

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

PARTIOTIEDUSTELUHARJOITUKSEN FYYSINEN KUORMITTAVUUS

Pro Gradu -tutkielma

Kadetti
Mika Salonen

Kadettikurssi 91
Tiedustelu- ja liikuntalinja

Maaliskuu 2008

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 91	Linja Tiedustelu- ja liikuntalinja
Tekijä Kadetti Mika Salonen	
Tutkielman nimi Partiotiedusteluharjoituksen fyysinen kuormittavuus	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika Maaliskuu 2008	Tekstisivuja Liitesivuja 82 kpl 4 kpl
TIIVISTELMÄ <p>Nykyaikaisen sotilaan on kyettävä säilyttämään toimintakykynsä nopeasti muuttuvissa tilanteissa. Viime aikoina käydyt sodat ja tutkimukset ovat osoittaneet, että sotilailta edellytetään edelleen hyvää fyysistä suorituskykyä (David 1995). On myös esitetty väittämiä sotilaiden suorituskykyvaatimuksien lisääntymisestä nykyisissä operaatioissa (Maavoimaesikunta 2004, 276). Sotilastehtävien kuormittavuudesta saadaan tietoa mittaamalla koehenkilöiden aktiivisuutta ja fysiologisia vasteita. Fyysiseen kuormittavuuteen kohdistuvia tutkimuksia voidaan käyttää arvioitaessa sotilaiden suorituskyvyn vaatimuksia tai kehitettäessä tehtäväkohtaista taktiikkaa ja koulutusta. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kolme vuorokautta kestävä partiotiedusteluharjoituksen aiheuttamia fysiologisia vasteita ja mielialan muutoksia, harjoituksen aikaista tiedustelijan energia- ja nestetasapainoa sekä lepo- ja palautumisaikaa.</p> <p>Tutkimus toteutettiin Reserviupseerikoulun yhteistoimintaharjoituksessa, jossa tutkimusotos harjoitteli pataljoonan hyökkäyksen tiedustelua jalan partioimalla. Koehenkilöt valittiin arpomalla ja heistä muodostettiin yksi tiedusteluryhmä (n=10). Koehenkilöiden fyysinen kunto määritettiin epäsuoralla polkupyöräergometritestillä (Milfit), jonka mukaan joukko todettiin hyväkuntoiseksi ($VO_{2max} = 55.9 \pm 3.8 \text{ ml/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$). Harjoitusta edeltävänä vuorokautena ja harjoituksen aikana sotilaiden fysiologisia vasteita mitattiin ottamalla veri- ja hormoninäytteitä, seuraamalla sydämen sykevaihtelua ja sykemuutoksia sekä mittaamalla kehon painoa. Sotilaiden toimintaa seurattiin liikkumisen osalta satelliittipaikannuksella sekä energian- ja nesteensaannin osalta päiväkirjalla ja kyselyllä. Mielialan muutoksia seurattiin päivittäisellä POMS kyselyllä.</p>	

Tutkimuksen mukaan partiotiedustelu tapahtui hengitys- ja verenkiertoelimistön osalta kohtuullisen matalalla intensiteetillä (HR = 44 ± 4 % maksimista; $VO_2 = 16 \pm 3$ % maksimista). Kuormitus oli merkitsevästi suurempi kuin kasarmipalveluksessa ($p < 0.01$). Mittauksien perusteella tiedustelijat kärsivät harjoituksessa energia- ja nestevajeesta sekä unenpuutteesta. Harjoituksen aikaisen keskimääräisen energiankulutuksen (4646 ± 674 kcal/vrk) ja energiansaannin (2200 ± 326 kcal/vrk) perusteella sotilaiden energiavaje oli 2405 ± 890 kcal/vrk. Energia- ja nestevajeen seurauksena sotilaiden paino laski 2.2 ± 0.8 kg eli 2.8 %. Punasolujen tilavuus laski (-4.2 %, $p < 0.01$) ja plasmatilavuus samoin (-4.3 %, $p < 0.01$). Tämä oli luultavasti seurausta negatiivisesta nestetasapainosta, koska sotilaat joivat keskimäärin vain 2.9 ± 0.8 l/vrk. Energiankulutuksen mukaan laskettuna heidän olisi tullut nauttia nestettä vähintään 4.6 l/vrk. Sykevälivaihteluanalyysi osoitti, että fyysisesti raskaimpana vuorokautena (0. vs. 2.vrk) vagaalinen aktiivisuus väheni RMSSD:llä mitattuna (54 vs. 39 ms, $p < 0.05$), joka saattaa olla merkki muutoksesta sympaattis- vagaaliossa tasapainossa (Otzenberger ym. 1998). Verinäytteistä saatujen kuormitusta kuvaavien muuttujien vaihtelut tukivat aiempia havaintoja sotilastehtävien kuormittavuudesta. Merkittävimmät muutokset alku ja loppumittauksen välillä olivat testosteronin 34 % ($p < 0.01$) ja vapaan testosteronin 31 % ($p < 0.05$) lasku sekä kreatiinikinaasin nousu 2.2 -kertaiseksi ($p < 0.001$). Kortisolin ja kasvuhormonin osalta muutoksien suunta vaihteli eri harjoituspäivinä. Tyroksiinin pitoisuus oli lievässä nousussa koko harjoituksen ajan.

