

60 TUNNIN VALVOMISJAKSON VAIKUTUS AEROBISEEN

SUORITUSKYKYYN

Jani Vaara

Johdatus omatoimiseen tutkimustyöhön

LFY.203

Kevät 2007

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaajat: Taija Juutinen

Heikki Kyröläinen

TIIVISTELMÄ

Jani Vaara, 2006. 60 tunnin valvomisen vaikutus aerobiseen suorituskykyyn. Liikuntafysiologia. Johdatus omatoimiseen tutkimustyöhön. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 60 tunnin valvomisen ja sen aikana toteuttavan esikuntatyypin harjoituksen vaikutuksia aerobiseen suorituskykyyn. Koehenkilöinä tutkimuksessa oli 10 Maanpuolustuskorkeakoulun kadettioppilasta (26 ± 3 v.). Valvomisjakson aikana koehenkilöt eivät nauttineet piristäviä aineita sekä heidän fyysinen aktiivisuutensa oli minimaalista. Koehenkilöt suorittivat maksimaalisen polkupyöräergometristin 2 vuorokautta ennen valvomisjakson alkamista sekä heti sen päätyttyä. Mitattavia muuttujia olivat syke, laktaatti, hengitysmuuttujat (absoluuttinen ja suhteellinen hapenotto, ventilaatio) sekä rasituksen kokeminen (RPE-kysely).

60 tunnin valvomisen johdosta submaksimaalisten kuormien sykkeet laskivat ($P < 0,01$ – $P < 0,001$.) Maksimisykkeisiin valvomisella ei ollut vaikutusta. Laktaatin määrä veressä väheni kahdeksannen kuorman kohdalla merkitsevästi ($P < 0,01$). Lisäksi laktaatin määrän väheneminen oli havaittavissa trendinä myös 4 ja 6 min kohdalla joskaan ei tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0,06$). Maksimilaktaatti-arvot vähenivät merkitsevästi ($P < 0,05$), (ennen $10,7 \pm 2,2$ vs. jälkeen $8,2 \pm 2,4$ mmol/L).

Maksimihapenoton suhteelliset ja absoluuttiset arvot olivat pienempiä toisesta kuormasta alkaen aina kahdeksanteen kuormaan saakka ($P < 0,05$ – $0,005$) valvomisen jälkeen. Ventilaation lasku oli havaittavissa seitsemällä ensimmäisellä kuormalla ($P < 0,05$). Maksimihapenottoarvoihin ja maksimiventilaatioon valvomisjaksolla ei ollut vaikutusta. Koko suorituksen keskiarvoistetusta hengityskaasuista hapenoton suhteelliset ja absoluuttiset arvot laskivat merkitsevästi ($P < 0,05$). Keskiarvoistetussa ventilaatiossa ei puolestaan havaittu muutosta. Suoritusajat kasvoivat valvomisjakson jälkeisessä testissä (ennen: 9:27 min vs. jälkeen 10:06 min) ($P < 0,053$). RPE-arvot pysyivät myös muuttumattomina jokaisella kuormalla (ennen: 14 vs. jälkeen 14).

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, ettei maksimaalinen suorituskyky heikkene 60 tunnin valvomisen johdosta. Sen sijaan submaksimaalisilla kuormilla sydämen ja hengityselimistön säätelyjärjestelmät häiriintyvät. Energia-aineenvaihdunnassa tapahtuu muutoksia submaksimaalisessa ja maksimisuorituksessa. Laktaatin laskun voidaan olettaa johtuvan heikentyneestä glukoositoleranssista ja insuliinisensitiivisyydestä. Pitkittyneen valvomisen johdosta elimistö on jatkuvasti stressitilassa, johon säätelykeskukset (mm. vasomotorinen keskus) reagoivat. Tämä voi johtua elimistön tarpeesta suojautua stressiä vastaan elintoimintoja rajoittamalla. Koska maksimiarvot hengitysmuuttujissa sekä sykkeessä valvomisjakson jälkeen säilyivät muuttumattomina, voidaan olettaa, että valvomisen seurauksena elimistön säätelyjärjestelmien inhibitio, voidaan maksimisuorituksessa tarvittaessa ohittaa.

Avainsanat: univaje, valvominen, aerobinen suorituskyky

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

| | |
|---|-------------------------------------|
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 UNETTOMUUS | 6 |
| 2.1 Nukkumiseen vaikuttavat tekijät..... | 6 |
| 2.2 Toiminnallinen unettomuus | Error! Bookmark not defined. |
| 2.3 Vuorotyöhön liittyvä unettomuus | 7 |
| 2.4 Urheiluun liittyvä valvominen ja unettomuus..... | 8 |
| 2.5 Unen puutteen häiriöt..... | 8 |
| 3 AEROBINEN SUORITUSKYKY | 10 |
| 3.1 Sydän ja verenkiertoelimistön toiminta | 10 |
| 3.2 Hengityselimistön toiminta..... | 11 |
| 3.3 Energiantuottomekanismit..... | 11 |
| 3.4 Valvomisen vaikutukset aerobiseen suorituskyyyn | 12 |
| 4 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT | 14 |
| 5 MENETELMÄT | 15 |
| 5.2 Koehenkilöt..... | 15 |
| 5.3 Koeasetelma..... | 16 |
| 5.4 Mittausten kulku ja suoritustekniikka..... | 16 |
| 5.5 Aineiston keräys..... | 17 |
| 5.6 Aineiston analysointi ja tilastollinen analyysi | 17 |
| 6 TULOKSET | 19 |
| 7 POHDINTA | 23 |
| 8 LÄHTEET..... | 28 |

ÖY YÄMER

LIITTEET **Error! Bookmark not defined.**

ENLUSTEIJAT

OHJELMOI

ZUUNASTETTU C

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1 JOHDANTO

Ihminen nukkuu noin kolmanneksen elämästään. Kuitenkin unen tarve on yksilöllinen ja joillekin riittää hyvin alle neljän tunnin yöuni. (Porkka-Heiskanen & Stenberg 1991. 21-25.) Suomessa yli 10 % aikuisista tulee toimeen jatkuvasti alle 6 tunnin vuorokautisella unella ja toisaalta yli 10 % tarvitsee unta yli 9,5 tuntia. (Partinen, 1991.) Valvomista esiintyy tyypillisesti vuorotyössä, aikavyöhykkeiden yli matkustettaessa, ylipitkissä urheilulajeissa sekä monissa valvontatehtävissä, kuten sotilastyössä (Mero ym. 2004; Nindl ym. 2002; VanHelder & Radomski 1989).

Nukkuminen on aivojen keino palautua. Tietoa unen merkityksestä aivotoinnille on saatu kokeellisten univajetutkimusten avulla. Ne osoittavat, että erityisesti ylemmät aivotoinnit kärsivät väsymyksestä. Otsalohko, joka vastaa toiminnan ohjauksesta ja luovuudesta, on erityisen herkkä univajeelle. (Härmä, 2001.) Unella onkin ihmisen suorituskykyä ja vireystilaa parantava vaikutus (Mattila 1991, 178). Unen puutteen seuraukset voidaan jakaa: aivoja ja psyykkisiä toimintoja koskevaan tietoon ja muita elintoimintoja ja fyysistä toimintakykyä koskevaan tietoon (Hyypä & Kronholm 1998, 38-46).

Sotilaallisissa taistelutehtävissä valvomisen on todettu lisäävän väärin taktisten ratkaisujen riskiä ja uhkaavan sitä kautta sotilaiden henkeä. Sotilastyössä ongelmana onkin eettinen ja poliittinen ulottuvuus: sotilaat toimivat ryhmä- ja joukkuetasoilta alkaen yhä vaativammassa ympäristöissä, joissa nopeilla eettisillä päätöksillä voi olla syvällisiä poliittisia vaikutuksia. Valvomisen, psyykinen ja fyysinen väsymys, voimakas stressi sekä akuutti terveyden tai hengen menettämisen riski tekevät nopeat päätökset äärimmäisen ongelmallisiksi.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää 60 tunnin valvomisen ja sen aikana toteuttavan esikuntatyypin harjoituksen vaikutuksia aerobiseen suorituskykyyn. Useissa sotilailta tehdyissä unettomuustutkimuksissa valvomisjakso on yhdistetty raskaaseen fyysiseen suoritukseen, mutta tässä tutkimuksessa fyysinen rasitus on minimaalista käsittäen satunnaisia partiointitehtäviä. Pääosan harjoituksesta muodostavat sotilasoperaation suunnittelemiseen ja johtoon liittyvät esikuntatehtävät.

2 UNETTOMUUS

2.1 Nukkumiseen vaikuttavat tekijät

Nukkumiseen ja unettomuuteen vaikuttavat tekijät voidaan halutessa jakaa sisäisiin ja ulkoisiin tekijöihin. Ulkoisia tekijöitä ovat psykososiaalisesta taustasta ja erilaisista elämäntilanteista määräytyvät sosiaaliset roolit, elämäntapaan ja elintapoihin sekä ulkoisiin nukkumisolosuhteisiin liittyvät tekijät. Sisäisiin tekijöihin kuuluvat biologiseen ja psyykkiseen taustaan liittyvät tekijät. Nukkumiskäyttäytymiseen vaikuttaa ihmisen biologinen, sosiaalinen ja psykofyysinen elementti. Psykkinen puoli perustuu yksilön kokemukseen ja emootioihin. Ihminen on koko ajan alttiina sosiaalisille vaikutteille (elämäntapa, elinympäristö, työ ym.). Toiminnallisessa ulottuvuudessa biologinen, emotionaalinen ja sosiaalinen ruumis toimii tavoitteellisesti ympäristöönsä suuntautuen, kuitenkin myös niin, että ihminen voi muokata omaa ruumistaan. Viidentenä olemuksena on historiallisuus, jolloin biologisten ominaisuuksien lisäksi kulttuuri ja tietyn yhteisön toiminta kuuluvat siihen. (Urponen 1991, 148.)

