

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**JÄÄKÄRIKOMPPANIAN TAISTELUHARJOITUKSEN FYYSINEN KUORMITTA-  
VUUS JA KUORMITUKSEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN**

Pro gradu

Luutnantti  
Lauri Keinänen

Sotatieteiden maisterikurssi 1  
Maasotalinja

Toukokuu 2011

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Sotatieteiden maisterikurssi 1	Maasotalinja
Tekijä	
Luutnantti Lauri Keinänen	
Tutkielman nimi	
<b>Jääkärikomppanian taisteluharjoituksen fyysinen kuormittavuus ja kuormituksen vaikutus suorituskykyyn</b>	
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Sotilaspedagogiikka	Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika Toukukuu 2011	Tekstisivuja 61 Liitesivuja 24
<b>TIIVISTELMÄ</b>	
<p>Puolustusvoimien koulutuksen tärkein päämäärä on tuottaa riittävän fyysisen suorituskyvyn omaavia joukkoja sodan ajan reserviksi. Nykyaikaisessa sodankäynnissä taistelijoille asetetut fyysiset vaatimukset ovat lisääntyneet. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että taistelijan suorituskyky voi laskea taisteluiden aikana huomattavasti. Sotilastehtävien fysiologisia vasteita on tutkittu kansainvälisesti varsin paljon. Puolustusvoimissa on todettu, että taistelijan kuormittumista erityyppisissä tilanteissa pitää tutkia.</p> <p>Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää viikon kestävän, rakennetulla alueella toteutettavan Jääkärikomppanian joukkokoulutuskauden taisteluharjoituksen fyysistä kuormittavuutta ja vaikutuksia sotilaiden suorituskykyyn. Erityisesti tutkimuksella pyritään selvittämään harjoituksen vaikutusta sotilaiden kehon koostumukseen ja isometriseen maksimivoiman tuottoon. Muita tarkasteltavia kohteita on sydämen autonominen säätely.</p> <p>Tutkimukseen osallistui 23 miessotilasta (ikä <math>20 \pm 1.5</math> vuotta, pituus <math>1.80 \pm 0.08</math> m, paino <math>75.9 \pm 11.0</math> kg, BMI <math>23.3 \pm 2.8</math>) (keskiarvo <math>\pm</math> keskihajonta). Tutkimuksen koehenkilöt suorittivat varusmiespalvelustaan Kaartin Jääkärirykmentin 3.JK:ssa toukokuussa 2010. Koehenkilöiden maksimivoima ja kehon antropometria mitattiin ennen ja jälkeen taisteluharjoituksen. Sykemittausta suoritettiin koko harjoituksen ajan.</p> <p>Tutkimuksen päälöydös oli, että koehenkilöiden kehon keskimääräinen rasvamassa ja rasvaprosentti laskivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi (<math>p &lt; 0.01</math>) ja yläraajojen maksimivoimantuotto aleni merkitsevästi (<math>p = 0.05</math>)</p> <p>Tutkimuksen tulokset osoittavat, että viiden vuorokauden taisteluharjoitus ei vaikuta olennaisesti joukon suorituskykyyn ja kykyyn selviytyä taistelutehtävissä. Harjoitus kuitenkin vaikuttaa taistelijoiden kehon koostumukseen ja maksimaaliseen voimantuottoon.</p>	
<b>AVAINSANAT</b>	
fyysinen kuormitus, kehon koostumus, voimantuotto, sykevaihtelu	

# NEUROMUSCULAR PERFORMANCE, BODY COMPOSITION AND CARDIAC AUTONOMIC REGULATION BEFORE AND AFTER 5 DAYS FIELD TRAINING OF URBAN FIGHTERS

Keinänen L<sup>1</sup>, Vaara J<sup>1</sup>, Kokko J<sup>1</sup> and Kyröläinen, H<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> National Defence University, Helsinki, Finland

<sup>2</sup> Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Finland.

## INTRODUCTION

Due to varying operational circumstances, military personnel are required to be in good physical condition. Previous studies have shown that prolonged military field training can lead to impaired physical performance (1, 2). The purpose of the present study was to measure maximal strength of the lower and upper extremities as well as trunk muscles and to determine body composition before and after five days field training of urban fighters. In addition, the aim was to detect changes in the cardiac autonomic regulation during sleep time in the field training.

## METHODS

Twenty-three healthy male conscripts ( $20.0 \pm 1.5$  yrs, height  $1.8 \pm 0.08$  m, body mass  $75.9 \pm 11$  kg, fat %  $12.8 \pm 4.2$ ) participated in the study. Body composition was determined using bioimpedance method (Inbody 720, Seoul, South Korea). Maximal isometric strength was measured in leg extension and bench press dynamometers. Explosive force production of the lower extremities was measured with a countermovement jump. Anthropometry and strength performance were measured before and after the training. Heart rate variability was continuously recorded (Suunto bodyguard, Finland) during the military field training.

## RESULTS

The maximal strength of the upper extremities decreased ( $926 \pm 184$  vs.  $869 \pm 223$  N,  $p=0.005$ ) but no differences were observed in maximal strength of the lower extremities ( $372 \pm 115$  vs.  $391 \pm 131$  N), abdominal strength ( $92 \pm 22$  vs.  $89 \pm 16$  N) and back strength ( $109 \pm 24$  vs.  $106 \pm 19$  N). Fat mass decreased ( $9.8 \pm 3.8$  vs.  $9.0 \pm 3.9$  kg,  $p<0.001$ ), while fat free mass increased ( $37.9 \pm 5.7$  vs.  $38.2 \pm 5.7$  kg,  $p=0.030$ ). No significant difference was found in countermovement jump height ( $34.9 \pm 5.4$  vs.  $35.4 \pm 5.5$  cm) in the before - after comparison. Mean heart rate increased during sleep over the nights of field training ( $92 \pm 9$ ;  $91 \pm 9$ ;  $95 \pm 10$ ;  $97 \pm 12$ ,  $99 \pm 11$  beats/min,  $p=0.004$ ) but no changes were observed in HRV parameters.

## CONCLUSION

The main finding of the present study was that five days of urban fighter field training did not significantly decrease maximal neuromuscular performance. However, maximal strength of upper extremities decreased and minor increases were observed in the heart rate during sleep. These results may be indications for accumulative physical strain over short-term field training. In conclusion, the present results suggest that the upper extremities, which are not used much in daily life, should be trained more to tolerate prolonged physical strain during military operations.

## REFERENCES

1. Kyröläinen H, Karinkanta J, Santtila M, Koski H, Mäntysaari M, Pullinen T. 2008. Eur J Appl Physiol. Mar;102(5):539-46.
2. Welsh TT, Aleman JA, Montain SJ, Frykman PN, Tuckow AP, Young AJ, Nindl BC. 2008. Int J Sports Med Jan;29(1):45-52.

# JÄÄKÄRIKOMPPANIAN TAISTELUHARJOITUKSEN FYYSINEN KUORMITTA- VUUS JA KUORMITUKSEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TOIMINTAYMPÄRISTÖN VAATIMUKSET</b> .....	<b>4</b>
2.1	NYKYAIKAISEN TAISTELUKENTÄN KUVAUS.....	5
2.2	SOTILAAN TOIMINTAKYKY JA FYYSINEN SUORITUSKYKY .....	5
2.3	KUORMITTUMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT TAISTELUKENTÄLLÄ .....	7
2.4	PUOLUSTUSVOIMIEN FYYSINEN KOULUTUS JA JÄÄKÄRIKOMPPANIAN SUORITUSKYKYVAATIMUKSET ....	7
2.5	KAUPUNKIJÄÄKÄRIN VARUSTUS.....	9
<b>3</b>	<b>KUORMITUSFYSIOLOGISET PERUSTEET</b> .....	<b>10</b>
3.1	HENGITYS- JA VERENKIERTOELIMISTÖ .....	10
3.2	SYKE (HR) JA SYKEVÄLIVAIHTELU (HRV).....	12
3.3	KEHON ANTROPOMETRIA .....	14
3.4	ENERGIA-AINEENVAIHDUNTA.....	16
3.4.1	AEROBINEN – ENERGIA - AINEENVAIHDUNTA .....	17
3.4.2	ANAEROBINEN ENERGIA - AINEENVAIHDUNTA .....	18
3.4.3	ENERGIANTUOTTOSYSTEEMIT SOTILASTEHTÄVISSÄ .....	19
3.4.4	ENERGIAN- JA NESTEENKULUTUS .....	20
3.5	HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄ.....	21
3.6	VOIMANTUOTTO .....	25
3.7	KUORMITTUMISEN VAIKUTUKSET HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄÄN JA VOIMANTUOTTOON.....	26
<b>4</b>	<b>TUTKIMUKSEN TARKOITUS</b> .....	<b>27</b>
4.1	TUTKIMUSONGELMAT .....	27
4.2	TUTKIMUKSEN RAJAUS.....	27
<b>5</b>	<b>TUTKIMUSMENETELMÄT</b> .....	<b>28</b>
5.1	KOEASETELMAN JA HENKILÖSTÖN KUVAUS .....	28
5.2	HARJOITUKSEN KUVAUS .....	29
5.3	KENTTÄMITTAUKSET .....	30
5.4	TULOSTEN KÄSITTELY JA TILASTOLLISET ANALYYSIMENETELMÄT .....	36
<b>6</b>	<b>TULOKSET</b> .....	<b>38</b>
6.1	SYKESEURANTA .....	38
6.2	KEHONKOOSTUMUS .....	39
6.3	MUUTOKSET VOIMAOMINAISUUKSISSA .....	41
6.4	KOKONAISKUORMITUS .....	45
<b>7</b>	<b>POHDINTA</b> .....	<b>47</b>
7.1	MUUTOKSET KEHON KOOSTUMUKSESSA .....	47
7.2	MUUTOKSET MAKSIMIVOIMAN TUOTOSSA.....	48
7.3	MUUTOKSET HYPPYTESTEISSÄ .....	50
7.4	SYDÄMEN AUTONOMINEN SÄÄTELY .....	50
7.5	TULOSTEN LUOTETTAVUUS .....	54
<b>8</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET</b> .....	<b>56</b>
8.1	SUORITUSKYVYN ALENEMISEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ.....	56
8.2	TUTKIMUKSEN VALMISTELUT JA HAASTEET .....	59
8.3	TUTKIMUSTULOSTEN SOVELTAMINEN JA JATKOTUTKIMUSMAHDOLLISUUDET .....	60

LÄHTEET

LIITTEET

# **JÄÄKÄRIKOMPPANIAN TAISTELUHARJOITUKSEN FYYSINEN KUORMITTAVUUS JA KUORMITUKSEN VAIKUTUS SUORITUSKYKYYN**

## **1 JOHDANTO**

Puolustusvoimien koulutuksen tärkein päämäärä on tuottaa riittävän fyysisen suorituskyvyn omaavia joukkoja sodan ajan reserviksi. Nykyaikaisessa sodankäynnissä taistelijoiden fyysinen suorituskyky ja toimintakyky heikkenevät varsin nopeasti. Joukkojen suorituskyvyn tulee olla ennen taistelujen alkua riittävän korkealla tasolla, koska taisteluiden aikana suorituskyvyn palauttaminen on haasteellista. Modernisoitunut ja teknistynyt taistelukenttä on muuttanut sodankäynnin luonnetta entistä haastavammaksi ja yksittäisen taistelijan fyysisille ominaisuuksille asetettavat vaatimukset ovat lisääntyneet. (Taistelija 2005, 6 - 10 )

Sodan kuvaa tarkasteltaessa on siirrytty maasodankäynnistä kohti tietosodankäyntiä. Keskeisinä pyrkimyksinä voidaan pitää informaatioylivoimaa ja vaikuttamista suoraan strategisesti tärkeisiin kohteisiin. Teknologian korostamisen myötä on joukkojen määriä supistettu ja niiden koulutustasoa, suorituskykyä ja käytössä olevaa kalustoa kehitetty aktiivisesti. Teknistyminen mahdollistaa taisteluiden käymisen kaikkina vuorokauden aikoina kaikenlaisissa olosuhteissa ja sitä myös edellytetään puolustusvoimissa koulutettavilta joukoilta. (Puolustusvoimat 2011; Taistelija 2005, 9 - 10)

Aiemmissä tutkimuksissa on todettu, että palvelukseen astuvien varusmiesten aerobinen suorituskyky on laskenut merkittävästi viimeisten kahden vuosikymmenen aikana (Santtila, Kyröläinen, Vasankari, Tiainen, Palvalin, Häkkinen & Häkkinen 2006). Tämä tulisi huomioida kehitettäessä fyysistä koulutusta ja liikuntakoulusta sekä suunniteltaessa taisteluharjoituksia. Koulutuksen tulisi olla nousujohteista ja kuormitukseltaan oikeanlaista. Myös riittävä palautuminen tulee huomioida harjoituksia suunniteltaessa. Puolustusvoimien fyysisen koulutuksen normit onkin rakennettu sellaisiksi, että ne vastaisivat tähän haasteeseen.

Varusmiespalvelus kokonaisuutena aikaansaa pääosin positiivisia muutoksia varusmiesten fyysiselle suorituskyvylle ja kehon koostumukselle. Muutokset ovat selkeimmin havaittavissa niiden varusmiesten osalta, joiden lähtötaso on palveluksen alussa alhainen. Yksinomaan runsas kestävyyspainotteinen sotilaskoulutus ei kuitenkaan palvele parhaalla mahdollisella tavalla, nykyaikaisen taistelijan fyysisille ominaisuuksille asetettavia vaatimuksia. Taistelukentällä tarvitaan hyvän aerobisen suorituskyvyn lisäksi, lihasvoimaa nostamaan sotilaiden fyysistä suorituskykyä ja ennaltaehkäisemään loukkaantumisia. (Santtila 2010, 73-74; Mikkola, Jokelainen, Timonen, Härkönen, Saastamoinen, Laakso, Peitso, Juuti, Keinänen-Kiukaanniemi & Mäkinen 2009.)

Teknistymisen myötä taistelijan henkilökohtaista taisteluvälineistöä on pyritty kehittämään aktiivisesti lisäsuojan saamiseksi ja tulivoiman parantamiseksi. Tämän kehityksen myötä myös taisteluvälineistön paino on lisääntynyt merkittävästi. Lisääntynyt paino asettaa uusia haasteita sotilaiden suorituskyvylle ja sen säilyttämiselle. Sotilaat tarvitsevat taistelukentällä selviytyäkseen hyvää fyysistä kuntoa niin aerobisen suorituskyvyn kuin lihaskunnonkin osalta.

Usein sotilaan taistelukentällä kantama taakka painaa jopa 25 - 65 kiloa (Puolustusvoimat 2009; Santtila 2010, 9). Raskas kuorma yhdistettynä fyysisesti ja henkisesti haasteellisiin sotilaan tehtäviin vaikuttaa usein jo hyvin nopeasti alentavalla tavalla sotilaiden suorituskykyyn. Kokko (2008) vertaili vanhan m-91 taisteluvälineistön ja uuden m-05 taisteluvälineistön kuormittavuutta ja kuormituksen aikaansaamia fysiologisia vasteita. Taisteluvälineistön painon lisääntyttyä 16.8 kg:sta nykyiseen noin 30.3 kg:n havaittiin lyhyehkällä hyökkäystä simuloivalla radalla liikkeen hidastumista. Kuormitusfysiologisten vasteiden osalta merkitseviä eroja käytettäessä eri taisteluvälineistöjä ei näin lyhyessä suorituksessa löydetty.

Tässä tutkimuksessa selvitetään viisi vuorokautta kestävän, Jääkärikomppanialle tyypillisen joukkokoulutuskauden taisteluharjoituksen fyysistä kuormittavuutta. Tutkimuksen koehenkilöt ovat Kaartin Jääkäriyhtymässä palvelustaan suorittavia varusmiehiä. Kaartin Jääkäriyhtymä kouluttaa joukkoja pääkaupunkiseudun puolustamiseen, joten pääasiallinen toimintaympäristö eroaa muista Suomen joukko-osastoista merkittävästi. Tutkimuksessa tarkastellaan erityisesti kuormituksen vaikutusta sotilaiden kehon koostumukseen, voimaominaisuuksiin ja sykkeeseen sekä autonomisen hermoston kuormittumista ilmentävään sykevaihdeluun.

Varusmiespalveluksen ja eri sotilasoperaatioissa toimimisen aikaansaamia muutoksia kehonkoostumukselle ja fyysiselle kunnolle on tutkittu laajalti Suomessa ja kansainvälisesti (mm. Mikkola ym. 2009; Nindl, Barnes, Alemany, Frykman, Shippee & Fridl 2007; Sharp, Knapik, Walker, Burrell, Frykman, Darakjy, Lester & Marin 2008; Lester, Knapik, Catrambone, Antczak, Sharp, Burrell & Darakjy 2010). Näissä tutkimuksissa tutkimusaika on ollut useita kuukausia. Tutkimukset ovat osoittaneet, että sotilastehtävissä toimiminen aikaansaa muutoksia kehonkoostumukselle ja fyysiselle suorituskyvyille. Mikäli tehtävien aikana ei pystytä huolehtimaan riittävästä harjoittelusta, ravinnosta ja levosta, ovat muutokset olleet usein negatiivisia varsinkin sellaisilla henkilöillä joiden lähtötaso on ollut hyvä.

Tällä tutkimuksella selvitetään viisi vuorokautta kestävän taisteluharjoituksen aiheuttaman kuormituksen akuutteja vaikutuksia taistelijoiden kehon koostumukselle, voimaominaisuuksille ja sydämen autonomiselle säätelylle. Kokonaisuutena tarkastellaan vaikuttaako taisteluharjoitus olennaisesti koehenkilöiden ja joukon suorituskykyyn.

## 2 TOIMINTAYMPÄRISTÖN VAATIMUKSET

Nykyaikaisessa sodankäynnissä ratkaisevat taistelut käydään usein kaupunkien ja niissä sijaitsevien elintärkeiden kohteiden hallinnasta. Suomen olosuhteissa valtaosa kriittisistä kohteista sijaitsee pääkaupunkiseudulla. Pääkaupunkiseutu onkin Suomessa taistelualueena varsin ainutlaatuinen ja näin ollen on perusteltua, että pääkaupunkiseudun oma joukko-osasto, Kaartin Jääkärirykmentti, kouluttaa keskeiset joukot pääkaupunkiseudun puolustamiseen.

Pääkaupunkiseudun joukkojen erikoisosaamisena on taistelu asutuskeskuksessa ja rakennetulla alueella. Taistelu rakennetulla alueella käydään pääosin jalkaisin ja se edellyttää sotilailta monipuolisia valmiuksia. Sotilaiden tulee kyetä toimimaan kolmiulotteisessa taisteluympäristössä ja etenemään erittäin hankalassa ja vaikeakulkuisessa maastossa.

Kaartin Jääkärirykmentti on pääkaupunkiseudun joukko-osasto, joka sijaitsee Helsingin Santahaminassa. Rykmentin päätehtävänä on kouluttaa rakennetun alueen taisteluun erikoistuneita joukkoja pääkaupunkiseudun suojaksi. Miehistöksi koulutettavien palvelusaika Kaartin Jääkärirykmentissä on kuusi, yhdeksän tai 12 kuukautta ja kaikilla johtajakoulutuksen saavilla 12 kuukautta. Varusmiespalvelusaika jaksottuu siten, että kaikki saavat aluksi kahdeksan viikon mittaisen peruskoulutuksen. Peruskoulutuskauden jälkeen miehistöksi koulutettavilla alkaa erikoiskoulutuskausi, joka kestää kahdeksan viikkoa niillä, joiden palvelusaika on kuusi kuukautta. Erikoiskoulutuskaudella kullekin kaartinjääkärille määritetään tehtävä sodan ajan joukoissa ja annetaan tässä tehtävässä tarvittava erikoiskoulutus. Varusmiespalvelusajan päättää yhdeksän viikon pituinen joukkokoulutuskausi. Tällöin varusmiesjohtajat toimivat sodan ajan sijoituksensa mukaisessa tehtävässä ja erikoiskoulutuksen saaneet kaartinjääkärit harjoittelevat sodan ajan joukkonsa kokoonpanossa, joukkueena ja komppania-  
na.(<http://www.puolustusvoimat.fi>)

Kaartin Jääkärirykmentin joukot toteuttavat pääosan taisteluharjoituksistaan pääkaupunkiseudulla. Harjoittelu rakennetulla alueella palvelee parhaalla tavalla joukon sodan ajan tehtäviä. Rauhan ajan harjoitukset eivät kuitenkaan mahdollista täysin mielivaltaista toimimista infrastruktuurin keskellä vaan harjoitukset vaativat usein erikoisjärjestelyjä ja hyvää yhteistyötä eri siviilitahojen kanssa.



## 2.1 Nykyaikaisen taistelukentän kuvaus

Nykyaikainen sodan kuva on muuttunut laajamittaisesta maasodankäynnistä kohti tietosodankäyntiä (informaatiosodankäynti), jossa informaatioylikyvöllä on ratkaiseva merkitys. Taistelut pyritään voittamaan nopeasti iskemällä vastustajan kriittisimpiin ja strategisesti tärkeimpiin kohteisiin, jotka lamauttamalla pystytään oleellisesti vaikuttamaan vastustajan johtamis- ja tietojärjestelmiin. Tästä johtuen myös asutuskeskustaistelujen todennäköisyys on kasvanut.

Joukkojen suuren määrän sijaan pyritään nykyään laadulliseen ylivoimaan taistelukentällä. Joukot ovat pienempiä ja teknologisempia kuin aiemmin ja niitä pyritään käyttämään oikea-aikaisesti ja tehokkaasti haluttuun paikkaan. Vaikka joukot ovat pienentyneet, on niiden tulo-voima ja teho lisääntynyt aseteknologian kehityksen myötä. (Kosola & Solante 2003, 11-15.)

Yksittäisen sotilaan kannalta tarkasteltuna nykyaikainen taistelukenttä on teknistynyt ja muuttunut entistä kovemaksi ja haastavammaksi. Taistelijoilta edellytetään varsinaisten sotilaan taitojen lisäksi hyvää fyysistä ja psyykkistä suorituskykyä taistelujen voittamiseksi. Taisteluiden aikana joukon suorituskyky heikkenee varsin nopeasti ja sen palauttamiseen ja fyysisen kunnan harjoittamiseen taistelujen aikana ei ole aikaa eikä mahdollisuuksia. Näin ollen sotilaiden tulee olla fyysiseltä suorituskyvyltään riittävän korkealla tasolla jo ennen taisteluiden alkua. (Taistelija 2005, 6-9.)

## 2.2 Sotilaan toimintakyky ja fyysinen suorituskyky

Sotilaan toimintakyky on laaja kokonaisuus joka tarkoittaa ennen kaikkea kykyä ja valmiutta toimia. Hyvä toimintakyky on lähtökohta ja edellytys tehokkaille suorituksille. Se luo perustan ja kyvyn soveltaa jo hallittuja taitoja ja oppia kokemuksista. Toimintakyvyn vaatimukset kasvavat toimintaympäristön muuttuessa henkisesti ja fyysisesti haasteellisemmaksi. (Toiskallio 1998b, 9.)

Toimintakyky (eng.action competence) kuuluu sotilaspedagogiikan keskeisiin käsitteisiin. Sotilaan toimintakykymallin katsotaan koostuvan neljästä yhdessä toimivasta ulottuvuudesta: fyysisestä – psyykkisestä – sosiaalisesta - ja eettisestä toimintakyvystä. Toimintakyky yleisesti kuvaa yksilön ja joukon valmiuksia suoriutua tehtävistä eri olosuhteissa. (Toiskallio 1998a, 161.)

Toimintakyvyn käsitteellä kokonaisuutena tarkoitetaan yksilön ja joukon kokonaisvaltaista valmiutta suoritua annetuista tehtävistä kaikissa olosuhteissa. Sotilaan suorituskyvystä puhuttaessa tarkoitetaan toimintakyvyn alalajia, joka pitää sisällään niin fyysisen kunnan tekijät, kuin sotilastehtävissä vaadittavat tiedot ja taidotkin. (Taistelija 2005, 11 )

Sotilaskoulutuksella pyritään luomaan oppimisen keinoin maksimaalinen suorituskky siltä varalta, että yhteiskunnan muu turvallisuusjärjestelmä pettää. Koulutuksen perimmäinen tavoite on kehittää yksilöiden ja organisaatioiden kykyä toimia tehokkaasti sodan, taistelujen ja erilaisten kriisien luomassa ympäristössä. (Toiskallio 1998b, 162.)

Fyysinen suorituskky (eng. *physicall fitness / physicall performance*) on yksi suorituskvyn osa-alue, jolla tarkoitetaan kykyä tehdä kuntoa ja taitoa vaativia suorituksia. Yksilön motoriset taidot ja fyysinen kunto muodostavat fyysisen suorituskvyn käsitteen, joka on kiinteässä yhteydessä psyykkiseen toimintakykyyn ja motivaatioon. Fyysinen kunto koostuu monesta osa-alueesta, joita ovat esimerkiksi kestävyys, voima ja nopeus. Ihmisen fyysistä suorituskkyä liikuntabiologisin mittausmenetelmin mitattaessa tarkoitetaan useimmin hengitys- ja verenkiertoelimistötoiminnan, hermolihasjärjestelmän toiminnan, väsymyksen, ylläpidon ja energia-aineenvaihdunnan tutkimista. (Kyröläinen 1998, 26 – 27.)

Puolustusvoimissa annettavan fyysisen koulutuksen ja liikuntakoulutuksen keskeisin tavoite on sotilaskoulutuksen tukeminen ja riittävien fyysisten valmiuksien luominen sotilastehtävistä selviytymiselle. Fyysisen koulutuksen kokonaisuus muodostuu liikuntakoulutuksen lisäksi marssi- ja taistelukoulutuksesta sekä muusta fyysisesti kuormittavasta koulutuksesta. Fyysisen koulutuksen avulla pyritään kehittämään sotilaiden taistelukentällä tarvitsemia ominaisuuksia kuten kestävyyttä, voimaa ja nopeutta. (Taistelija 2005, 14.)

Varusmiespalveluksen ensimmäiset kuukaudet keskitytään kestävyuden ja lihaskunnan parantamiseen. Tavoitteena on, että kolmen ensimmäisen kuukauden jälkeen koulutettavat ovat valmiina fyysisesti vaatimaan taistelukoulutukseen. Erikoiskoulutuskauten puolivälissä koulutettavien tulisi olla siinä kunnossa, että he voivat aloittaa fyysisesti vaativan taistelukoulutuksen. Liikuntakoulutus tulisi sopeuttaa eri aselajien vaatimusten mukaisesti. Joukkokoulutuskauten lopussa, ennen sodan ajan reserviksi sijoittamista, koulutettavien tulisi saavuttaa kuntohuippu. Tavoitteena on koulutushaaran vaatimusten mukainen, fyysisesti hyväkuntoinen taistelija. (Puolustusvoimat, 2009.)

### 2.3 Kuormittumiseen vaikuttavat tekijät taistelukentällä

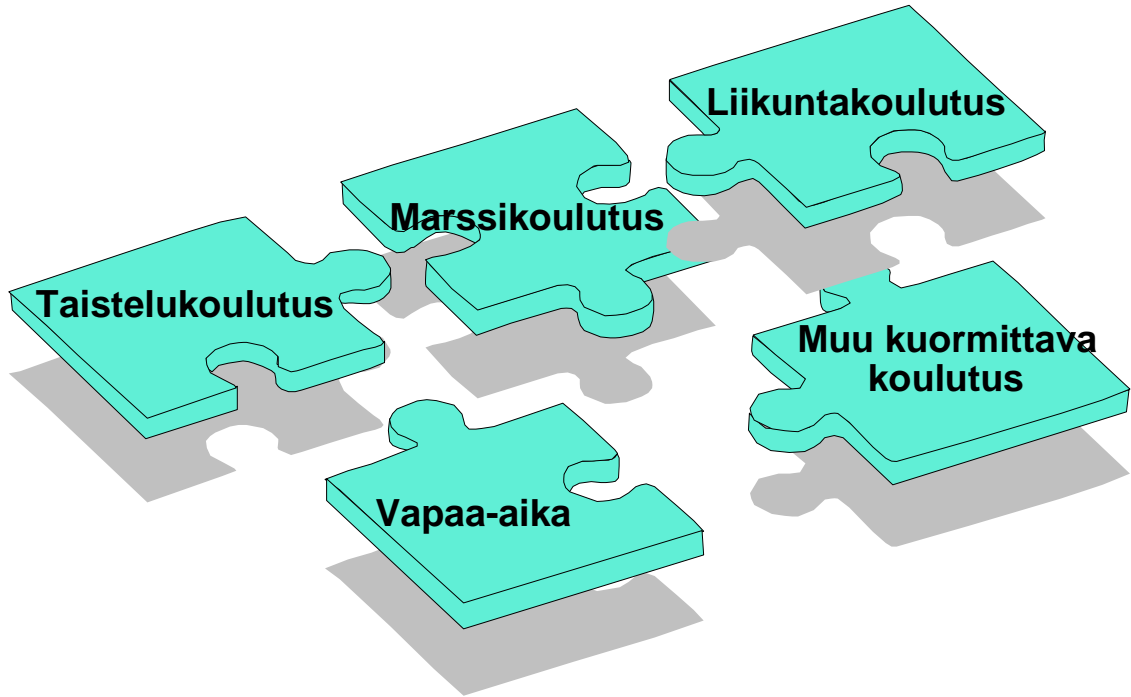
Sotilaalta vaaditaan taistelukentän olosuhteissa taistelukelpoisuuden säilyttämistä kaikissa olosuhteissa. Taistelukentän olosuhteet ovat fyysisesti ja henkisesti erittäin raskaat ja toiminta epävarmoissa ja sekavissa tilanteissa edellyttää taistelijoilta hyvää toimintakykyä. (Toiskallio 1998a, 26)

Taistelijan kuormittumiseen taistelukentän oloissa vaikuttavat todella monet eri tekijät. Taistelijasta itsestään lähteviä tekijöitä ovat muun muassa fyysiset ominaisuudet, psyykkiset ominaisuudet ja fysiologiset vasteet. Ulkopuolisia kuormittumiseen vaikuttavia tekijöitä taas ovat esimerkiksi vallitsevat olosuhteet, taistelutilanne, ja joukon tehtävät. Taistelujen aikana kuormittumiseen eniten vaikuttavia tekijöitä ovat joukon tehtävät ja vallitsevat olosuhteet sekä taistelijan henkilökohtainen toimintakyky. (Kyröläinen ym. 2006.)

### 2.4 Puolustusvoimien fyysinen koulutus ja Jääkärikomppanian suorituskykyvaatimukset

Asevelvollisten koulutusta Puolustusvoimissa ohjaavat normit, jotka määrittävät koulutukselle päämääriä ja tavoitteita. Puolustusvoimissa annettavan fyysisen koulutuksen päämääränä on kouluttaa ja tuottaa riittävän suorituskyvyn omaavia sotilaita sodan ajan reserviksi. Tämän lisäksi fyysisellä koulutuksella pyritään luomaan joukoille myönteinen asenne liikunnan harrastamiseen. Kaikilta sodan ajan reserviin sijoitettavilta joukoilta edellytetään kykyä toimia oman aselajin ja koulutushaaransa mukaisissa taistelutehtävissä yhtäjaksoisesti vähintään kahden viikon ajan ja keskittämään vielä tämän jälkeen kaikki voimansa yhtämittaisiin 3-4 vuorokauden ratkaisutaisteluihin. Reserviin sijoitettavien joukkojen tulee kyetä säilyttämään itsensä taistelukuntoisina kaikkina vuorokauden- ja vuodenaikoina taistelukentän vaativissa olosuhteissa. (Puolustusvoimat 2009.)