Kolme vuorokautta kestäneen partiotiedusteluharjoituksen kuormittavuus hyväkuntoisilla sotilailla muodostui matalaintensiteettisestä pitkäkestoisesta rasituksesta. Harjoituksen aikainen RMSSD:n lasku osoitti sympaattis- vagaalisen säätelyn aktiivisuuden muutoksia laskien parasympaattista aktiivisuutta. Sotilaiden fysiologiset vasteet heijastivat harjoituksen aiheuttamaa sotilaallista fyysistä stressiä, joka muodostui huomattavan negatiivisesta energia- ja nestetasapainosta sekä univajeesta. Tästä huolimatta sotilaat säilyttivät korkean aktiivisuuden tason. Huomattavalla energiavajeella ei näyttänyt olevan suurta merkitystä hyväkuntoisien sotilaiden tehtävistä suoriutumiseen lyhyessä alle 4 vrk kestävässä harjoituksessa. Sotilasjohtajien koulutuksessa ja koulutuksen suunnittelussa on korostettava energiatasapainon palauttamisen merkitystä sekä opetettava tehtävien tehokasta organisoimista fyysisen palautumisen mahdollistamiseksi ja toimintakyvyn säilyttämiseksi.

Avainsanat

Fysiologiset vasteet, fyysinen kuormitus, hormonit, partiotiedustelu, suunnassatiedustelu, sykevaihtelu

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. KUORMITUSFYSIOLOGISET PERUSTEET	2
2.1. Elimistön adaptatiiviset toiminnot	2
2.1.1. Autonominen hermosto	3
2.1.2. Hormonaalinen järjestelmä	4
2.1.3. Hermolihasjärjestelmä.....	10
2.2. Hengitys- ja verenkiertoelimistö	10
2.2.1. Veri ja sen ominaisuudet.....	12
2.2.2. Syke (HR) ja sykevaihtelu (HRV)	14
2.3. Energia-aineenvaihdunta.....	16
2.3.1. Anaerobinen energiantuotto	17
2.3.2. Aerobinen energiantuotto.....	18
2.3.3. Energiantuottosysteemit pitkäkestoisessa suorituksessa.....	21
2.4. Energian- ja nesteenkulutus	23
3. TIEDUSTELIJAN FYYSSINEN TOIMINTAKYKY PARTIOTIEDUSTELUHARJOITUKSESSA	26
3.1. Sotilaan toimintakyky	26
3.1.1. Fyysisen toimintakyvyn kuvaus.....	27
3.1.2. Fyysinen suorituskyky ja sotilaskunto	30
3.1.3. Tiedustelijan toimintakyvyn ja fyysisen suorituskyvyn vaatimukset	30
3.2. Tiedustelijan toimintaympäristö.....	31
3.2.1. Toimintaympäristö partiotiedusteluharjoituksessa.....	32
3.3. Partiotiedustelua suorittavien tiedustelujoukkojen toiminta	34
3.3.1. Tiedusteluvarustus.....	35
3.3.2. Tehtävän suoritusperiaate.....	36
3.3.3. Energian- ja nesteensaanti.....	37