Unihygienia vaikuttaa nukkumiseen. Kaikki ulkoiset seikat, jotka voivat vaikuttaa nukahtamiseen, nukkumiseen tai heräämiseen kuuluvat unihygieniaan. Huonot nukahtamisolosuhteet ja muut ulkoiset tekijät selittävät merkittävän osan unihäiriöistä ja unettomuudesta. Näitä ovat mm. valoisuus, lämpötila, yöllinen virtsaamistarve, sängyn miellyttävyys ym. (Partinen 1991, 42-43.)

Unettomuus voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: 1. vaikeus saada unen päästä kiinni 2. huonoa ja/tai katkonainen uni 3. liian varhainen herääminen yöllä. Unettomuus voidaan edelleen luokitella sen keston mukaan: 1. tilapäiseen (< 2 viikkoa) 2. lyhytaikaiseen (< 3 kuukautta) ja krooniseen unettomuuteen (> 3 kuukautta). (Partinen 1991, 38)

2.2 Toiminnallinen unettomuus

Unettomuus on usein yhteydessä erilaisiin elämänmuutoksiin. Tällaisia voivat olla mm. lasten syntymä, muutto, työpaikan vaihdos ja siirtyminen opiskelusta työelämään. Myös työpaineet, ihmissuhdeongelmat, suru ja huolet laukaisevat unettomuuden. Elämänmuutoksista johtuva unettomuus menee ohi aikanaan, ellei sitä ylläpitäviä tekijöitä ole. (Partinen 1991, 39) Mikä tahansa voimakas tunne voi aiheuttaa unettomuuden etenkin herkkäunisille. Herkkäunisuus saattaa puolestaan periytyä, joka näkyy autonomisen hermoston ärsytysherkkyytenä. Valtaosa toiminnallisesta unettomuudesta on luonnollista ihmisyksilön reagointia psykososiaalisen tasapainon muutoksiin. Eli ihmisen psykosomaattisen ekologian häiriöt näkyvät toiminnallisena unettomuutena. Toki myös fyysisen ympäristön häiriöt johtavat unettomuuteen, esim. liikenteen melu. (Hyyppä & Kronholm 1998, 110-112.)

2.3 Vuorotyöhön liittyvä unettomuus

Vuorotyöhön liittyy monesti valvomista ja unettomuutta. Vuorotyöläisistä jopa 80 %:lla on todettu unihäiriöitä. Kyky sopeutua vuorotyöhön on yksilöllinen. Nuoret henkilöt sopeutuvat huomattavasti paremmin kuin yli 40-vuotiaat. (Partinen 1991, 55-56) . Vuorotyön aiheuttamat uni-valvetilan häiriöt johtuvat pääasiassa siitä, että sirkadiaaniset rytmit eivät sopeudu muuttuviin työvuoroihin. Ihmisen useimmat elintoiminnot seuraavat noin vuorokauden mittaista eli sirkadiaanista (circa dien, 24 ± 4 tuntia) rytmiä. Vuorokauden ajan mukaan vaihtelevat mm. perusaineenvaihdunta, hormonien erityis sekä psyykinen ja fyysinen suorituskyky. Vuorotyön merkittävin haitta on uni-valverytmin häiriöt. Suurin osa kolmivuorotyötä tekevästä kärsivät ajoittain unettomuudesta. Unen häiriöt näkyvät unettomuutena, unen laadun heikkenemisenä sekä poikkeavana uneliaisuutena hereillä ollessa. Kolmivuorotyöläisten ensimmäinen yövuoro aiheuttaa yleensä kahdeksan tunnin univelan, koska normaalin nukkumisen sijasta aloitetaan työpäivä. (Härmä 1991, 168-196.)

2.4 Urheiluun liittyvä valvominen ja unettomuus

Vuoristoharjoittelua käytetään valmistautuessa korkean paikan, mutta nykyään myös meren pinnan tasolla pidettäviin kilpailuihin. Lisäksi kestävyyslajien urheilijat leireilevät korkeassa ilmanalassa harjoituskaudellakin. (Rusko & Tikkanen 2004, 488)

Unettomuutta voi esiintyä erityisesti korkeassa ilmanalassa. Noin 25 % ihmisistä voi kärsiä siitä jo 2000 metrin korkeudessa. Useimmat saavat joitakin oireita 4000 metrin korkeudessa. Oireet alkavat 72 tunnin sisällä ja siihen voi kuulua muita vuoristotaudin oireita, kuten päänsärkyä, väsymystä ja ruokahaluttomuutta. Ongelma johtuu matalasta ilman happipitoisuudesta, jolloin unenaikainen hengityksen rytmi voi muuttua jaksottaiseksi. (Partinen 1991, 43-44)

Monen lajin huippu-urheilijat joutuvat matkustamaan kauaksi kansainvälisiin kilpailuihin ja harjoitusleireille. Matkustettaessa nopeasti maapallon aikavyöhykkeiden yli elimistö joutuu aikaerorasituksen (jet lag) vaikutukseen. Yksi tyypillinen aikaerorasitukseen liittyvä oire on unettomuus. Lähes kaikki elimistön toiminnat noudattavat jonkinlaista rytmiä. Sirkadiaanista rytmiä (n. 25 tuntia) noudattavat uni-valvetilat ja uni-valverytmit. Vaikka ihminen voi vaikuttaa unen ajoittumiseen, nukahtamistaipumus ja unen pituus sekä rakenne määräytyvät ihmisen vuorokausirytmien perusteella. (Tikkanen 2004, 477-481)

2.5 Unen puutteen häiriöt

Unenriistokokeissa koehenkilöitä pidetään valveilla jopa useita vuorokausia ja seurataan heidän elintoimintojensa muutoksia. Mitattavat muuttujat ovat yleensä olleet sydämen sähköinen toiminta (EKG), aivojen sähköinen toiminta (EEG) hengitysmuuttujat, kehonlämpö, ruokahalu, fyysinen ja psyykinen suorituskyky sekä persoonallisuustestit.

Muutoksia on havaittu ruokahalun lisääntymisessä ja kehon lämpötilan amplitudin pienenemisenä. Häiriöt aivokuoren toiminnassa ilmenevät ärtyneisyytenä, uneliaisuutena, keskittymiskyvyn ja motivaation puutteessa sekä reaktioaikojen pitenemisessä. Mikäli koehenkilön kiinnostus tehtävää kohtaan saadaan lisääntymään,

hän suoriutuu siitä myös valvomisen aikana. Hyvin motivoituidut koehenkilöt pystyvät ylläpitämään testeillä mitatun suorituskykynsä lähes normaaleina toiseen valvomisyöhön asti. Tämän jälkeen aivojen toiminta häiriintyy niin, että kovakaan motivaatio ei riitä ylläpitämään suorituskykyä. (Porkka-Heiskanen & Stenberg 1991. 22)

Valvominen heikentää loogista päättelykykyä ja lisää työvirheitä sekä taipumusta ottaa taloudellisia riskejä. Oppiminen ja muisti edellyttävät myös riittävää nukkumista, koska unen tehtävät liittyvät asioiden siirtämiseen työmuistista pitkäkestoiseen muistiin. Unta tarvitaan myös ihmisen psyykkisen tasapainon ylläpitämiseen, ja uni luo edellytyksiä valveilla syntyneiden ongelmien ratkaisuun. Riittämättömästi nukkunut on ärtyisä ja tunteiltaan ailahteleva. (Härmä 2001.) Riittämätön nukkuminen heikentää henkistä vireyttä, vähentää tarkkaavaisuutta ja huonontaa työtuloksia. Etenkin luovassa henkisessä työssä sekä vaarallisissa tilanteissa, kuten liikenteessä hyvä vireystila on erittäin tärkeä. (Partinen 1991.) Tutkimukset kertovat myös, että univaje vähentää työmotivaatiota, lisää työvirheitä ja altistaa liikenneonnettomuuksille. Suomalaisten ja ulkomaisten tutkimusten mukaan 10-20 % kaikista työelämässä mukana olevista kärsii merkittävästä, noin kahden tunnin päivittäisestä univajeesta. (Härmä 2001.)

Univaje vaikuttaa myös fyysiseen terveyteen. Jo osittainen, parin tunnin päivittäinen univaje sekä yötyö vaikuttavat aineenvaihduntaan, immuunijärjestelmään, elimistön sisäelinten toimintaan ja lisännevät riskiä sairastua kroonisiin sairauksiin kuten sepelvaltimotautiin, aikuisiän sokeritautiin ja verenpaineautiin. (Härmä 2001.) On mahdollista, että proteiiniaineenvaihdunta voimistuu unenpuutteesta lisääntyneen energiatarpeen turvaamiseksi. Jos täydellinen unenpuute pitkittyy lihakset ja muut kudokset alkavat käyttää vapaita rasvahappoja energianlähteenään. Valvottaessa fyysisen rasituksen ja univajeen yhteisvaikutuksena saattaa ilmetä lieviä lämmönsäätelyjärjestelmän toimintahäiriöitä. Verenpaineen lepoarvoissa ei ole havaittu muutoksia ja sykkeen lepoarvoissa vain hienoista muutosta. Myöskään hengityksessä ei ole havaittu muutoksia. Lihasliikkeiden nopeus hidastuu ja motivaation heikkeneminen vaikeuttaa rasittavien fyysisten tehtävien suoritusta. Unenpuute muuttaa monien hormonien eritystä, joista tärkeimmät ovat : tyrotropiini, kortisoli, kasvuhormoni ja prolaktiini. (Hyypä & Kronholm 1998, 43-46)

3 AEROBINEN SUORITUSKYKY

Maksimaaliseen aerobiseen tehoon vaikuttavat perinnöllisyys, ikä, sukupuoli, harjoittelutausta ja kehon koostumus. Kestävyys suorituskykyyn vaikuttavat myös paikallisesti solutasolla kapillaaritiheys, entsyymien toiminta, mitokondrioiden koko ja määrä sekä lihassolutyyppi. (McArdle 1996, 202-207.)