Puolustusvoimissa voimissa varusmiehille annettava fyysinen koulutus (Kuva 1.) koostuu marssi- ja taistelukoulutuksesta, liikuntakoulutuksesta sekä muusta kuormittavasta koulutuksesta. Näistä marssi- ja taistelukoulutus muodostaa fyysisen kuormituksen pääosan. Fyysiselle koulutukselle on luotu koulutuskausittain nousujohteiset tavoitteet, joiden mukaisesti kuntohuippu saavutetaan joukkokoulutuskaudella ennen sodan ajan reserviksi sijoittamista.



Kuva 1. Varusmiespalvelusajan fyysisen kuormituksen osatekijät (Puolustusvoimat 2009)

Sodan ajan joukon suorituskyky on yksilön- ja joukon toimintakyvystä, varustuksesta, taktiikasta ja taistelumenetelmistä muodostuva kokonaisuus. Taistelukelpoisuuteen vaikuttavat olennaisena osana vihollisen toiminta ja toimintaympäristö. Pääesikunta on laatinut kaikille sodan ajan joukoille suorituskykyvaatimukset, joiden tarkoituksena on antaa selkeät tavoitteet rauhan ajan koulutukselle ja sen suunnittelulle, sekä antaa sodan ajan joukoille selkeä kuva siitä, mihin joukon pitää pystyä. Näiden vaatimusten mukaisesti esikuntatehtävissä palvelevien sotilaiden kestävyyskunnan tavoitevaatimus on  $42 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ , joka vastaa noin 2300 metriä 12-minuutin juokсутestissä. Tukitehtävissä toimivilta sotilailta vaaditaan  $45 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\text{min}^{-1}$  ja liikkuvaan sodankäyntiin erikoistuvilta  $50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ . Erikoisjoukkoihin sijoitettavien sotilaiden kestävyyskunnan vaatimuksena pidetään  $55 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ , joka vastaa jo yli 3000 metriä 12-minuutin juokсутestissä. (Puolustusvoimat, 2011.)

Yksinomaan hyvä kestävyyskunto ei riitä sotilaille. Taistelukentällä vaaditaan myös hyvää lihaskuntoa, jotta toimintakyky kyetään säilyttämään. Puolustusvoimien asettaman vaatimuksen mukaan sotilaan tulee säilyttää toimintakyky vähintään 25 kilogrammaa painavan lisäkuorman kanssa. Todellisuudessa kannettavan taakan paino voi olla taistelukentällä jopa 60 kilogrammaa. Kokko (2008) vertaili taisteluväestöjen fyysistä kuormittavuutta. Tutkimuksen mukaan kaupunkijääkärien henkilökohtainen taisteluväestö m-05 painaa noin 30.3 kg, kun vanhempi taisteluväestö m-91 painoi vain 16.8kg.

## 2.5 Kaupunkijääkäriin varustus

Kaartin Jääkärirykmentissä koulutettavien kaupunkijääkäreiden taisteluvälinevarustus on pyritty kehittämään sellaiseksi, että se vastaa asutuskeskustaistelun asettamiin vaatimuksiin. Tämä kehitys on paitsi lisännyt henkilökohtaisen taisteluvälinevarustuksen suoja-arvoa myös kasvattanut kannettavan taakan painoa.

Jokaisella Jääkärikomppanian taistelijalla on henkilökohtaisena aseenaan 7,62 kaliiberinen rynnäkkökivääri. Taistelijan ballistisen suojan muodostavat luotisuojaliivi ja komposiittikypärä. Luotisuojaliivissä käytetään lisäksi keraamisia lisälevyjä, jolloin liivin suoja-arvo riittää pysäyttämään kaikki rynnäkkökivääricaliiberiset ja sitä pienemmät luodit. Varustukseen kuuluu lisäksi m/91 taisteluvälinevarustuksen korvannut m/05 taisteluliivi, joka mahdollistaa erilaisten taskujen kiinnittämisen taistelijalle sopivalla ja tilanteeseen nähden tarkoituksenmukaisella tavalla. (Väisänen 2005, 78.)

Yksittäisen taistelijan taisteluvälinevarustus painaa kokonaisuudessaan yli 30 kg. Lisääntynyt paino tuo haasteita niin taistelijoiden suorituskyvyn ylläpitämiselle, kuin tehokkaalle toiminnalle taistelukentällä. Taisteluvälinevarustuksen paino ei saisi Väisäsen (2005) mukaan ylittää 25-30 % taistelijan painosta, jotta taistelukentällä toiminta pysyy tehokkaana.

Kokon (2008) mukaan kaupunkijääkäriksi koulutettavien tulisi olla suorituskyvyltään erikoisjoukolta edellytettävällä tasolla, eli hapenottokyvyn tulisi olla vähintään  $55 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Kaupunkijääkäriin lihaskunnan tulisi olla kiitettävällä tasolla erityisesti jalkojen ja keskivartalon lihasten osalta. Näiden ominaisuuksien lisäksi kehon painon tulisi olla vähintään 75 kg ja rasvaprosentin alle 17 %, johtuen kannettavan taisteluvälinevarustuksen lisääntyneestä painosta.

### 3 KUORMITUSFYSIOLOGISET PERUSTEET

Taistelukentän haasteelliset olosuhteet edellyttävät jokaiselta siellä toimivalta sotilaalta hyvää toimintakykyä ja fyysistä suorituskykyä. Tässä luvussa käsitellään tarkemmin keskeisimpiä fyysiseen suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä.

#### 3.1 Hengitys- ja verenkiertoelimistö

Hengityselimistön kokonaisuuden muodostavat keuhkot, hengitystiet ja hengityselimistö. Hengityselimistön tehtävänä on huolehtia kaasujen vaihdosta keuhkojen ja verenkierron välillä. Hengityksessä, eli respiraatioissa, happi siirtyy soluihin ja hiilidioksidi siirtyy soluista ilmaan. Keuhkotuuletuksessa ilmaa virtaa keuhkorakkuloihin ja ulos niistä. Hengityksessä happi siirtyy keuhkoista vereen ja edelleen kudoksissa kudoksen kautta soluihin. (Keskinen, 2004, 73, Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björqvist 1999, 259.)

Verenkiertoelimistö muodostuu sydäimestä, verestä ja verisuonistosta. Verenkiertoelimistö toimii elimistön kuljetusjärjestelmänä ja huolehtii kudosten ravinnon saannista, elimistön suojaamisesta ja kuona-aineiden poiskuljettamisesta. Verenkiertoelimistön kunto ja toiminta vaikuttaa suoraan merkittävästi ihmisen hyvinvointiin ja terveyteen. Verenkierto on yhteydessä ihmisen kaikkiin soluihin ja sen on kyettävä reagoimaan kaikkiin kudoksiin vaikuttaviin ulkoisiin ja sisäisiin muutoksiin. Kun elimistön suorituskykyä käytetään maksimaalisesti, joutuu verenkiertoelimistö usein kovan rasituksen kohteeksi. Tällöin kudoksiin syntyy vaurioita, joiden korjaaminen tapahtuu suorituksen päättymisen jälkeen verenkiertoelimistön välityksellä. (Keskinen 2004, 73–80.)

Hapen kuljettamisesta veressä pääosa (98 %) tapahtuu hemoglobiinin avulla, lopun ollessa sitoutuneena veriin. Yksi molekyyli hemoglobiinia voi sitoa itseensä neljä happea (oksihemoglobiini). Monet tekijät vaikuttavat hapen sitoutumiseen hemoglobiiniin. Näistä merkittävin on hapen osapaine. Osapaineen ollessa lähellä 100mmHg:aa happi sitoutuu hemoglobiiniin lähes täydellisesti, mutta osapaineen laskiessa oksimohemoglobiinin muodostuminen heikkenee. Hapen osapaine ei ole kuitenkaan ainoa tekijä, joka vaikuttaa hapen sitoutumiseen hemoglobiinin kanssa. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat veren happamuus, eli pH arvo sekä veren lämpötila. Veren happamuuden lisääntyessä esimerkiksi kuormituksessa alenee veren happikyky. Veren lämpötilan kohoaminen alentaa hapen kykyä sitoutua hemoglobiiniin, joten esimerkiksi kuormituksessa lämmentyneet lihakset saavat enemmän happea kuin lepotilassa. (Keskinen 2004, 78–79.)

Ihminen hengittää lepotilassa keskimäärin kuusi litraa ilmaa minuutissa hengitysfrekvenssin ollessa noin 12 sisäänhengitystä. Tavanomaisen kertahengityksen tilavuus on siis noin 500ml. Kuormituksessa keuhkotuuletus kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen lisääntymisen ja elimistön energiatarpeen kanssa. Keuhkotuuletusta kasvatetaan kevyessä kuormituksessa aluksi kasvattamalla hengitystilavuutta ja edelleen kuormituksen lisääntyessä lisäämällä hengitysfrekvenssiä. Kuormituksen lisääntyminen voi kasvattaa hengitysfrekvenssin jopa nelinkertaiseksi ja hengitystilavuuden kuusinkertaiseksi lepotilaan verrattuna. Hengityselimistöä säätelevät aivojen hengityskeskukset, jotka sijaitsevat ydinjatkoksessa ja aivosillassa. (Keskinen 2004, 76 – 77; Margaria & Cerretelli 1968, 43; McArdle, Katch, F. & Katch, V. 2007, 294-296.)

Maksimaalisella hapenottokyvyllä ( $VO_{2max}$ ) tarkoitetaan arvoa, jonka elimistö voi ottaa happea ja käyttää sitä hyväksi maksimaalisessa rasituksessa.  $VO_{2max}$  on myös yksi yleisimmistä käytössä olevista muuttujista, joiden avulla niin hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskykyä kuin kestävyys- ja harjoittelun vaikutuksia voidaan arvioida. (mm. Garret & Kirkendall 2000, 107-116; Bassett & Howley 1999.) Puolustusvoimissa sotilaiden fyysiselle suorituskyvyille asetetut vaatimukset edellyttävät kaikilta sotilailta vähintään  $42\text{ml}/\text{kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$  hapenottokykyä ja erikoisjoukkoihin sijoitettavilta sotilailta  $55\text{ml}/\text{kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$  hapenottokykyä. (Lindholm, Ilmarinen, Santtila, Oksa, Rissanen, Hirvonen, Mälkiä, Rusko, Mäntysaari ja Kyröläinen 2008; Kyröläinen, Santtila, Hämäläinen, Koski, Mäntysaari & Karinkanta 2004.)

### 3.2 Syke (HR) ja sykevälivaihtelu (HRV)

Sydän on noin 300 - 350 grammaa painava ontto sydänlihaskudoksesta koostuva lihas, jonka tehtävänä on pumpata verta verisuonistoon. Sydämen toimintaa ohjaa tahdosta riippumaton autonominen hermosto. Autonomisen hermoston toimivuus ei ole kuitenkaan välttämätöntä sydämen toiminnalle, sillä sydän supistuu automaattisesti omien tahdistinsolujensa avulla. Impulssi alkaa tahdistinsoluista ja leviää solusta toiseen suoraan, ilman välittäjäaineita. Sydänlihassolut ovat poikkijuovaisia, mutta niillä on lisäksi sileän lihassolun ominaisuuksia. Niiden aktiini ja myosiini ovat järjestyneet yhdensuuntaisiksi filamenteiksi, sarkomeereiksi ja fibrilleiksi. Sydämen supistuksia tahdistaa sinussolmuke, joka käynnistää sydämen supistuksen. Terveen ihmisen sydän sykkii lepotilassa yleensä noin 70 - 80 lyöntiä minuutissa. (Assmussen 1968, 82-84; Guyton & Hall 2006, 120; Nienstedt ym. 1999, 83-84, 192-193.)

Sydämen toiminnan mittaamiseen on käytössä monia eri menetelmiä. Sydämen johtojärjestelmän ja sydänlihaksen kuntoa voidaan tarkastella elektrogardiografian (EKG) avulla. EKG-laitteet vahvistavat sydämen sähköisiä impulsseja, jolloin laite piirtää sydämen toimintaa kuvaavaa EKG-käyrää. Yleisesti sydämen mekaanista toimintaa voidaan tarkastella minuuttitilavuuden, sykintätaajuuden ja iskuutilavuuden perusteella. Sykintätaajuudella tarkoitetaan sydämen sykähdysten määrää yhden minuutin aikana ja sydämen minuuttitilavuudella sydämen pumppaamaa verimäärää minuutissa (l/min). Sydämen iskuutilavuudella tarkoitetaan yhden supistuksen seurauksena aorttaan siirtynyttä verimäärää eli se on minuuttitilavuuden ja sykintätaajuuden osamäärä. (Keskinen 2004, 85.)

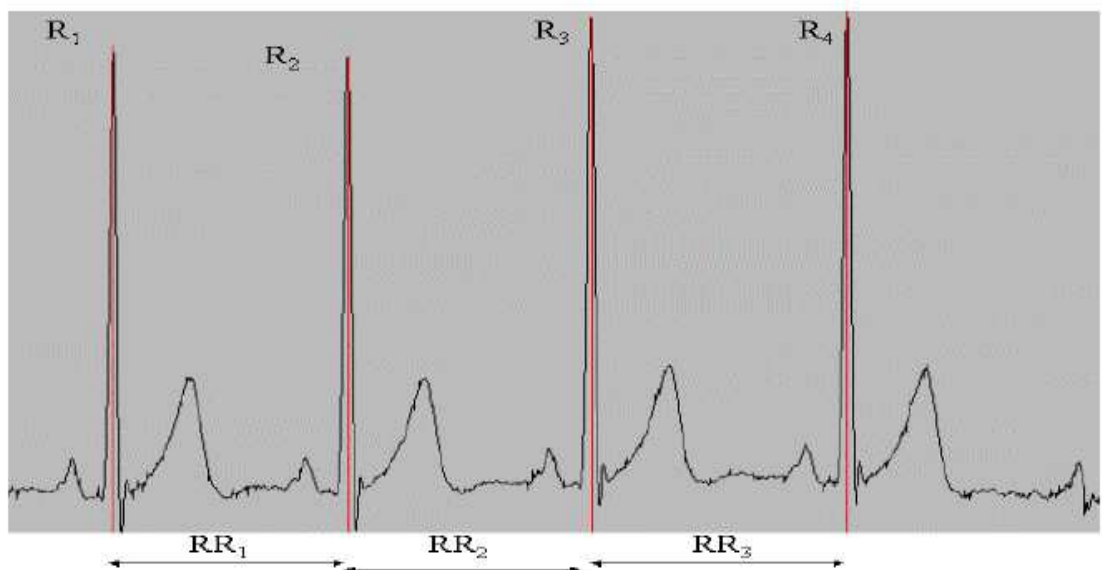
Keskikokoisen mieshenkilön sydämen minuuttitilavuus levossa on noin viisi litraa. Leposykkeen ollessa 60 lyöntiä minuutissa, saadaan tästä sydämen iskuutilavuudeksi 83 ml verta jokaiselle sydämen lyönnille. Sydämen iskuutilavuus on normaalisti aikuisella ihmisellä seistessä noin 60 - 80 ml ja makuuasennossa jonkin verran suurempi. (Keskinen 2004, 85-86.)

Sydämen kyky pumpata verta on lähes suoraan verrannollinen siihen, kuinka paljon elimistö saa happea käyttöön. Näin ollen sydämen kunnolla on keskeinen merkitys aerobiseen kuntoon ja sen kehittämiseen. Kestävyysharjoittelun on todettu kasvattavan sydämen kokoa ja pumppauskapasiteettia. (Saltin 1969.)



Sydämen sykintätaajuuden erot niin levossa, kuin rasituksessakin ovat yksilöllisiä. Keskeisenä vaikuttavana tekijänä voidaan pitää harjoittelutaustaa ja fyysistä kuntoa. Hyväkuntoisen ja paljon harjoitelleen urheilijan leposyke on usein hidas. Kestävyysurheilijan leposyke on jopa vain 35 lyöntiä minuutissa. Vastaavasti harjoittelemattomalla henkilöllä leposyke on usein varsin nopea, esimerkiksi 80 kertaa minuutissa ja iskuilavuus pieni. Kuormituksessa hyväkuntoisen henkilön sydämen iskuilavuus kasvaa ja nostaa sydämen minuuttitilavuutta. Syke nousee aluksi varsin hitaasti ja tasaisesti. Harjoittelemattoman henkilön sydän reagoi rasitukseen pääasiassa syketiheyttä lisäämällä ja iskuilavuus ei juuri kasva. Hyväkuntoinen henkilö saavuttaa saman minuuttitilavuuden matalammilla syketaajuuksilla verrattuna huonokuntoiseen henkilöön. (Nienstedt ym. 1999, 196 - 198; McArdle ym. 2007, 354 - 362.)

Sydämen syke ei ole koskaan täysin säännöllinen vaan siinä esiintyy jatkuvasti eritaajuisia vaihtelua. Tätä peräkkäisten sydämenlyöntien välisen ajan vaihtelua (Kuva 2.) kutsutaan sykevaihteluksi (HRV, Heart Rate Variability). Sykevaihtelu kuvaa autonomisen hermoston sympaattis- vagoaalista tasapainoa, joka heijastaa sympaattisen ja parasympaattisen hermoston aktiivisuuden muutoksia. Pienentynyt sykevaihtelu kertoo elimistön kuormittumisesta joko fyysisten ponnistelujen tai henkisen stressin seurauksena. Seurattaessa fyysistä ja psyykkistä kuormittumista on sykevaihtelu käyttökelpoinen muuttuja. Mittausten pituus määrittelee paljolti sykevaihtelumittauksen luotettavuutta. Mittausten tulisi olla kestoltaan vähintään kymmenen minuuttia. (mm. Kyröläinen ym. 2004; Hynynen 2007.)



Kuva 2. Sykeväli on kahden peräkkäisen sydämen kammiosupistuksen (RR) välinen aika millisekunneina.

Sykevaihteluun vaikuttavat useat eri tekijät, joita ovat muun muassa fyysinen ja henkinen rasittuneisuus. Usein esimerkiksi lisääntynyt henkinen stressi näkyy suoraan sykevaihtelussa sydämen autonomisen toiminnan häiriintymisenä. Sykevaihtelulla on myös todettu olevan yhteys elimistön stressihormonitasojen muutoksiin. Tutkittaessa Kainuun Prikaatissa varusmiespalveluksen alun henkisen stressin vaikutuksia sykkeeseen ja sykevaihteluun sekä selvitettyä sykevaihtelun yhteyksiä testosteroni ja kortisolitasoihin, löydettiin merkitseviä yhteyksiä. Koehenkilöiden keskimääräinen leposyke laski palveluksen edetessä ja stressin vähentyessä. Samanaikaisesti havaittiin sykevaihtelun lisääntyvän. Sykevaihtelun todettiin myös korreloivan stressitasoa ilmentävien hormonaalisten muutosten kanssa. (Huovinen, Tulppo, Nissilä, Linnamo, Häkkinen & Kyröläinen 2009.)

### 3.3 Kehon antropometria

Ihmiskehossa on kolme rakenteellista peruskomponenttia. Näitä ovat lihakset, rasva ja luusto. Kehon antropometrialla tarkoitetaan ensisijaisesti pituuden, massan, kehon mittasuhteiden ja koostumuksen kokonaisuutta. Antropometrisilla mittauksilla pyritään kuvaamaan ihmisen terveydentilaa, erityisesti yli- ja aliravitsemuksen sekä kasvun osalta. Antropometrisia mittauksia käytetään usein syömishäiriöpotilaiden ja urheilijoiden seuraamisessa. Miesten ja naisten kehon koostumuksia ei tulisi vertailla keskenään, koska sukupuolen merkitys kehon koostumukseen on oleellinen. Myöskään kasvavien lasten ja nuorten vertaamista aikuisten tuloksiin ei pitäisi tehdä. (Fogelholm 2004, 45, Keskinen 2004, 377.)

Yleisin lihavuuden ja laihuuden osoittamiseen käytetty kehon massaan perustuva osoitin on painoindeksi (engl. body mass index, BMI). Painoindeksi saadaan, kun jaetaan kehon massa (kg) pituuden (m) neliöllä:  $BMI = \text{massa} / \text{pituus}^2$ . Painoindeksin käyttö on helppoa ja nopeaa ja tulokset ovat korreloineet suurille väestöryhmille tehdyissä kokeissa hyvin ihmisten kokonaisterveyteen ja kehonkoostumukseen. Painoindeksiä ei voida kuitenkaan sellaisenaan käyttää lihavuuden toteamiseen, koska siinä ei erotella kehon pääkomponentteja (rasva, lihas, luusto) toisistaan. Näin ollen esimerkiksi lihaksikkaat henkilöt luokitellaan perusteettomasti lihaviksi. (Fogelholm 2004, 45 - 46, Keskinen 2004, 377 - 378, McArdle ym., 774 - 780.)

Painoindeksin seuraaminen soveltuu parhaiten 20 – 60 vuotiaalle normaaliväestölle. Oheisessa taulukossa (1) on esitetty suomessa käytettävä ja kansainvälinen viitearvotaulukko helpottamaan painoindeksin tulkintaa. Suomessa Kansaneläkelaitos (KELA) on laatinut normiston BMI:n viiterajoista. Kansainvälisen standardin taas on esittänyt American College of Sport Medicine (ACSM).

Taulukko 1. Kehon massaindeksin tulkinta aikuisilla KELAN:n ja ACSM:n mukaan.

BMI (kg/m <sup>2</sup> )	KELA:n tulkinta	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	ACSM:n tulkinta
alle 19	alipainoisuus	alle 20	alipainoisuus
19 - 24	sopiva	20.0 – 24.9	suositeltava alue
24 - 27	lievä ylipainoisuus	25.0 – 29.9	ensimmäisen asteen lihavuus
27 - 30	kohtalainen ylipainoisuus		
30 - 40	huomattava ylipainoisuus	30.0 – 39.9	toisen asteen lihavuus
yli 40	vaikea ylipainoisuus	yli 40	kolmannen asteen lihavuus

Kehon koostumuksen mittaamiseen on käytössä useita eri menetelmiä. Niistä tarkimpana pidetään yleisesti vedenalaispunnitusta, eli hydrostaattista punnitusta. Vedenalainen punnitus ei ole kuitenkaan kovin käyttökelpoinen menetelmä suuria joukkoja testattaessa, koska se vaatii kohtalaisen paljon aikaa, valmisteluja ja erikoislaitteita. Yleisemmin käytettyjä mittaussuunnitelmia kehon koostumukselle ovatkin rasvamäärän arviointi ihopoimu menetelmällä ja erilaiset biosähköiset impedanssimittaukset (BIA), jotka perustuvat kehon läpi johdettavaan sähkövirtaan. (Keskinen 2004, 377 - 380.)

Kehon koostumuksen merkitys korostuu urheilijoilla, joiden tulisi mukaan optimoida kehonsa paino ja koostumus vastaamaan oman lajinsa vaatimuksia (Ilander 2006, 278 - 288). Kehonkoostumus on tärkeä tekijä myös sotilailta. Sotilastehtävät ovat fyysisesti raskaita ja edellyttävät hyvää fyysistä toimintakykyä. Sotilaskoulutuksen tiedetään aiheuttavan positiivisia muutoksia sotilaiden kehon koostumukselle ennen kaikkea silloin kun lähtötaso on heikko, eikä fyysistä aktiivisuutta ole ollut paljon ennen palvelusta. (Mikkola ym. 2009.)

Sotilastehtävät edellyttävät oikeanlaista fyysistä harjoittelua, jotta fyysinen suorituskyky ei laskisi ja kehonkoostumus muuttuisi negatiiviseen suuntaan pitkien operaatioidenkaan aikana. Sotilaiden fyysisen kunnan laskiessa ja lihasmassan vähentyessä myös heidän sotilaallinen valmiutensa laskee ja riskit loukkaantumisiin kasvavat. USA:n armeijan tutkimuksen mukaan yhdeksän kuukauden Afganistanin palveluksen aikana havaittiin negatiivisia muutoksia kehon koostumukseen niillä sotilaille, joilla lähtötaso oli ollut hyvä. Vastaavasti taas lähtötasoltaan heikommilla, ylipainoisilla sotilaille operaation vaikutukset kehon koostumukselle olivat positiivisia. (Sharp ym. 2008.)

### 3.4 Energia-aineenvaihdunta

Ihmisen suorituskykyyn vaikuttaa olennaisesti eri energiantuottosysteemien tehokkuus ja kapasiteetti. Energiaa tuotetaan lihasten käyttöön joko hapen avulla (aerobisesti) tai hapettomasti (anaerobisesti). Energiaa tuotetaan välittömistä energialähteistä, anaerobisessa glykolyysissä ja aerobisen energiantuotannon kautta. Pitkäkestoiset suoritukset edellyttävät suurta aerobista tehoa (VO<sub>2</sub>max) ja työn taloudellisuuden ja energiavarastojen koon merkitys on korostunut. Lyhytkestoisissa suorituksissa taas ratkaisevaa on anaerobinen energiantuottonopeus ja suorituksen pidentyessä myös anaerobinen taloudellisuus ja maksimaalinen anaerobinen energiantuottokyky. (McArdle ym. 2007, 138 - 144, Nummela, 2004, 97.)

Lihaksen supistuminen vaatii aina energiaa käyttöönsä ja se saa sitä adenosiinitrifosfaattiin (ATP) sitoutuneen vapaan energian muodossa. Kaikki kemiallinen energiantuotto tapahtuu ATP:n kautta joten sitä on muodostettava jatkuvasti lisää. ATP-tasapainon ylläpitämiseen ja uudelleen muodostamiseen on olemassa kolme päätapaa: kreatiinfosfaattivarastojen käyttö (KP), glukoosin ja glykokeenin pilkkominen anaerobisesti (glykolyysi) ja aerobinen pilkkominen (Krebsin sykli ja oksidatiivinen fosforylaatio) sekä rasvojen pilkkominen. Krebsin sykli ja B-oksidaatio sisältyvät aerobiseen energiantuottoon, kun taas anaerobinen glykolyysi ja KP varastojen käyttö anaerobiseen energiantuottoon. Kaikki energiantuottomekanismit toimivat kuormituksessa samanaikaisesti kuormituksen intensiteetin säädellässä painotuksia. (McArdle ym. 2007, 137 - 181; Nummela 2004, 97 - 125.)

### 3.4.1 Aerobinen – energia - aineenvaihdunta

Pääosa ihmisen energiantuotannosta on hapen avulla tapahtuvaa eli aerobista. Aerobisessa energiantuotannossa hapetetaan lihas- tai maksaglykogeenistä peräisin olevaa glukoosia tai elimistön rasvavarastoista saatavia rasvahappoja. Myös proteiineja voidaan käyttää aerobisessa energiantuotannossa joko suoraan tai glukoosiksi ja rasvahapoiksi muokattuna. Aerobinen energiantuotto on varsin tehokasta, koska sitä saadaan yhtä glukoosimolekyyliä kohti 18 kertaa enemmän ATP:tä kuin anaerobisessa energiantuotannossa, sekä välttyään maitohapon muodostumiselta. Energian tuottoprosessin nopeus rajoittaa kuitenkin sen käyttöä maksimaalisissa lyhytkestoisissa suorituksissa.

Tärkein aerobinen energiantuottomenetelmä on sitruunahappokierto eli Krebsin sykli. Prosessi tapahtuu solujen voimanlähteissä eli mitokondrioissa, joihin ravintoaineet päätyvät käytyään läpi kukin omanlaisensa esikäsittelyn. Glukoosin käyttö energiaksi alkaa glykolyysillä, jossa glukoosi pilkotaan kahdeksi palorypälehappomolekyyliksi. Glykolyysin lopputuotteena syntyvä pyruvaatti kulkeutuu mitokondrioon, jossa se muutetaan asetyylikoentyyymiA:ksi (AsKoA). AsetyylikoentyyymiA pilkotaan edelleen hiilidioksidiksi ja vedyksi Krebsin syklissä, joka on kymmenen kemiallisen reaktion sarja. Tästä muodostuneet vetyatomit voidaan hapettaa ATP:ksi ja vedeksi oksidatiivisessa fosforylaatiossa. (Ilander 2006, 31; 49 - 51; McArdle ym. 2007, 151 - 155; Nummela 2004, 99.)

Ihmisen ylivoimaisesti suurin energianlähde on elimistön rasvavarastot. Rasvavarastot sisältävät energiaa noin 50 kertaa enemmän kuin hiilihydraattivarastot ja ovatkin näin ollen lähes rajaton energianlähde. Ihmisen rasva on varastoitunut lihaksiin ja rasvakudoksiin triglyserideinä, jotka pilkotaan lipaasientsyymien avulla rasvahapoiksi ja glyseroliksi. Rasvahapot pilkotaan tämän jälkeen B-oksidaatiossa ja glyseroli puolestaan edellä kuvatussa glykolyysissä. Triglyseridimolekyylin pilkkoutuminenglukoosimolekyyliksi ja kolmeksi vapaaksi rasvahapoksi muodostaa 460 ATP:a, eli 12 kertaan enemmän kuin yksi glukoosimolekyyli. Siten rasvojen käyttö energiantuotannossa on varsin edullista niiden tuottaman suuren energiamäärän vuoksi. Rajoittavana tekijänä rasvojen käytölle on niiden pieni energiantuottonopeus. Tämän takia rasvojen merkitys energiantuotannossa korostuu vasta yli kaksi tuntia kestävässä suorituksissa. (McArdle ym. 2007, 155 – 162; Nummela 2004, 99; Wilmore & Costill 2004, 128 – 130.)

Proteiinien päätehtävä on toimia elimistön rakennusaineena, mutta niiden merkitys energiantuotannolle voi olla myös merkittävä. Lepotilassa proteiinien osuus energiantuotannossa on varsin vähäinen (2-3 %), mutta kovan kestävyysharjoittelun aikana ja erittäin pitkäkestoisissa suorituksissa, kun lihasglykokeenin loputtua voi proteiinien osuus kokonaisenergiasta nousta jopa 12-15 %. (McArdle ym. 2007, 159; Nummela 2004, 100.)