4. TUTKIMUKSEN TARKOITUS	40
4.1. Tutkimusongelmat ja hypoteesit	41
5. TUTKIMUSASETEMAN JA –MENETELMIEN KUVAUS	42
5.1. Mitattavat muuttujat	42
5.2. Perusjoukko	44
5.3. Koeasetelma	46
5.3.1. Testiasemamittaukset	46
5.3.2. Harjoituksen kuvaus	47
5.3.3. Harjoituksessa tehdyt kenttämittaukset	52
5.4. Mittalaitteet ja välineet	53
5.5. Analysointimenetelmät	55
6. TULOKSET	58
6.1. Kehon koostumus	58
6.2. Energia- ja nestetasapaino	58
6.3. Sykeseuranta	62
6.4. Hormonaaliset vasteet ja kreatiinikinaasin aktiivisuus	65
6.5. Veren kuvan muutokset	68
6.6. Mieliala ja palautumisaika	69
7. POHDINTA	71
7.1. Fysiologiset vasteet ja mielialan muutokset	72
7.2. Tiedustelijan energia- ja nestetasapaino	74
7.3. Palautuminen fyysisestä kuormituksesta harjoituksen aikana	78
7.4. Tulosten luotettavuus	79
7.5. Tulosten sovellettavuus ja jatkotutkimusongelmat	80
7.6. Johtopäätökset	81
8. LOPUKSI	82

LÄHTEET.....	83
LIITTEET	100

PARTIOTIEDUSTELUHARJOITUKSEN FYYSINEN KUORMITTAVUUS

1. JOHDANTO

Nykyaikainen taistelukenttä on huomattavan teknistynyt ja modernisoitunut. Liikkuminen ja suojautuminen hoidetaan usein panssaroiduin ajoneuvoin. Vastustajan toiminnasta saadaan tietoa käyttämällä hyväksi erilaisia teknisiä laitteita. Sotilaan on kyettävä säilyttämään toimintakykynsä nopeasti muuttuvissa tilanteissa. Viime aikoina käydyt sodat ja tutkimukset ovat osoittaneet, että sotilailta edellytetään edelleen hyvää fyysistä suorituskykyä (David 1995). On myös esitetty väittämiä sotilaiden suorituskykyvaatimusten lisääntymisestä nykyisissä operaatioissa (Maavoimaesikunta 2004, 276). Tämä voi olla seurauksena mm. lisääntyneistä välineistä ja kuormasta, joita sotilaat nykyaikana kantavat (Dean 2005; Knapik ym. 2004). Tiedustelutoiminnan luonteeseen kuuluu usein salassa pysyminen, johon voidaan pyrkiä liikkumalla jalan. Salassa pysymisen tarkoituksena on toimintamahdollisuuksien ylläpito ja pyrkimys yllätykseen tulevilla taisteluissa. Taktiseen tiedusteluun liittyen koulutetaan edelleen perusmenetelmänä partiotiedustelua. Se toteutetaan usein tiedusteluryhmin ja partioin. Jalan liikkueissaan tiedusteluryhmä on olosuhteiden ja maaston armoilla, kantolaitteessaan olevan huollon varassa. Taistelukentän liikkuvuuden lisääntyessä on jalan liikkuvalla tiedustelijalla usein todella kiire tehtävän suorittamisessa (Koli 1992). Miten tiedusteluryhmä selviytyy tehtävistään partiotiedusteluharjoituksessa ja kuinka kuormittavaa toiminta on?

Koehenkilöiden fyysistä aktiivisuutta ja fysiologisia muuttujia seuraamalla saadaan tietoa sotilaiden kuormittumiseen vaikuttaneista tekijöistä. Onko esimerkiksi energiansaanti riittävää toimintakyvyn säilyttämiseksi? Energiankulutus on suurimmillaan useita vuorokausia kestävässä maastoharjoituksissa (Hoyt ym. 2006; Kyröläinen ym. 2004, 10). Neste- ja ravintotasapainon ylläpitäminen muodostuu usein vaikeaksi johtuen huollon vaikeudesta tavoittaa taistelevia joukkoja. Entä saako tiedustelutehtävien välillä riittävästi lepoa? Unenpuutteen lyhytaikaiset vaikutukset eivät dramaattisesti vaikuta fyysiseen suorituskykyyn (Goodman ym. 1989;

Symons ym. 1988; Vaara ym. 2007), mutta täydellinen unenpuute voi johtaa jopa kuolemaan (Härmä & Sallinen 2000). Tässä tutkimuksissa selvitettiin 72 tuntia kestäneen partiotiedusteluharjoituksen kuormittavuutta pääasiassa fysiologisia kuormitusvasteita seuraamalla. Tiedusteluharjoitus liittyi Reserviupseerikoulun yhteistoimintaharjoitus kolmeen (YTH3) reserviupseerikurssilla 230. Harjoitus toteutettiin Haminan itäpuolella 26.–29.6.2007. Kyseisessä harjoituksessa tutkimuksen kohdejoukko harjoitteli jääkäripataljoonan hyökkäyksen tiedustelua. Mittauksiin osallistui kymmenen (n=10) reservinupseeriksi koulutettavaa tiedustelijaa. Harjoitukseen osallistuneet miehet olivat vapaaehtoisia, arpomalla valittuja, hyväkuntoisia tiedustelijoita.