3.1 Sydän ja verenkiertoelimistön toiminta

Verenkiertoelimistö on sydämen, veren ja verisuoniston muodostama kokonaisuus, joka huolehtii veren kierrättämisestä sydämen, kudosten ja keuhkojen välillä. Sen tehtävänä on huolehtia kudosten ravinnonsaannista, kuona-aineiden poiskuljettamisesta ja elimistön suojaamisesta. Sydän on verenkiertoelimistön toiminnallinen keskipiste ja verenkierron ylläpitäjä. Mekaanisesti sydämen toimintaa voidaan tarkastella minuuttitulavuuden, sykintätaajuuden ja iskutilavuuden perusteella. Minuuttitulavuudella tarkoitetaan pumpatun veren määrää sekä sykintätiheyttä yhden minuutin aikana. Iskutilavuus on puolestaan yhden supistuksen seurauksena aorttaan siirtynyt verimäärä. (Keskinen 2004, 80-85.)

Sydämen minuuttitulavuus kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen lisääntymisen kanssa. Sydämen minuuttitulavuus on ratkaisevan tärkeässä osassa elimistön aerobisten kestävyysominaisuuksien kehittämisessä. Työskentelevän lihassmassan osuus on suoraan verrannollinen minuuttitulavuuteen. Urheilulajit, joissa ala- ja yläraajat ovat käytössä saavat aikaan suuremman verenvirtauksen kuin muissa lajeissa. Kuormituksen aikana sydämen syke kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen lisääntymisen kanssa siten, että kuitenkin maksimia lähestyttäessä sykkeen nousu hidastuu suhteessa kuorman nousuun. Submaksimaalisessa pitempiaikaisessa työssä sydämen syke tasaantuu kuormituksen edellyttämälle tasolle. (Keskinen 2004, 85-87.)

Laktaattia muodostuu koko ajan sekä levossa että kohtuullisessa kuormituksessa energiantuoton sivutuotteena. Aerobisissa olosuhteissa laktaatin muodostuminen ja sen poisto ovat tasapainossa. Biokemiallisesti lihassupistukseen tarvittava ATP

muodostetaan pääasiassa vedystä hapettamalla. Muodostunut maitohappo on nopeasti hapetettu sydämen ja ympäröivien lihassolujen avulla niiden korkean oksidatiivisen kapasiteetin johdosta. Täten veren laktaattitaso säilyy jokseenkin vakaana huolimatta kasvaneesta hapenkulutuksesta. Laktaattituotanto kiihtyy suorituksen muuttuessa intensiivisemmäksi. Tällöin lihassolut eivät pysty hapettamaan laktaattia sen muodostumisnopeudella eikä näin ollen energiavaatimuksia pystytä tuottamaan aerobisesti. Veren laktaatti akkumuloituu ja nousee eksponentiaalisesti n. 55%:n tasosta aerobisen suorituskyvyn kapasiteetista terveillä ei-harjoitelleilla henkilöillä. (McArdle 1996, 89-115; 121-136.)

3.2 Hengityselimistön toiminta

Liikuntasuorituksessa suuri määrä happea siirtyy keuhkorakkuloista laskimovereen, joka palaa takaisin keuhkoihin samalla kun huomattava määrä hiilidioksidia siirtyy verestä alveoleihin. Kuormituksen aikana keuhkotuuletus kasvaa samassa tahdissa kuormituksen lisääntymisen kanssa ja suorassa suhteessa elimistön energian tarpeeseen. (Keskinen 2004, 74-76.) Kevyen suorituksen aikana ventilaatio kasvaa lineaarisesti hapenoton ja hiilidioksidin muodostumisen kanssa. Ventilaatio kasvaa pääasiassa hengitystilavuutta kasvattamalla, kun puolestaan hengitysfrekvenssi on tärkeämmässä roolissa korkeammilla kuormitustasoilla. Aerobisen suorituskyvyn tärkein yksittäinen muuttuja on maksimihapenotto (VO_{2max}). Se ilmaisee henkilön kapasiteettia uudelleenmuodostaa ATP:a. Maksimihapenottokyvyn ylläpitäminen vaatii korkeata ventilaatiota, sekä kardiovaskulaarisen ja neuromuskulaarisen systeemien integrointia. (McArdle 1996, 249-260; 304-305.)

3.3 Energiantuottomekanismit

Aerobisen energiantuottoon vaikuttavat mm. lihassolusuhde, elimistön hapenkuljetuskyky, suorituksen teho ja kesto sekä harjoittelutausta. Aerobinen energiantuotto nousee merkittäväksi tekijäksi suorituksen kestäessä useamman minuutin ajan. Aerobinen energiantuotto koostuu pääasiassa sitruunahappokierrosta ja β -oksidaatiosta. Hiilihydraatteja käytetään energianlähteenä, kun glykolyysin

lopputuote palorypälehdappo muutetaan acetyl-Coa:ksi sitruunahappokierrossa, jossa kymmenen kemiallisen reaktiosarjan tuloksena se edelleen pilkkoutuu hiilidioksidiksi ja vedyksi. Muodostuneet vetyatomit hapetetaan oksidatiivisessa fosforylaatioissa, jolloin muodostuu ATP:tä ja vettä. Lähes kaikissa urheilulajeissa hiilihydraatit ovat pääasiällisin energianlähde. (Nummela 2004, 99-103.)

β -oksideation kautta energianlähteenä voidaan käyttää elimistön rasvavarastoja. Rasvakudosten ja lihaksien triglyseridit hajoavat lipaasientsyymien katalysoimassa reaktiossa glyseroliksi ja rasvahapoiksi. Glyseroli pilkkotaan glykolyysissa ja rasvahapot β -oksideatioissa. Yhdestä triglyseridistä saadaan noin 12 kertaa enemmän ATP:a kuin yhdestä glukoosimolekyylistä, mutta energiantuottonopeus on 2-3 kertaa hitaampaa kuin hiilihydraattien energiantuotossa. Rasvojen merkitys on suuri pitkissä suorituksissa, joissa energiavarastojen riittävyys on merkittävämpi tekijä kuin suorituksen teho. Kun suorituksen intensiteetti on noin 30% VO_{2max} :sta energiaa tuotetaan melkein pelkästään rasvoista. Erittäin pitkäkestoisissa suorituksissa lihasten glykokeenin loputtua proteiinien osuus kokonaisenergiantuotosta voi nousta 12-15%. Eritoten haaraketjuisia aminohappoja voidaan typen poiston (transaminaatio/deaminaatio) jälkeen hyödyntää sitruunahappokierrossa. (Nummela 2004, 99-107.)

3.4 Valvomisen vaikutukset aerobiseen suorituskykyyn

Tutkimuksia valvomisen vaikutuksista suorituskykyyn on tehty pääasiassa kolmea eri tapaa käyttäen. Osassa tutkimuksissa on käytetty osittaista unettomuusjaksoa, jolloin nukkumisaika on rajoitettu muutama tuntiin yössä. Tutkimuksia on tehty myös valvomisjaksoilla, joihin on liitetty mukaan jaksottainen fyysinen suoritus. Kolmas tapa on tutkia yhtäjaksoisen passiivisen valvomisjakson vaikutuksia suorituskykyyn. Tutkimuksissa on saatu osittain ristiriitaisia tuloksia, jotka johtuvat osaltaan tutkimusten eroista valvomisajassa sekä mahdollisesti mittausmenetelmistä. Seuraavassa tarkastellaan yhtäjaksoisen valvomisjakson vaikutuksia suorituskykyyn tutkimuksissa, joissa koehenkilöt ovat olleet fyysisesti inaktiivisia:

Bondin ym. (1986) tutkimuksessa 42 tunnin valvomisjakson vaikutuksia tutkittiin maksimaalisella polkupyörä ergometritestillä koe- ja kontrolliryhmällä. Submaksimaalisilla kuormilla (25%, 50% ja 75% VO₂max:sta) ainoa tilastollisesti merkitsevä muutos oli sykkeen aleneminen ($P < 0.05$). Maksimisyke oli myös merkitsevästi ($P < 0.05$) alentunut kuten ventilaatio (VE), hapenkulutus (VO₂) ja hiilidioksidin tuotto (VCO₂). RPE (rating of perceived exertion) arvot kasvoivat merkitsevästi ($P < 0.05$) 50% ja 75% kuormilla.

Symons ym. (1988) tutkimuksessa 60 tunnin valvominen ei vaikuttanut merkitsevästi laktaatin tuottoon polkupyöräergometrillä 70 % kuormalla VO₂:sta. Myöskään tilastollisesti merkitseviä muutoksia kardiorespiratorisissa muuttujissa ja RPE-arvoissa kuormilla 70 ja 80% maksimihapenotosta ei havaittu.

Goodman ym. (1989) tutkivat 60 tunnin valvominen vaikutusta 12 nuorella naisella polkupyörä ergometritestissä. Maksimi arvoihin hapenotossa, ventilaatiossa, hengitysosamäärässä, maksimisykkeessä ja veren maksimi laktaattiarvossa ei valvomisjaksolla ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta. Suoritusajkaan valvomisella ei ollut vaikutusta.