### 3.4.2 Anaerobinen energia - aineenvaihdunta

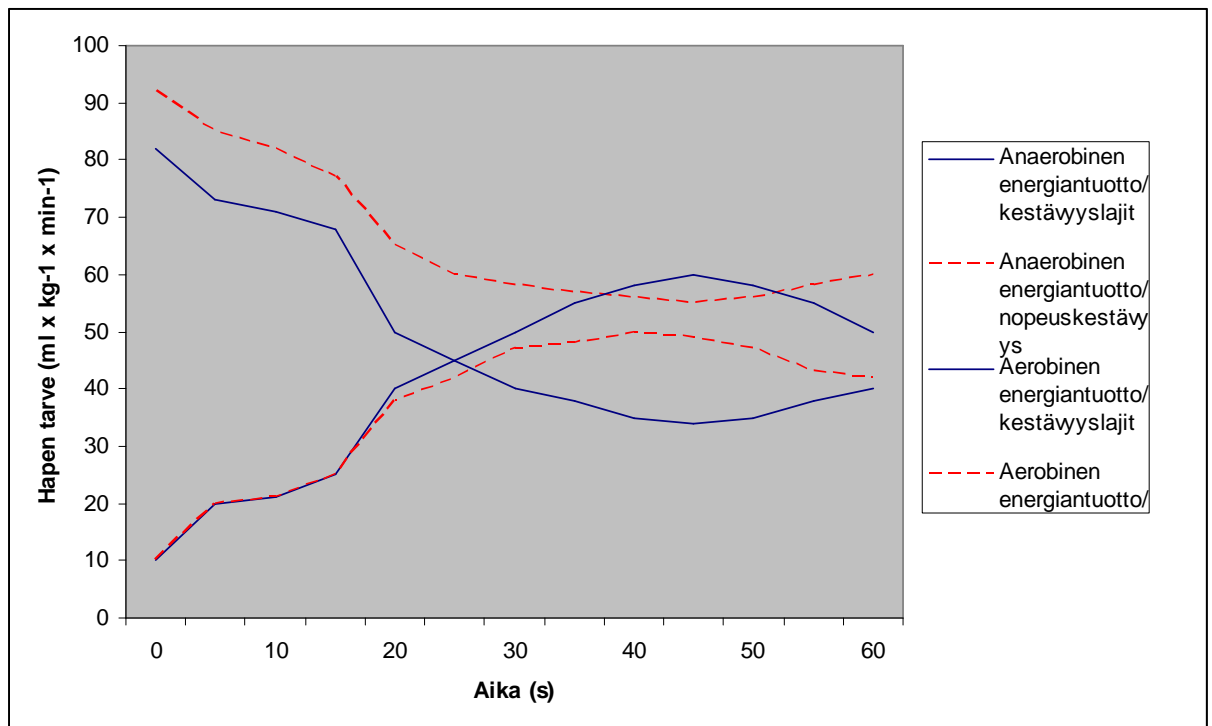
Lihasten energia – aineenvaihdunta huolehtii siitä, että rasituksen tasosta riippumatta ATP varastot eivät pienene yli 40 %. ATP:ta muodostetaan jatkuvasti lisää ja nopeimmin uudelleen muodostaminen tapahtuu kreatiinikinaasientsyymin katalysoimassa reaktiossa KP:sta. KP:a on Rehusen (1990) mukaan varastoituneena lihakseen kuitenkin vain noin 15 - 22 mmol x märkäpaino  $\text{kg}^{-1}$ , joten sen merkitys on suurimmillaan lyhytkestoisissa alle kymmenen sekunnin maksimaalisissa suorituksissa. ATP:n uudismuodostusta tapahtuu kuitenkin hitaammalla energiantuottosysteemillä samanaikaisesti, joten KP varastojen täydellinen tyhjeneminen tapahtuu vasta noin 30 sekunnin maksimaalisessa suorituksessa.

Anaerobinen glykolyysi on ilman happea tapahtuva monimutkainen kymmenen kemiallisen reaktion sarja, jossa glukoosi tai glykokeeni hapetetaan palorypälehapoksi ja siitä edelleen maitohapoksi, josta saadaan kaksi ATP:a glukoosimoolia kohden. Glykolyysin taloudellisuus energiantuottomenetelmänä ei ole läheskään yhtä hyvä kuin aerobisten energiantuottomenetelmien. Sillä saadaan tuotettua vain 5 % siitä ATP:sta, joka saadaan glukoosin täydellisessä hajottamisessa hapellisen sitruunahappokierron kautta. Sen etuna on kuitenkin energiantuotonopeus, joka on jopa kolminkertainen aerobiseen menetelmään verrattuna. Muita haittatekijöitä glykolyysissä on esimerkiksi elimistön happamoituminen. (McArdle ym. 2007, 145-151; Nummela 2004, 98-99.)

Elimistö käyttää glykolyysia yhtenä energiantuottomenetelmänä jo kevyemmässäkin liikunnassa, mutta sen merkitys korostuu vasta silloin kun aerobiset energiantuottomekanismit eivät kykene tuottamaan ATP:ta riittävällä nopeudella. Kun liikunnan teho kasvaa suureksi, syntyy lihassoluihin hapenpuutetta, jonka seurauksena lihasten energiantarve joudutaan tyydyttämään anaerobisen glykolyysin avulla. (Iländer 2006, 54-55.)

### 3.4.3 Energiantuottosysteemit sotilastehtävissä

Sotilastehtävät ovat fyysisesti vaativia ja usein kestoltaan pitkiä. Tärkeimpänä merkitsevänä tekijänä voidaan pitää sotilaan maksimaalista hapenottokykyä. Sotilastehtävät pitävät sisällään kuitenkin suuren määrän kovalla intensiteetillä tehtäviä suorituksia, joten energiaa täytyy kyetä tuottamaan tehokkaasti myös anaerobisesti. Kuvassa 3. on kuvattu Nummela ja Ruskoa (1995) mukaillen aerobinen ja anaerobinen energiantuotto happiekvivalentteina minuutin kestävissä maksimaalisissa suorituksessa. (Nummela 2004, 103 – 125.)



Kuva 3. Aerobisen ja anaerobisen energiantuoton jakautuminen happiekvivalentteina minuutin kestävissä maksimisuorituksessa erityyppisillä henkilöillä (mukailltu Nummela ja Rusko 1995)

Yli kaksi minuuttia kestävissä maksimaalisissa suorituksissa aerobisen ja anaerobisen energiantuoton suhteelliset osuudet jakautuvatkin varsin tasan. Pitkään jatkuvassa fyysisessä kuormituksessa suorituksen kesto ja intensiteetti säätelevät elimistön hiilihydraattien ja rasvojen käyttöä. Rasvavarastot ovat mm. McArdlen ym.(2007) mukaan elimistön runsaimmat energianlähteet, joita on lähestulkoon rajattomasti käytettävissä. Rasvojen merkitys energianlähteinä korostuuakin pitkissä, yli kaksi tuntia kestävissä suorituksissa, joissa työskennellään alle 50 % /  $VO_{2max}$  tehoalueella. (Nummela 2004, 103 – 125.)

### 3.4.4 Energian- ja nesteenkulutus

Ihminen tarvitsee ravinnosta saatavaa energiaa jatkuvasti päivittäisessä toiminnassaan ja elintoimintojen ylläpidossa. Energiaravintoaineisiin katsotaan kuuluvan hiilihydraatit, rasvat ja proteiinit, joista elimistön aineenvaihdunta vapauttaa energiaa käyttöön eri prosessien myötä. (McArdle ym. 2007, 138.)

Ihmisen perusaineenvaihdunnan ylläpitäminen kuuluu huomattava osa energiatarpeesta. Fyysisesti passiivisilla henkilöillä perusaineenvaihdunta (PAV) muodostaa jopa 70 – 80 % päivittäisestä energiankulutuksesta. Fyysinen aktiivisuus kasvattaa huomattavasti ihmisen energiantarvetta. Aktiivikuntoilijoilla liikunnan kuluttama osuus kokonaisenergiankulutuksesta on keskimäärin 15 – 30 % ja esimerkiksi kestävyysurheilijoilla osuus saattaa olla jopa 60%. (Ilander 2006, 37)

Fyysisesti kuormittavalla työllä on samoin energiankulutusta selvästi kasvattava vaikutus. Fogelholmin ja Rehusen (1987) mukaan toimistotyötä tekevän miehen päivittäinen energiankulutus on suurimmillaan 2500kcal/vrk, kun taas raskasta ruumiillista työtä tekevällä miehellä energiankulutus voi olla jopa yli 4000kcal/vrk.

Fyysisesti raskaissa sotilastehtävissä energiankulutus kasvaa usein erittäin suureksi. Energiankulutus voi kohota jopa 6700 kilokaloriin vuorokaudessa. (Castellani, Delany, O'Brien, Hoyt, Santee, & Young 2006) Tällöin elimistön rasvojen käyttö energiaksi korostuu ja on äärimmäisen tärkeää, että elimistö kykenee hyödyntämään tehokkaasti kaikkia energiantuottotapoja.

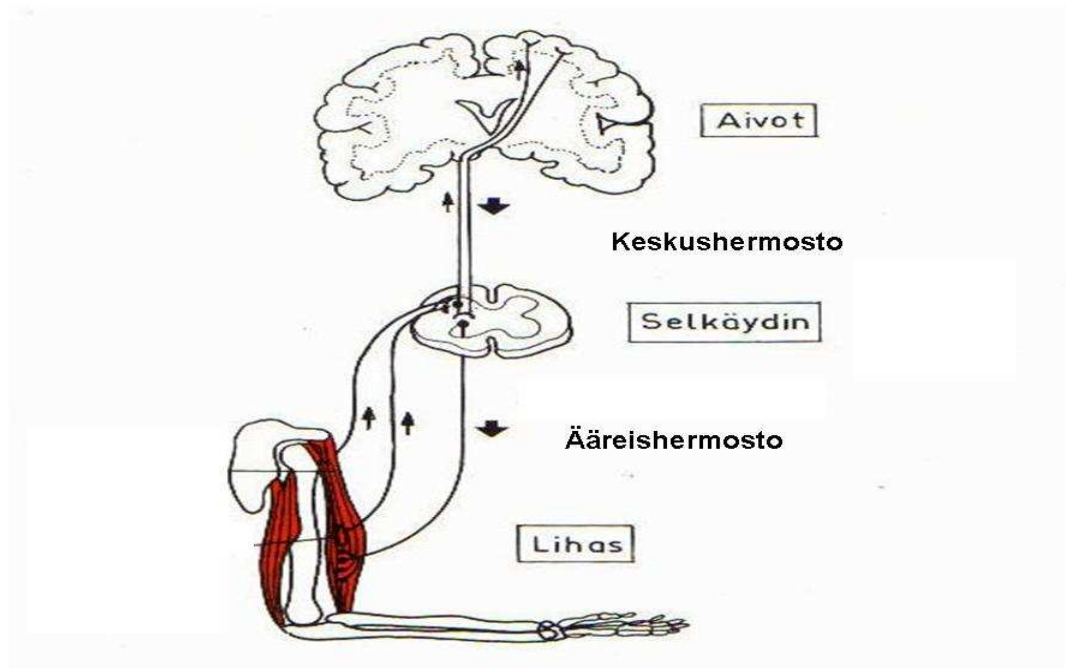
Äärimmäisen raskaissa sotilastehtävissä, kuten Yhdysvaltain armeijan Ranger koulutuksessa energiankulutuksen on raportoitu nousevan jopa noin 10000 kilokaloriin vuorokaudessa. (Nindl, ym. 2007). Tällaista energiankulutusta on vaikeaa kyetä täyttämään taistelukentän olosuhteissa ja näin ollen muodostuu energiavaje, joka vaikuttaa kehon koostumukseen.



Jopa riittävää energiansaantia tärkeämpi tekijä sotilaille taistelukyvyn ylläpitämisen kannalta on veden tarve. Jos vettä ei saada riittävästi, se voi johtaa suorituskyvyn merkittävään alenemiseen. Vettä tarvitaan elimistössä esimerkiksi ravintoaineiden kuljettamiseen ja kuonaineiden poistoon. Vedellä on lisäksi keskeinen merkitys elimistön lämmönsäätelyssä. Veden tarve normaalioloissa on 2,5 litraa, joista noin puolet muodostuu juomalla nautittavista nesteistä. Kuormituksessa nesteen tarve kasvaa. Siihen vaikuttavat muun muassa kuormituksen intensiteetti ja kesto sekä vallitseva lämpötila. Kuormitus voi nostaa veden tarpeen jopa yli kuuteen litraan vuorokautta kohden. (Mero 2004, 173 - 174)

### 3.5 Hermo-lihasjärjestelmä

Ihmisen hermosto koostuu kahdesta suuresta kokonaisuudesta (Kuva 4.): keskushermostosta, johon kuuluvat aivot ja selkäydin, sekä ääreishermostosta, johon kuuluvat selkäydinhermot ja autonomisen hermoston hermot. Keskushermostosta käskyt välittyvät joko motorisia hermoja tai autonomisia hermoja pitkin kehon ääreisosiin ja sisäelimiin. Ääreishermon reseptoreista viestit tuodaan keskushermostoon sensorisia hermoja eli tuntohermoja pitkin. Autonominen hermosto jakaantuu sympaattiseen ja parasympaattiseen osaan ja sillä on tärkeä rooli elimistön tasapainon ylläpitämisessä. Valtaosa ihmisen tahdonalaisesta lihastoiminnasta tapahtuu selkäydinhermojen välityksellä. Motoriset hermot jakaantuvat useisiin päätehaaroihin, jotka liittyvät lihassoluun hermolihhasliitoksen välityksellä.



Kuva 4. Ihmisen keskus- ja ääreishermoston pääosat (mukailtu Häkkinen 1990)

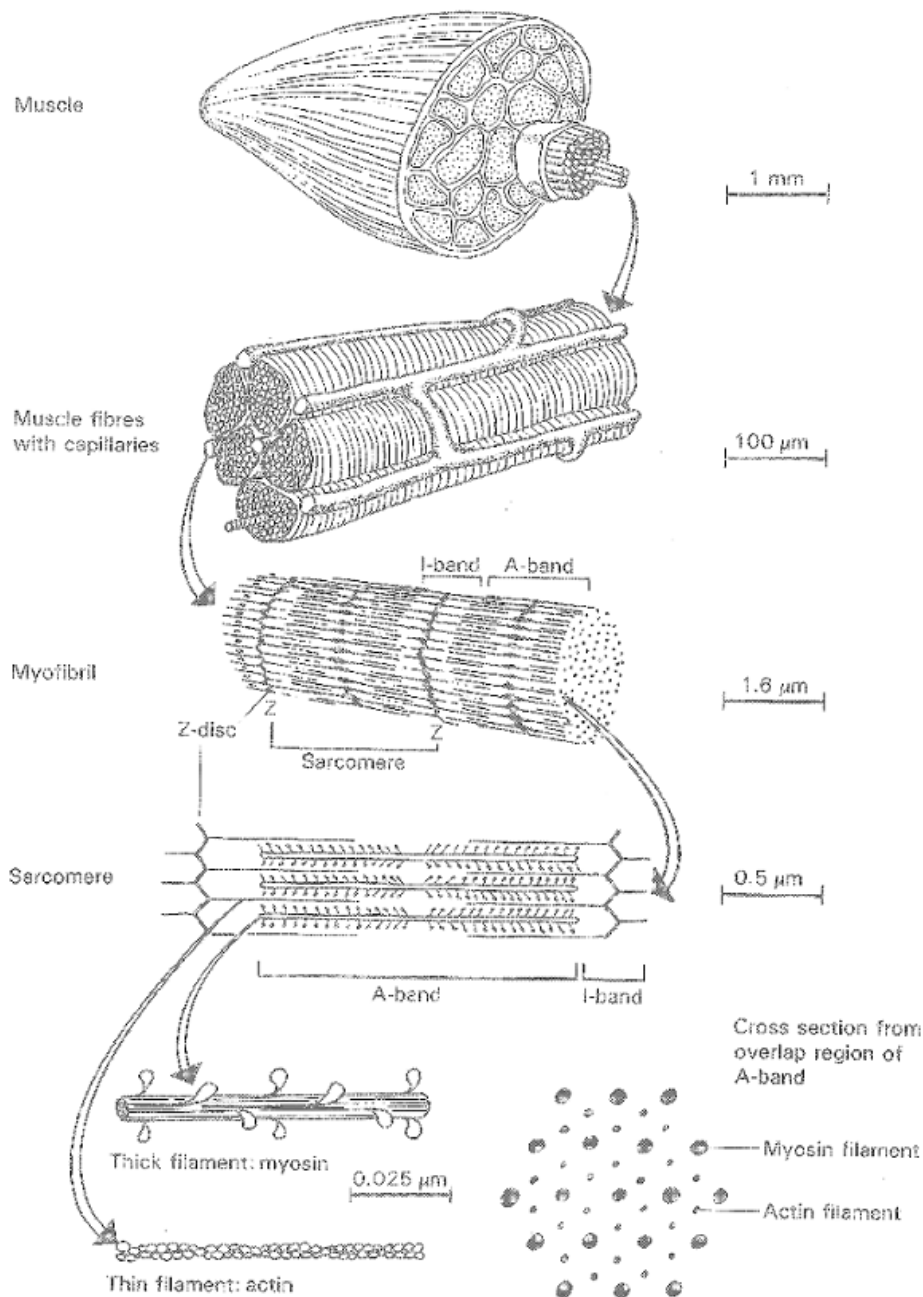
Ihmisen pienintä toiminnallisen hermolihasjärjestelmän osaa kutsutaan motoriseksi yksiköksi. Motorinen yksikkö muodostuu yhdestä motorisesta hermosolusta, sen aksonista päätehaaroi-neen ja niiden hermottomista lihassoluista. Motoriseen yksikköön voi kuulua lihassoluja muutamasta useisiin tuhansiin. Mitä suuremmasta voimantuotosta on kysymys, sitä enemmän lihassoluja kuuluu yhden motorisen hermon piiriin. Kun taas edellytetään tarkkaa lihaskontrollia, on yhdellä motorisella hermolla tehtävänä hermottaa vain muutamaa lihassolua. Nopeat motoriset yksiköt ovat edullisia, kun tarvitaan nopeaa voimantuottoa kun taas hitaat motoriset yksiköt sietävät paremmin väsymystä ja ovat edullisia kestävyyttä vaativissa suorituksissa. Motoriset yksiköt voidaan luokitella kolmeen eri luokkaan taulukon (2.) osoittamalla tavalla. (McArdle ym. 2007, 392 - 393; Mero ym. 2004, 37 - 42.)

Taulukko 2. Motoristen yksiköiden luokittelu (Mukailtu Lieber 1992)

Motorinen yksikkötyyppi	Voiman tuotto	Supistus nopeus	Väsymyksen vastustus	Lihassolutyypin motorisessa yksikössä
Nopea, väsyvä (IIB)	korkea	nopea	matala	nopea glykolyyttinen
Nopea, väsymystä sietävä (IIA)	kohtalainen	nopea	korkea	nopea oksidatiivis-glykolyyttinen
Hidas (I)	matala	hidas	korkea	hidas oksidatiivinen

Ihmisellä on voimantuottoon ja liikkumiseen osallistuvia luurankolihasia yhteensä yli 660 kappaletta ja lihaskudosta aikuisen ihmisen painosta on noin 40 - 50 %. Lihaskudos eroaa muista kudostyypeistä siinä, että sillä on kyky supistua. Luurankolihas koostuu vedestä (75 %), proteiinista (20 %) sekä epäorgaanisista suoloista, entsyymeistä, pigmenteistä, rasvoista ja hiilihydraateista. Lihassolut, eli lihassytt muodostavat suurimman osan lihaskudoksesta. Ihmisellä on lihaskudosta kolmea eri tyyppiä jotka ovat: poikkijuovainen lihas, sileä lihas ja sydänlihas. (Mero ym. 2004, 52; Nienstedt ym. 1999, 76.)

Ihmisen liikkumisen mahdollistavat luurankolihakset, eli poikkijuovaiset lihakset jotka ovat somaattisen hermoston säätelemiä. Ihminen voi siis vaikuttaa niiden toimintaan tahdonalaisesti. Luurankolihas muodostuu lihassolukimpuista, jotka muodostuvat yksittäisistä lihassoluista. Lihassolu koostuu useista vierekkäisistä myofibrillisauvoista, jotka ovat jakautuneet pituussuunnassa useisiin peräkkäisiin sarkomeereihin. Sarkomeeri on lihassolun toiminnallinen yksikkö, joka sisältää proteiineja aktiinia ja myosiinia. Luurankolihasen rakenne on esitetty kuvassa (5.).



Kuva 5. Luurankolihasen rakenne (Edman 2003)

Lihassupistuminen alkaa kun aktiopotentiaali kulkee motoneuronin pitkin lihassoluun, jossa se synaptoituu ja välittäjäaineen avulla aktiopotentiaali siirtyy lihassolukalvolle. Aktiopotentiaalin aiheuttama depolarisaatio vapauttaa  $\text{Ca}^{2+}$ , joka aktivoi aktiini- ja myosiinifilamenttien liukumisen toisten lomaan ja aiheuttaa lihassupistumisen. Relaksaatio tapahtuu, kun solun sisäinen kalsiumpitoisuus vähenee. (Guyton 2000, 67-71.)

### 3.6 Voimantuotto

Foss ja Keteyian (1998, 340) määrittävät lihasvoiman voimaksi tai jännitykseksi, jonka lihas- tai lihasryhmä voi vastusta vastaan tuottaa yhdessä maksimaalisessa suorituksessa. Meron (2004, 52 - 58) mukaan ihmisen voimantuottoon vaikuttavat tekijät voidaan jakaa lihasmekaanisiin, hermostollisiin ja hermolihasjärjestelmällisiin tekijöihin.

#### **Lihasmekaanisia tekijöitä ovat**

- lihastoiminta
- lihaspituus ja nivelkulma
- voima-aika riippuvuus
- voima-nopeus riippuvuus
- elastiset osat / esivenytys
- lihasrakenne

#### **Hermostollisia tekijöitä ovat**

- esiaktiivisuus
- refleksitoiminta
- hermoston kokonaispanos

#### **Hermolihasjärjestelmällisiä tekijöitä ovat**

- lihasjäykkyys (muscle stiffness)

Lihastoiminta jaetaan lihaspituuden muutosten perusteella isometriseen lihastoimintaan, jossa ei synny liikettä ja dynaamiseen lihastoimintaan, jossa syntyy liike. Dynaaminen lihastoiminta jaetaan vielä eksentriseen ja konsentriseen toimintaan, joista ensimmäisessä lihas pitenee ja jälkimmäisessä lihas lyhenee. Suurimman maksimivoiman lihas tuottaa eksentrisessä työssä. Lihaspituus ja nivelkulma vaikuttavat myös huomattavan olennaisesti lihaksen voimantuottoon. Konsentrisessa ja isometrisessä lihastyössä suurin voima tuotetaan sarkomeerin keskipituuksilla, kun taas eksentrisessä lihastyössä suurin voima saavutetaan suurimmilla lihaspituuksilla, johtuen lihasten sidekudoksista. Lihaksen voima-aikariippuvuudella tarkoitetaan lihaksen voimantuoton nopeutta. Voimantuoton nopeuteen vaikuttaa pääosin lihassolujakauma, johon suurimpana vaikuttajana on perimä. Henkilöt joilla on paljon nopeita lihassoluja kykenevät tuottamaan lyhyessä ajassa paljon voimaa. (Mero ym. 2004, 52-58.)

Ihminen saa lisää voimaa käyttöön rekrytoimalla lisää motorisia yksiköitä käyttöön. Motorisista yksiköistä hitaat motoriset yksiköt, eli pienet hermosolut otetaan ensin käyttöön, jonka jälkeen nopeat motoriset yksiköt, eli suuret hermosolut. Erittäin nopeissa eksentrisissä suorituksissa kuitenkin kyetään rekrytoimaan suoraan nopeat motoriset yksiköt. (Mero ym. 2004, 47 - 48).

### 3.7 Kuormittumisen vaikutukset hermo-lihasjärjestelmään ja voimantuotoon

Hermolihasjärjestelmän väsymistä selittävät mekanismit ovat yleisesti varsin heikosti tunnettuja. Parhaiten väsymistä kuvaavana ilmiönä tunnetaan maksimivoiman heikkeneminen. Hermolihasjärjestelmän väsyminen voidaan jakaa sentraaliseen ja perifeeriseen väsymykseen. Sentraalisella väsymyksellä tarkoitetaan keskushermoston väsymystä ja heikentynyttä voimantuoton rekrytointi kykyä. Perifeeristen mekanismien heikkeneminen on sentraalista väsymystä yleisempi syy voimantuoton heikkenemiseen. Käytännössä keskeisimmät väsymyksen aiheuttajat kuormituksessa ovat lihasten energian loppuminen ja happamuuden lisääntyminen. (Mero ym. 2004, 63)

## 4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää viikon kestävän, rakennetulla alueella toteutettavan Jääkärikomppanian joukkokoulutuskauden taisteluharjoituksen fyysistä kuormittavuutta ja vaikutuksia sotilaiden suorituskykyyn. Erityisesti tutkimuksella pyritään selvittämään harjoituksen vaikutusta sotilaiden kehon koostumukseen ja isometriseen maksimivoiman tuottoon. Muita tarkasteltavia kohteita on sydämen autonominen säätely.

### 4.1 Tutkimusongelmat

1. Miten taisteluharjoituksen aiheuttama fyysinen kuormitus vaikuttaa taistelijan voimantuottoon?
2. Miten taisteluharjoituksen aiheuttama fyysinen kuormitus vaikuttaa kehon koostumukseen?
3. Miten taisteluharjoituksen aiheuttama fyysinen kuormitus vaikuttaa sydämen autonomiseen säätelyyn?

### 4.2 Tutkimuksen rajaus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Jääkärikomppanian taistelijoiden fyysistä kuormittumista viiden vuorokauden rakennetun alueen taisteluharjoituksessa ja kuormittumisen aiheuttamia suorituskyvyn muutoksia. Tutkimuksessa tarkastellaan kuormituksen aiheuttamia muutoksia sotilaiden voimantuottoon, kehon antropometriin ominaisuuksiin ja sydämen syketaajuuksiin.

## 5 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 5.1 Koeasetelman ja henkilöstön kuvaus

Tutkimus kohdistui fyysisen kuormittumisen mittaamiseen Jääkärikomppanian joukkokoulutuskauden taisteluharjoituksessa. Tutkimuksella selvitettiin harjoituksen aiheuttamaa kokonaiskuormitusta ja ennen kaikkea sen vaikutuksia kehonkoostumukseen, voimantuottoon sekä sydämen autonomiseen säätelyyn. Tutkimuksessa tarkasteltavat fysiologiset vasteet voidaan jakaa sykkeeseen ja sykevaihteluun, kehon antropometriaan ja isometriseen maksimivoimaan.

Tutkimusjoukko valittiin Kaartin Jääkäriyrykmentin 3. Jääkärikomppaniassa varusmiespalvelustaan suorittavista henkilöistä, jotka toimivat tutkimuksen mittausten ajan sodanajan sijoituksen mukaisissa tehtävissään. Ennen tutkimuksen aloittamista laadittiin tutkimuslupaesitys Kaartin Jääkäriyrykmentin komentajalle ja Maanpuolustuskorkeakoulun eettiselle lautakunnalle, jotka antoivat myöntävän lausunnon tutkimuksen toteuttamiselle. Ennen harjoitusta pidettiin tutkimuksen informaatiotilaisuus tutkimukseen osallistuvalla jääkärijoukkueelle. Tilaisuudessa selvitettiin henkilöiden halukkuutta osallistua tutkimukseen. Yhtä varusmiestä lukuun ottamatta kaikki ilmoittivat olevansa halukkaita osallistumaan tutkimukseen. Koehenkilöt saivat suulliset ohjeet valmistautumisesta mittauksiin ja mittausten toteuttamisesta informaatiotilaisuudessa. Informaatiotilaisuuden lopuksi koehenkilöiksi valitut täyttivät liikunta- ja terveystietokyselyn, jolla kartoitettiin koehenkilöiden liikunnallista taustaa ja arvioitiin heidän fyysistä kuntoaan. Liikunta- ja terveystietokysely on esitelty liitteessä 8.

Tutkimukseen osallistui yhteensä 23 vapaaehtoista koehenkilöä (Taulukko 3.). Koehenkilöt olivat iältään 18 – 26 vuotiaita miehiä ja heidän keski-ikänsä oli 20 vuotta. Koehenkilöt ilmoittivat harrastavansa vaihtelevaa liikuntaa keskimäärin noin neljä tuntia viikossa varusmiespalvelukseen kuuluvan fyysisen- ja liikuntakoulutuksen lisäksi. Liikunnan määrä oli kuitenkin jakautunut varsin epätasaisesti henkilöiden välille. Kolme koehenkilöä ilmoitti, ettei harrasta vapaa-ajan liikuntaa. Joukko oli yksikön tekemän tasoryhmäjaon perusteella kyseisen yksikön jääkärijoukkueista keskimäärin parhaassa fyysisessä kunnossa.



Taulukko 3. Koehenkilöiden kuvaus

Miehet N=23	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	Rasva%	BMI
Keskiarvo	19,8	180,3	75,9	12,8	23,3
Keskihajonta	1,5	7,9	11,0	4,2	2,8
Minimi	18	166	55,7	7,8	18,6
Maksimi	26	198	106,1	21,9	28,2

Tutkimuksen kenttämittaukset aloitettiin Kaartin Jääkärirykmentissä taisteluharjoituksen ensimmäisen päivän aamuna maanantaina 24.5.2010. Taisteluharjoitus toteutettiin pääkaupunkiseudulla 24.5 – 28.5.2010 välisenä aikana. Koehenkilöiltä mitattiin harjoituksen aloituspäivänä ylä- ja alaraajojen sekä vatsa- ja selkälihasten maksimaalinen voimantuotto. Tämän lisäksi kaikilta mitattiin kehon antropometria.

## 5.2 Harjoituksen kuvaus

Kaartin Jääkärirykmentin taisteluharjoitus, jossa kenttämittaukset suoritettiin, oli vuoden 2010 tammikuussa palvelukseen astuneiden varusmiesten joukkokoulutuskauden toinen harjoitus. Harjoitus toteutettiin pääkaupunkiseudulla. Tutkimuksen kohdejoukko toimi harjoituksessa omissa sodan ajan tehtävissään osana jääkärijoukkuetta ja harjoitteli pääasiassa hyökkäystä komppanian osana.

Harjoitus oli kestoaltaan viisi vuorokautta, mutta todellinen kesto mitattavalla joukolla oli noin neljä vuorokautta. Harjoitus alkoi maanantaina 24.5.2010 klo 05.00 alkaen suoritetuilla kenttämittauksilla ja sykepantojen asentamisella ja päättyi perjantaina 28.5.2010 klo 11.00 alkaen suoritettuihin kenttämittauksiin. Sykepannat vaihdettiin joka aamu ja ilta ja kerätty data luettiin ja tallennettiin välittömästi tämän jälkeen. Harjoitus sisälsi yhteensä 10 komppanian päällikön johdolla toteutettua komppanian hyökkäystä, jotka olivat kestoaltaan 2-6 tuntia.

Harjoitus oli kokonaisuutena tehtävien, maaston ja kuormittavuuden osalta tyypillinen Jääkärikomppanian joukkokoulutuskauden taisteluharjoitus. Harjoitusjoukko majoittui teollisuusrakennuksessa ja sai levätä jokaisena yönä keskimäärin noin kuusi tuntia.

### 5.3 Kenttämittaukset

*Antropometria.* Koehenkilöiden kehon koostumuksen mittaamiseen käytettiin In Body 720 mittauslaitetta (Biospace Co. Ltd, Soul, Korea). InBody-laitteissa käytettävä BIA (Bioelectrical Impedance Analysis) menetelmä perustuu pienen sähkövirran johtamiseen kehon läpi ja siten kehon koostumuksen arviointiin. InBody laite on varsin helppokäyttöinen ja luotettava menetelmä kehon koostumuksen mittaamiseen. Laite hyödyntää kahdeksan pisteen kosketuselektrodeja, segmentaalista BIA:ta ja monitaajuus BIA:ta.