Pitkäkestoisen partiotiedusteluharjoituksen (20 vrk) on todettu olevan erittäin kuormittavaa (Kyröläinen ym. 2004). Useimmat tiedusteluharjoitukset ovat kuitenkin tätä lyhyempiä. Millaisia fysiologisia vasteita lyhyempi harjoitus aiheuttaa? Taistelukentällä on myös useita muita fyysisesti kuormittavia tehtäviä jalan tapahtuvan partiotiedustelun lisäksi. Ainakin taisteluun välittömästi osallistuvat joukot kuormittuvat merkittävästi, jos tarkastellaan vaikkapa energiankulutusta (Tharion ym. 2004). Tutkittaessa partiotiedustelun fyysistä kuormittavuutta saadaan tärkeää tietoa sotilaiden fyysisen suorituskyvyn vaatimuksista, energiankulutuksesta, levon tarpeesta ja toimintakyvyn säilyttämisestä. Tämän raportin teoriaosuudessa selvitetään kuormitusfysiologiset perusteet aiheeseen liittyen sekä avataan partiotiedustelu ”suppeana lajianalyysinä”. Tulososiossa esitetään kattavan mittauspatteriston tulokset omina lukuinaan. Pohdinnassa syvennyttään saatujen tulosten syy- ja seuraussuhteiden selvittämiseen sekä käytännöllisten johtopäätösten antamiseen.

2. KUORMITUSFYSILOGISET PERUSTEET

2.1. Elimistön adaptatiiviset toiminnot

Elimistö pyrkii automaattisesti sopeutumaan eli adaptoitumaan erilaisiin tilanteisiin ja olosuhteisiin. Esimerkiksi lihaspönnistus vaatii hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminnan tehostamista, elimistön kuivuminen munuaisten vedenerityksen vähenemistä ja niin edelleen. Näiden toimintojen säätelystä vastaa muiden toimintojensa ohella hermosto. Elimistön adaptoitumista voidaan tarkastella jo solutasolla. Solujen keskinäinen vaikutus toisiinsa tapahtuu viestiaineiden välityksellä. Solujen reseptorit ovat vastaanottimia, joihin viestiaineet sitoutuvat. Sitouduttuaan reseptoriin ne vaikuttavat kohdesolun toimintaan. Elimistön tällainen so-

peutuminen voidaan jakaa elimistön tiedonvälitysjärjestelmän mukaan. Jos tieto välittyy pääosin hermosyiden aktiopotentiaalin avulla, on kyseessä neuraalinen eli hermostollinen säätely. Viestien siirtyessä elimistön nesteissä tarkoitetaan humoraalista säätelyä. Verenkierron ja kudostesteiden mukana kulkevat välittäjäaineet ovat hormoneja ja kudoshormoneja. Myös hermostossa tietoa siirretään humoraalisesti hermosolujen välillä sekä hermosolujen ja lihas- tai rauhassolujen välillä. Soluväleissä tietoa siirtävät hormoneja muistuttavat välittäjäaineet kuten esimerkiksi asetyliinikoliini ja kaikki kolme katekoliamiinia. (Nienstedt ym. 1989, 74-75; 367; 538)

2.1.1. Autonominen hermosto

Hermosto voidaan jakaa toiminnallisten (fysiologisten) erojen perusteella somaattiseen ja autonomiseen hermostoon. Lihaksiston osalta tämä tarkoittaa, että somaattinen hermosto aiheuttaa poikkijuovaisten lihasten liikkeitä ja autonominen hermosto sileän lihaksisto ja sydänlihaksen tahdosta riippumattomia liikkeitä. Autonominen hermosto on osa elimistön adaptiivisten toimintojen tiedonvälitysjärjestelmää. Sen toimintaan ei voi suoraan vaikuttaa tahdon avulla, vaikkakaan autonomiset toiminnot eivät ole täysin riippumattomia tahdonalaisesta käyttäytymisestä. Somaattinen ja autonominen hermosto vaikuttavat huomattavasti toistensa toimintaan. Hermosto on tiedonvälitysjärjestelmänä nopea ja täsmällinen verrattuna umpieritysrauhasten tiedonvälitykseen. Hermosolut siirtävät pitkissä aksoneissaan tietoa muutamassa millisekunnissa esimerkiksi jalkaterästä selkäyttimeen. Humoraalisessa säätelyssä vaikutus alkaa usein hitaammin ja kestää pidempään kun neuraalisessa säätelyssä. Säätelytavat toimivat kuitenkin yhteistoiminnassa. Hermosto reagoi hormonien vaikutukseen, mutta erittää myös itse hormoneja ja hormonien kaltaisia aineita, jotka osallistuvat elimistön viestien välitykseen. (Nienstedt ym. 1989, 64; 74-75; 367; 517-518; 538)