Chenin (1991) tutkimuksessa mitattiin 30 tunnin valvomisen vaikutusta hengitysmuuttujiin ja sykkeeseen polkupyöräergometritestillä. Ventilaatio ja hiilidioksidin tuotto kasvoivat ($P < 0,05$), sen sijaan maksimihapenotto, maksimisyke ja suoritus aika laskivat univajeen vaikutuksesta ($P < 0,05$).

Martin ja Gaddis tutkivat (1981) 30 tunnin univajeen vaikutusta suoritukseen kuormilla 25%, 50% ja 75% maksimihapenotosta. Merkitseviä muutoksia ei tapahtunut hapen kulutuksessa, hiilidioksidin tuotossa, minuuttiventilaatiossa eikä sykkeessä. Tosin univajeen vaikutuksesta maksimisyke laski tilastollisesti merkitsevästi.

4 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESEIT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 60 tunnin unettomuusjakson vaikutuksia aerobiseen suorituskykyyn maksimaalisessa polkupyöräergometritestissä. Tutkimuksen yksittäiset ongelmat ja hypoteesit olivat seuraavat:

Ongelma 1: vaikuttaako valvominen suorituksen aikaiseen sykkeeseen?

Hypoteesi 1: valvominen laskee sykettä

Hypoteesi 0: valvominen ei laske sykettä

Ongelma 2: vaikuttaako valvominen laktaatin muodostukseen?

Hypoteesi 2: valvominen vähentää laktaatin muodostusta

Hypoteesi 0: valvominen ei vähennä laktaatin muodostusta

Ongelma 3: vaikuttaako valvominen hapenkulutukseen?

Hypoteesi 3: valvominen laskee hapenkulutusta

Hypoteesi 0: valvominen ei laske hapenkulutusta

Ongelma 4: vaikuttaako valvominen rasitukseen kokemiseen?

Hypoteesi 4: valvominen kasvattaa koettua rasitukseen

Hypoteesi 0: valvominen ei kasvata koettua rasitukseen

Ongelma 5: vaikuttaako valvominen suoritusajan pituuteen

Hypoteesi 1: valvominen vähentää suoritusaikaa

Hypoteesi 0: valvominen ei vähennä suoritusaikaa

5 MENETELMÄT

5.1 Valvomisjakso

Valvomisjakso sijoittui 89 kadettikurssin taktiikan ja johtamisen harjoitukseen, yhtymän ja joukkoyksikön taisteluun (YJT) 9.-27.1.2006. Harjoituksen johtajana toimi majuri Riku Mattila. Opintojakson tavoitteena oli, että opiskelija tuntee eri puolustushaarojen yhtymien/joukkoyksiköiden (Pr 2005, lennosto, lippue) toimintaperiaatteet valmiuden kohottamisesta taisteluvaiheeseen. Harjoituksen ensimmäinen viikko oli koulutusviikko. Harjoituksen sovellettu vaihe, johon myös valvomisjakso sijoittui, alkoi 15.1 ja päättyi 19.1. Sovellettu vaihe käsitti suunnittelua ja tilanteen kehittymisen seuranta. Kadetit toimivat harjoituksessa joukkoyksiköiden ja yhtymän esikunnissa erilaisissa tehtävissä. Käytännössä toiminta oli taistelusuunnitelmien laadintaa, maastontiedusteluita, yhteydenottoja muihin viranomaisiin ja puolustushaarojen välistä yhteistoimintaa. Esikuntakokoonpanot vaihtelivat noin 10 henkilöstä 20 henkilöön. Majoittuminen tapahtui Santahaminassa normaaleissa majoitustiloissa ja ruokailuissa tukeuduttiin paikalliseen muonituskeskukseen. Koehenkilöille oli järjestetty lounas ja päivällinen, joiden lisäksi he söivät omia välipalojaan. Lounasta ja päivällistä lukuun ottamatta ruokailut kirjattiin ylös päiväkirjaan (Liite 1). Harjoitus ei ollut fyysisesti kovin kuormittava, mutta vaati keskittymistä ja stressin sietokykyä.

5.2 Koehenkilöt

Koehenkilöinä toimi Maanpuolustuskorkeakoulun kadettioppilaita (n=10). Heidät rekrytoitiin vapaaehtoisuuden perusteella. Koehenkilöille selvitettiin tutkimuksen tarkoitus ja toimenpiteet ennen mittausten alkua, ja he allekirjoittavat suostumuslomakkeen. Tutkittavien taustoja kartoitettiin terveystieteellömlomakkeella. Lisäksi koehenkilöt pitivät päiväkirjaa, johon kuvailivat tehtäviään ja ruokailujaan (Liite 1). Valvomisajan koehenkilöt eivät saaneet nauttia piristäviä aineita sekä heidän fyysinen aktiivisuutensa oli minimaalista. Valvomisjakson aikana koehenkilöitä valvoi yöaikaan ulkopuolinen tarkkailija varmistuen sen, että koehenkilöt pysyivät hereillä. Tämän lisäksi koehenkilöt seurasivat toisiaan valvomisjakson aikana. Koehenkilöt

olivat nuoria (26 ± 3 v.) terveitä ja unirytmiltään normaaleja henkilöitä. Paino mitattiin ennen polkupyöraergometritestejä.

5.3 Koeasetelma

Tämä tutkimus oli osa suurempaa Jyväskylän yliopiston ja Maanpuolustuskorkeakoulun yhteistyössä tekemää tutkimusta. Valvomisjakson aikana koehenkilöiltä mitattiin biomekaanisia ja fysiologisia sekä psykologisia muuttujia (Liite 2). Valvomisjakson aikana fyysinen rasitus oli minimaalista käsittäen satunnaisia partiointitehtäviä. Pääosan harjoituksesta muodostivat sotilasoperaation suunnittelemiseen ja johtoon liittyvät esikuntatehtävät. Tutkimussuunnitelmasta saatiin lausunto Jyväskylän yliopiston eettiseltä toimikunnalta ja pääesikunnasta.

5.4 Mittausten kulku ja suoritustekniikka

Polkupyöraergometritesti. Koehenkilöt suorittivat maksimaalisen polkupyöraergometri testin 3 vuorokautta ennen valvomisjakson alkamista sekä heti sen päätyttyä. Testit suoritettiin alku- ja loppumittauksissa klo 18-23 välisenä aikana siten, että yhden koehenkilön ero alku- ja lopputestin välillä oli kellonajassa korkeintaan 30 min. Tällä suljettiin pois vuorokausirytmien vaikutus suoritukseen.

Koehenkilöiden pituus mitattiin ennen alkumittausta (178 ± 8 cm). Paino mitattiin ennen kumpaakin testiä (ennen $83,0 \pm 11,0$ kg; jälkeen $83,5 \pm 10,8$ kg). Polkupyörän satulan korkeus mitattiin alkumittauksessa jokaiselta koehenkilöltä ja samaa korkeutta käytettiin lopputestissä. Koehenkilöille annettiin ohjeet polkea luonnollisella polkurytmillä, kuitenkin rajoittuen 60 - 90 kierros/min väliselle alueelle. Progressiivinen testiprotokolla sisälsi minuutin kuormia. Aloituskuormana käytettiin 100 wattia ja jokaisen minuutin jälkeen vastusta lisättiin 25 wattia kunnes uupumus saavutettiin. Uupumus todettiin saavutetuksi, kun koehenkilön poljinkierrokset tippuivat pysyvästi alle 60 kierroksen/min. Uupumuksen jälkeen seurasi kolmen minuutin aktiivinen palautumisvaihe, jonka koehenkilöt suorittivat haluamallaan poljinkierroksilla. Tämän jälkeen mitattiin laktaattiarvot sormenpäistä otetuista verinäytteistä.

Testissä mitattavia muuttujia olivat syke, laktaattipitoisuus, hengitysmuuttujat (absoluuttinen ja suhteellinen hapenotto, ventilaatio) sekä rasituksen kokemisen arviointi (Liite 3). Sykettä ja hengitysmuuttujia mitattiin jatkuvasti koko suorituksen ajan. Laktaattia mitattiin kahden minuutin välein. RPE-kysely suoritettiin Borgin kyselylomakkeella (Borg 1982) kahden minuutin välein.

5.5 Aineiston keräys

Sykkeen mittaus suoritettiin sykemittareilla (Polar Vantage NV, Polar, Kempele). Hapenkulutusta mitattiin kannettavalla hengityskaasuanalysaattorilla (K4b2 Cosmed, Italia). Hengityskaasuanalysaattori kalibroitiin lähtötason testissä kolmannen koehenkilön jälkeen ja uudestaan viidennen koehenkilön jälkeen. Lopputestissä analysaattori kalibroitiin kolmannen ja kuudennen koehenkilön jälkeen. Laktaatti-arvot mitattiin pika-analysaattorilla (Lactate pro, Arkray inc. Japani) kahden minuutin välein, kuorman viimeisen 15 sekunnin aikana. RPE-arvot mitattiin jokaisen kuorman viimeisen 15 sekunnin aikana Borgin taulukkoa (Liite 2) käyttäen toisesta kuormasta (125 W) lähtien. Polkupyöraergometrinä käytettiin (Ergoline, Ergometrics 800 S).