Mittaus suoritettiin maanantaina 24.5 klo 05.00 alkaen ja perjantaina 28.5 klo 05.00 alkaen. Koehenkilöille annettiin ennen mittaustapahtumaa suulliset ohjeet olla nauttimatta nestettä ja ruokaa vähintään neljä tuntia ennen mittausta. Lisäksi heitä ohjeistettiin tyhjentämään virtsarakkonsa ennen mittausta. Mittaus suoritettiin siten, että koehenkilöillä oli päällään vain alushousut. Koehenkilöt seisoivat InBody laitteessa paljain jaloin ja pitivät kädet vartalon sivuilla suorana ja irti vartalosta. Koehenkilöiden pituutta ei mitattu, vaan käytettiin heidän itsensä ilmoittamaa pituutta. Kehonkoostumuksen mittaus tapahtuma kesti noin minuutin jokaisen henkilön kohdalla ja testaajana toimi kaikissa mittauksissa sama henkilö.

*Voiman mittaukset.* Voimadynamometreja käytetään maksimaalisen isometrisen voimantuoton mittaamiseen. Isometrinen maksimivoima mitattaessa testattavalla on pyrkimyksenään tuottaa mahdollisimman paljon voimaa liikkumatonta kohdetta vastaan. Testit mahdollistavat tarkasti tietyn lihaksen tai lihasryhmän maksimivoiman mittaamisen sekä mahdollistavat halutun nivelkulman käytön. Isometriset maksimivoimatestit ovat helposti toistettavia ja turvallisia, eivätkä vaadi testattavalta erityistä taitoa. (Ahtiainen & Häkkinen 2004, 138-139.)

Tutkimusjoukon maksimivoimaominaisuudet mitattiin harjoituksen alussa ja lopussa Kaartin Jääkäriyrykmentin tiloissa. Testaukset suorittivat samat henkilöt. Ennen ensimmäistä testaus tapahtumaa suoritukset opetettiin ja harjoiteltiin. Alkumittauksien yhteydessä kirjattiin ylös jokaisen koehenkilön käyttämät henkilökohtaiset asetukset mittalaitteissa, jotta testitapahtuma oli samanlainen myös loppumittauksessa. Henkilöiltä mitattiin ala- ja yläraajojen maksimaalinen voimantuotto voimadynamometrilaitteilla (Kuva 6.) (Testiasema, Hämeen Rykmentti).



Kuva 6. Alaraajojen isometrisen maksimivoiman mittaus

Alaraajojen voimantuottoa mitattaessa käytetty polvikulma oli  $117^{\circ}$ . Suorituksessa selkä pidettiin tukevasti selkänöjaa vasten ja käsillä pidettiin kiinni laitteen ulkoreunoilla olevista kahvoista. Jalkapohjat pidettiin kiinni edessä olevassa mittalevyssä, johon kohdistettiin maksimaalinen voimantuotto mittahenkilön käskemällä hetkellä. Koehenkilöt suorittivat mittauksen molempina testipäivinä kolme kertaa, joista paras tulos huomioitiin. Koehenkilöiden maksimaalinen voimantuotto ilmoitettiin Newtonina, (N).

Yläraajojen maksimaalisen isometrisen voimantuoton mittaamiseen käytettiin samaa laitetta, kuin alaraajoja mitattaessa (Kuva 7.) Mittaustilanteessa koehenkilöt istuivat penkillä selkä tukevasti selkänöjaa vasten painettuna ja jalkapohjat maassa. Kyynärnivel asetettiin  $90^{\circ}$  kulmaan. Jokaiselle henkilölle säädettiin ja vakioitiin oteleveys ja tangon korkeus erikseen. Koehenkilö suoritti mittauksen kohdistamalla työntämällä edessään olevaa tankoa maksimaalisella voimalla mittahenkilön käskemällä hetkellä. Mittaus suoritettiin molempina testipäivinä kolme kertaa ja voimantuotto ilmoitettiin Newtonina, (N).



Kuva 7. Yläraajojen isometrisen maksimivoiman mittaus

Selkälihasten maksimivoimaa mitattiin ojentamalla vartaloa taaksepäin dynamometrissa (Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto). (Kuva 8). Koehenkilö nojasi tukevasti koko vartalollaan laitteen tukiin ja vyötäröllä oleva tuki kiristettiin siten, että testattava ei pysty liikkumaan laitteessa. Käsivarret pidettiin vapaasti vartalon sivuilla. Koehenkilö painoi mittahenkilön kehotuksesta maksimaalisesti hartioilla selkäpuolella olevaa lautaa taaksepäin pitäen kädet vartalon sivuilla ja jalat paikallaan koko suorituksen ajan. Mittaus suoritettiin molempina testipäivinä kolme kertaa ja voimantuotto ilmoitettiin Newtonina, (N).

Vatsalihasten maksimivoima mitattiin samalla laitteella. Vatsalihasten voimantuottoa mitattaessa koehenkilö lauta, jota vasten voima kohdistettiin, asetettiin solisluiden ja miekkalisäkkeen väliselle korkeudelle. Kädet pidettiin suorituksen aikana vapaasti roikkumassa vartalon sivuilla ja jalat tukevasti maassa. Koehenkilö koukisti mittahenkilön kehotuksesta vartaloon maksimaalisesti voimalautaa vasten. Mittaus suoritettiin molempina testipäivinä kolme kertaa ja voimantuotto ilmoitettiin Newtonina, (N).



Kuva 8. Vartalon isometrinen ojennus

Alaraajojen räjähtävänvoimantuottoa voidaan mitata erilaisilla ylöspäin suuntautuvilla (vertikaali) hyppytesteillä. Yleisesti käytettyjä hyppytestejä ovat kevennyshyppy (KH, counter movement jump) ja staattinen hyppy (SH, static jump). Hyppykorkeutta mitattaessa käytetään yleisesti kontaktimattoa, joka mittaa kehon painopisteen lentoaikaa ja laskee automaattisesti nousukorkeuden. Kontaktimattoa käytettäessä on tärkeää huomioida alastuloasento, jotta mitavirheet saadaan minimoitua. Staattisen hypyn nousukorkeus mittaa konsentrista voimantuotokykyä. Kevennyshypyssä tulokseen vaikuttaa konsentrisen voimantuoton lisäksi hermolihaskäytön kyky hyödyntää eksentrisen vaiheen esivenytystä. Vertikaalihinnyttötestejä voidaan suorittaa myös erilaisia lisäpainoja käyttäen, jolloin niillä mitataan reisilihasten supistuvien komponenttien kykyä tuottaa konsentrisesti räjähtävää voimaa ulkopuolista vastusta vastaan. (Kyröläinen 2004, 151 – 156.)

Tässä tutkimuksessa suoritettiin kolmenlaisia vertikaalisia hyppytestejä. Hypyt olivat esikevennetty hyppy, staattinen hyppy ja taisteluvälikäytössä suoritettu hyppy. Hyppytestit suoritettiin kontaktimatolla (Newtest Powertimer, Newtest Oy, Oulu, Finland), joka laskee hypyn nousukorkeuden (cm) lentoajan perusteella. Staattinen hyppy (Kuva 9.) aloitettiin laskeutumisella 90° polvikulmaan. Kätet pidettiin vyötäröllä estämässä ”vauhdinotto” suoritukseen. Ala-asentoon laskeutuminen ja hyppy suoritettiin mittahenkilön kehotuksesta ja alastulo tapahtui suorin jaloin. Esikevennetyn hypyn suorittaminen aloitettiin pystyasennosta suorilta jaloilta. Kevennyshyppy mahdollisti eksentrisen vaiheen esivenytyksen hyödyntämisen, suorituksen ollessa yhtäjaksoinen laskeutuminen alas ja sieltä ponnistus ylös. Suoritus aloitettiin mittahenkilön kehotuksesta ja suoritusperiaate oli muilta osin samanlainen kuin staattisessa hypyssä. Kolmas hyppyvariaatio oli taisteluvälikäytössä suoritettu esikevennetty hyppy. Taisteluvälikäyttö toi koehenkilöille lisätaakkaa keskimäärin noin 30 kg. Suoritustekniikka oli sama kuin aiemmin suoritettussa kevennyshypyssä, ainoana poikkeuksena käsien paikka. Kätet pidettiin suorituksen ajan aseensa kahvalla ja käden suojuksella. Tässäkään hypyssä ei sallittu vauhdinottoa käsillä. Kaikki hyppytestit suoritettiin molemmilla mittauskerroilla kolme kertaa ja paras tulos huomioitiin.



Kuva 9. Hyppytesti kontaktimatolla

*Sykemittaukset.* Koko harjoituksen ajan suoritettiin syke-seuranta. Syke-dataa kerättiin erikseen päivämittauksina ja yömittauksina. Päivämittausten ajat olivat kestoiltaan keskimäärin noin 16 tuntia ja yömittaukset noin kahdeksan tuntia. Yömittausten aikana koehenkilöillä oli pääosin mahdollisuus lepoon, joskin satunnaiset vartiovuorot lyhensivät lepoaikaa yksittäisten henkilöiden osalta.

Erilaisten sykemittareiden käyttö kestävyystesteissä ja kuormituksen mittaamisessa on yleistynyt. Mittarit ovat helppokäyttöisiä ja soveltuvat hyvin isoillekin ryhmille, eivätkä edellytä suuria valmisteluita. Tässä tutkimuksessa käytettiin sykkeeseen perustuviin mittauksiin Firstbeat BODYGUARD mittalaitteita (Kuva 10) (Firstbeat Technologies Oy, Jyväskylä, Suomi). Laite kiinnitetään iholle kahdesta pisteestä ja se on kevyt ja helppokäyttöinen. Laite mahdollistaa jopa 5-6 vuorokauden yhtäjaksoiset mittaukset. Syketiedot tallentuvat mittarin muistiin, josta ne voidaan myöhemmin lukea ja purkaa tietokoneelle.



Kuva 10. Firstbeat BODYGUARD mittalaite

Syketietojen analysoimiseen käytettiin Firstbeat hyvinvointianalyysia (Firstbeat Technologies Oy, Jyväskylä, Suomi). Hyvinvointianalyysi ohjelma on helppokäyttöinen ja soveltuu hyvin esimerkiksi työn kuormittavuuden, energian kulutuksen ja stressitason mittaamiseen. Analyysi perustuu sydämen sykeanalyysiin, kuten sykkeeseen ja sykevaihteluun, joihin kuormitus ja stressi vaikuttavat. Sykevaihtelua kuvaava RMSSD indeksi kuvaa parasympaattisen hermoston aktiivisuutta. Kuormituksessa ja stressitilassa sykevaihtelu vähenee ja palautumisen aikana se lisääntyy. (Task Force, 1996) Hyvinvointianalyysi tuottaa sykedataan perustuvat pdf -raportit, jotka ilmentävät muun muassa harjoitusvaikutusta, energian kulutusta, voimavaroja ja stressireaktioiden määrää. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin raporteista ennen kaikkea keskisykkeitä, sykevaihtelua kuvaavaa RMSSD:tä ja voimavaroja.

Syketietoja kerättiin erikseen päivä- ja yömittauksilla. Päivämittarit asennettiin aamupalan yhteydessä ennen päivän taisteluiden alkamista ja yömittarit ennen nukkumaan menoa. Molempien tiedot purettiin välittömästi mittareiden keräämisen jälkeen tietokoneelle. Mittausvirheitä ja häiriöitä esiintyi jonkin ja ne painoutuivat päivämittauksiin.

*Ravinto ja lepo.* Koehenkilöt ravinnon nauttimista ei rajoitettu harjoituksessa. Koehenkilöt saivat syödä harjoituksessa omia ruokiaan puolustusvoimien tarjoamien aamupalan, lounaan, päivällisen ja iltapalan lisäksi. Koehenkilöt majoittuivat harjoituksessa teollisuuskiinteistössä ja nukkuivat keskimäärin noin kuusi tuntia yössä.

#### 5.4 Tulosten käsittely ja tilastolliset analyysimenetelmät

Tässä tutkimuksessa koehenkilöille annettiin tutkimuksen alussa niin sanotut taistelijanumerot, joiden perusteella kaikki kyseisen henkilön tiedot tallennettiin tutkimuksen edetessä. Voimamittausten osalta koehenkilöiden tutkimustulokset kirjattiin mittauspaikalla suorituksen yhteydessä tiedonkeruulomakkeille. Tiedonkeruulomakkeilta tulokset siirrettiin tutkimus datalle luotuaun Microsoft Excel –taulukkoon koehenkilön nimen ja taistelijanumeron perusteella.

Kehonkoostumuksen mittaukset suoritettiin InBody 720 laitteella, josta saatiin tulostettua suoraan kehon koostumusanalyysi. Kehonkoostumusanalyysistä siirrettiin tarvittavat tiedot joko koehenkilön osalta käytössä olevaan Excel – taulukkoon. Sykedatan keräämiseen käytettiin Firstbeat Bodyguard mittareita. Data purettiin tietokoneelle kaksi kertaa vuorokaudessa ja siitä laadittiin Hyvinvointianalyysillä pdf – muotoiset raportit.



Hyvinvointianalyysin tiedoista tutkimuksessa käytettiin sykettä (krt / min), sykevaihtelua kuvaavaa RMSSD indeksiä sekä voimavaratasapainoa. Edellä mainitut tiedot syötettiin tutkimuksen Excel – taulukkoon. Hyvinvointianalyysi käytti laskentaparametreina koehenkilöiden lepo- ja maksimisykkeitä, kehon painoa sekä taustatietoihin perustuvaa laitteen antamaa arviota maksimihapenottokykyä.

Harjoituksessa mitattu tutkimusdata siirrettiin Microsoft Excel -taulukosta IBM<sup>®</sup> SPSS<sup>®</sup> Statistics (version 19.0.0) –ohjelmaan Jyväskylän Yliopistolla, jossa myös tietojen analysointi tapahtui.

Voima-, hyppy-, ja kehonkoostumusmittauksissa ei puutteita ollut, mutta sykemittauksissa mittaushäiriöt tai mittarin irtoamiset aiheuttivat muutamia puutteita mittaustuloksissa yksittäisten henkilöiden osalta. SPSS ohjelma suodatti automaattisesti puutteelliset tulokset pois mittaustuloksista.

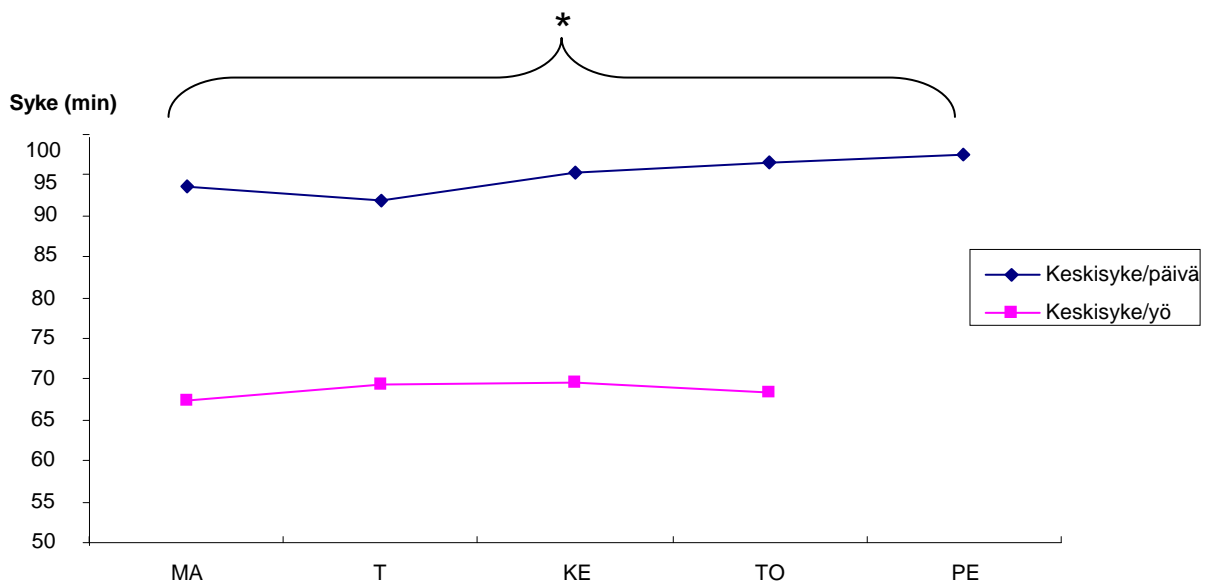
Kehonkoostumusmittauksille ja voimamittauksille muodostettiin keskiarvot ja keskihajonnat alku- ja loppumittausten osalta. Tämän jälkeen tuloksille suoritettiin riippuvien otosten t – testi. Alaraajojen voimamittauksille suoritettiin lisäksi ln - muunnos ennen riippuvien otosten t – testin suorittamista. Muutos mittausten välillä katsottiin merkitseväksi, mikäli  $p < 0.05$ .

Sykkeestä analysoitavia tietoja olivat keskiarvosykkeet, sykevaihtelua kuvaava RMSSD indeksi ja voimavaratasapainon keskiarvo. Näiden tulosten osalta vertaamiseen käytettiin toisomittausten varianssianalyysia (ANOVA), jossa suoritettiin parivertailu eri päivien ja öiden osalta.

## 6 TULOKSET

### 6.1 Sykeseuranta

Sydämen syketaajuuksissa havaittiin muutoksia harjoituksen aikana (Kuva 11.). Keskisykkeen havaittiin nousevan hieman harjoituksen edetessä. Koehenkilöiden sydämen sykekeskiarvot (min) olivat päivämittausten osalta seuraavat: päivä 1.  $93.8 \pm 9.1$  lyöntiä, päivä 2.  $92.0 \pm 9.2$  lyöntiä, päivä 3.  $95.4 \pm 9.5$ , päivä 4.  $96.6 \pm 11.4$ , päivä 5.  $97.5 \pm 9.4$ . Tarkasteltaessa esimerkiksi ensimmäisen ja viimeisen harjoituspäivän välisiä muutoksia keskiarvosykkeessä, on nousu selvästi havaittavissa ( $p=0.049$ ) ( $N=20$ ).

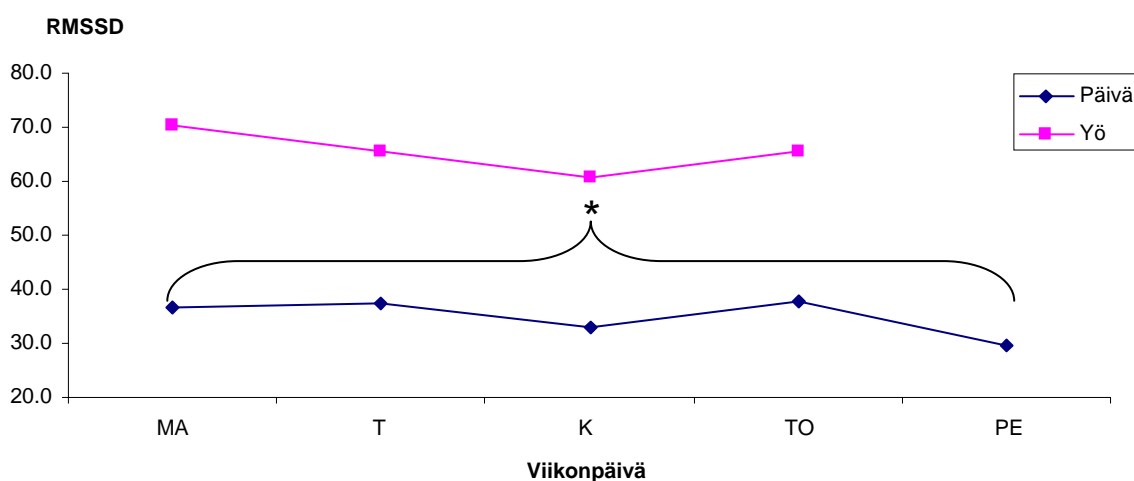


Kuva 11. Sydämen keskimääräinen syke harjoituksen aikana.

Yömittauksissa sykekeskiarvot olivat seuraavat: yö1.  $67.4 \pm 5.3$ , yö2  $69.4 \pm 7.5$ , yö3  $69.7 \pm 6.6$  ja yö 4  $68.5 \pm 6.3$ . ( $p=0.017$ ), ( $N=20$ ). Yösykkeiden osalta merkitseviä muutoksia harjoituksen edetessä ei löytynyt.

Sykevaihtelua kuvaavassa RMSSD indeksissä tapahtui merkitsevä muutos viimeisenä harjoituspäivänä. (Kuva 12.) RMSSD keskiarvot olivat päivien osalta seuraavat: 1. päivä  $37 \pm 15$  (n=20), 2. päivä  $37 \pm 14$  (n=19), 3. päivä  $33 \pm 13$  (n=18), 4. päivä  $38 \pm 18$  (n=16), 5. päivä  $30 \pm 12$  (n=20) ja öiden osalta: 1. yö  $70 \pm 24$  (n=20), 2. yö  $66 \pm 28$  (n= 19), 3. yö  $61 \pm 24$  (n=20), 4. yö  $66 \pm 27$  (n=20).

Eroa harjoituspäivien välillä löytyi seuraavasti: sykevaihtelu väheni merkitsevästi 1. ja 5 päivän (0.041), 2. ja 3. päivän (0.021) ja 2. ja 5. päivän välillä (0.050), (p=0.001), (n=20). Yömittauksissa havaittiin viimeiseen yöhön asti sykevaihtelun alenemista, mutta merkitseviä muutoksia ei tapahtunut. Yksilölliset erot RMSSD indeksissä olivat erittäin suuria koko harjoituksen ajan.

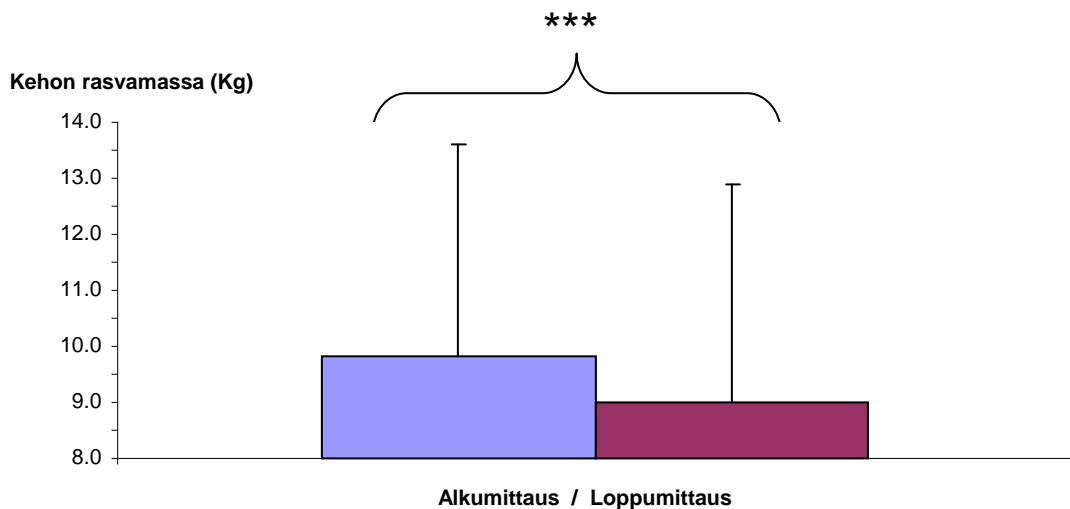


Kuva 12. RMSSD:n muutokset harjoituksen aikana,

## 6.2 Kehonkoostumus

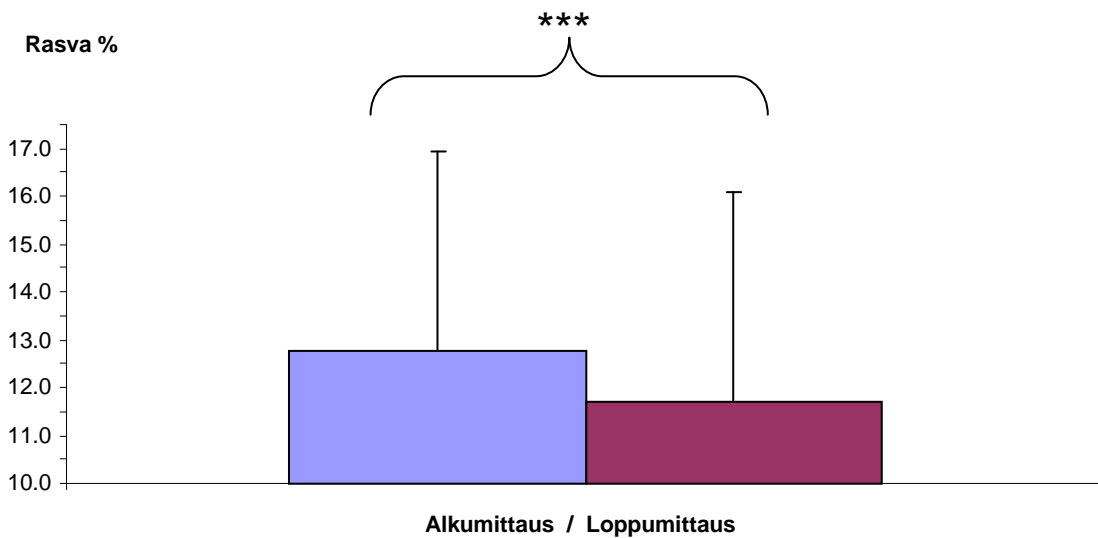
Alkumittauksessa koehenkilöiden keskimääräinen paino oli  $75.9 \pm 11.0$  kg ja harjoituksen loppussa  $76.0 \pm 10.7$  kg. Kehon painossa ei tapahtunut merkitseviä muutoksia.

Henkilöiden kehon koostumuksessa rasvamassan osalta tapahtui erittäin merkitsevä aleneminen harjoituksen alku- ja loppumittauksen välillä. Alkumittauksessa koehenkilöiden rasvamassa (Kuva 13.) oli keskimäärin  $9.8 \pm 3.8$  kg ja loppussa  $9.0 \pm 3.9$  kg (p<0.01).



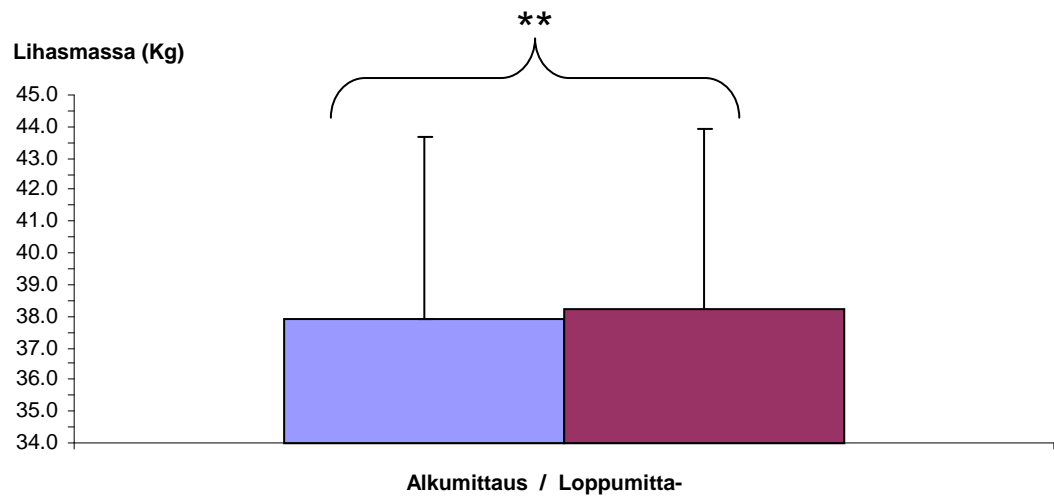
Kuva 13. Rasvamassan muutos mittausten välillä, \*\*\*  $p < 0.01$ .

Rasvamassan pienentyessä tapahtui samalla erittäin merkitsevä aleneminen myös koehenkilöiden rasvaprosentissa (Kuva 14). Alkumittauksessa rasvaprosentti  $12.8 \pm 4.2$  % ja lopussa  $11.7 \pm 4.4$  % ( $p < 0.01$ ).



Kuva 14 Rasvaprosentin muutos mittausten välillä, \*\*\*  $p < 0.01$ .

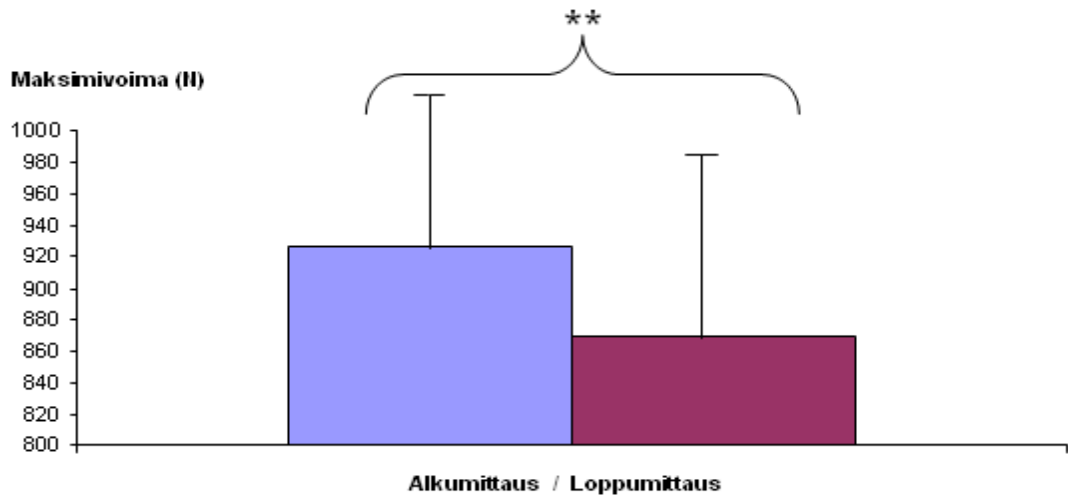
Koehenkilöiden lihasmassassa tapahtui merkitsevä lihasmassan lisääntyminen alku- ja loppumittausten välillä. (Kuva 15.) Lihasmassa oli ennen harjoitusta keskimäärin  $37.9 \pm 5.7$  kg ja loppumittauksessa  $38.2 \pm 5.7$  kg ( $p=0.030$ ).



Kuva 15. Lihasmassan muutos mittausten välillä, \*\*  $p=0.030$ .

