $42,0 \pm 0,4$ °C ($p = 0,961$). Kliimalabori õhu suhteline niiskus ei vastanud sellele parameetrile, mis oli eelnevalt planeeritud. Tehniliste probleemide tõttu oli kliimalabori keskmine õhuniiskus uuritava kambris viibimise aja jooksul Testi 1 korral $28,0 \pm 5,9\%$ ja Testi 2 puhul $27,7 \pm 6,9\%$ ($p = 0,890$).

Kokkuvõttes näitavad käesolevad uuringu tulemused, et lühiajaline (5-päevane) kõrge temperatuuriga tehiskeskkonnaga aklimatiseerumise programm, milles rakendatakse kontrollitud hüpertermiat ja sihipärast dehüdratsiooni, on efektiivne viis aklimatiseerumiseks. Aklimatiseerumise programm mõjutas uuritava vereplasma mahtu, rektaaltemperatuuri, nahatemperatuuri, higieritust, vastupidavuslikku töövõimet, vere biokeemilisi näitajaid ning

mõningal määral südame löögisagedust, subjektiivselt tajutavat pingutuse raskusastet ja keskkonna temperatuuri, kehamassi ja veestaatust. Käesoleva uurimistöö piiranguna võib kindlasti välja tuua suhteliselt kõrget õhuniiskust. See mõjutab olulisel määral uuritava töövõime tulemust, sest kõrge suhtelise niiskusega on higi aurustumine keha pinnalt raskendatud ning rektaaltemperatuur tõuseb kiiresti kriitilise piirini.

6. JÄRELDUSED

Lühiajaline (5-päevane) kõrge temperatuuriga tehiskeskkonnaga aklimatiseerumise programm, teostatuna kontrollitud hüpertermia ja sihipärase dehüdratsiooni tingimustes:

1. Suurendab vereplasma mahtu.
2. Langetab rektaal- ja nahatemperatuuri, tõstab higierituse intensiivsust ning parandab vastupidavuslikku sooritusvõimet standardse intensiivsusega tööl kõrge temperatuuriga keskkonnas, mõjutamata seejuures südame löögisagedust.
3. Kutsub esile muutusi vere laktaadi ja (vähesel määral) glükoosi reaktsioonis standardse intensiivsusega kehalisele tööle kõrge temperatuuriga keskkonnas, mis võivad peegeldada süsivesikute osatähtsuse vähenemist lihaste energiavarustuses.
4. Kutsub esile kortisooli ja prolaktiini kontsentratsiooni vähenemise veres, mis võib peegeldada kõrgest temperatuurist tingitud füsioloogilise stressi taseme langust.
5. Vähendab pingutuse subjektiivselt tajutavat raskusastet ja (vähesel määral) kõrge temperatuuri taju standardse intensiivsusega tööl kõrge temperatuuriga keskkonnas.
6. Langetab mõõdukas ulatuses kehamassi säilitades seejuures keha normaalse veestaatuse.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Allan JR, Wilson CG. Influence of acclimatization on sweat sodium concentration. *Journal of Applied Physiology* 1971; 30: 708-712.
2. Bazett HC, Sunderman J, Doupe J, Scott JC. Climatic effects on the volume and composition of blood in man. *American Journal of Physiology* 1940; 129: 69–83.
3. Benjamin CL, Sekiguchi Y, Fry LA, Casa DJ. Performance changes following heat acclimation and the factors that influence these changes: meta-analysis and meta-regression. *Frontiers in Physiology* 2019; 10: 1-17.
4. Borg GAV. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1982; 14: 377–381.
5. Buono MJ, Kolding M, Leslie E, Moreno D, Norwood S et al. Heat acclimation causes a linear decrease in sweat sodium ion concentration. *Journal of Thermal Biology* 2018; 71: 237-240.
6. Burk A, Timpmann S, Kreegipuu K, Tamm M, Unt E et al. Effects of heat acclimation on endurance capacity and prolactin response to exercise in the heat. *European Journal of Applied Physiology* 2012; 112: 4091-4101.
7. Chinevere TD, Kenefick RW, Cheuvront SN, Lukaski HC, Sawka MN. Effect of heat acclimation on sweat minerals. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2008; 40: 886-891.
8. Daanen HAM, Racinais S, Périard JD. Heat acclimation decay and re-induction: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine* 2018; 48: 409-430.
9. Dill DB and Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of Applied Physiology* 1974; 37: 247–248.
10. Eichna LW, Park CR, Nelson N, Horvath SM, Palmes ED. Thermal regulation during acclimatization in a hot, dry (desert type) environment. *American Physiological Society* 1950; 163: 585–597.
11. Freshworks, World Weather Online, <https://www.worldweatheronline.com/gao-weather-averages/gao/ml.aspx>, 08.05.2019.
12. Gaoua N, Grantham J, Racinais S, Massiou F El. Sensory displeasure reduces complex cognitive performance in the heat. *Journal of Environmental Psychology* 2012; 32: 158-163.