Anatomisesti hermosto jaetaan kahteen suureen osa-alueeseen, keskushermostoon ja ääreishermostoon. Keskushermostoon kuuluvat aivot ja selkäydin. Se säätelee kehon ääreisosien ja sisäelinten toimintoja motorisia (liike-) hermoja tai autonomisia hermoja pitkin. Ääreishermosto muodostuu selkäydinhermoista ja autonomisen hermoston hermoista eli keskushermostoon tietoa tuovista ja sieltä tietoa vievistä hermoista. Ääreishermostoon kuuluvista reseptoreista tuodaan viestejä keskushermoston sensorisia hermoja pitkin. Sensoriset hermot ovat tuntohermoja, jotka vievät tietoa aivoihin. Autonomisella hermostolla on tärkeä tehtävä elimistön tasapainon eli homeostaasin ylläpidossa. Autonomisen hermoston säätelyjärjestelmä

mm. sydämen sykkeen osalta on erittäin nopeaa. Sen toiminnot voidaan jakaa sympaattisiin ja parasympaattisiin vaikutuksiin. Sympaattinen hermosto kiihdyttää ja parasympaattinen hidastaa elintoimintoja. (Guyton & Hall 2006, 204-212; McArdle ym. 2007, 392-393; Mero ym. 2004, 37)

Pääsääntöisesti elimiin tulee sympaattisia sekä parasympaattisia hermosyitä. Elimet saavat usein vastakkaisia toimintakäskyjä, joiden suhteellinen osuus ratkaisee miten elin käyttäytyy. Elimistön toimiessa vilkkaasti esimerkiksi äkillisessä kriisi- tai pelkotilanteessa vallitsee niin sanottu sympatikotonus. Sympatikotonusta tarvitaan myös normaalitilanteissa esimerkiksi elimistön verenpaineen ja lämpötilan säätelyyn. Parasympatikotonus on vallitseva silloin, kun elimistö lepää esimerkiksi nukkuessa tai ruokaa sulateltaessa. (Nienstedt ym. 1989, 538-544) Brennerin ym. (1998) mukaan fyysisen rasituksen kesto ja intensiteetti vaikuttavat siihen, millä tavalla elimistö pyrkii adaptoitumaan eli sopeutumaan vallitsevaan tilanteeseen; parasympaattista aktiivisuutta vähentämällä vai sen lisäksi sympaattista aktiivisuutta lisäämällä. Uusitalon (1998) mukaan sydämen sykkeen ja verenpaineen lyhyen aikavälin vaihtelua keskimääräisestä arvosta säätelee pääasiassa autonominen hermostojärjestelmä. Järjestelmä tuottaa monia refleksinomaisia toimintoja, joiden tehtävänä on säädellä elimistön tasapainoa. Autonominia refleksejä ohjaa ydinjatkeen ja aivosillan alueilla sijaitseva vasomotorinen keskus. (Uusitalo 1998, 18-19) Sydämen sykkeen sympaattista ja parasympaattista säätelyä käsitellään tarkemmin kappaleessa 2.2.2. Syke ja sykevaihtelu.

2.1.2. Hormonaalinen järjestelmä

Hormonaalinen eli endokriininen toiminta on osa kehon elintoimintoja säätelevää järjestelmää. Homeostaasia eli tasapainotilaa soluissa, kudoksissa ja koko kehossa ylläpitävät myös neuraalinen järjestelmä sekä immuunijärjestelmä. Nämä kolme järjestelmää toimivat kiinteässä yhteistoiminnassa. Hormonaalisen järjestelmän tuotteena syntyy biokemiallisia välittäjäaineita eli hormoneja. Ne kulkevat verenkierron mukana kehon kaikkiin osiin ja säätelevät lukuisia erilaisia toimintoja. Hormonaalinen järjestelmä osallistuu pääasiassa kehon eri aineenvaihduntatoimintoihin alkaen solutasolta. Näitä ovat mm. kemiallisten reaktioiden säätely soluissa, aineiden kuljetus solukalvon läpi sekä muut solutason aineenvaihdunnan toiminnot. Eri hormonit vaikuttavat erilaisissa aineenvaihdunnallisissa tilanteissa. Tässä tutkimuksessa huomioitavia hormoneja, niiden erittymistä, vaikutusta ja merkitystä liikunnallisessa toiminnassa on esitetty taulukossa 1. (Guyton & Hall 2006, 906-917; Kontula ym. 2000, 9-12)