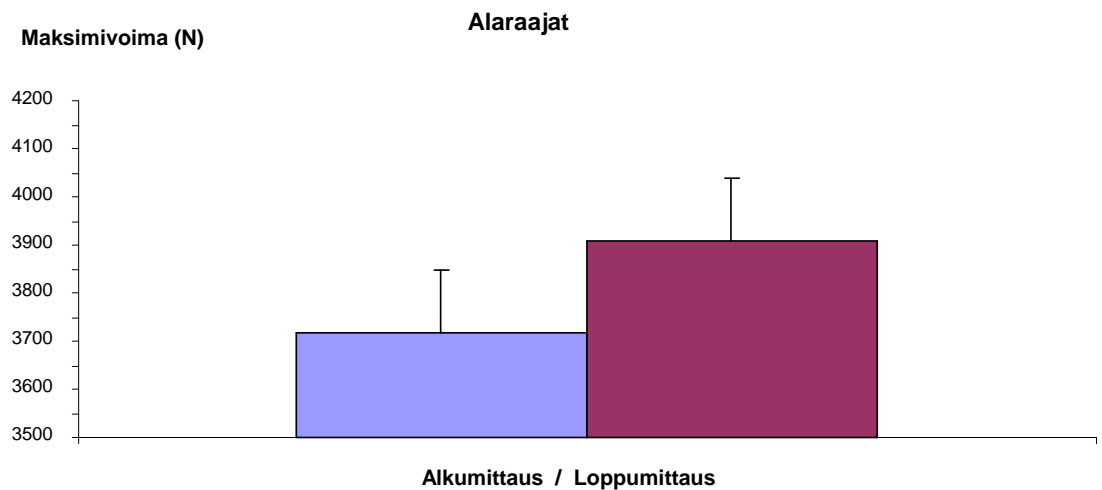
### 6.3 Muutokset voimaominaisuuksissa

Yläraajojen maksimaalisen voimantuotto aleni merkitsevästi alku- ja loppumittausten välillä. (Kuva 16.) Alkumittauksessa yläraajojen isometrinen maksimivoimantuotto oli  $926 \pm 184$  N ja loppumittauksessa vastaava luku oli  $869 \pm 223$  N, ( $p = 0.005$ ).



Kuva 16. Yläraajojen isometrinen maksimivoima, \*\*  $p=0.005$

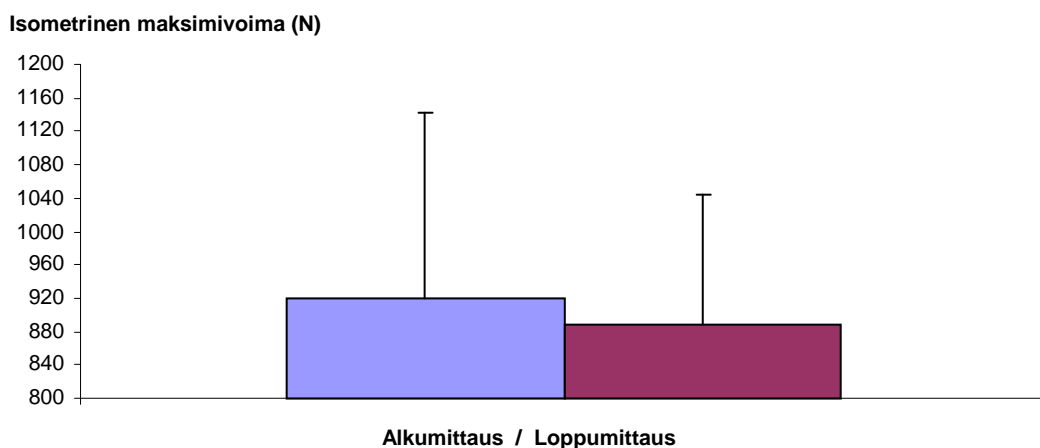
Alaraajojen isometrisessä maksimivoimassa (Kuva 17.) alku- ja loppumittausten välillä keskimääräinen alaraajojen maksimivoima kasvoi, mutta voiman kasvu ei ollut merkitsevää. Alkumittaus  $3718 \pm 1150$  N ja loppumittaus  $3907 \pm 1313$  N, ( $p = 0.137$ )



Kuva 17. Alaraajojen isometrinen maksimivoima

Vatsalihasten keskimääräisessä maksimivoiman tuotossa tapahtui lievää alenemista alku- ja loppumittausten välillä, mutta aleneminen ei ollut tilastollisesti merkitsevää. (Kuva 18. ).

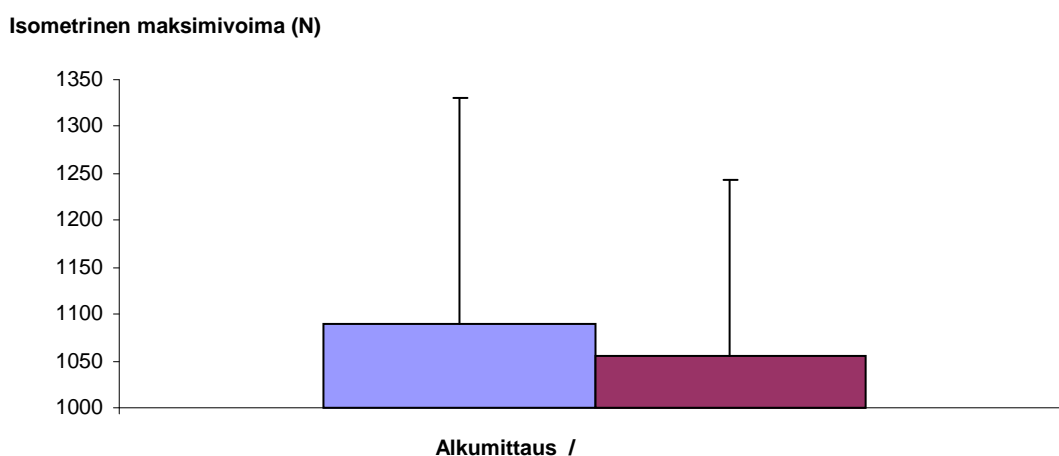
Alkumittauksessa vatsalihasten isometrinen maksimivoima oli keskimäärin  $920 \pm 221$  N ja loppumittauksessa  $888 \pm 157$  N, ( $p = 0.307$ ).



Kuva 18. Vatsalihasten isometrinen maksimivoima

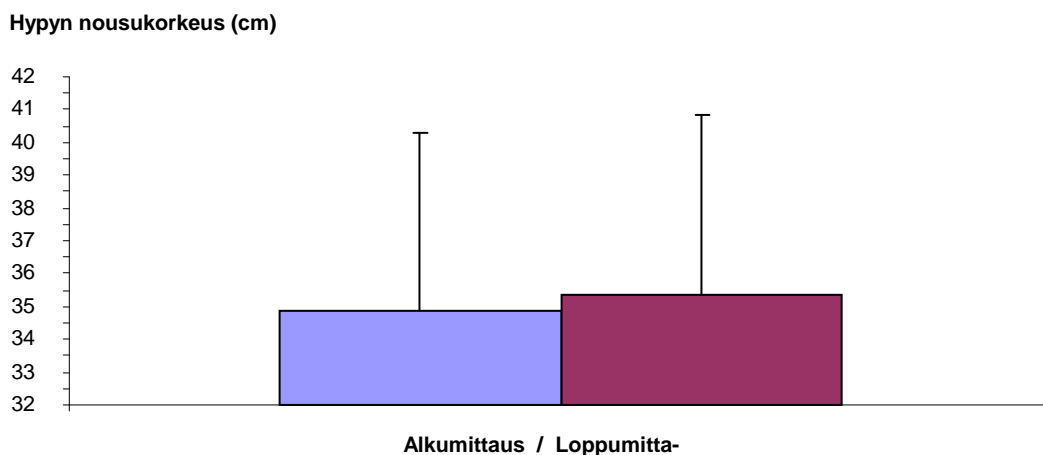
Selkälihasten keskimääräisessä maksimivoimantuotossa tapahtui myös lievää alenemista alku- ja loppumittausten välillä, mutta aleneminen ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Kuva

19.) Alkumittauksen keskiarvo oli  $1088 \pm 243$  N ja loppumittauksen keskiarvo  $1057 \pm 187$  N, ( $p = 0.446$ ).



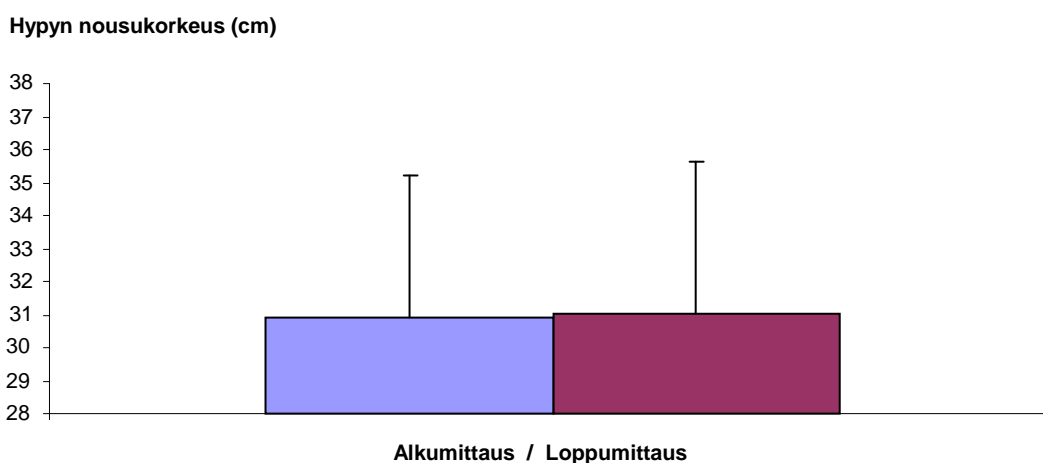
Kuva 19. Selkälihasten isometrinen maksimivoima

Esikevennetyssä hyppyssä ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta mittausten välillä. Alkumittauksen keskimääräinen nousukorkeus (cm) oli  $34.9 \pm 5.4$  cm ja loppumittauksen keskimääräinen nousukorkeus  $35.4 \pm 5.5$  cm, ( $p = 0,311$ ). (Kuva 20.)



Kuva 20. Esikevennetty hyppytesti

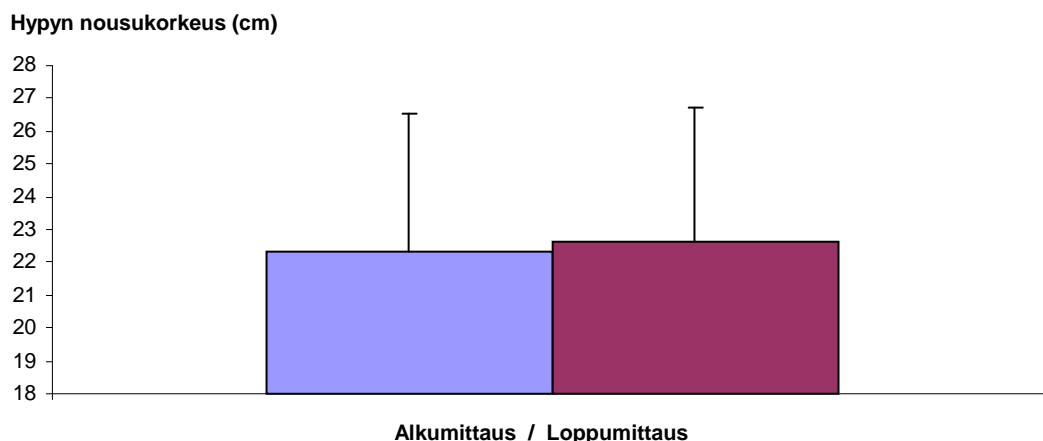
Staattisessa hyppyssä (Kuva 21.) alkumittauksen keskimääräinen nousukorkeus (cm) oli  $31.0 \pm 4.3$  cm ja loppumittauksen  $31.1 \pm 4.6$  cm ( $p=0,817$ ), joten tilastollisesti merkitsevää muutosta ei tapahtunut mittausten välillä.



Kuva 21. Staattinen hyppy

Taisteluvälikäytössä suoritettussa esikevennetyssä hyppyssä (Kuva 22.) keskimääräinen nousukorkeus (cm) oli alkumittauksessa  $22.4 \pm 4.2$  cm ja loppumittauksessa  $22.6 \pm 4.1$  cm, ( $p=0,625$ ). Tilastollisesti merkitsevää muutosta mittausten välillä ei tapahtunut.





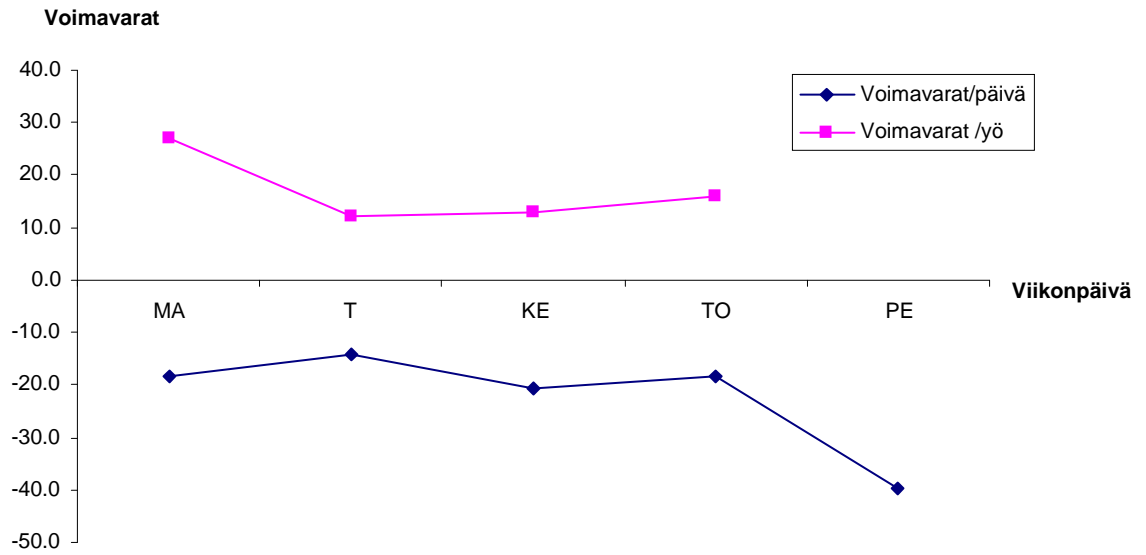
Kuva 22. Hyppy taisteluvälikäytössä

Kaikissa kolmessa hyppytestissä tapahtui lievää paranemista alkumittauksesta loppumittaukseen vaikkakaan merkitseviä eroja ei löytynyt.

#### 6.4 Kokonaiskuormitus

Kokonaiskuormitusta tarkasteltiin Firstbeat ohjelman voimavarasapainon avulla (Kuva 23.) Ohjelmiston voimavarasapainon asteikko on -100 – 100. Asteikkoa tulkittaessa alhainen voimavara lukema kertoo elimistön kuormittuneesta tai stressaantuneesta tilasta.

Kuvaajat on saatu erillisinä suoritetuista päivä- ja yömittauksista. Keskimääräinen voimavarasapaino oli päivien osalta seuraava: 1 päivä  $-18 \pm 18$ , 2. päivä  $-14 \pm 20$ , 3. päivä  $-21 \pm 18$ , 4. päivä  $-18 \pm 22$  ja 5. päivä  $-40 \pm 20$  ja öiden osalta 1. yö  $27 \pm 23$ , 2. yö  $12 \pm 44$ , 3. yö  $13 \pm 37$  ja 4. yö  $16 \pm 49$ . Yömittausten osalta keskimääräiset voimavarat laskivat selvästi ensimmäisen yön jälkeen, eivätkä palautuneet enää alkuperäiselle tasolle. Päivämittausten perusteella on nähtävissä selkeä voimavarojen aleneminen viimeisenä harjoituspäivänä. Yksilölliset erot voimavaroissa olivat erittäin suuria. Voimavarasapainoille ei suoritettu tilastollista analyysiä.



Kuva 23. Firstbeat hyvinvointianalysohjelmasta saatu keskimääräinen voimavaratasapaino harjoituksessa

## 7 POHDINTA

Tutkimuksessa selvitettiin Jääkärikomppanian viiden vuorokauden taisteluharjoituksen fyysistä kuormittavuutta ja vaikutuksia suorituskykyyn. Tutkimuskysymysten mukaisesti tarkastelu keskitettiin käsittelemään kehon koostumuksessa, voimantuotto-ominaisuuksissa ja sydämen autonomisessa säätelyssä tapahtuvia muutoksia.

Tutkimus osoittaa, että viiden vuorokauden taisteluharjoitus saa aikaan kuormitusfysiologisia vasteita sotilaille. Tutkimuskysymysten kautta lähestyttäessä suurimmat vaikutukset taisteluharjoituksella on kehon koostumukselle. Tätä voidaan keskimääräisesti pitää positiivisena muutoksena, koska kehon paino säilyi harjoituksessa ennallaan, mutta rasvamassa väheni ja lihassmassa vastaavasti lisääntyi. Kokonaisuutena viiden vuorokauden taisteluharjoitus ei vaikuttanut koehenkilöiden suorituskykyyn ratkaisevasti. Tässä luvussa käsitellään taisteluharjoituksen vaikutuksia tutkimuskysymysten mukaisiin vasteisiin.

### 7.1 Muutokset kehon koostumuksessa

Tutkimuksen päälöydöksenä voidaan pitää positiivisia muutoksia koehenkilöiden kehon koostumuksessa. Koehenkilöiden kehon paino oli ennen harjoitusta keskimäärin  $75.9 \pm 11.0$  kg ja harjoituksen lopussa  $76.0 \pm 10.7$  kg, joten siinä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia. Samanaikaisesti kuitenkin koehenkilöiden kehon rasvamassa väheni erittäin merkitsevästi (alkumittaus:  $9,8 \pm 3,8$ , loppumittaus:  $9,0 \pm 3,9$ ,  $p < 0.001$ ) ja rasvaprosentti pieneni erittäin merkitsevästi (alkumittaus:  $12,8 \pm 4,2$ , loppumittaus:  $11,7 \pm 4,4$ ,  $p < 0.001$ ).

Yksilöllisesti tarkasteltaessa muutoksia rasvamassassa ja rasvaprosentissa, voidaan havaita, että muutokset ovat erityisen positiivisia niillä henkilöillä joilla kehon rasvamassa on ennen harjoitusta ollut suuri. Vastaavasti sellaisilla koehenkilöillä, joiden rasvamassa on ennen harjoitusta ollut alhainen, ei muutoksia juurikaan ole havaittavissa tai muutokset saattavat olla jopa negatiivisia. Vastaavanlaisia tuloksia on saatu myös aiemmista pidemmän aikavälin tutkimuksista. (mm. Lester ym 2010; Mikkola ym. 2009; Sharp ym. 2008)

Yllättävänä muutoksena voidaan pitää sitä, että vaikka koehenkilöiden kehon paino on alentunut taisteluharjoituksen alkumittauksen ja loppumittauksen välillä on heidän keskimääräinen lihasmassansa lisääntynyt merkitsevästi. Koehenkilöiden keskimääräinen lihasmassa lisääntyi harjoituksen aikana (alkumittaus:  $37,9 \pm 5,7$ , loppumittaus:  $38,2 \pm 5,7$ ,  $p=0.030$ ). Tätä voidaan pitää positiivisena, ja myös varsin yllättävänä muutoksena, koska samanaikaisesti kehon rasvamassa väheni.

Rasvamassan väheneminen on selitettävissä harjoituksen aiheuttamalla erittäin suurella energiankulutuksella. Matalatehoisessa ja pitkäkestoisessa kuormituksessa elimistö käyttää rasvoja energianlähteeksi kuormituksen aikana. (Mero 2004, 199). Koehenkilöt kantoivat harjoituksessa pääosan vuorokaudesta vähintään noin 30 kilogrammaa painavaa taisteluvälineistöä päällään. Harjoitus sisälsi paljon fyysistä aktiivisuutta ja aiheutti koehenkilöille energiavajetta, vaikka energiansaantia ei ollut rajoitettu. Positiivisena voidaan pitää sitä, että energiavaje sai aikaan alenemista nimenomaan rasvamassassa, joka johtunee siitä, että harjoituksessa toimittiin pääosin matalilla sykealueilla ja kuormitus oli näin ollen aerobisella tasolla. Tällöin elimistön rasvavarastoja on kyetty hyödyntämään tehokkaasti energianlähteinä.

Tutkimuksen luotettavuutta olisi lisännyt, jos koehenkilöiden nauttima ravinto ja sen energiasisältö olisi ollut tarkasti tiedossa. Tämä olisi kuitenkin edellyttänyt esimerkiksi kaksoisleimattun veden käyttämistä ja aiheuttanut merkittäviä kustannuksia. Koehenkilöiden kehonkoostumus olisi ollut hyvä mitata myös muutama päivä harjoituksen jälkeen, jolloin olisi voitu todentaa ovatko harjoituksessa tapahtuneet muutokset pysyviä.

## 7.2 Muutokset maksimivoiman tuotossa

Voimaominaisuuksien muutoksia tarkasteltaessa löytyi tilastollisesti merkitsevä alenema ylävartalon isometrisestä voimantuotossa (alkumittaus:  $92.6 \pm 18.4$ , loppumittaus:  $86.9 \pm 22.3$ ,  $p=0.005$ ). Alaraajojen isometrisessä maksimivoimantuotossa ei tapahtunut merkitseviä muutoksia.

Yläraajojen voimantuoton aleneminen selittyy pitkään jatkuneella kuormituksella ja ennen kaikkea sillä, että sotilaat olivat lähes koko harjoituksen ajan raskas noin 30 kilogrammaa painava taisteluväline puettuna ja joutuivat tekemään ylävartaloa kuormittavia suorituksia. Näin ollen ylävartalon kuormittuminen on lisääntynyt huomattavan paljon verrattuna arkipäiväiseen toimintaan. Yllättävää on, että harjoituksella ei todettu olleen merkittävää vaikutusta alaraajojen maksimaaliseen voimantuottoon, vaikka harjoituksessa toteutetut hyökkäykset sisälsivät paljon jalan tehtyjä siirtymiä ja ponnisteluja. Rasituksen olisi voinut olettaa vaikuttavan alentavasti alaraajojen perifeeristen mekanismien toimintaa. (Mero ym. 2004, 63). Ilmeisesti lihasten energiavarastot säilyivät riittävinä, eikä liiallista happamoitumista tapahtunut. Pidempikestoisena kuormituksen aiheuttama lihasväsymys olisi oletettavasti näkynyt heikentyneenä maksimivoimantuottona myös alaraajoissa.

Pitkään jatkuvissa sotilastehtävissä ylävartalon voimantuotto ominaisuudet ovat muuttuneet eri tutkimusten mukaisesti osittain ristiriitaisestikin. Esimerkiksi Sharp ym. 2008 selvittivät yhdeksän kuukauden Afganistanin palveluksen vaikutuksia kehon koostumukseen ja fyysiseen suorituskyykyyn. Tutkimuksen mukaan Yhdysvaltalaisotilaiden ylävartalon voimantuotto heikkeni alkumittauksen ja loppumittauksen välillä. Vastaavasti Lesterin ym. 2010 tutkiessa 13 kuukauden Irakin palveluksen aikaansaamia muutoksia kehon koostumuksessa ja fyysisessä suorituskyykyssä, havaittiin ylävartalon voimantuoton parantuneen alkumittauksesta loppumittaukseen. Näitä tutkimuksia tarkasteltaessa tulee luonnollisesti huomioida millaisissa olosuhteissa operaatiossa on toimittu, millainen on ollut sotilaiden lähtötaso ja ovatko tehtävät mahdollistaneet aktiivisen fyysisen harjoittelun sotilastehtävien ohessa. Lähes poikkeuksetta pääosin aerobista aktiivisuutta vaativat sotilastehtävät heikentävät taistelijoiden maksimaalista voimantuottoa mikäli muuta voimaharjoittelua ei toteuteta.

Santtila (2010, 74) korostaa tutkimuksessaan voimaharjoittelun merkitystä ja peräänkuuluttaa sen lisäämistä sotilaskoulutukseen. Voimaominaisuuksien merkitys taistelukentällä korostuu ja ilman erillistä voimaharjoittelua ominaisuudet myös heikkenevät nopeasti. Tutkimuksen mukaan lisätty voimaharjoittelu yhdistettynä aerobiseen harjoitteluun ei myöskään vaikuta heikentävästi kestävyyskunnan kehittämiseen.

### 7.3 Muutokset hyppytesteissä

Hyppytesteillä selvitettiin taisteluharjoituksen vaikutuksia jalkojen räjähtävän voiman tuottoon. Hyppytesteinä suoritettiin esikevennetty hyppy, staattinen hyppy ja hyppy taisteluvartuksessa. Missään näistä kolmesta testistä ei havaittu merkitseviä muutoksia.

Eräänä keskeisenä tekijänä tulosten muuttumattomuudelle voi olla suoritustekniikoiden oppiminen alkumittauksen ja loppumittauksen välillä. Esimerkiksi esikevennetyssä hypyssä alkumittauksissa 35 % koehenkilöistä hyppäsi <32 cm, kun taas loppumittauksissa vain 17 % koehenkilöistä hyppäsi <32 cm.

Fysiologisena selityksenä sille, että hyppytestien tulokset pysyivät tilastollisesti muuttumattomina, voidaan tarkastella myös kehon rasvamassan alenemista ja lihasmassan lisääntymistä. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan tutkittu yhteyksiä kehon painon muutosten ja hyppyjen nousukorkeuden muutoksen välillä.

### 7.4 Sydämen autonominen säätely

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin Firsbeat Hyvinvointianalyysi ohjelmaa sykkeeseen perustuvan datan käsittelyssä. Sykepannalle tallentuneet tiedot luetaan ja analysoidaan ohjelmassa suoraan käyttäjäystävälliseen muotoon. Tässä tutkimuksessa syketiedoista käytettiin keskiarvosykkeitä, sykevaihtelua kuvaavaa RMSSD indeksiä sekä kuormittuneisuutta kuvaavaa raporttia. Hyvinvointianalyysin tuottamat raportit on esitelty liitteissä 1-7.

Sydämen leposykettä ja sykevaihtelua seuraamalla voidaan tarkastella elimistön kuormittuneisuuden ja stressaantuneisuuden tilaa. Fyysinen kuormitus ja psyykinen stressi lisäävät sympaattisen- ja samalla vähentävät parasympaattisen hermoston aktiivisuutta. Ihmisen levätessä parasympaattinen aktiivisuus ohjaa sydämen toimintaa, kun taas rasituksessa ja stressitilassa sympaattinen aktiivisuus. Pitkään jatkuessaan sympaattisen hermoston vallallaolo johtaa elimistön kuormittumiseen ja kuluttaa ihmisen voimavaroja. (Carrington, Walsh, Stambas, Kleiman, & Trinder, 2003.)

Samalla kun stressi ja kuormittuneisuus lisäävät sydämen sympaattisen hermoston aktiivisuutta, ne nostavat leposykettä ja vähentävät sykevaihtelua. Leposykkeen nousun ja sykevaihtelun vähenemisen on todettu korreloivan myös elimistön stressihormonitasojen kanssa. Elimistön palautuessa kuormituksesta ja stressistä sydämen parasympaattinen säätely aktivoituu, jolloin leposyke laskee ja sykevaihtelu lisääntyy. (Huovinen ym. 2009.)

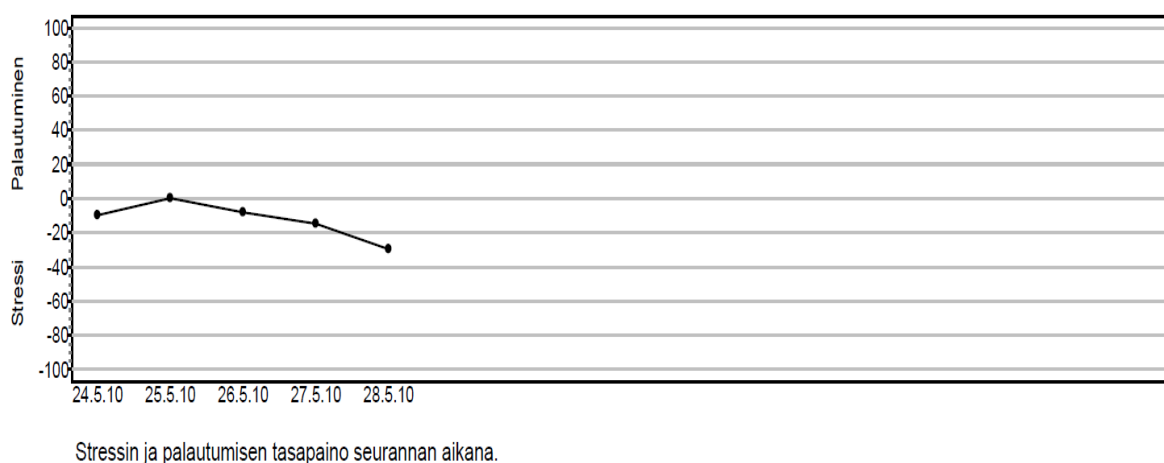
Tässä tutkimuksessa sykevariaatioita mitattiin varsin pitkinä mittausjaksoina jaksojen ollessa noin puolen vuorokauden mittaisia. Mittausjakson pituus parantaa mittausten luotettavuutta. (Task Force 1996) Mitatusta sykeadatasta löytyi parivertailun avulla merkitseviä eroja sydämen keskisykkeen noususta päivämittausten osalta eri harjoituspäivien välillä. Tuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin huomioitavaa, että päivät olivat sisällöltään erilaisia. Näin ollen päivämittausten tuloksista ei voi tehdä johtopäätöksiä kokonaiskuormituksesta.

Harjoituksessa ei mitattu konkreettisesti leposykettä missään vaiheessa, vaan koehenkilöille asennettiin sykepannat yösykemittauksiin iltapalan yhteydessä illalla, jolloin taistelutehtäviä ei enää ollut. Taistelijoilla oli siis yömittausten aikana pääosin mahdollisuus levätä, joskin yksittäisille henkilöille osoitettiin harjoituksessa vartioitehtäviä yöllä. Yömittauksissa keskisyke nousi ensimmäisen yön jälkeen hieman, mutta merkitseviä eroja ei eri öiden väliltä löytynyt.

Sykevaihtelua kuvaavassa RMSSD indeksissä ei öiden osalta tapahtunut merkitseviä muutoksia. Koehenkilöt nukkuivat harjoituksen aikana noin kuusi tuntia yössä teollisuusrakennuksessa. Sykevaihtelun pysyessä muuttumattomana voidaan todeta, että koehenkilöt saivat levätä riittävästi harjoituksen aikana ja lepo mahdollisti kuormituksesta palautumisen. Päivämittaauksissa havaittiin RMSSD indeksissä merkitsevä aleneminen viimeisenä harjoituspäivänä. Viimeinen harjoituspäivä oli kestoaltaan kaikkein lyhin ja sisälsi vain yhden hyökkäyksen. Tämän jälkeen sykemittarit kerättiin koehenkilöiltä pois ja tulokset luettiin. Voi olla mahdollista, että muita päiviä lyhempi mittausjakso sisälsi muihin vuorokausiin verrattuna suhteessa enemmän taistelutehtäviä, jonka johdosta sympaattinen aktiivisuus lisääntyi ja RMSSD oli alhainen.

Firstbeat Hyvinvointianalyysi ohjelmasta saadaan koehenkilön voimavaroja kuvaava raportti. Voimavaroihin vaikuttavat olennaisesti fyysinen ja psyykinen kuormittuminen sekä palautumisen määrä ja laatu. Kuvassa (24.) on esitetty ohjelman antama kuvaaja yhden koehenkilön voimavaroista viimeisenä harjoituspäivänä. Kuva ilmentää sitä, etteivät koehenkilön voimavarat ole palautuneet harjoituspäivien välillä enää toisen päivän jälkeen samalle tasolle. Seurattaessa rinnan päivämittausten voimavarojen kuvaajaa ja yömittausten voimavarojen kuvaajaa voidaan todeta milloin palautuminen kuormituksesta on riittämätöntä. Pitkäaikainen toimiminen ylikuormitetussa tai stressaantuneessa tilassa alentaa merkittävästi suorituskykyä ja lisää loukkaantumis- ja sairastumisriskiä.