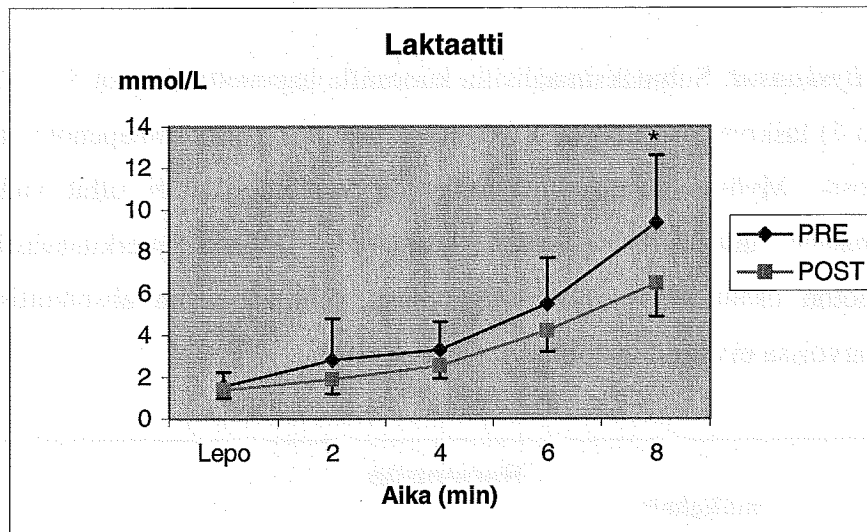
5.6 Aineiston analysointi ja tilastollinen analyysi

Laktaatti- ja RPE-arvot täytettiin lomakkeisiin ja hapenkulutus tallennettiin Cosmedin K4b2 -ohjelmaan (versio 7.5a, 1995). Sykkeet taltioitiin Maanpuolustuskorkeakoulun Milfit 4 (kenttäkelpoisuuden ja fyysisen työkyvyn testaus- ja seuranta)-ohjelmaan (4.0, 2005). Aineistot siirrettiin Exel-tiedostoon, jossa käytettävät tilastolliset menetelmät olivat keskiarvo, keskihajonta ja parillinen T-testi. Muuttujia verrattiin toisiinsa joka kuorman (1 min) keskiarvona hapenoton muuttujien ja sykkeen osalta. Jokaisen koehenkilön kohdalla analyysiin hyväksyttiin tulokset kuormalta, jolla oli sekä alku- ja lopputestin tulokset. Tämä selittää eri koehenkilöiden määrän eri kuormilla (Kaaviot 1 ja 3-6). Laktaattiarvoja ja RPE-arvioita verrattiin joka mittauskohdalta (2 min välein).

Tilastollisen merkitsevyyden kuvaamiseksi on käytetty tähtisymbolia seuraavasti: * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$ ja *** = $P < 0,001$. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin 0,05.

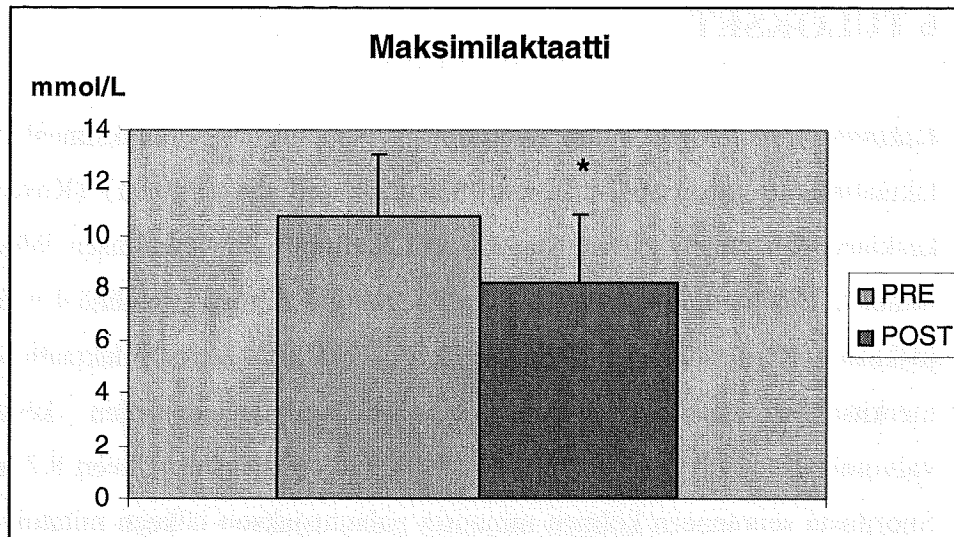
6 TULOKSET

Laktaattipitoisuus. 60 tunnin valvomisen seurauksen submaksimaalisilla kuormilla laktaatintuotto laski merkitsevästi 8 min kuormalla ($P < 0,01$) (Kuva 1). Tulosten keskiarvo oli ennen valvomista $9,4 \pm 3,2$ mmol/L ja valvomisen jälkeen $6,5 \pm 1,6$ mmol/L. Laktaattipitoisuuden lasku oli havaittavissa myös trendinä 4 ja 6 min kohdalla joskaan ei tilastollisesti merkitsevästi ($P = 0,06$). Maksimilaktaattipitoisuus laski merkitsevästi ($P < 0,05$) (Kuva 2). Maksimilaktaattiarvojen keskiarvo ennen valvomisjaksoa oli $10,7 \pm 2,2$ mmol/L ja valvomisjakson jälkeen $8,2 \pm 2,4$ mmol/L. Suoritusta seuranneen kolmen minuutin palautusjakson jälkeen mitatuissa laktaateissa ei havaittu muutosta.



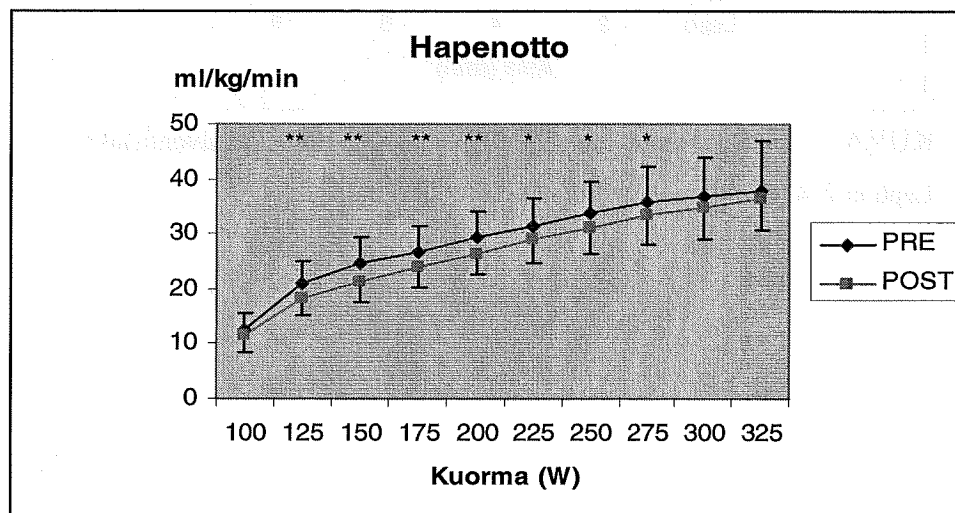
KUVA 1. Laktaatin tuotto ennen (PRE) ja jälkeen (POST) valvomisjakson.

Lepo ja 2, 4, 6 min $n = 10$; 8 min $n = 9$. * $P < 0,05$



KUVA 2. Maksimilaktaatin tuotto ennen (PRE) ja jälkeen (POST) valvomisjakson. $n = 9$. * $P < 0,05$.

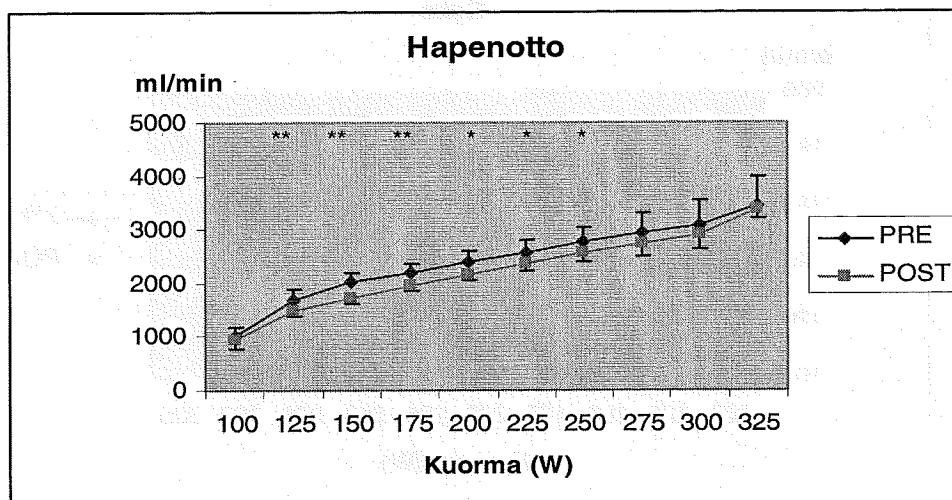
Hengityskaasut. Submaksimaalisilla kuormilla hapenotto (Kuvat 3 ja 4) ja ventilaatio (Kuva 5) laskivat merkitsevästi ($P < 0,01 - P < 0,05$). Maksimihapenotossa ei tapahtunut muutosta. Myöskään maksimiventilaation valvomisella ei ollut vaikutusta. Koko suorituksen aikaisen hapenoton keskiarvot laskivat merkitsevästi suhteellisen hapenoton osalta ($P < 0,05$). Sen sijaan ventilaation ja absoluuttisen hapenoton keskiarvoissa ei ollut tilastollista merkitsevyyttä.



KUVA 3. Suhteellinen hapenotto ennen (PRE) ja jälkeen (POST) valvomisjakson.

100-250 W $n = 10$, 275 W $n = 9$, 300 W $n = 8$, 325 W $n = 4$.