13. Garrett AT, Creasy R, Rehrer JR, Patterson MJ, Cotter JD. Effectiveness of short-term heat acclimation for highly trained athletes. *European Journal of Applied Physiology* 2012; 112: 1827-1837.
14. Garrett AT, Goosens NG, Rehrer NG, Patterson MJ, Cotter JD. Induction and decay of short-term heat acclimation. *European Journal of Applied Physiology* 2009; 107: 659-670.
15. Garrett AT, Goosens NG, Rehrer NJ, Patterson MJ, Harrison J et al. Short-term heat acclimation is effective and may be enhanced rather than impaired by dehydration. *American Journal of Human Biology* 2014; 26: 311-320.
16. Garrett AT, Rehrer NJ, Patterson MJ. Induction of heat acclimation in moderately and highly trained athletes. *Sports Medicine* 2011; 41: 757-771.
17. Goto M, Okazaki K, Kamijo Y, Ikegawa S, Masuki S, et al. Mechanisms and modulators of temperature regulation protein and carbohydrate supplementation during 5-day aerobic training enhanced plasma volume expansion and thermoregulatory adaptation in young men. *Journal of Applied Physiology* 2010; 109: 1247-1255.
18. Hodge D, Jones D, Martinez R, Buono MJ. Time course of the attenuation of sympathetic nervous activity during active heat acclimation. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* 2013; 177: 101-103.
19. Horvath SM, Shelley WB. Acclimatization to extreme heat and its effect on the ability to work in less severe environments. *American Physiological Society* 1946; 146: 336-343.
20. Kelly M, Gastin PB, Dwyer DB, Sostaric S, Snow RJ. Short duration heat acclimation in Australian football players. *Journal of Sports Science and Medicine* 2016; 15: 118-125.
21. Kenefick RW, Sollanek KJ, Charkoudian N, Sawka MN. Impact of skin temperature and hydration on plasma volume responses during exercise. *Journal of Applied Physiology* 2014; 117: 413-420.
22. Kuhlenhoelter AM, Kim K, Neff D, Nie Y, Blaize AN et al. Heat therapy promotes the expression of angiogenic regulators in human skeletal muscle. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 2016; 311: 377-391.
23. Lorenzo S, Halliwill JR, Sawka MN, Minson CT. Heat acclimation improves exercise performance. *Journal of Applied Physiology* 2010; 109: 1140-1147.