### Voimavarojen seuranta



Kuva 24. Voimavarojen seuranta (Firstbeat Hyvinvointianalyysi)

Kuvassa 25 on esitetty Firstbeat hyvinvointianalyysistä saatava sykekuvaaja mittausjaksolta. Raporteista voidaan tarkastella keskiarvosykeiden lisäksi korkeinta ja matalinta syketasoa, joilla on toimittu. Kuvaaja ilmentää hyvin fyysisen kuormituksen jakautumista mittausjaksolle.

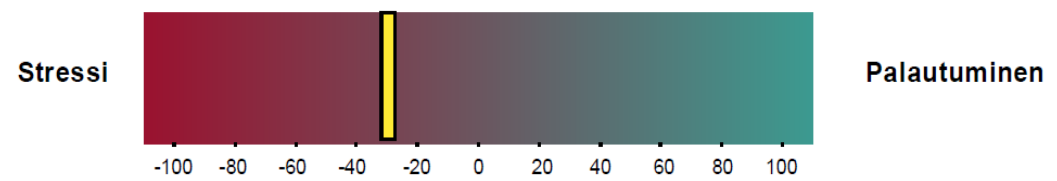




Kuva 25. Sykekuvaaja yhdeltä mittausjaksolta

Kuvassa (26.) esitetään koko mittausjakson voimavaroja kuvaava suhdeluku. Luku kertoo stressin ja palautumisen keskinäisestä tasapainosta koko mittausjakson ajalta. Asteikko palkkikuvaajassa on -100 – 100. Tässä tutkimuksessa käytettiin näiden suhdelukujen keskiarvoa kuvaamaan koko koehenkilöjoukon voimavaratasapainoa.

**Voimavaratasapaino**



Voimavaroja kuvaava suhdeluku mittausjaksolla on -29.

Kuva 26. Voimavaratasapaino

Tarkasteltaessa sykemittauksia kokonaisuutena, on huomioitavaa, että tulokset olivat erittäin yksilöllisiä. Yksilöllisten erojen lisäksi sykemittauksissa vaihteluvälit ovat todella suuria. Osalla koehenkilöistä palautuminen oli kuormitusraporttien mukaan selkeästi riittävää eikä ylikuormittumista tapahtunut, mutta lisäksi oli henkilöitä joilla kuormittuminen lisääntyi jatkuvasti harjoituksen edetessä eikä yöllinen lepo riittänyt palautumiseen.

## 7.5 Tulosten luotettavuus

Kvantitatiivisen tutkimuksen luotettavuutta tarkastellessa tulee huomioida ennen kaikkea sen reliabelius ja validius. Reliaabeliudella tarkoitetaan tutkimuksen toistettavuutta, eli sitä että tutkimuksen tulokset eivät ole sattumanvaraisia vaan toistettaessa vastaava tutkimus päädyttään samankaltaisiin tuloksiin. Validiudella, eli pätevyydellä taas tarkoitetaan sitä, että tutkimusmenetelmät on valittu oikein ja niillä kyetään mittaamaan juuri niitä asioita mitä on tarkoituskin mitata. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2003, 213.)

Usein fyysiseen suorituskyykyyn kohdistuvissa mittauksissa tutkimusjoukon koko on liian pieni, jotta tulokset ovat luotettavasti tarkasteltavissa. Tässä tutkimuksessa kehon koostumuksen mittauksiin ja voimaominaisuuksien mittauksiin osallistui yhteensä 23 koehenkilöä ja sykemittauksiin 20 koehenkilöä. Tätä otosjoukkoa voidaan jo pitää varsin kattavana tilastollisten merkitsevyyksien saamiseksi. Koehenkilöille kerrottiin perusteet taisteluharjoituksessa tapahtuville mittauksille ja niiden toteutustavat. Koehenkilöt olivat itse vapaaehtoisia ja innokkaita osallistumaan kyseiseen tutkimukseen.

Tutkimuksen mittaukset suoritettiin yleisesti hyväksytyillä ja laajasti käytössä olevilla mittausmenetelmillä valvotuissa olosuhteissa. Kyseisellä välineistöllä saatiin mittaukset suoritettua koskemaan nimenomaan niitä fysiologisia muuttujia, joita tutkimuksessa haluttiin selvittää. Mittauksia oli suorittamassa kokenut ja ammattitaitoinen henkilöstö. Tilastolliset analyysit laadittiin SPSS -ohjelmalla ja ohjelman käytössä hyödynnettiin Jyväskylän Yliopiston ammattitaitoista ja osaavaa henkilöstöä.

Mittaustulosten luotettavuutta heikentävänä tekijänä voidaan pitää sitä, ettei suorituksia harjoiteltu etukäteen. Ennen kaikkea hyppytestejä suoritettaessa harjoittelulla olisi voinut olla vaikutusta alkumittausten tuloksiin. Syke-, sykeväli- ja voimavaratasapainoa kuvaavat mittaukset perustuivat Firstbeatin hyvinvointianalyysiohjelmaan. Ohjelman luotettavuudesta kokonaiskuormituksen mittarina ei ole tarkkaa tutkimustietoa.

Lähdemateriaalina tutkimuksessa on käytetty niin kotimaisia, kuin ulkomaisiakin lähteitä. Kotimaisista lähteistä on käytetty kansainvälisesti tunnettujen ja arvostettujen asiantuntijoiden julkaisuja ja tutkimusraporteja. Kansainvälisistä lähteistä on käytetty yleisesti tiedeyhteisössä hyväksytyjä ja arvostettuja julkaisuja ja tutkimuksia. Kansainväliset lähteet on valittu siten, että ne käsittelevät pääasiassa sotilastehtävien vaikutuksia kehon koostumukseen, fysiologisiin muuttujiin ja fyysiseen suorituskyyntä.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomessa on edelleen käytössä yleinen asevelvollisuus ja valtaosa Suomalaisista nuorista miehistä suorittavat varusmiespalveluksen. Varusmiesten aerobinen kunto on laskenut samalla, kun heidän kehonsa keskimääräinen painonsa on noussut viimeksi kuluneiden 15 vuoden aikana. Sama ilmiö on tapahtunut reserviläisten fyysiselle kunnolle ja kehonkoostumukselle. Valtaosa sodan ajan reserviksi sijoitetuista suomalaisista ei enää täytä niitä vaatimuksia, joita heidän sodanajan tehtävänsä edellyttävät. (Santtila ym. 2006; Vaara ym. 2009.) Suunta on kokonaisuutena huolestuttava, koska taistelukentän fyysiset vaatimukset ovat pikemminkin kasvaneet yhtä aikaa, kun sodan ajan joukkojen suorituskyky on heikentynyt ja heidän kehon koostumuksensa on muuttunut negatiiviseen suuntaan.

Kaartin Jääkärirykmentissä koulutetaan joukkoja valtakunnan kriittisimmän ja tärkeimmän alueen, pääkaupunkiseudun puolustamiseen. Toimintaympäristönä pääkaupunkiseutu pitää sisällään pääasiassa rakennettua aluetta ja asutuskeskuksia. Taistelu rakennetulla alueella on erittäin vaativaa ja haasteellista kokeneille ja hyvin koulutetuille sotilaillekin. Tästä huolimatta Kaartin Jääkärirykmenttiin varusmiespalvelukseen astuville ei järjestetä minkäänlaisia esivalintatestejä. Tämä tuo mukanaan sen, että huomattavan suuri osa varusmiehistä ei täytä niitä vaatimuksia, joita tehtävät ja toimintaympäristö edellyttävät.

### 8.1 Suorituskyvyn alenemiseen vaikuttavia tekijöitä

Niin taistelutehtävissä kriisinaikana kuin rauhan ajan taisteluharjoituksissakin joudutaan usein toimimaan pitkiä aikoja fyysisesti raskaissa oloissa ja negatiivisella energiatasapainolla. Tästä johtuen taistelijoiden suorituskyky voi laskea. Tässä tutkimuksessa osoitettiin, että jo viiden vuorokauden taisteluharjoitus heikensi merkitsevästi koehenkilöiden yläraajojen voimantuottoa. Pitkäkestoisissa sotilastehtävissä ja rauhan ajan koulutuksen suunnittelussa tulisikin huomioida tehtävien kuormittavuus, jotta suorituskyvyn alenemiselta vältytään. Suorituskyvyn säilymistä pystytään rauhanajan koulutuksessa ennaltaehkäisemään esimerkiksi nousujohteisella fyysisellä koulutuksella, erityisen kuormittavien harjoitusten järkevällä sijoittamisella osaksi koulutusta sekä riittävällä ravinnolla ja levolla.

Eräs suorituskyvyn alenemiseen merkittävästi vaikuttava asia on kannettavan taakan paino. Uudet nykyaikaiset taistelijan varusteet ovat tuoneet mukanaan huomattavasti lisää suoja-arvoa, mutta kasvattaneet samalla merkittävästi taistelijan kantamaa kuormaa. Taistelijan kantaman taisteluvälinevarustuksen paino saisi olla maksimissaan noin 25 – 30 % taistelijan painosta, jotta tehtävissä kyetään toimimaan tehokkaasti eikä varustus aiheuta suorituskyvylle merkittävää alenemista. Lisääntynyt kannettava taakka on näkynyt varusmieskoulutuksessa selvästi lisääntyneinä tuki- ja liikuntaelin vaivoina. Vaivojen lisääntyminen on näkynyt erityisesti sellaisilla henkilöillä, jotka ovat fyysisesti heikossa kunnossa. Heikon fyysisen suorituskyvyn omaaville taistelijoille jatkuva ylikuormittuminen raskaan taakan kanssa saa aikaan sen, että loukkaantumiseriskit kasvavat ja sairaus poissaolot lisääntyvät.

Niin tässä kuin aiemmissakin tutkimuksissa on tullut ilmi, painaa taistelijan henkilökohtainen taisteluvälinevarustus jopa yli 30 kilogrammaa. Kokko (2008) esittääkin, että kannettavan taakan tuomasta kuormittavuudesta johtuen, pitäisi kaupunkitaistelijan kehon painon olla vähintään 75 kilogrammaa ja rasvaprosentti ei saisi olla yli 17 %. Lisäksi fyysiselle kunnolle asetettavien vaatimusten tulisi olla samoja, kuin erikoisjoukoilla. Tämä tarkoittaa maksimaalisen hapenottokyvyn arvoa 55 ml/kg/min, joka vastaa noin 3000 metrin tulosta 12 – minuutin juoksuperustissa. Edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi kaupunkijääkäreiden lihaskunnan tulisi olla kiitettävällä tasolla.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin tarkastelemaan joukon suorituskykyä ja sen muutoksia yleisesti, eikä keskitytty yksittäisiin koehenkilöihin. Tarkasteltaessa kerättyä aineistoa lähemmin voidaan kuitenkin yhtyä edellä mainittuihin vaatimuksiin. Sykkeeseen perustuvien kuormitusraporttien perusteella harjoitus ei aiheuttanut merkittävää suorituskyvyn alenemista hyväkuntoisilla koehenkilöillä. Sen sijaan henkilöt, joiden lähtötaso aerobisen kunnan tai lihaskunnan osalta oli matala, havaittiin kuormittuvan harjoituksessa eniten, eikä palautuminen ollut riittävä. Tutkimusaineistoa olisikin mahdollista hyödyntää jakamalla tutkimusosasto pienempiin ryhmiin ja laatimalla ryhmille samat tilastolliset analyysit taisteluharjoituksen aiheuttamista kuormitusfysiologisista vasteista. On mahdollista, että ryhmien väliset erot olisivat hyvinkin merkittäviä.

Santtila (2010) tuo tutkimuksessaan ilmi, että varusmiesten heikentynyt kuntotaso ja lisääntynyt kehonpaino tuovat mukanaan jopa kansanterveydellisiä ongelmia. Vallitseva tilanne tuo mukanaan myös suuria haasteita Suomen puolustusvoimien fyysiselle koulutukselle ja sen kehittämiseksi. Santtilan mukaan voimaharjoittelu tulisikin aloittaa jo peruskoulutuskautella. Koulutuksessa tulisi pyrkiä yksilöllisyyteen ja keskittyä voimaominaisuuksissa oleviin puutteisiin.

Monet kansainväliset tutkimukset tukevat voimaharjoittelun lisäämisen merkitystä sotilaskoulutukseen. Voimaharjoittelulla on osoitettu olevan erittäin positiivisia vaikutuksia taistelijoitten kehon koostumukselle ja fyysiselle suorituskyvyille. Lisääntynyt voimaharjoittelu voi myös ennaltaehkäistä loukkaantumisia koulutuksessa ja taistelutehtävissä. Tämäkin tutkimus osoitti, että jo verraten lyhyt taisteluharjoitus aiheuttaa negatiivisia muutoksia sotilaiden voimantuottoon. Voimatason säilyminen ja kehittäminen sotilastehtävissä edellyttää sitä, että voimaharjoittelua tehdään aktiivisesti ja fyysisen koulutuksen karsimista suoritetaan mieluummin aerobisesta koulutuksesta, jota sotilastehtävät sisältävät riittävästi.

Sydämen sykkeeseen perustuvia mittauksia on käytetty urheilijoiden keskuudessa jo pitkään optimaalisen harjoittelun tukena. Viime aikoina sykkeeseen perustuvia tietoja ja mittauksia on käytetty yhä enenevässä määrin myös tutkittaessa ja kartoitettaessa kuormittumista erilaisissa työtehtävissä. Erityisesti sydämen parasympaattista aktiivisuutta kuvaavaa sykevaihtelua on ryhdytty käyttämään niin fyysisen- kuin psyykkisenkin kuormituksen mittarina. Sykemittauksissa tulee aina huomioida mittaustilanne, mittausjakson pituus ja mittajaan ammattitaito tulkitta saamaansa dataa. Tätä tulkintaa helpottavana tekijänä voidaan pitää uusia ohjelmia, kuten Firstbeat Hyvinvointianalyysi, jota tässä tutkimuksessa käytettiin. Hyvinvointianalyysistä on varsin helppo löytää ne tiedot joita halutaan tarkastella.

Puolustusvoimissa sykedataan perustuvaa tietoa kuormittumisesta ei käytetä yleisesti sotilaskoulutuksessa mittaamaan kuormittumista erillistä tutkimustoimintaa lukuun ottamatta. Sen sijaan Puolustusvoimien Urheilukoulussa Lahdessa Firstbeat Bodyguard mittareita ja Firstbeat Hyvinvointianalyysiä käytetään aktiivisesti ja ammattitaitoisesti palvelemaan urheilijoiden harjoittelua. Kyseistä järjestelmää tulisi mielestäni hyödyntää enemmänkin selvittäessä sotilaiden fyysistä kuormittumista eri tehtävissä ja ennen kaikkea palautumisvaihetta.

Rauhan ajan koulutuksessa fyysisten ominaisuuksien merkitys jää usein liiaksi taka-alalle. Puutteet fyysisessä suorituskyvyssä eivät rauhan aikana aiheuta samanlaisia ongelmia kuin kriisitilanteessa ja sodan ajan olosuhteissa. Rauhan aikana suhtaudutaan usein suorastaan välinpitämättömästi siihen täyttääkö sodan ajan joukkoon sijoitettava henkilö puolustusvoimien normien asettamat vaatimukset. Mahdollisessa kriisitilanteessa tällainen toimintatapa kostautuu, koska yksittäisten heikon suorituskyvyn omaavien taistelujoiden takia voi koko joukon suorituskyky kärsiä merkittävästi. Tämä taas johtaa tappioihin taistelukentällä.

Puolustusvoimien kuntotestaus järjestelmällä mitataan varusmiesten maksimaalista aerobista kuntoa 12 – minuutin juoksutestillä. Tämän lisäksi varusmiehet suorittavat lihaskuntotestit. 12 – minuutin juoksutesti toimii varsin hyvänä epäsuorana maksimaalisen hapenottokyvyn mittarina. Testi on helppo toteuttaa suurillekin joukoille ja korreloi varsin hyvin suorien hapenotto-kykytestien kanssa. Samat havainnot pätevät lihaskuntotesteihin. Ne ovat toteutukseltaan varsin helppoja ja kertovat kohtuullisesti varusmiesten lihaskunnan tilasta. Kuntotestauksesta kuitenkin puuttuu kokonaan sotilaan toimintakykyä mittaava osa. Taistelukentällä kaikki toiminta tapahtuu lisätaakan kanssa ja edellyttää aerobisen suorituskyvyn lisäksi monipuolisia voimaominaisuuksia. Tällainen testi olisi varmasti hyvä lisä nyt jo käytössä olevien testien rinnalle. Ammattisotilaiden fyysisen kunnon mittaamiseen on olemassa paljon erilaisia testejä. Näistä esimerkkeinä voidaan pitää erilaisten tehtäväratojen suorittamista tai juoksutestiä lisäpainon kanssa. Nykyiset taistelukentän vaatimukset ovat niin suuria eturivin taistelijalle, että jonkinlainen toiminnallinen testaus menetelmä kertoisi varmasti nykyisiä testejä luotettavammin täyttääkö sotilas näitä vaatimuksia suorituskykynä osalta.

## 8.2 Tutkimuksen valmistelut ja haasteet

Valitsin tämän tutkimuksen aiheeksi pääkaupunkiseudulla toimivat joukot ja niiden kuormittumisen taisteluharjoituksessa oman mielenkiinnon perusteella. Tutkimus oli kokonaisuutena varsin vaativa ja kuormittava prosessi. Tutkimukseen liittyvät vaiheet sisälsivät paljon haasteita, joita ei etukäteen tullut ajatelleeksi. Huomattava osa näistä haasteista on kuitenkin selvitetävissä paremmalla suunnittelulla ja ajankäytön hallinnalla.

Tutkimuksen aiheen selkiytyttyä ja tutkimussuunnitelman valmistuttua piti laatia tutkimuslupa anomukset Kaartin Jääkärirykmentin komentajalle sekä Maanpuolustuskorkeakoulun eettiselle lautakunnalle. Tutkimuksen ajankohdan sopiminen ja yhteensovittaminen oman opiskelun ja joukko – osaston harjoitusten mukaan asetti haasteita tutkijalle. Yhteensovittaminen saatiin kuitenkin lopulta toteutettua ja mittaukset suoritettua haluttuna ajankohtana. Muita tutkimukseen liittyviä valmisteluja olivat esimerkiksi infotilaisuuden järjestäminen koehenkilöille ja mittauskaluston hankkiminen.

Sykemittauksiin tässä tutkimuksessa käytettiin Firstbeat BODYGUARD mittareita ja sykeanalysoitiin Firstbeat Hyvinvointianalyysillä. Sykemittarit toimivat koko harjoituksen ajan varsin hyvin, eikä mittausvirheitä tullut paljon. Mittausten toteuttaminen oli sikäli haasteellista, että käytettävät laitteet ja ohjelmat eivät olleet tutkijalle entuudestaan tuttuja ja käytön harjoittelu tapahtuikin näin ollen vasta tutkimuksen mittausten yhteydessä.

Voimamittaukset suoritettiin Jyväskylän yliopiston ja Hämeen Rykmentein testiaseman mittalaitteilla. Mittalaitteet olivat helppokäyttöisiä ja sopivat hyvin käytettäväksi tämän kaltaisessa tutkimuksessa.

Tutkimus osoitti, että kenttämittauksiin tulee valmistautua riittävällä tarkkuudella. Valmistautumisen osalta ennen kaikkea kaluston varaaminen ja siihen perehtyminen riittävän hyvissä ajoin korostuvat. Kokeneet mittaushenkilöt, joita puolustusvoimista löytyy, ovat verraton apu tutkimuksen onnistumiselle.

### 8.3 Tutkimustulosten soveltaminen ja jatkotutkimusmahdollisuudet

Sotilaan fyysiseen suorituskykyyn liittyviä tutkimuksia tehdään kansainvälisesti jatkuvasti ja tutkimukset ovat erittäin monipuolisia. Sotilastehtävien vaikutusta kehon koostumukseen ja suorituskykyyn erilaisissa toimintaympäristöissä tutkitaan jatkuvasti operaatioalueiden ja tehtävien luonteen muuttuessa.

Suomessa sotilaiden fyysiseen suorituskykyyn ja kuormittumiseen taistelutehtävissä liittyvät tutkimukset ovat olleet varsin hajanaisia eikä niitä ole paljon tehty. Taistelija – 2005 julkaisun mukaan kuitenkin taistelijan kuormittuminen eri oloissa on eräs tärkeimmistä tutkimuskohteista. Erityisesti uudistuvan kaluston ja varusteiden myötä on syytä päivittää eri tehtävien fyysinen kuormitus ajantasaiseksi.



Tämä tutkimus luo pohjaa tavallisen suomalaisen varusmiehen kuormituksesta rakennetun alueen taisteluharjoituksessa. Taisteluharjoitus, jossa mittaukset toteutettiin, oli hyvin tyypillinen joukkokoulutuskauden Jääkärikomppanian harjoitus. Otos oli tämänkaltaiseen tutkimukseen varsin kattava (n=23). Tämä asetelma mahdollistaa varsin luotettavasti tutkimuksen toistettavuuden ja jatkotutkimukset.

Tulevaisuudessa suoritettaessa vastaavanlaista tutkimusta olisi hyvä jakaa koehenkilöt vielä tasoryhmiin fyysisen kunnon lähtötason perusteella. Tällöin pystytään tarkastelemaan luotettavammin millaisia vasteita harjoitus tuottaa erilaista kuntoluokkaa edustaville henkilöille.

## LÄHTEET

Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. 2004. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Kirjassa: Keskinen, K.L, Häkkinen, K. & Kallinen, M. Kuntotestauksen käsikirja. s. 125-193. Tampere: Tammer-paino Oy.

Asmussen, K.L. 1968. The cardiovascular system in exercise. Teoksessa Falls, H.B. (editor) 1968. Exercise physiology. Academic Press. New York and London.

Basset, D.R. & Howley, E.T. 1999. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32(1):70-84

Carrington, M., Walsh, M., Stambas, T., Kleiman, J. & Trinder, J. 2003 The influence of sleep onset on the diurnal variation in cardiac activity and cardiac control. *Journal of Sleep Research*. Volume 12. Number 3. 213-221

Castellani, J.W., Delany, J.P., O'Brien, C., Hoyt, R.W., Santee, W.R., & Young, A.J. 2006. Energy Expenditure in Men and Women during 54h of Exercise and Caloric Deprivation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 38(05), 894-900

Edman, P. 2003. Contractile performance of skeletal muscle fibres. Teoksessa Komi, P.V. (Toim) Strength and power in sport. The encyclopaedia of sports medicine. Blackwell Publishing, UK

Enoka, R.M. 2002. Neuromechanics of human movement. 3rd. Edition. Human Kinetics Publishers, Champaigne.

Fogelhom, M. 2004. Antropometriset ja kehon koostumusta kuvaavat mittaukset. Teoksessa Kuntotestauksen käsikirja. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Fogelholm M. & Rehunen, S. 1987. Ravintovalmennus. Jyväskylä: Gummerus Oy

Foss, M. & Keteyian, S. 1998. Fox's physiology basis for exercise and sport. 6<sup>th</sup> ed. WBC / McGraw-Hill. Boston.

- Garret W.E. & Kikendall D.T. 2000. Exercise and sport science. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2006. Textbook of Medical Physiology, 11 th edition. Elsevier Inc, Philadelphia, Pennsylvania.
- Hirsjärvi, S., Remes, P.& Sajavaara, P. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Huovinen, J., Tulppo, M., Nissilä, J., Linnamo, V., Häkkinen, K. & Kyröläinen, H. 2009. Relationship between heart rate variability and the serum-to-cortisol ratio during military service. European Journal of Sport Science. 9(5): 277-284
- Hynnen, E..2007. Liikunta & Tiede. Vol. 44, No.2
- Häkkinen, K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet. Vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi. Keijo Häkkinen. Jyväskylä.
- Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. 2006. Liikuntaravitsemus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Keskinen, KL. 2004. Antropometria. Teoksessa Mero, A. Nummela, A. Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Keskinen, KL. 2004. Hengitys- ja verenkiertoelimistö ja kuormitus. Teoksessa Mero, A. Nummela, A. Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Kokko, J. 2008. Vertaileva tutkimus taisteluväestön fyysisestä kuormittavuudesta. Maanpuolustuskorkeakoulu. Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos. Pro gradu -tutkielma.
- Kosola, J., Solante, T. 2003. Digitaalinen taistelukenttä Informaatioajan sotakoneen tekniikka, Julkaisusarja 1 n:o 13. Maanpuolustuskorkeakoulu. Tekniikan laitos. Helsinki:Edita Prima Oy.

Kyröläinen, H. 1998. Liikuntabiologinen näkökulma toimintakykyyn. Teoksessa Toiskallio, J. (toim.) Toimintakyky sotilaspedagogiikassa. Maanpuolustuskorkeakoulu, Julkaisusarja 2 N:o 4. Vaasa: Ykkös-Offset Oy

Kyröläinen, H., Santtila, M., Hämäläinen, H., Koski, H., Mäntysaari, M. & Karinkanta, J. 2004. Pitkäkestoisen partiotiedusteluharjoituksen fysiologiset vasteet ja fyysisen suorituskyvyn muutokset. Helsinki: Edita.

Kyröläinen, H. 2004. Kirjassa: Keskinen, K.L, Häkkinen, K. & Kallinen, M. Kuntotestauksen käsikirja. s. 151-156. Tampere. Tammer-paino Oy.

Kyröläinen, H. & Santtila, M. 2006. Liikuntatieteiden soveltaminen sotilaan fyysisen suorituskyvyn kehittämisessä. Teoksessa: Huhtinen, A-M. & Toiskallio, J. (toim.). Maanpuolustuskorkeakoulu – kehittyvä sotatieteellinen yliopisto. Helsinki: Edita Prima Oy

Lester, M.E., Knapik, J.J., Catrambone, D., Antczak, A., Sharp, M.A., Burrell, L. & Darakjy, S. 2010. Effect of a 13-Month Deployment to Iraq on Physical Fitness and Body Composition. *Military Medicine* 175, 417-423.

Lieber, R.L. 1992. *Skeletal muscle Structure and Function*. Williams & Wilkins. Baltimore

Lindholm, H., Ilmarinen, R., Santtila, M., Oksa, J., Rissanen, S., Hirvonen, A., Mälkiä, E., Rusko, H., Mäntysaari, M. & Kyröläinen, H. 2008. Sotilastyön tehtäväkohtainen energiankulutus, eri tehtävien edellyttämä fyysinen minimisuorituskyky ja kuormituksen sekä kuormittumisen arviointi kenttäoloissa. *MATINE:n julkaisusarja B* 2008,1.

Margaria, R. & Cerretelli, P. 1968. The respiratory system and exercise. Teoksessa Falls H.B. (editor) 1968. *Exercise physiology*. Academic Press. New York and London.

McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L. 2007. *Exercise Physiology. Energy, Nutrition, & Human Performance*. Sixth Edition. Baltimore: Williams & Wilkins.

Mero, A. Nummela, A. Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. *Urheiluvallmennus*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Mikkola, I, Jokelainen, J.J, Timonen, M.J, Härkönen, P.K, Saastamoinen, E, Laakso, M.A, Peitso, A.J, Juuti, A-K, Keinänen-Kiukaanniemi, S.M, Mäkinen, T.M. 2009. Physical Activity and Body Composition Changes during Military Service. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41(09), 1735-1742

Niensted, W., Hänninen, O., Arstila, A., Björkqvist, S-E. 1999. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Porvoo: WSOY.Kirjapainoyksikkö.

Nindl, B.C., Barnes, B.R., Alemany, J.A., Frukman, P.N., Shippee, R.L. & Fridl, K.E. 2007. Physiological Consequences of U.S. Army Ranger Training. *American College of Sports Medicine*. 31(07). 1380- 1387

Nummela, A. 2004. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa *Urheiluvalmennus*. VK-kustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Nummela, A., Rusko, H.1995. Time course of anaerobic and aerobic energy expenditure during short-term exhaustive running in athletes. *Int J Sports Med* 16: 522-527.

Otzenberger, H., Gronfier, C., Simon, C., Charloux, A., Ehrhart, J., Piquard, F. & Brandenberger, G. 1998. Dynamic heart rate variability: a tool for exploring sympathovagal balance continuously during sleep in men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 275: H946-H950, 1998; 0363-6135/98.

Puolustusvoimat. Pääesikunta, henkilöstöosasto. 2009. . Asevelvollisten fyysinen koulutusnormi. Tekstiosa.

Puolustusvoimat. Pääesikunta, henkilöstöosasto. 2011. Hallinnollinen määräys. Fyysisen toimintakyvyn perusteet.

Rehunen, S. 1990. High energy phosphate compounds in human skeletal muscle with special references to methodological aspects, physical exercise and neuromuscular diseases. Doctoral thesis. University of Helsinki, Finland

Saltin B. 1969. Physiological effects of physical conditioning. *Medicine and Science in Sports* 1(1): 50-56

Santtila, M., Kyröläinen, H., Vasankari, T., Tiainen, S., Palvalin, K., Häkkinen, A. & Häkkinen, K. Physical Fitness Profiles in Young Finnish Men during the Years 1975-2004. 2006. American College of Sports and Medicine. 31(06). 1990-1994

Santtila M. 2010. Effects of Added Endurance or Strength Training on Cardiovascular and Neuromuscular Performance of Conscripts During the 8-week Basic Training Period. Studies In Sport, Physical Education and Health 146. Jyväskylä University Printing House

Sharp, M.A., Knapik, J.J., Walker, L.A., Burrell, L., Frykman, P.N., Darakjy, S.S., Lester, M.E. & Marin, R.E. 2008. Physical Fitness and Body Composition after a 9-Month Deployment to Afghanistan. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 40, 1687-1692

Taistelija 2005 – Fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminta. 2003. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Julkaisusarja 3, No 6.

Task Force of the European Society of Cardiology and North American Society of Pacing and Electrophysiology. 1996. Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 93, 1043-1065

Toiskallio, J. 1998a. Sotilaspedagogiikan perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy

Toiskallio, J. (toim.) 1998b. Toimintakyky sotilaspedagogiikassa. Maanpuolustuskorkeakoulu, Julkaisusarja 2 N:o 4. Vaasa: Ykkös-Offset Oy

Vaara, J., Ohrankämmen, O., Vasankari, T., Santtila, M., Fogelholm, M., Kokkonen, E., Suni, J., Pihlajamäki, H., Mäntysaari, M., Häkkinen, A., Häkkinen, K. & Kyröläinen, H. 2009. Reserviläisten fyysinen suorituskyky 2008. Helsinki: Edita Prima Oy.

Väisänen, J. 2005. Jalkaväen taistelija. Teoksessa Jalkaväen vuosikirja XXV, 2005. Vaasa: Ykkös-Offset Oy.