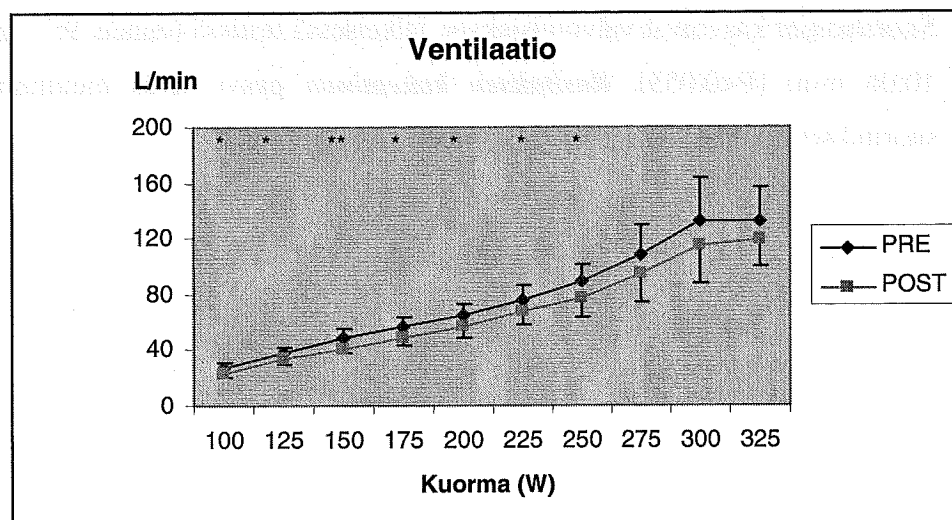
* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$



KUVA 4. Absoluuttinen hapenotto ennen (PRE) ja jälkeen (POST) valvomisjakson.

100-250 W $n = 10$, 275 W $n = 9$, 300 W $n = 8$, 325 W $n = 4$.

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

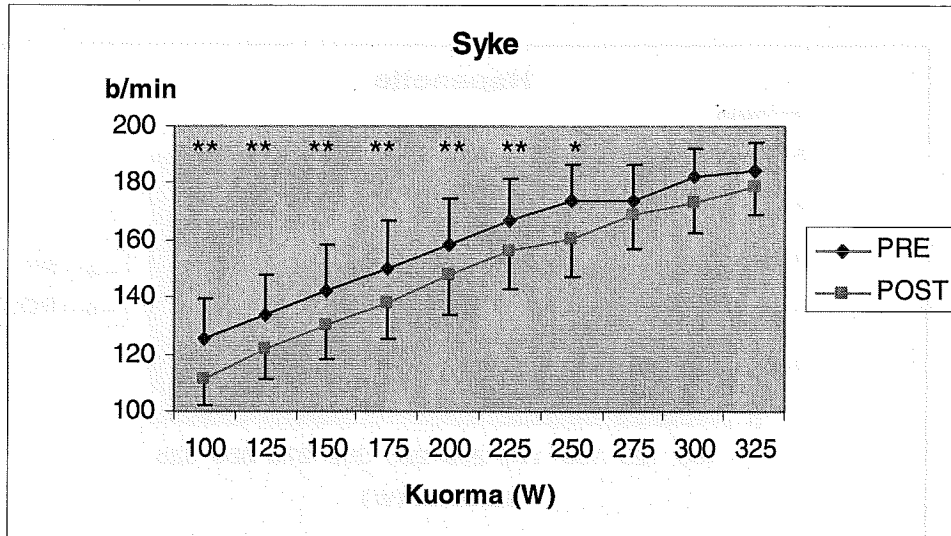


KUVA 5. Ventilaatio ennen (PRE) ja jälkeen (POST) valvomisjakson.

100-250 W $n = 10$, 275 W $n = 9$, 300 W $n = 8$, 325 W $n = 4$.

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Syke. Valvomisen jälkeen syke laski merkitsevästi seitsemällä ensimmäisellä kuormalla ($P < 0,01 - P < 0,05$) (Kuva 6). Suorituksen keskiarvosykkeet laskivat myös merkitsevästi (PRE 160 vs. POST 149 b/min) ($P < 0,003$). Maksimisykkeisiin valvomisella ei ollut vaikutusta.



KUVA 6. Syke ennen (PRE) ja jälkeen (POST) valvomisjakson.

100-250 W n = 7, 275 n = 9, 300 W n = 7, 325 W n = 6

* P < 0,05; ** P < 0,01

Suoritusajat kasvoivat valvomisjakson jälkeisessä testissä (ennen 9:27 min vs. jälkeen 10:06 min) (P<0,053). **Rasituksen kokeminen** pysyi myös muuttumattomina läpi suorituksen (ennen 14 ± 1 vs. jälkeen ka 14 ± 1).

7 POHDINTA

Tässä tutkimuksessa 60 tunnin valvomisen johdosta sykkeet laskivat seitsemän ensimmäisen minuutin aikana submaksimaalisilla kuormilla. Myös maksimisyke laski merkitsevästi. Laktaatin määrä veressä laski kahdeksannen minuutin kohdalla sekä maksimilaktaatti arvot laskivat. Hengityskaasuista maksimihapenoton suhteelliset ja absoluuttiset arvot laskivat kahden minuutin jälkeen aina kahdeksannelle minuutille saakka. Ventilaation lasku oli havaittavissa seitsemällä ensimmäisellä minuutilla. Maksimihapenottoarvoihin ja maksimiventilaatioon valvomisjaksolla ei ollut vaikutusta. Suorituksen keskiarvoistetuista hengityskaasuista hapenoton suhteelliset ja absoluuttiset arvot laskivat merkitsevästi. Puolestaan keskiarvoistetussa ventilaatioissa ei havaittu muutosta. Laktaattiarvoista kahdeksannen minuutin kohdalla otettu laktaatti oli merkitsevästi alhaisempi valvomisen jälkeen. Myös maksimilaktaattiarvo laski merkitsevästi. Suoritusajat pitenivät, mutta eivät merkitsevästi. RPE-arvot säilyivät muuttumattomina.

Laktaattipitoisuus. Laktaattiarvot vähenivät valvomisjakson jälkeen submaksimaalisilla kuormilla. Tilastollisesti merkitsevä muutos havaittiin kuitenkin vain 8 min aikaisessa laktaattipitoisuudessa. Myös maksimilaktaatti laski merkitsevästi. Kolme minuuttia suorituksen jälkeen otetut laktaattiarvot sen sijaan pysyivät muuttumattomina. Myös Goodman ym. (1989) raportoivat 60 tunnin valvomistutkimuksessaan 5 minuuttia suorituksen jälkeen otetun laktaattiarvojen pysyvän muuttumattomina. Martin & Chen (1984) havaitsivat, ettei 50 tunnin valvomisen jälkeen tehdyssä ylämäkikävelytestissä submaksimaalisissa laktaattiarvoissa tapahtunut muutosta. Symonsin ym. (1988) tutkimuksessa 60 tunnin valvomisella ei ollut vaikutusta laktaattiarvoihin 70 % kuormalla maksimihapenotosta tehdyllä työllä. Submaksimaalisilla kuormilla (4-8 min) oli nähtävissä trendinä laktaatin lasku ja myös maksimilaktaattipitoisuudet laskivat valvomisen jälkeen.

Laktaatin lasku oletettavasti johtuu heikentyneestä glukoositoleranssista ja insuliini sensitiivisyydestä. Vondra ym. (1981) havaitsi 120 tunnin valvomistutkimuksessaan heikentyneen aerobisen energiantuoton entsyymiaktiivisuuksien laskun. Vanhelder (1988) havaitsi 60 tunnin valvomistutkimuksessaan glukoositoleranssin ja insuliini sensitiivisyyden heikkenemisen. Myös Gonzalez-Ortiz ym. (2000) havaitsivat

samanlaisia tuloksia 24 tunnin valvomistutkimuksessaan. Viime vuosina glukoositoleranssin ja insuliinisensitiivisyyden heikkenemistä on tutkittu osittaisilla univajetutkimuksilla (Spiegel ym. 1999; Spiegel ym. 2004). Tutkimukset ovat vahvistaneet aikaisempia tuloksia myös osittaisella univajeella tutkittuna. Koska valvomisen johdosta glukoositoleranssi ja insuliinisensitiivisyys heikkenevät, on valvomisen yhteydessä kasvaneeseen riskiin sairastaa diabetesta ja lihavuutta. (Hasler ym. 2004; Taheri ym. 2004).

Hengityskaasut. Suhteellinen ja absoluuttinen hapenotto sekä ventilaatio laskivat erittäin merkittävästi submaksimaalisilla kuormilla. Samankaltaisia tuloksia saivat Bond ym. (1986) 42 tunnin valvomistutkimuksessaan. Toisaalta valtaosassa valvomistutkimuksista hengitysmuuttujat ovat säilyneet muuttumattomina. (Martin 1981; Martin & Gaddis 1981; Horne & Pettit 1984; McMurray & Brown 1984; Scott & McNaughton 2004) Maksimihengityskaasuarterit pysyivät muuttumattomina tässä tutkimuksessa. Aikaisemmissa tutkimuksissa on saatu ristiriitaisia tuloksia maksimi hengitysmuuttujien suhteen niiden joko kasvaessa (Chen 1991), pysyessä samoina (Goodman 1989) tai laskiessa (Bond; Plyley ym. 1987) Hengityskaasujen keskiarvoparametreissa hapenoton suhteelliset ja absoluuttiset arvot laskivat merkittävästi. Sen sijaan ventilaation keskiarvossa ei ollut tilastollista merkittävyyttä.