24. Mikkelsen CJ, Junge N, Piil JF, Morris NB, Oberholzer L et al. Prolonged heat acclimation and aerobic performance in endurance trained athletes. *Frontiers in Physiology* 2019; 10: 1-9.
25. Nadel ER, Pandolf KB, Roberts MF, Stolwijk JAJ. Mechanisms of thermal acclimation to exercise and heat. *Journal of Applied Physiology* 1974; 37: 515-520.
26. NATO Science and Technology Organisation. 2013. Management of heat and cold stress - guidance to NATO medical personnel. Technical Report RDP.
27. Neal RA, Corbett J, Massey HC, Tipton MJ. Effect of short-term heat acclimation with permissive dehydration on thermoregulation and temperate exercise performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 2016; 26: 875-884.
28. Nielsen B, Strange S, Christensen NJ, Warberg J, Saltin B. Acute and adaptive responses in humans to exercise in a warm, humid environment. *European Journal of Physiology* 1997; 434: 49-56.
29. Patterson MJ, Stocks JM, Taylor NAS. Humid heat acclimation does not elicit a preferential sweat redistribution toward the limbs. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 2004; 286: 512-518.
30. Patterson MJ, Stocks JM, Taylor NAS. Whole-body fluid distribution in humans during dehydration and recovery, before and after humid-heat acclimation induced using controlled hyperthermia. *Acta Physiologica* 2014; 210: 899-912.
31. Périard JD, Racinais S, Sawka MN. Adaptations and mechanisms of human heat acclimation: applications for competitive athletes and sports. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 2015; 25: 20-38.
32. Périard JD, Racinais S. Heat acclimation: thermophysiology of health and performance. In: Sawka MN, Daanen HAM, Périard JD (eds). *Heat stress in sport and exercise, Thermophysiology of health and performance*. Switzerland: Springer; 2019, 159-178.
33. Périard JD, Travers GJS, Racinais S, Sawka MN. Cardiovascular adaptations supporting human exercise-heat acclimation. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* 2016; 196: 52-62.
34. Popowski LA, Oppliger RA, Lambert GP, Johnson RF, Johnson AK. Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2001; 33: 747-753.

35. Rahimi GRM, Albanaqi AL, Van der Touw T, Smart NA. Physiological responses to heat acclimation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Sports Science and Medicine* 2019; 18: 316-326.
36. Ramanathan NL. A new weighting system for mean surface temperature of the human body. *Journal of Applied Physiology* 1964; 19: 531-533.
37. Sawka MN, Leon LR, Montain SJ, Sanna LA. Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Comprehensive Physiology* 2011; 1: 1883-1928.
38. Schleh MW, Ruby BC, Dumke CL. Short term heat acclimation reduces heat stress, but is not augmented by dehydration. *Journal of Thermal Biology* 2018; 78: 227-234.
39. Schweiker M, Fuchs X, Becker S, Shukuya M, Dovjak M et al. Challenging the assumptions for thermal sensation scales. *Building Research and Information* 2016; 45: 572–589.
40. Stevens CJ, Mauger AR, Hassmèn P, Taylor L. Endurance performance is influenced by perceptions of pain and temperature: theory, applications and safety considerations. *Sports Medicine* 2017; 48: 525–37.
41. Tamura Y, Matsunaga Y, Masuda H, Takahashi Y, Takahashi Y et al. Postexercise whole body heat stress additively enhances endurance training- induced mitochondrial adaptations in mouse skeletal muscle. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 2014; 307: 931–943.
42. The Commission for Thermal Physiology of the International Union of Physiological Sciences (IUPSThermal Commission). Glossary of terms for thermal physiology. *The Japanese Journal of Physiology* 2001; 51: 245-280.
43. Tyler CJ, Reeve T, Hodges GJ, Cheung SS. The effects of heat adaptation on physiology, perception and exercise performance in the heat: a meta-analysis. *Sports Medicine* 2016; 46: 1699-1724.
44. White AC, Salgado RM, Schneider S, Loeppky JA, Astorino TA, et al. Does heat acclimation improve exercise capacity at altitude? A cross-tolerance model. *International Journal of Sports Medicine* 2014; 35: 975-981.
45. Yamada PM, Amorim FT, Moseley P, Robergs R, Schneider SM. Effect of heat acclimation on heat shock protein 72 and interleukin-10 in humans. *Journal of Applied Physiology* 2007; 103: 1196-1204.

AUTORI LIHTLITSENTS

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Andžei Veidenbaum,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Lühiajaline aklimatiseerumine kõrge temperatuuriga tehiskeskkonnas: üksikjuhtumi uuring“, mille juhendaja on prof. Vahur Ööpik, 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 rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

21.05.2020