Wilmore, J. H. & Costill, D. L. 2004. Physiology of sport and exercise. Printed in Hong Kong

## LIITELUETTELO

LIITE1: Terveysliikunnan raportti

LIITE 2: Stressi raportti

LIITE 3: Voimavarat raportti

LIITE 4: Painohallinta raportti

LIITE 5: Harjoitusvaikutuksen raportti

LIITE 6: Fyysisenkuormituksen raportti

LIITE 7: Energiankulutuksen raportti

LIITE 8: LIIKUNTA- JA TERVEYSKÄYTTÄYTYMISKYSELY

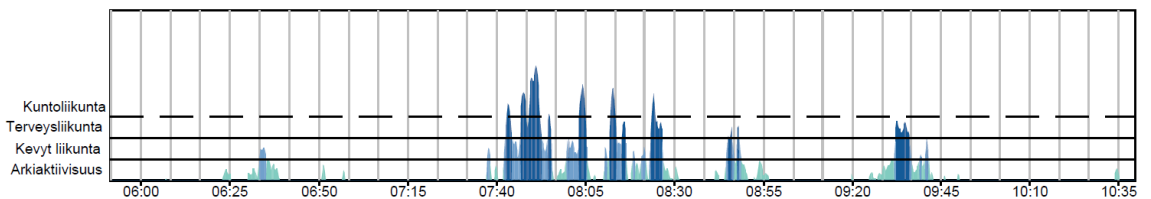
## Terveysliikunnan raportti

Henkilö: 10\_PÄIVÄ TS  
Päivämäärä: 28.5.2010

Henkilön taustatiedot		Mittausjakson tiedot	
Ikä	20	Mittausjakson pituus	04:48:18
Pituus	187	Mittausjakson aikaväli	5:51:16 - 10:39:34
Paino	107	Matalin syketaso	60
Leposyke	43	Korkein syketaso	162
Maksimisyke	197	Keskisyke	94
Painoindeksi (BMI)	30,6	Huomiot	
Aktiivisuusluokka	5		



## Terveysliikunnan kuvaaja



Mittausjakso sisälsi	
Arkiaktiivisuutta	51 min
Kevyttä liikuntaa	19 min
Terveysliikuntaa	10 min

## Arkiaktiivisuus

Matalatehoista päivään sisältyvää fyysistä aktiivisuutta. (Tehoalue 20-30% VO2max)

## Kevyt liikunta

Hieman tehokkaampaa fyysistä aktiivisuutta, esim. työmatka- ja taukoliikuntaa. (Tehoalue 30-40% VO2max)

## Terveysliikunta

Säännöllistä, räsitusastoltaan vähintään kohtalaista liikuntaa, jolla on terveyttä edistäviä vaikutuksia. (Tehoalue >40% VO2max)

## Kuntoliikunta

Räsitusastoltaan vaativampaa liikuntaa, jolla on terveyttä edistävien vaikutustensa lisäksi myös kuntoa kehittäviä vaikutuksia. (Tehoalue >50% VO2max)



## Liikunnan terveysanalyysi

Fyysisen aktiivisuuden määrä ja räsitusasto olivat riittävät tuottamaan terveyttä edistäviä vaikutuksia.

Fyysisen aktiivisuuden räsitusasto oli riittävä, mutta määrä jäi terveysuositusten kannalta liian alhaiseksi.

Fyysisen aktiivisuuden määrä oli riittävä, mutta räsitusasto jäi terveysuositusten kannalta liian alhaiseksi.

Jakso sisälsi lyhyitä, terveyden kannalta myönteisiä aktiivisuustason nousuja.

Fyysisen aktiivisuuden tuottamat terveysvaikutukset jäivät saavuttamatta.

Mittausjakson aikaisen liikunnan tuottamat terveysvaikutukset.

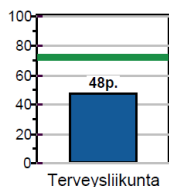


## Liikunnan vaikutukset terveyteen

Säännöllisesti harrastettuna liikunta edistää terveyttä ja ehkäisee sairauksia. Jo lyhyet aktiivisuustason nousut parantavat hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa ja nostavat vireystilaa. Lisäksi energiankulutus kasvaa ja verenpaine laskee useiksi tunneiksi.



## Terveysliikuntapisteet



- ERINOMAINEN. Merkittäviä positiivisia vaikutuksia.
- HYVÄ. Selkeitä positiivisia vaikutuksia.
- TYYDYTTÄVÄ. Ei riittävästi positiivisia vaikutuksia.
- VÄLTTÄVÄ. Selkeät vaikutukset jäivät saavuttamatta.

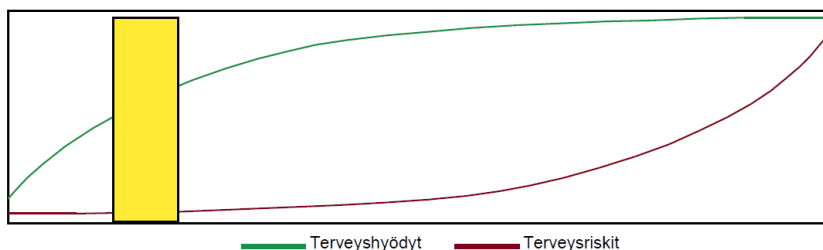
Terveysliikuntapisteet kuvaavat kuinka hyvin jakson aikainen aktiivisuus täytti keston ja rasiustason suhteen terveysliikunnalle asetetut yleiset tavoitteet. Vihreä viiva kuvaa sinun viiteryhmäsi keskimääräisiä pisteitä.



### Liikuntasuosituksen

Suosituksen mukaan liikuntaa tulisi harrastaa kohtalaisella rasiustasolla vähintään 30 min päivässä säännöllisesti. Liikunnan tuottamat hyödyt alkavat pienentyä kahden viikon kuluessa ja katoavat 2 - 8 kuukaudessa liikunnan lopettamisen jälkeen. Monipuolisen liikunnan lisäksi terveellinen ruokavalio ja riittävä lepo ovat tärkeitä tekijöitä terveyden ja hyvinvoinnin edistämiseksi. (Lähde: American College of Sports Medicine)

## Terveyshyödyt ja -riskit



Keltainen pylväs kuvaa liikunnan tuottamaa kuormitusta terveyshyötyjen ja -riskien suhteen. Kohtuullisesti toteutettuna liikunnalla on terveyttä edistäviä vaikutuksia, mutta kuormituksen kasvaessa riski mm. liikuntavammoihin ja ylipainustilaan kasvavat. Terveysliikunnan kannalta keskeistä on, että liikunnan tuottamat hyödyt kasvavat riskien pysyessä pieninä.

## Terveysliikuntapisteiden seuranta



Terveysliikuntapisteet seurannan aikana.

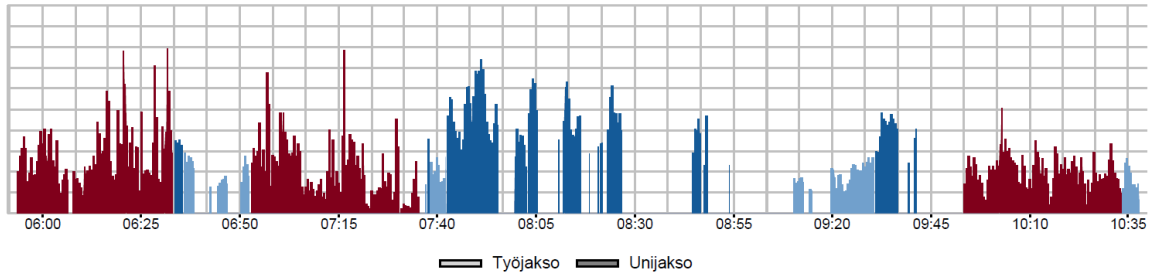
## Stressiraportti

Henkilö: 10\_PÄIVÄ TS  
Päivämäärä: 28.5.2010

Henkilön taustatiedot		Mittausjakson tiedot	
Ikä	20	Mittausjakson pituus	04:48:18
Pituus	187	Mittausjakson aikaväli	5:51:16 - 10:39:34
Paino	107	Matalin syketaso	60
Leposyke	43	Korkein syketaso	162
Maksimisyke	197	Keskisyke	94
Painoindeksi (BMI)	30,6	Huomiot	



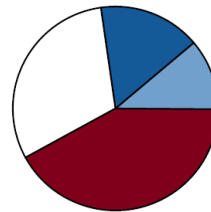
## Stressin ja palautumisen kuvaaja



## Päiväkirjamerkinnot

(Työtehtäviä ei annettu.)

Stressireaktiot	2h 2min	(42%)
Palautuminen	0 min	(0%)
Liikunta	46 min	(16%)
Kevyt fyysinen aktiivisuus	33 min	(11%)
Muut tapahtumat	1h 28min	(31%)



Stressireaktioiden, palautumisen, liikunnan ja muiden tapahtumien ajat ja suhteelliset osuudet (%) mittausjakson aikana.

## Stressireaktiot (stressi)

Ulkoisten ja sisäisten tekijöiden aiheuttamia aktiivisuustason nousuja elimistössä.

## Palautuminen

Ulkoisten ja sisäisten stressitekijöiden poissaolosta tai vähenemisestä seuraavaa elimistön rauhoittumista ja aktiivisuustason laskua.

## Liikunta

Fyysinen aktiivisuus, jossa teho on >30% VO2max.

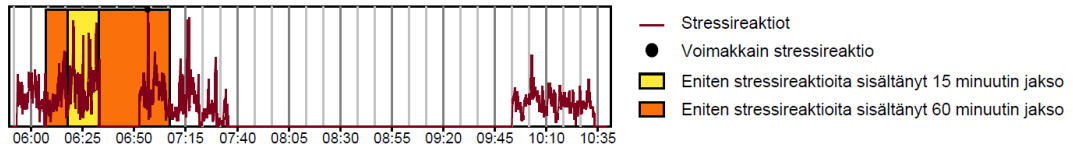
## Kevyt fyysinen aktiivisuus

Varsinaista liikuntaa rasiustasoltaan alhaisempi fyysinen aktiivisuus.

## Muut tapahtumat

Tilat, jotka eivät viittaa stressiin, palautumiseen, fyysiseen aktiivisuuteen tai siitä palautumiseen.

## Stressijaksojen analyysi



Stressireaktioiden kannalta merkittävimmät ajanjaksot.



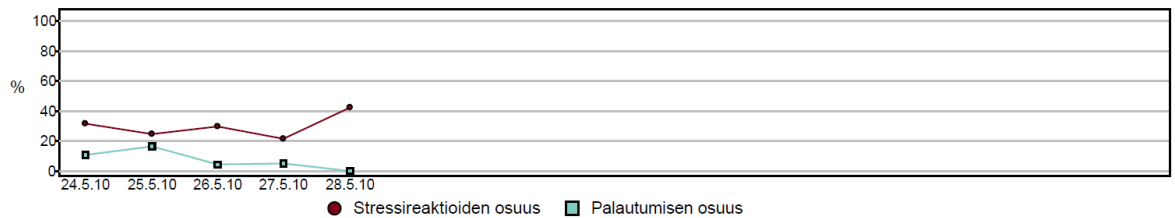
### Stressin lyhyt- ja pitkäaikaisvaikutukset

Stressi ei ole ainoastaan negatiivinen asia, vaan sitä voidaan pitää myös positiivisena voimavarana. Lyhytkestoisena stressi parantaa suorituskykyä, mutta jatkuessaan pidempään ilman palautumista se voi aiheuttaa terveydellisiä haittoja. Olennaista stressinhallinnassa ei ole stressin puuttuminen, vaan palauttavien jaksoiden merkitys. Stressireaktioita voi tarpeen vaatiessa esiintyä päivän aikana, mutta säännöllisin väliajoin elimistön on saatava palautua.

### Kuormittuminen

"Stressikasauma" elimistössä eli tila, jonka toistuvat stressireaktiot elimistöön aiheuttavat ja joka kuluttaa elimistön voimavaroja. Pitkäaikainen kuormittuminen ilman voimavarojen kertymistä voi johtaa uupumukseen.

## Stressireaktioiden ja palautumisen seuranta



Stressireaktioiden suhteelliset osuudet (%) seurannan aikana.

## Voimavarat raportti

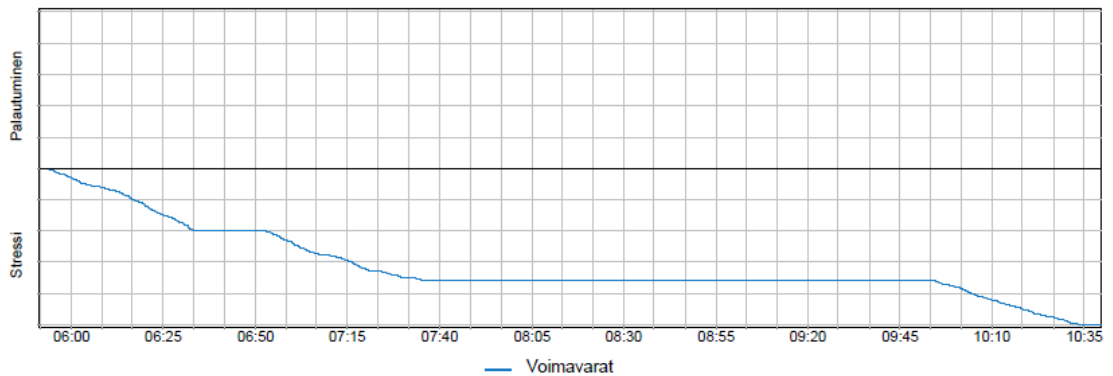
Henkilö: 10\_PÄIVÄ TS

Päivämäärä: 28.5.2010

Henkilön taustatiedot		Mittausjakson tiedot	
Ikä	20	Mittausjakson pituus	04:48:18
Pituus	187	Mittausjakson aikaväli	5:51:16 - 10:39:34
Paino	107	Matalin syketaso	60
Leposyke	43	Korkein syketaso	162
Maksimisyke	197	Keskisyke	94
Painoindeksi (BMI)	30,6	Huomiot	



## Voimavarojen kuvaaja



Jakson aikaisten stressireaktioiden ja palautumisen vaikutus voimavaratasoon. Nouseva sininen käyrä kertoo voimavarojen lisääntymisestä, laskeva käyrä niiden kulumisesta.

## Voimavarat

Kyky reagoida ulkoisiin ja sisäisiin stressitekijöihin. Elimistön voimavarat lisääntyvät palautumisen aikana ja vähenevät pitkällisten tai toistuvien stressireaktioiden seurauksena.

## Stressireaktio (stressi)

Ulkoisten ja sisäisten stressitekijöiden aiheuttama aktiivisuustason nousu elimistössä. Lyhytkestoisena stressi parantaa suorituskykyä, mutta jatkuessaan pidempään ilman palautumista se voi aiheuttaa terveydellisiä haittoja.

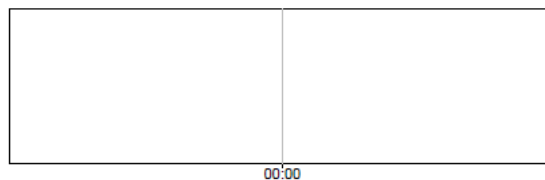
## Palautuminen

Ulkoisten ja sisäisten stressitekijöiden poissaolosta tai vähenemisestä seuraavaa elimistön rauhoittumista ja aktiivisuustason laskua.

## Kuormittuminen

"Stressikasauma" elimistössä eli tila, jonka toistuvat stressireaktiot elimistöön aiheuttavat ja joka kuluttaa elimistön voimavaroja. Pitkäaikainen kuormittuminen ilman voimavarojen kertymistä voi johtaa uupumukseen.

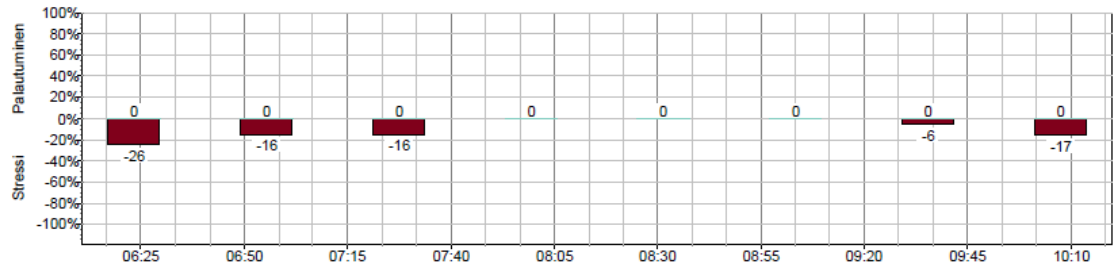
## Palauttavien jaksojen analyysi



- Palautumista kuvaavat fysiologiset reaktiot
- Palauttavien ajankohta
- Palauttavien 15 minuutin jakso
- Palauttavien 60 minuutin jakso

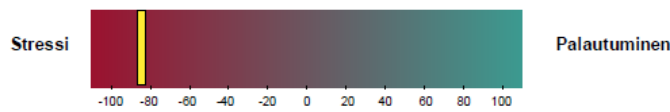
Palautumisen kannalta merkittävimmät ajanjaksot.

## Stressin ja palautumisen osuudet jaksoittain



Stressiä ja palautumista kuvaavien reaktioiden voimakkuus mittausjakson eri aikoina. Koko mittausjakso on jaettu kahdeksaan osaan. Prosentiosuudet pylväiden kohdalla kuvaavat näiden reaktioiden osuutta kullakin jaksolla.

## Voimavarasapaino



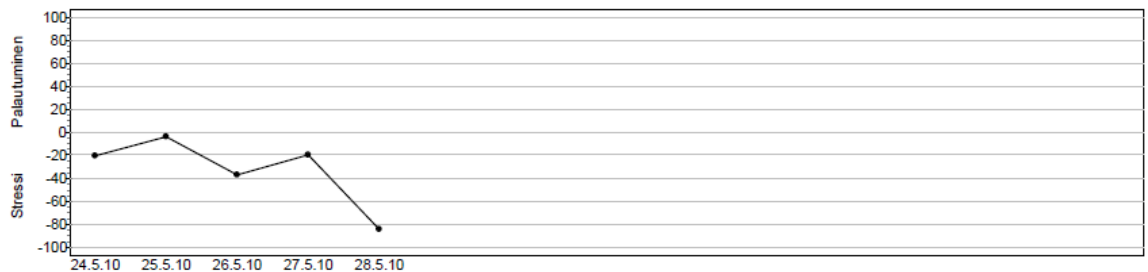
Voimavaroja kuvaava suhdeluku mittausjaksolla on -84.



### Palautumisen merkitys voimavarasapainoon

Voimavarojen hetkellinen kuluminen ei lisää kuormittumisen riskiä, mikäli myös palautumista esiintyy stressijaksojen välissä. Mikäli voimavarasapaino pysyy yhtäjaksoisesti useita päiviä kuormittumisen puolella, on hyvä miettiä keinoja tehostaa omia stressinhallintakeinojaan. Säännölliset tauot, töiden suunnittelu ja rentoutuminen itselle tärkeiden asioiden parissa kartuttavat voimavaroja ja parantavat työtehokkuutta.

## Voimavarojen seuranta



Stressin ja palautumisen tasapaino seurannan aikana.

## Painonhallinnan raportti

Henkilö: 10\_PÄIVÄ TS

Päivämäärä: 28.5.2010

## Henkilön taustatiedot

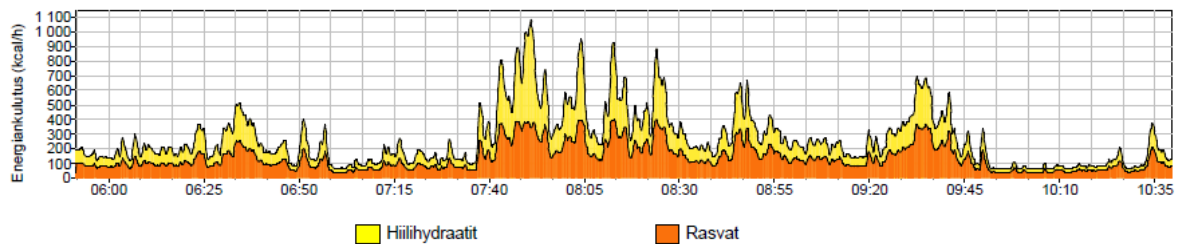
Ikä 20  
Pituus 187  
Paino 107  
Leposyke 43  
Maksimisyke 197  
Painoindeksi (BMI) 30,6

## Mittausjakson tiedot

Mittausjakson pituus 04:48:18  
Mittausjakson aikaväli 5:51:16 - 10:39:34  
Matalin syketaso 60  
Korkein syketaso 162  
Keskisyke 94  
Huomiot



## Energianlähteiden jakaantuminen



Rasvojen ja hiilihydraattien osuus kokonaisenergiankulutuksesta.

## Mittausjakson energiankulutus

Energiankulutus oli korkeimmillaan 18 kcal/min syketasolla 161. Tunnin liikuntasuoritus kyseisellä tasolla vastaisi 1097 kcal/4591 kJ energian kulutusta.

## Rasvankulutuksen optimointi

Absoluuttinen rasvojenkulutus oli jakson aikana kaikkein suurinta sykkeen ollessa 147. Suhteellisesti suurinta rasvojen kulutus on sinun kohdallasi sykkeen ollessa 128 - 148.



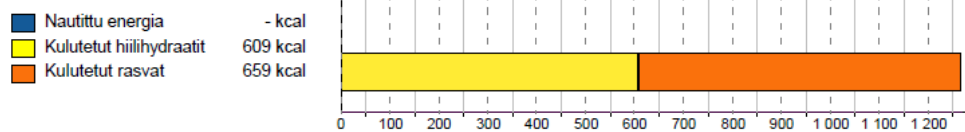
## Painonhallintaan soveltuva liikunnan räsitusasto

Hyvin korkealla räsitusastolla rasvojen käyttö energianlähteenä vähenee, sillä elimistö käyttää hyväkseen pääasiassa nopeasti saatavilla olevia hiilihydraattivarastoja. Suhteellisesti suurinta rasvojen kulutus on sykkeen ollessa n. 65 - 75% maksimitasostaan. Tämä on myös painonhallinnan kannalta suositeltava harjoitusalue, sillä kyseisellä intensiteetillä harjoitusta jaksetaan jatkaa pidempään kuin liian korkealla räsitusastolla.

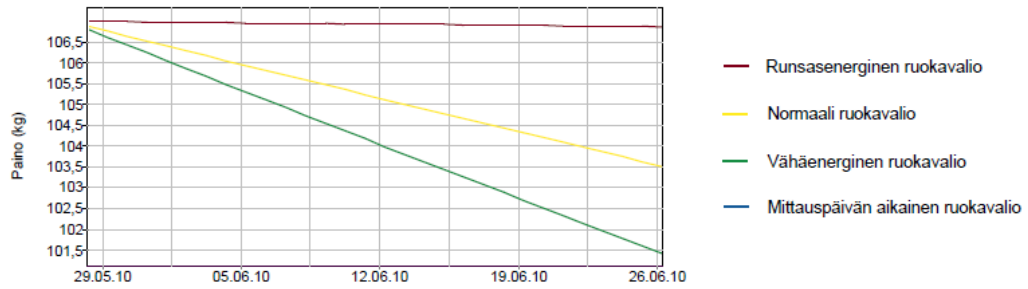
## Energiatasapaino

Kulutettu energiamäärä jakson aikana oli 1268 kcal/5311 kJ, josta hiilihydraattien osuus oli 609 kcal/2552 kJ ja rasvojen osuus 659 kcal/2759 kJ.

(Jakson aikana nautitun energian määrää ei annettu.)



## Painonmuutosennustaja



Ennuste painon keskiarvoisesta muutoksesta eri ruokavaliolla. Perustuu oletukseen, että fyysinen aktiivisuus säilyy jatkossa mittausjakson aikaisella tasolla.

	Viikko	Kuukausi
Vähäenerginen ruokavalio (1800 kcal / 7500 kJ)	- 1,3kg	- 5,6kg
Normaali ruokavalio (2300 kcal / 9600 kJ)	- 0,8kg	- 3,5kg
Runsasenerginen ruokavalio (3100 kcal / 13000 kJ)	+ 0,0kg	- 0,1kg

### Vähäenerginen ruokavalio

Sisältää pääosin vähän energiaa sisältäviä ruoka-aineita, kuten kasviksia, hedelmiä ja marjoja, runsaskuituisia ja vähärasvaisia viljavalmisteita sekä rasvattomia ja vähärasvaisia maito- ja lihavalmisteita.



### Normaali ruokavalio

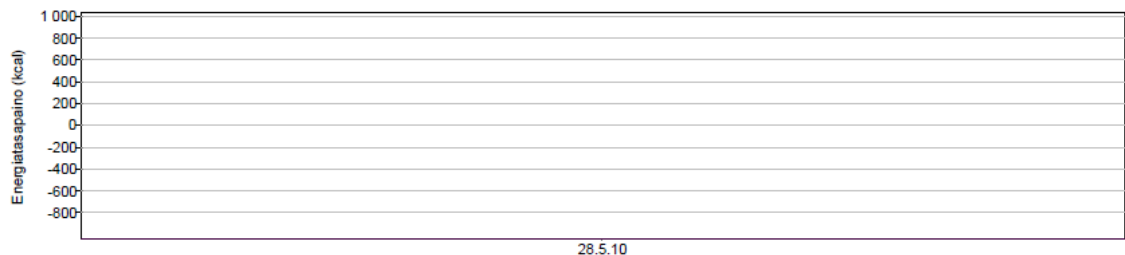
Tavanomaisista peruselintarvikkeista koostuva monipuolinen ruokavalio, jossa käytetään päivittäin rasvattomien valmisteiden ohella myös kohtuullisesti runsaammin rasvaa sisältäviä ruokia.

### Runsasenerginen ruokavalio

Runsarasvaisia ruokia tai välipaloja (rasvaiset pääruoat, pitsat, makkarat, lihapiirakat, hampurilaiset, munkit, viinerit) tavallista runsaammin sisältävä ruokavalio. Runsasenerginen ruokavalio voi koostua myös monipuolista ruokaa sisältävistä, tavanomaisia annoksia suuremmista aterioista, kuten esimerkiksi urheilijoilla, joilla päivittäinen energiantarve voi olla yli 4000 kcal/16500 kJ.

## Energiatasapainon seuranta

(Jakson aikana nautitun energian määrää ei annettu.)



Mittausjaksojen energiatasapaino seurannan aikana (seurannassa ei ole mukana mittausjaksoja, joissa ei ole ilmoitettu nautittua energiamäärää).

## Harjoitusvaikutuksen raportti

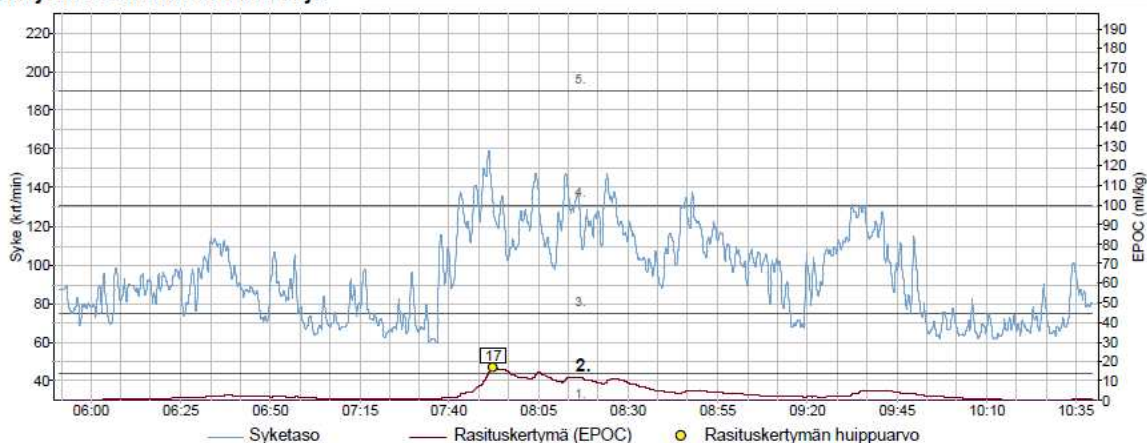
Henkilö: 10\_PÄIVÄ TS

Päivämäärä: 28.5.2010

Henkilön taustatiedot		Mittausjakson tiedot	
Ikä	20	Mittausjakson pituus	04:48:18
Pituus	187	Mittausjakson aikaväli	5:51:16 - 10:39:34
Paino	107	Matalin syketaso	60
Leposyke	43	Korkein syketaso	162
Maksimisyke	197	Keskisyke	94
Painoindeksi (BMI)	30,6	Huomiot	
Aktiivisuusluokka	5		



## Harjoitusvaikutuksen kuvaaja



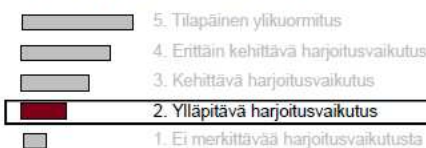
Rasituskertymän (EPOC, ml/kg) kehittyminen mittausjakson aikana. Rasituskertymän huippuarvo kuvaa elimistön tasapainotilan järkkymistä, ja sen avulla voidaan määritellä harjoituksen tuottama vaikutus maksimaaliseen aerobiseen suorituskykyyn.



## EPOC ja harjoitusvaikutus

EPOC (Excess Post-exercise Oxygen Consumption) on fysiologinen mitta, joka kuvaa harjoituksen aiheuttamaa elimistön tasapainotilan järkkymistä. Sen avulla voidaan mm. arvioida harjoituksen kokonaiskuormitusta. Mitä suurempi fyysinen rasitus on, sitä enemmän elimistö kuormittuu ja EPOC nousee. Kunnon kehittyessä elimistöä tulee järkyttää entistä enemmän saavuttaakseen korkeampi EPOC ja sen myötä edelleen kehittävä harjoitusvaikutuksen.

## Harjoitusvaikutuksen analyysi



Harjoitusvaikutus on jaettu viiteen luokkaan sen mukaan, kuinka harjoitus on kehittänyt maksimaalista aerobista suorituskykyä ja väsymisen vastustuskykyä kestävyysuorituksessa. Mitä lähempänä luku on luokkaa 5, sitä rasittavampi harjoitus on ollut.

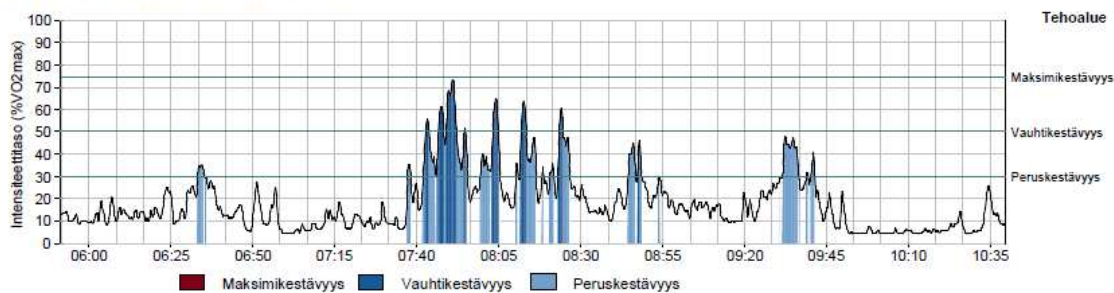


## HUOM!

Harjoitusvaikutus mittaa harjoituksen vaikutusta hengitys- ja verenkiertoelimistön maksimaaliseen suorituskykyyn. Palauttavan harjoituksen aikana EPOC:in ei ole tarkoitus nousta. Vaikka harjoituksella ei olisi vaikutusta maksimaaliseen suorituskykyyn, se voi kehittää peruskestävyysominaisuuksia, lihasvoimaa, liikkuvuutta tai nopeutta.