Syke. Sykkeet laskivat seitsemällä ensimmäisellä submaksimaalisella kuormalla. Bondin ym. (1986) 42 tunnin valvomistutkimuksessa havaittiin myös sykkeen lasku 25, 50 ja 75 % kuormilla maksimihapenotosta. Scott & McNaughton (2004) totesivat 30 tunnin valvomisen alentavan sekä leposykettä että sykkeitä submaksimaalisilla kuormilla. Suurimmassa osassa valvomistutkimuksista sykkeen on raportoitu säilyneen muuttumattomana suorituksessa. (Martin 1981; Martin & Gaddis 1981; Horne & Pettit 1984; McMurray & Brown 1984, Symons ym. 1988; Chen 1991)

Tässä tutkimuksessa maksimisykkeessä ei havaittu muutoksia. Tulokset ovat yhteydessä Plyleyn ym. (1987) 64 tunnin valvomisjakson tuloksiin. Toisaalta maksimisykkeen on raportoitu myös laskevan (Martin & Gaddis 1984; Bond 1986; Chen 1991). Tämän tutkimuksen maksimisykkeiden tuloksissa on kuitenkin huomioitavaa suuri vaihtelu yksilöiden välillä. Erot valvomisen vaikutukseen maksimisykkeeseen olivat huomattavia. Kymmenestä koehenkilöstä kahdella

maksimisyke nousi ja kahdeksalla laski. Maksimisykkeiden laskuissakin oli merkittäviä eroja koehenkilöiden välillä niiden laskiessa yhdestä lyönnistä aina 14 lyöntiin asti.

Laktaattiarvojen hienoinen lasku submaksimaalisilla kuormilla voi liittyä sekä hengitysmuuttujien että sykkeen laskuun. Ristiriidassa tähän ovat kuitenkin maksimi-arvot, jotka eivät hengitysmuuttujien ja sykkeiden osalta näyttäneet muutosta. Sen sijaan maksimilaktaattiarvot laskivat merkitsevästi. Tämä nostaa esille kysymyksen aiheuttaako valvominen maksimisuorituksessa sydämen ja maksan kasvaneen laktaatin käytön energiana vai johtuuko alentuneet arvot solutasolla tapahtuvien energia-aineenvaihdunnan muutoksista.

Submaksimaalisten kuormien hengitysmuuttujien sekä sykkeen laskun mahdollinen tekijä voi olla aivojen korkeimpien säätelykeskusten (hypotalamus, ydinjatke) häiriintynyt toiminta valvomisen seurauksena. Pitkittyneen valvomisen johdosta elimistö on jatkuvasti stressitilassa, johon säätelykeskukset (pääasiassa vasomotorinen keskus) reagoivat säätelyn muutoksilla. Koska maksimi-arvot hengitysmuuttujissa sekä sykkeessä valvomisjakson jälkeen säilyivät muuttumattomina, edellä esitetyn teorian mukaan säätely on heikentynyt vain submaksimaalisilla työtehoilla, mutta ei maksimisuorituksissa. Näyttääkin siltä, että tarvittaessa elimistö voi maksimimaalisessa suorituksessa ohittaa säätelyn inhibition. Voidaan olettaa, että kun elimistö joutuu uhkaavaan, hengenvaaralliseen tilanteeseen (vrt. maksimaalinen suoritus) valvomisesta johtuvan säätelyjärjestelmien inhibitio voidaan tällöin ohittaa.

Submaksimaalisten kuormien muuttujien lasku voi johtua myös parantuneesta taloudellisuudesta. Parantunut taloudellisuus puolestaan voi olla seurausta oppimisvaikutuksesta siten, että koehenkilöt ovat jälkimmäisessä testissä pystyneet helpommalla ja vähemmän energiaa vaativalla polkemisella tekemään saman työn kuin alkutestissä. Kuitenkin polkupyörällä ajaminen ei ole suorituksena vaikea, joten oppimisvaikutus, mikäli sitä on ollut, on vähäistä. Koska hengitysmuuttujien ja sykkeen lasku olivat tilastollisesti merkitseviä submaksimaalisilla kuormilla, on kuitenkin erittäin todennäköistä, että vaikka taloudellisuus ja oppimisvaikutus olisivat yhtenä syynä laskeneisiin arvoihin, ne eivät yksinään, selitä muuttujien laskua. Koska valvominen heikentää aivojen kognitiivisia toimintoja ja myös keskittymiskykyä, voidaan ajatella keskittymiskyvyn kaventuneen. Toisin sanoen, valvomisen psyykkisen

kuormituksen takia ei ole pystytty keskittymään kuin ainoastaan polkemiseen ja kaikki muu (ulkoiset ja sisäiset häiriötekijät) on jäänyt keskittymiskyvyn ulkopuolelle (Weinberg & Gould 2003, 351-364). Tämän takia submaksimaalisilla kuormilla ei ole tehty kuin vain ja ainoastaan tarvittava määrä työtä kutakin kuormaa kohden. Tämän johdosta on pystytty suoriutumaan hiukan taloudellisemmin.

Suoritusajat. Suoritusajat pitenevät selkeästi, mutta eivät kuitenkaan merkittävästi. Tulokset ovat ristiriidassa aikaisempien tutkimusten kanssa, joissa suoritusajat ovat yleisesti laskeneet (Martin 1981; Martin & Gaddis 1981; Horne & Pettit 1984; McMurray & Brown 1984; Scott & McNaughton, Chen 1991). Tässä tutkimuksessa suoritusajojen pitenemiseen voi olla syynä hengitysmuuttujien ja sykkeen lasku submaksimaalisilla kuormilla. Tämä on voinut jättää suoritusreservin maksimisuurituskykyyn nähden. Keskittymiskyvyn kaventuminen on voinut myös vaikuttaa taloudellisuuteen submaksimaalisilla kuormilla ja siten myös näkyä suoritusajan kasvuna.

RPE-arvot. RPE-arvioissa ei havaittu muutoksia valvomisen seurauksena. Symonsin ym. (1988) tutkimuksessa 60 tunnin valvomisella ei myöskään ollut vaikutusta RPE-arvoihin. Tavallisempaa on, että RPE-arvot kasvavat valvomisen myötä (Bond 1986; Plyley 1987, Myles; Martin 1981). RPE-arvioiden pysyminen muuttumattomina valvomisjakson jälkeen voi johtua polkupyöraergometrissä käytetystä testiprotokollasta. Testisuoritukset ja testissä käytetyt kuormat olivat kestoiltaan lyhyitä, joten rasituksen kokeminen on tällöin voinut olla vähäisempää kuin pitempiäaikaisessa rasituksessa.

Tutkimuksen rajoitukset ja tutkimustulosten sovellutus.

Tutkimuksen tulosten yleistettävyyttä rajoittaa koehenkilöiden pieni määrä (n=10). Toisaalta aikaisemmissa tutkimuksissakaan (ks. yllämainitut) koehenkilöiden määrä ei ole ollut juuri suurempi (n=6-15). Tulosten analysoinnissa käytettiin absoluuttista asteikkoa laktaatin, hengitysmuuttujien ja sykkeen osalta. Koska kuitenkin koehenkilöiden suoritusajat olivat eripituisia, on tämä aiheuttanut sen, että viimeisten kuormien osalta on koehenkilöiden kesken suhteellinen osuus suorituksesta eri. Lisäksi tämä näkyy siinä, että osassa muuttujista viimeisillä kuormilla on vähemmän koehenkilöitä kuin kymmenen, riippuen suorituksen kestosta. Tämä on voinut vaikuttaa

tilastollisiin merkitsevyiksi jonkun verran. Suoritusajakaan suhteutetuilla tuloksilla olisi jokaisen koehenkilön vertailtavan kohdan osuus suoritusajasta ollut sama.

Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, ettei maksimaalinen suorituskyky heikkene 60 tunnin valvomisen johdosta. Sen sijaan submaksimaalisilla kuormilla sydämen ja hengityselimistön säätelyjärjestelmät häiriintyvät. Energia-aineenvaihdunta häiriintyy myös sekä submaksimaalisessa että maksimaalisessa suorituksessa. Laktaatin laskun voidaan olettaa johtuvan heikentyneestä glukoositoleranssista ja insuliinisensitiivisyydestä. Hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminnan laskemisessa mahdollisena selittävänä tekijänä voi olla aivojen korkeimpien säätelykeskusten (hypotalamus, ydinjatke) häiriintynyt toiminta valvomisen seurauksena. Pitkittyneen valvomisen johdosta elimistö on jatkuvasti stressitilassa, johon säätelykeskukset (mm. vasomotorinen keskus) reagoivat säätelyn muutoksilla. Tämä voi johtua elimistön tarpeesta suojautua stressiä vastaan elintoimintoja rajoittamalla. Koska maksimiarvot hengitysmuuttujissa sekä sykkeessä valvomisjakson jälkeen kuitenkin säilyivät muuttumattomina, voidaan olettaa, että pitkittyneen valvomisen seurauksena elimistön säätelyjärjestelmien inhibitio, voidaan maksimisuorituksessa tarvittaessa ohittaa. Tarkkoja säätelyn häiriintymisen mekanismeja ei tämän tutkimuksen perusteella kuitenkaan voida todeta ja tämä vaatiikin lisää tutkimusta. Aikaisempien tutkimusten osittain ristiriitaiset tulokset viittaavatkin mahdollisesti suuriin yksilökohtaisiin eroihin valvomisen vaikutuksessa aerobiseen suorituskykyyn.