## Kestävyyssiikunnan tehoalueet

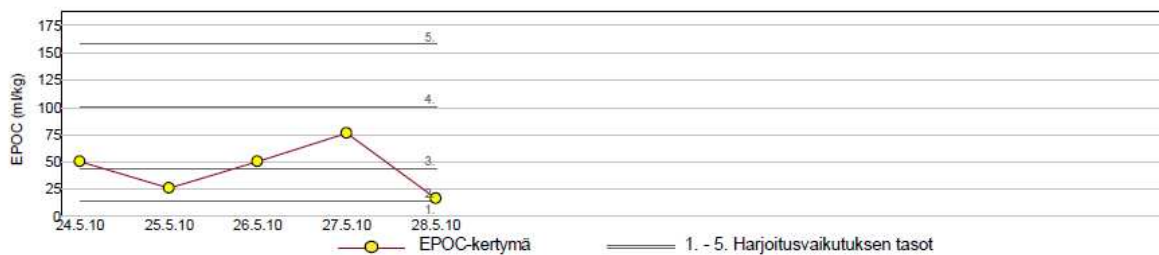


Mittausjakson aikana esiintyneet kestävyysominaisuuksiin vaikuttavat ajanjaksot.

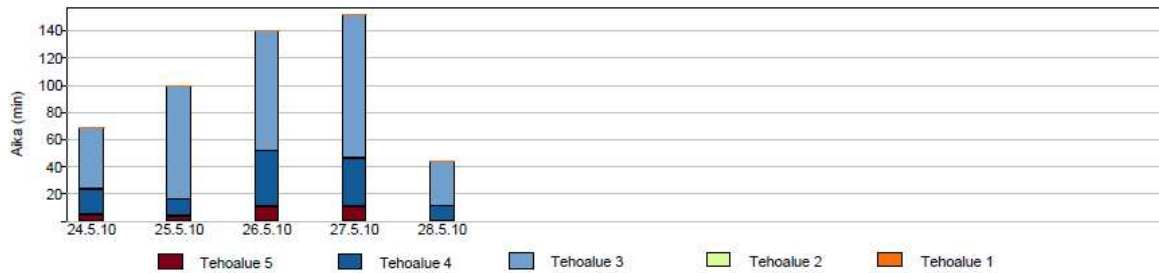


Mittausjakson aikaisen harjoituksen kesto oli yhteensä 44 min, joka jakaantui kestävyiden eri tehoalueille kuvaajan mukaisesti.

## Harjoittelun seuranta



Rasituskertymän (EPOC) arvot seurannan aikana.



Harjoitusmäärät eri tehoalueilla seurannan aikana.

### Fyysisen kuormittumisen raportti

Henkilö: 10\_PÄIVÄ TS

Päivämäärä: 28.5.2010

**Henkilön taustatiedot**

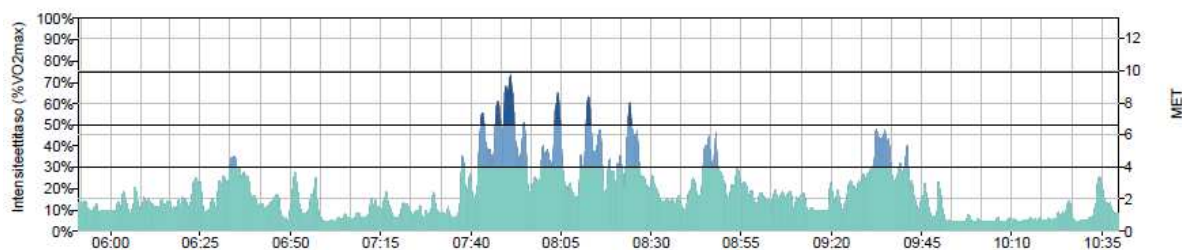
Ikä 20  
Pituus 187  
Paino 107  
Leposyke 43  
Maksimisyke 197  
Painoindeksi (BMI) 30,6

**Mittausjakson tiedot**

Mittausjakson pituus 04:48:18  
Mittausjakson aikaväli 5:51:16 - 10:39:34  
Matalin syketaso 60  
Korkein syketaso 162  
Keskisyke 94  
Huomiot



### Fyysisen kuormittumisen kuvaaja

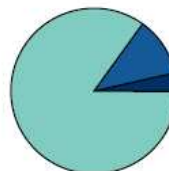


Työtehtävät (keskiarvo ja maksimi %VO<sub>2</sub>max):

(Työtehtäviä ei annettu.)

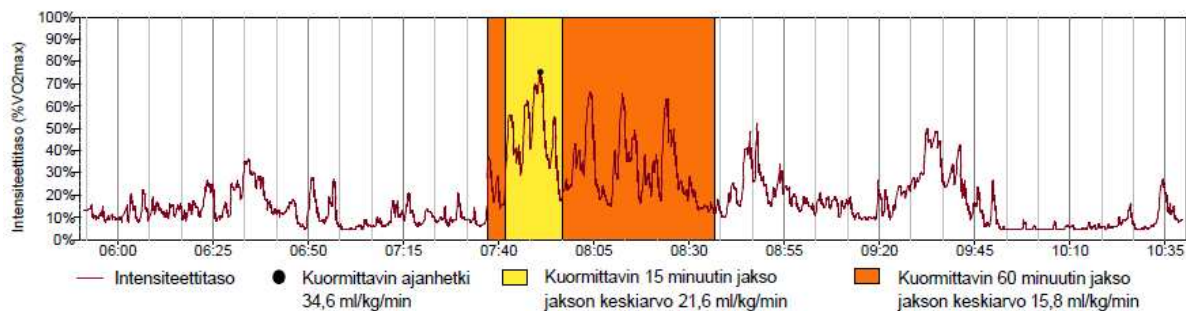
Mittauksen aikaisten työtehtävien fyysinen kuormittaminen. Prosenttiluku työtehtävän perässä kertoo työtehtävän keskimääräisen sekä korkeimman rasitustason.

0-30% VO <sub>2</sub> max 0-14 ml/kg/min	4h 4min	(85%)
31-50% VO <sub>2</sub> max 14-23 ml/kg/min	34 min	(12%)
51-75% VO <sub>2</sub> max 24-35 ml/kg/min	11 min	(4%)
76-100% VO <sub>2</sub> max 35-46 ml/kg/min	0 min	(0%)



Fyysisen aktiivisuuden jakaantuminen eri intensiteettitasoille sekä suhteelliset osuudet mittausjakson aikana.

### Fyysisen kuormittumisen analyysi



Fyysisen kuormittumisen kannalta merkittävimmät ajanjaksot.



## Energiankulutuksen raportti

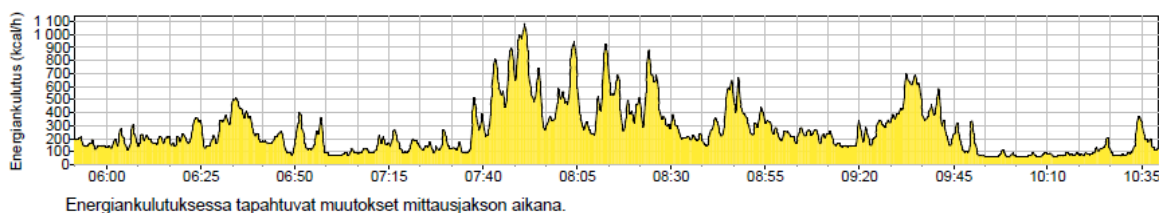
Henkilö: 10\_PÄIVÄ TS

Päivämäärä: 28.5.2010

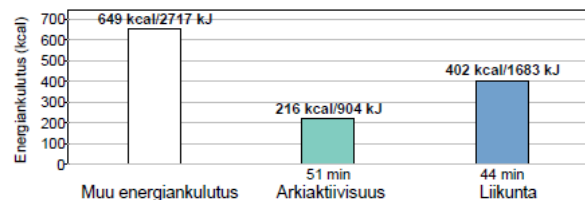
Henkilön taustatiedot		Mittausjakson tiedot	
Ikä	20	Mittausjakson pituus	04:48:18
Pituus	187	Mittausjakson aikaväli	5:51:16 - 10:39:34
Paino	107	Matalin syketaso	60
Leposyke	43	Korkein syketaso	162
Maksimisyke	197	Keskisyke	94
Painoindeksi (BMI)	30,6	Huomiot	



## Energiankulutuksen kuvaaja



Energiankulutuksessa tapahtuvat muutokset mittausjakson aikana.



Mittausjakson aikainen (4h 48min) kokonaisenergiankulutus (1268 kcal/5311 kJ) jakaantui kuvaajan mukaisesti. Arkiaktiivisuuden ja liikunnan kohdalla energiankulutuksen määrä kuvaa fyysisen aktiivisuuden tuomaa lisäystä perusaineenvaihduntaan.

**Muu energiankulutus**

Energiankulutus muodostuu perusaineenvaihdunnasta ja matalasta aktiivisuudesta, jolla ei ole suurta vaikutusta energiankulutuksen lisääntymiseen. (Tehoalue 0-20%VO<sub>2</sub>max)

**Arkiaktiivisuus**

Matalatehoista päivään sisältyvää fyysistä aktiivisuutta, esim. kotiaskareita, jolla on energiankulutusta lisäävä vaikutus. (Tehoalue 20-30%VO<sub>2</sub>max)

**Liikunta**

Rasitustasoltaan kovempaa fyysistä aktiivisuutta, jolla on merkittävä energiankulutusta lisäävä vaikutus. (Tehoalue >30%VO<sub>2</sub>max)

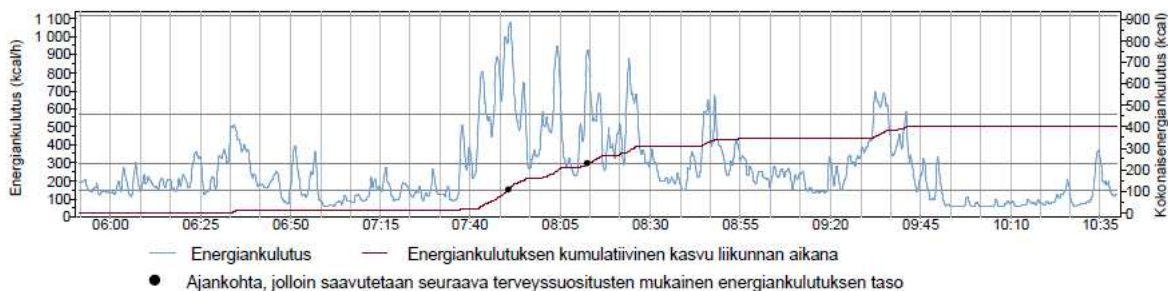
## Energiankulutuksen vertailu

Taulukossa on esitetty arvio, kuinka kauan erityyppisiä fyysisen aktiivisuuden muotoja painoisesti henkilön on suoritettava kuluttaakseen saman määrän energiaa kuin esiintyneen liikuntajakson (44 min) aikana.

## Jotta kuluttaisit vastaavan määrän energiaa, sinun tulisi...

maata sohvalla	4h 41min	sauvakävellä	42 min
tehdä toimistotöitä	2h 49min	uida (kunto)	39 min
siivota	1h 12min	pyöräillä (15-20km/h)	36 min
kävellä	1h 03min	hölkätä (8km/h)	36 min
tehdä pihatöitä	51 min	juosta (12km/h)	20 min

## Energiankulutus ja terveystvaikutukset



- > 920 kcal Liikunnan aikainen energiankulutus vaativaa.
- 460-920 kcal Liikunnan avulla kulutettu energiamäärä täytti painonhallinnan kannalta suositellun rajan.
- 230-460 kcal Liikunnan avulla kulutettu energiamäärä täytti terveyden kannalta suositellun rajan.
- 110-230 kcal Saavutit puolet terveyden kannalta suositellusta energiankulutusmäärästä.
- 0-110 kcal Jäit selkeästi alle suositusrajan.



### Päivakohtaiset energiankulutussuositukset

Terveystvaikutusten mukainen liikunnan avulla saavutettava päivittäinen energiankulutuksen minimitaso on 230 kcal ja ihannetaso > 460 kcal. Suositukset perustuvat terveystvaikutuksia antavan järjestön, American College of Sports Medicinen asettamiin viitearvoihin.

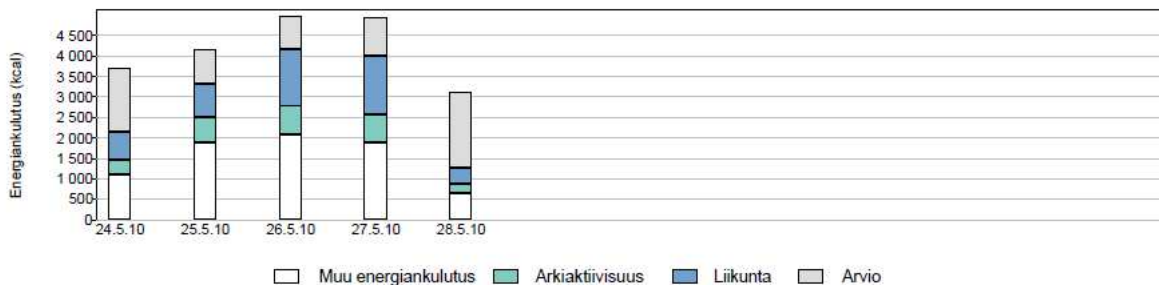
## Vuorokauden energiankulutuksen ennuste

Tämän 4h 48min kestäneen jakson aikana kulutit yhteensä 1268 kcal/5311 kJ energiaa. Taulukossa on esitetty arvio vuorokauden kokonaisenergiankulutuksesta, mikäli loppupäivä sisältää seuraavia aktiivisuuden eri tasoja.

Jos loppupäivä sisältää...

...lepäilyä ja matalaa aktiivisuutta, kulutat vuorokaudessa	3131 kcal/13109 kJ
...30min liikuntaa sekä muutaman arkiaktiivisuusjakson, kulutat vuorokaudessa	3637 kcal/15225 kJ
...1h vaativaa liikuntaa (esim. juoksu, hiihto, uinti), kulutat vuorokaudessa	4142 kcal/17342 kJ

## Energiankulutuksen seuranta



Energiankulutuksen jakaantumisen seuranta. Arvio antaa ennusteen sille jaksolle, jota vuorokauden ajalta ei ole mitattu.

## LIIKUNTA- JA TERVEYSKÄYTTÄYTYMISKYSELY

### Arvoisa vastaaja,

Kysely on täysin luottamuksellinen. Vastaaminen tapahtuu tälle lomakkeelle. Sinulle annetaan ennen kyselyn alkua henkilökoodi, jota sinä käytät koko tutkimuksen ajan.

Kyselyyn vastataan tiedonkeruulomakkeella **mustaamalla lyijykynällä** vastaustasi vastaava kirjain. Toivomme jokaisen täyttävän lomakkeen huolellisesti, jotta aineisto olisi tilastollisesti edustava ja luotettava. Kyselyn jälkeen palautat kysely- ja vastauslomakkeet kyselyyn.

Antamasi vastaukset ovat ensiarvoisen tärkeitä. Vastaathan **jokaiseen kysymykseen**.

### KIITOS VASTAUKSISTASI!

Pääesikunta, koulutusosasto  
Jyväskylän Yliopisto, liikuntabiologian laitos

**Nimi** \_\_\_\_\_ **ja** \_\_\_\_\_ **ID** \_\_\_\_\_ **tunnus:** \_\_\_\_\_

**Pituus:** \_\_\_\_\_ cm

**Paino:** \_\_\_\_\_ kg

**Leposyke:** \_\_\_\_\_ /min

**Maksimisyke:** \_\_\_\_\_ /min

**Liikunnan määrä yhteensä (kaikki lajit):** \_\_\_\_\_ minuuttia / viikko

**Tupakointi:** \_\_\_\_\_ savuketta / vuorokausi

**Nuuska:** \_\_\_\_\_ annosta / vuorokausi

**Alkoholin käyttö:** \_\_\_\_\_ annosta (esim. 1 annos = 4cl väkeviä) / viikko

**Kuvaile ravintotottumuksiasi (esim. rasvan ja suolan määrä):**

---



---



---



---

Merkitse alla olevalle janalle pystyviivalla kipusi voimakkuus kehon eri osissa sekä uupumuksen ja yleisvoinnin tila viimeisen viikon aikana.

**Ei lainkaan (yleisvointi erittäin hyvä)**

**Pahin mahdollinen**

**Selkäkipu** | \_\_\_\_\_ |

**Niskakipu** | \_\_\_\_\_ |

**Pääkipu** | \_\_\_\_\_ |

**Yläraajakipu** \_\_\_\_\_ |

**Alaraajakipu** \_\_\_\_\_ |

**Rintakipu** | \_\_\_\_\_ |

**Vatsakipu** | \_\_\_\_\_ |

**Uupumus** | \_\_\_\_\_ |

**Yleisvointi** | \_\_\_\_\_ |

## LIIKUNTA-AKTIIVISUUDEN KARTOITUS

1. Mihin seuraavista vapaa-ajan liikuntaryhmistä kuulut?

Ajattele **kolmea viime kuukautta** ja ota huomioon kaikki sellainen vapaa-ajan fyysinen rasitus, joka on kestänyt kerrallaan **vähintään 20 minuuttia**.

Vastausrivi 1:

- |   |  |
|---|--|
| a | Ei juuri mitään liikuntaa joka viikko                                      |
| b | Verkkaista tai rauhallista liikuntaa yhtenä tai useampana päivänä viikossa |
| c | Ripeää ja reipasta liikuntaa noin kerran viikossa                          |
| d | Ripeää ja reipasta liikuntaa kaksi kertaa viikossa                         |
| e | Ripeää ja reipasta liikuntaa kolme kertaa viikossa                         |
| f | Ripeää ja reipasta liikuntaa ainakin neljä kertaa viikossa                 |

Liikunta on **ripeää ja reipasta**, kun se aiheuttaa ainakin jonkin verran hikoilua ja hengityksen kiihtymistä.

2. Onko vapaa-ajan liikuntasi määrä **muuttunut viimeksi kuluneen kolmen kuukauden aikana** verrattuna sitä edeltävään aikaan?

Vastausrivi 2:

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| a | määrä on lisääntynyt             |
| b | ei olennaisia muutoksia määrässä |
| c | määrä on vähentynyt              |

3. Katselen televisiota tai videoita

Vastausrivi 3:

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| a | en katsele lainkaan          |
| b | enintään tunnin (1) päivässä |
| c | enintään 2 tuntia päivässä   |
| d | enintään 3 tuntia päivässä   |
| e | enintään 4 tuntia päivässä   |
| f | enintään 5 tuntia päivässä   |
| g | enintään 6 tuntia päivässä   |
| h | enintään 7 tuntia päivässä   |
| i | 8 tuntia tai enemmän         |

4. Pelaan tietokonepelejä tai olen internetissä

Vastausrivi 4:

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| a | en katsele lainkaan          |
| b | enintään tunnin (1) päivässä |
| c | enintään 2 tuntia päivässä   |
| d | enintään 3 tuntia päivässä   |
| e | enintään 4 tuntia päivässä   |
| f | enintään 5 tuntia päivässä   |
| g | enintään 6 tuntia päivässä   |
| h | enintään 7 tuntia päivässä   |
| i | 8 tuntia tai enemmän         |



5. Miten arvioit terveydentilasi nyt ikätovereihisi verrattuna?

Vastausrivi 5:

- |   |                |
|---|----------------|
| a | erittäin huono |
| b | huono          |
| c | kohtalainen    |
| d | hyvä           |
| e | erittäin hyvä  |

6. Miten arvioit fyysisen kuntosi nyt verrattuna ikätovereihisi?

Vastausrivi 6:

- |   |                        |
|---|------------------------|
| a | selvästi huonompi      |
| b | jonkin verran huonompi |
| c | yhtä hyvä              |
| d | jonkin verran parempi  |
| e | huomattavasti parempi  |

7. Viimeisimmän koulutodistuksen numero liikunnassa?

Vastausrivi 7:

- |   |        |
|---|--------|
| a | alle 6 |
| b | 6      |
| c | 7      |
| d | 8      |
| e | 9      |
| f | 10     |

8. Kuuluminen urheiluseuraan?

Vastausrivi 8:

- |   |  |
|---|--|
| a | en ole koskaan ollut urheiluseuran jäsen |
| b | olen ollut jäsen, mutta en ole enää      |
| c | olen nykyisin aktiivijäsen               |

9. Vapaa-ajan liikuntaharrastukseni motiivit. (Miksi harrastan liikuntaa?)

Vastausrivi 9:

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| a | virikistys                           |
| b | fyysinen kunto                       |
| c | kilpailu                             |
| d | terveys                              |
| e | kaverit                              |
| f | jokin muu                            |
| g | en harrasta vapaa-aikanani liikuntaa |

10. Mieluisin liikuntalaji, jota harrastan?

Vastausrivi 10: yksilölajit

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| a | kävely                             |
| b | pyöräily                           |
| c | sauvakävely                        |
| d | hiihto                             |
| e | uinti                              |
| f | juoksu, lenkkeily                  |
| g | suunnistus                         |
| h | voimailu, kuntosali                |
| i | en harrasta mitään näistä lajeista |

11. Mieluisin liikuntalaji, jota harrastan?

Vastausrivi 11: joukkuelajit ja muut

- |   |  |
|---|--|
| a | kamppailulajit                               |
| b | ammunta                                      |
| c | salibandy                                    |
| d | jääkiekko                                    |
| e | lentopallo                                   |
| f | koripallo                                    |
| g | jalkapallo                                   |
| h | jokin mailapeli (tennis, sulkapallo, squash) |
| i | en harrasta mitään näistä lajeista           |

## KOULUTUSTAUSTA, TERVEYS JA MUUT TIEDOT

12. Mikä on koulutuksesi?

Vastausrivi 12:

- |   |  |
|---|--|
| a | kansa-, keski- tai peruskoulu                          |
| b | ylioppilas   |
| c | ammattikoulu tai ammatillinen perustutkinto            |
| d | opistoasteen ammatillinen tutkinto                     |
| e | ammattikorkeakoulu tai alempi akateeminen tutkinto     |
| f | yliopisto tai korkeakoulun ylempi akateeminen tutkinto |

13. Minkälainen on asuinpaikkasi?

Vastausrivi 13:

- |   |   |
|---|---|
| a | Kaupunki, jossa on yli 90 000 asukasta                  |
| b | Kaupunki tai kunta, jossa on 10 000 – 89 999 asukasta   |
| c | Taajama (alle 10 000 asukkaan kaupungissa tai kunnassa) |
| d | Maaseutu  |

14. Minkälaiset ovat tupakointitottumuksesi?

Vastausrivi 14:

- |   |  |
|---|--|
| a | en ole koskaan tupakoinut säännöllisesti                         |
| b | olen lopettanut säännöllisen tupakoinnin yli 6 kk sitten         |
| c | olen lopettanut säännöllisen tupakoinnin korkeintaan 6 kk sitten |

d tupakoin säännöllisesti

Seuraavat kysymykset koskevat untanne ja nukkumista **viimeksi kuluneen kolmen kuukauden aikana**.

15. Onko teillä ollut vaikeuksia nukahtaa?

Vastausrivi 15:

- a en koskaan/harvemmin kuin kerran kuussa
- b harvemmin kuin kerran viikossa
- c 1-2 päivänä viikossa
- d 3-5 päivänä viikossa
- e päivittäin tai lähes päivittäin

16. Kuinka usein olette herännyt yöllä niin, että on ollut vaikeaa nukahtaa uudelleen?

Vastausrivi 16:

- a en koskaan/harvemmin kuin kerran kuussa
- b harvemmin kuin kerran viikossa
- c 1-2 päivänä viikossa
- d 3-5 päivänä viikossa
- e päivittäin tai lähes päivittäin

17. Kuinka usein olette herännyt liian aikaisin aamulla pystymättä enää nukahtamaan uudelleen?

Vastausrivi 17:

- a en koskaan/harvemmin kuin kerran kuussa
- b harvemmin kuin kerran viikossa
- c 1-2 päivänä viikossa
- d 3-5 päivänä viikossa
- e päivittäin tai lähes päivittäin

18. Tunnetteko itsenne liian uneliaaksi päivällä?

Vastausrivi 18:

- a en koskaan/harvemmin kuin kerran kuussa
- b harvemmin kuin kerran viikossa
- c 1-2 päivänä viikossa
- d 3-5 päivänä viikossa
- e päivittäin tai lähes päivittäin

19. Kuinka monta tuntia keskimäärin nukutte vuorokaudessa?

Vastausrivi 19:

- a 5 tuntia tai alle
- b keskimäärin 6 tuntia
- c keskimäärin 7 tuntia
- d keskimäärin 8 tuntia
- e keskimäärin 9 tuntia
- f keskimäärin 10 tuntia
- g keskimäärin 11 tuntia
- h keskimäärin 12 tuntia
- i 13 tuntia tai enemmän

20. Kuinka pitkän unen tarvitsette ollaksenne seuraavana päivänä virkeä?

Vastausrivi 20

- a 5 tuntia tai alle
- b keskimäärin 6 tuntia
- c keskimäärin 7 tuntia
- d keskimäärin 8 tuntia
- e keskimäärin 9 tuntia
- f keskimäärin 10 tuntia
- g keskimäärin 11 tuntia
- h keskimäärin 12 tuntia
- i 13 tuntia tai enemmän

Oletko muuttanut tai yrittänyt muuttaa seuraavia tottumuksia terveydellisten syiden takia **viimeksi kuluneen vuoden aikana?**

21. Vähentänyt rasvan määrää ravinnossani

Vastausrivi 21:

- a olen aina elänyt niin terveellisesti, ettei ole tarvetta muutokseen
- b olen jo muuttanut tottumuksia ja onnistunut
- c olen yrittänyt muuttaa, mutta en ole onnistunut
- d en vielä, mutta aion muuttaa lähiaikoina
- e en ole enkä ole ajatellut muuttaa lähiaikoina

22. Muuttanut rasvan laatua ravinnossani

Vastausrivi 22:

- a olen aina elänyt niin terveellisesti, ettei ole tarvetta muutokseen
- b olen jo muuttanut tottumuksia ja onnistunut
- c olen yrittänyt muuttaa, mutta en ole onnistunut
- d en vielä, mutta aion muuttaa lähiaikoina
- e en ole enkä ole ajatellut muuttaa lähiaikoina

23. Vähentänyt suolan käyttöä ravinnossani

Vastausrivi 23:

- a olen aina elänyt niin terveellisesti, ettei ole tarvetta muutokseen
- b olen jo muuttanut tottumuksia ja onnistunut
- c olen yrittänyt muuttaa, mutta en ole onnistunut
- d en vielä, mutta aion muuttaa lähiaikoina
- e en ole enkä ole ajatellut muuttaa lähiaikoina

24. Lisännyt liikuntaa

Vastausrivi 24:

- a olen aina elänyt niin terveellisesti, ettei ole tarvetta muutokseen
- b olen jo muuttanut tottumuksia ja onnistunut
- c olen yrittänyt muuttaa, mutta en ole onnistunut
- d en vielä, mutta aion muuttaa lähiaikoina

e en ole enkä ole ajatellut muuttaa lähiaikoina

25. Vähentänyt alkoholin käyttöä

Vastausrivi 25:

- a olen aina elänyt niin terveellisesti, ettei ole tarvetta muutokseen
- b olen jo muuttanut tottumuksia ja onnistunut
- c olen yrittänyt muuttaa, mutta en ole onnistunut
- d en vielä, mutta aion muuttaa lähiaikoina
- e en ole enkä ole ajatellut muuttaa lähiaikoina

26. Lopettanut tupakoinnin

Vastausrivi 26:

- a olen aina elänyt niin terveellisesti, ettei ole tarvetta muutokseen
- b olen jo muuttanut tottumuksia ja onnistunut
- c olen yrittänyt muuttaa, mutta en ole onnistunut
- d en vielä, mutta aion muuttaa lähiaikoina
- e en ole enkä ole ajatellut muuttaa lähiaikoina

27. Laihduttanut

Vastausrivi 27:

- a olen aina elänyt niin terveellisesti, ettei ole tarvetta muutokseen
- b olen jo muuttanut tottumuksia ja onnistunut
- c olen yrittänyt muuttaa, mutta en ole onnistunut
- d en vielä, mutta aion muuttaa lähiaikoina
- e en ole enkä ole ajatellut muuttaa lähiaikoina

28. Lisännyt vihannesten ja hedelmien käyttöä ravinnossani

Vastausrivi 28:

- a olen aina elänyt niin terveellisesti, ettei ole tarvetta muutokseen
- b olen jo muuttanut tottumuksia ja onnistunut
- c olen yrittänyt muuttaa, mutta en ole onnistunut
- d en vielä, mutta aion muuttaa lähiaikoina
- e en ole enkä ole ajatellut muuttaa lähiaikoina

<b>TERVEYSSEULA</b>
---------------------

Lue seuraavat kysymykset huolellisesti ja vastaa niihin tiedonkeruunlomakkeelle.

29. Onko sinulla lääkärin toteamaa hengitys-, sydän tai verenkiertoelimistön sairautta?

Vastausrivi 29: kyllä (A) ei (B)

30-31. Esiintyykö sinulla rintakipu ja tai hengenahdistusta?

Vastausrivi 30: Levossa kyllä (A) ei (B)  
 Vastausrivi 31: Rasituksessa kyllä (A) ei (B)

32. Sairastatko verenpainetautia tai onko lääkäri todennut , että verenpaineesi on kohonnut?

Vastausrivi 32: kyllä (A) ei (B)

33. Oletko tupakoinut säännöllisesti viimeisen 6 kuukauden aikana?

Vastausrivi 33: kyllä (A) ei (B)

34. Pyörryttääkö sinua usein tai kärsitkö huimauksesta?

Vastausrivi 34: kyllä (A) ei (B)

35. Onko sinulla lääkärin toteama tulehduksellinen nivelsairaus?

Vastausrivi 35: kyllä (A) ei (B)

35. Onko sinulla selkävaivoja?

Vastausrivi 35: kyllä (A) ei (B)

36. Onko sinulla muita tuki- ja liikuntaelinten pitkäaikaisia tai usein toistuvia vaivoja?

Vastausrivi 36: kyllä (A) ei (B)

37. Käytätkö tällä hetkellä lääkkeitä?

Vastausrivi 37: kyllä (A) ei (B)

38. Oletko viimeisen kahden viikon aikana sairastanut jotain tulehdustautia (flunssa, kuume-tauti)?

Vastausrivi 38: kyllä (A) ei (B)

39. Oletko viimeksi kuluneen vuorokauden aikana nauttinut runsaasti alkoholia (enemmän kuin 2 ravintola annosta)?

Vastausrivi 39: kyllä (A) ei (B)

40. Ikäni on

Vastausrivi 40:

- a 18 vuotta
- b 19 vuotta
- c 20 vuotta
- d 21 vuotta
- e 22 vuotta
- f 23 vuotta
- g 24 vuotta
- h 25 vuotta
- i 26 vuotta ja yli