8 LÄHTEET

- Bond, V., Balkissoon, B., Franks, B.D., Brwnlow, R., Caprarola, M., Bartley, D., Banks, M. 1986. Effects of sleep deprivation on performance during submaximal and maximal exercise. *Journal of sports medicine and physical fitness* 26(2), June, 169-174
- Borg GA. 1982. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377-81.
- Chen, H.I. 1991, Effects of 30-h sleep loss on cardiorespiratory functions at rest and in exercise. *Medicine and science in sports and exercise* 23(2), Feb, 193-198
- Gonzalez-Ortiz M, Martinez-Abundis E, Balcazar-Munoz BR, Pascoe-Gonzalez S. 2000. Effect of sleep deprivation on insulin sensitivity and cortisol concentration in healthy subjects. *Diabetes Nutr Metab.* Apr;13(2):80-3.
- Goodman, J., Radomski, M., Hart, L., Plyley, M., Shephard, R.J. 1989. Maximal aerobic exercise following prolonged sleep deprivation. *International journal of sports medicine* 10(6), Dec, 419-423
- Hasler G, Buysse DJ, Klaghofer R, Gamma A, Ajdacic V, Eich D, Rossler W, Angst J. 2004. The association between short sleep duration and obesity in young adults: a 13-year prospective study. *Sleep.* Jun 15;27(4):661-6.
- Horne JA & Pettitt AN. 1984. Sleep deprivation and the physiological response to exercise under steady-state conditions in untrained subjects. *Sleep.*;7(2):168-79.
- Hyyppä, MT & Kronholm E. 1998. Uni ja vireys. Kansaneläkelaitos. Gummerus Kirjapaino Oy, Turku.
- Härmä, M. 1991. Vuorotyöhön liittyvät unihäiriöt. Kirjassa Unettomuus ja sen hoito. Recallmed Oy. Kouvolan painotalo Oy.

- Härmä, M. 2001. Työajan hallinta auttaa jaksamaan. Työterveyslaitoksen verkkolehti: työterveiset(3). luettu 14.9.2006.
<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Tiedonvalitys/Verkkolehdet/Tyoterveiset/2001-03/02.htm>
- Keskinen, KL. 2004. Hengitys- ja verenkiertoelimistö ja kuormitus. Kirjassa Urheiluvalmennus. Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen, K. Mero Oy, Jyväskylä. 97; 74-76; 80-87.
- Mattila M.AK. 1991. Päiväunet. Kirjassa Unettomuus ja sen hoito. Recallmed Oy. Kouvolan painotalo Oy.
- Martin B.J. & Gaddis, G.M., 1981. Exercise after sleep deprivation. *Medicine and science in sports and exercise* 13: 220-223
- Martin BJ. & Chen HI. 1984. Sleep loss and the sympathoadrenal response to exercise. *Med Sci Sports Exerc.*;16(1):56-9.
- McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. 1996. Exercise physiology, energy, nutrition, and human performance, Williams & Wilkins, Baltimore, USA.
- McMurray RG, Brown CF. 1984. The effect of sleep loss on high intensity exercise and recovery. *Aviat Space Environ Med.* Nov;55(11):1031-5.
- Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Mero Oy, Jyväskylä.
- Nindl BC, Leone CD, Tharion W, Johnson RF, Castellani J, Patton JF, Montain SJ. 2002. Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Med Sci Sports Exerc* 34: 1814–1822

Nummela, A. 2004. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Kirjassa Urheiluvalmennus. Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen, K. Mero Oy, Jyväskylä. 97; 99-107.

Partinen, M. 1991. Unettomuus ja sen hoito. Recallmed Oy. Kouvolan painotalo Oy.

Plyley MJ, Shephard RJ, Davis GM, Goode RC. 1987. Sleep deprivation and cardiorespiratory function. Influence of intermittent submaximal exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. ;56(3):338-44.

Porkka-Heiskanen T & Stenberg D. 1991. Unen fysiologia. Kirjassa Unettomuus ja sen hoito. Recallmed Oy. Kouvolan painotalo Oy.

Rusko, H & Tikkanen, H. 2004. Vuoristoharjoittelu ja alppimajaharjoittelu. Kirjassa Urheiluvalmennus. Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen, K. Mero Oy, Jyväskylä.

Scott JP & McNaughton LR. 2004. Sleep deprivation, energy expenditure and cardiorespiratory function. Int J Sports Med. Aug;25(6):421-6.

Spiegel K, Leproult R, Van Cauter E. 1999. Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. Lancet. Oct 23;354(9188):1435-9.

Spiegel K, Tasali E, Penev P, Van Cauter E. 2004. Brief communication: Sleep curtailment in healthy young men is associated with decreased leptin levels, elevated ghrelin levels, and increased hunger and appetite. Ann Intern Med. Dec 7;141(11):846-50.

Symons, J.D., Vanhelder, T., Myles, W.S. 1988. Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation. Medicine and science in sports and exercise 20(4), Aug, 374-380

Taheri S, Lin L, Austin D, Young T, Mignot E. 2004. Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index. PLoS Med. Dec;1(3):e62.

Tikkanen, H. 2004. Matkustaminen harjoittelu- ja kilpailupaikoille. Kirjassa Urheiluvalmennus. Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen, K. Mero Oy, Jyväskylä. 477-481.

Urponen, H. 1991. Nukkumiseen vaikuttavat ulkoiset tekijät. Kirjassa Unettomuus ja sen hoito. Recallmed Oy. Kouvolan painotalo Oy.

Vanhelder, T & Randomski, M.W. 1989. Sleep deprivation and the effect on exercise performance. Sports Medicine Apr;7(4):235-47

Vondra K, Brodan V, Bass A, Kuhn E, Teisinger J, Andel M, Veselkova A. 1981. Effects of sleep deprivation on the activity of selected metabolic enzymes in skeletal muscle. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1981;47(1):41-6.

Weinberg RS & Gould D. 2003. Foundations of sport and exercise psychology. Champaign, IL : Human Kinetics , kolmas painos.

LIITE 1. Ruokapäiväkirja/Aktiveettipäiväkirja

| | AKTIVITEETTI | OMA RUOKAILU (ruokalajike, määrä) | TUPAKOINTI (kpl) |
|--------------|--------------|-----------------------------------|------------------|
| KLO 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |

LIITE 2. Tutkimuksen kulku ja mittausaikataulu

| AIKA | 12.1.2006 | AIKA | 15.1.2006 | AIKA | 16.1.2006 | AIKA | 17.1.2006 |
|-------|-----------|-------------|-------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|---|
| 0:00 | | 0:00 | | 0:00 | | 0:00 | |
| 1:00 | | 1:00 | | 1:00 | | 1:00 | |
| 2:00 | | 2:00 | | 2:00 | | 2:00 | |
| 3:00 | | 3:00 | | 3:00 | | 3:00 | |
| 4:00 | | 4:00 | | 4:00 | Vigilanssi | 4:00 | Vigilanssi |
| 5:00 | | 5:00 | | 5:00 | kirjain-ääne-testi | 5:00 | kirjain-ääne-testi |
| 6:00 | | 6:00 | VALVOMINEN ALKAA | 6:00 | | 6:00 | |
| 7:00 | | 7:00 | AAMUPALA | 7:00 | AAMUPALA | 7:00 | AAMUPALA |
| | | 8:00-10:00 | psykologiset testit | 08:00-09:30 | psykologiset testit | 08:00-09:30 | psykologiset testit |
| 8:00 | | 8:00-10:00 | verenpaine/lämpötila | 08:00-09:30 | verenpaine/lämpötila | 08:00-09:30 | verenpaine/lämpötila |
| 9:00 | | | syväänhengitystesti | | syväänhengitystesti | | syväänhengitystesti |
| 10:00 | | | ortostaattinen testi | | ortostaattinen testi | | ortostaattinen testi 4*10' |
| 11:00 | | 8:00-10:00 | voima + refleksi | 08:00-09:30 | tasapaino | 08:00-09:30 | tasapaino |
| 12:00 | | | tasapaino | | käsikoordinaatio | | käsikoordinaatio |
| 13:00 | | | käsikoordinaatio | | reaktioaika | | reaktioaika |
| 14:00 | | | reaktioaika | | | | |
| | | 11:00 | LOUNAS | 11:00 | LOUNAS | 11:00 | LOUNAS |
| 15:00 | | 12:00 | | 12:00 | Hienomotorinen oppimistesti | 12:00 | Hienomotorinen oppimistesti |
| 16:00 | | 13:00 | | 13:00 | Hienomotorinen oppimistesti | 13:00 | Hienomotorinen oppimistesti |
| 17:00 | | 14:00 | | 14:00 | Hienomotorinen oppimistesti | 14:00 | Hienomotorinen oppimistesti |
| 18:00 | | 15:00 | | 15:00 | | 15:00 | PÄIVÄLLINEN |
| 19:00 | | 16:00-17:10 | Vigilanssi | 16:00-17:10 | Vigilanssi | 16:00-17:10 | Vigilanssi |
| 20:00 | PP-ergo | 17:20-17:40 | kirjain-ääne-testi | 17:20-17:40 | kirjain-ääne-testi | 17:20-17:40 | kirjain-ääne-testi |
| 21:00 | PP-ergo | 18:00 | PÄIVÄLLINEN | 18:00 | PÄIVÄLLINEN | | |
| 22:00 | PP-ergo | 19:00 | | 19:00 | | 18:00-20:00 | psykologiset testit |
| 23:00 | PP-ergo | 19:30-21:00 | psykologiset testit | 19:30-21:00 | psykologiset testit | 18:00-20:00 | verenp/lämpötila/syvä ortostaattinen testi |
| | | | verenpaine/lämpötila | | verenpaine/lämpötila | 18:00-20:00 | biomekaaniset testit |
| | | | syväänhengitystesti | | syväänhengitystesti | | |
| | | | ortostaattinen testi | | ortostaattinen testi | 19:15-23:00 | PP-ergo |
| | | 19:30-21:00 | tasapaino | 19:30-21:00 | tasapaino | | PP-ergo |
| | | | käsikoordinaatio | | käsikoordinaatio | | PP-ergo |
| | | | reaktioaika | | reaktioaika | | PP-ergo |

LIITE 3. Borgin RPE kyselylomake**MILTÄ RASITUS TUNTUU NYT?**

6

7 **ERITTÄIN KEVYT**

8

9 **HYVIN KEVYT**

10

11 **KEVYT**

12

13 **HIEMAN RASITTAVA**

14

15 **RASITTAVA**

16

17 **HYVIN RASITTAVA**

18

19 **ERITTÄIN RASITTAVA**

20

10/1/19