Taulukko 1. Tutkimuksessa mitatut seerumin hormonit, kestävyysharjoitteluvaste, vaikutus ja merkitys yleensä (Guyton & Hall 2006, 906-917; McArdle ym. 2007, 447; Nienstedt, ym. 1989, 601-606), sekä viitearvot (Yhtyneet laboratoriot 2007).

Hormoni (laboratorionimike)	Kuormitusvaste	Vaikuttavuus ja merkitys	Viitearvot
Testosteroni (Testo)	↑ fyysisen harjoituksen vaikutuksesta ↓ tai ei muutu pitkäkestoisin kuormituksen aikana ja heti sen jälkeen (vaihtelee eri lähteissä)	Miessukupuoliset tehtävät (lisääntyminen ja tunnusmerkit)	9.9-27.8 nmol/l
Kortisoli (Korsol)	↑ harjoituksen ja stressin vaikutuksesta ↓ kuormituksen jälkeen ylirasittuneilla urheilijoilla	Useita aineenvaihduntaa kontrolloivia tehtäviä, Glukoneogeneesi ↑, Veren glukoosi ↑ ↑ rasva- ja proteiini metaboliaa (Bunt 1986)	150-650 nmol/l
Kasvuhormoni (GH)	↑ hiukan harjoituksen aikana, ei vaikutusta lepopitoisuuksiin ↑ paaston aikana	Stimuloi proteiinisynteesiä ja kasvua, ↑ suurempi huonokuntoisilla, ↓ nopeammin hyväkuntoisella	< 11.5 mU/l
Vapaa tyroksiini (T4-V tai T₄)	↑ lepopitoisuutta	↑ aineenvaihduntaa ↑ rasva ja glukoosi metaboliaa (Bunt 1986), tyroksiinin ”turnover” ↑	10-23 pmol/l

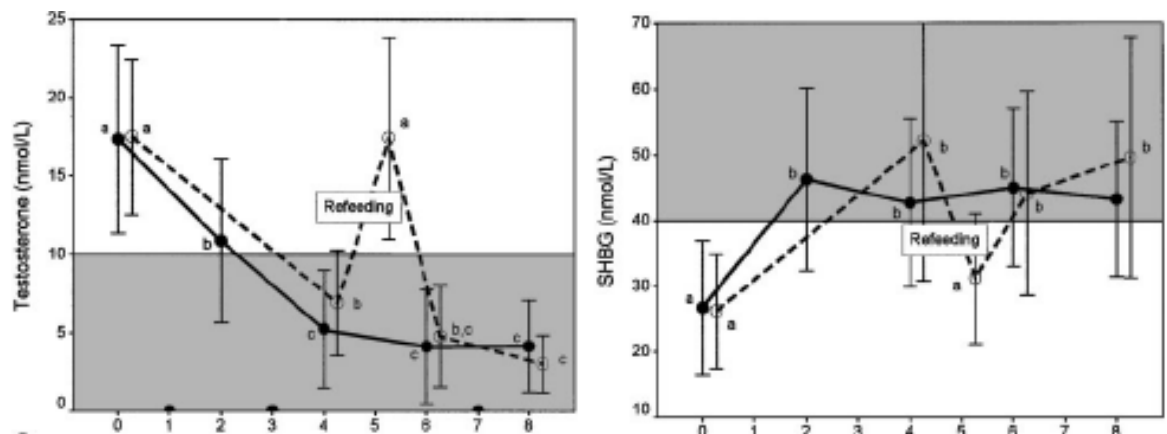
Aineenvaihdunnallisten toimintojen lisäksi hormonaalinen toiminta säätelee mm. sukusolujen syntymistä ja seksuaalisia toimintoja, kasvua ja kehitystä, sekä niiden rajoittamista. Hormonit säätelevät myös kehon nesteiden tilavuutta ja elektrolyyttisisältöä, sydämen sykettä, happoemästäsapainoa ja kehon lämpötilaa. Hormonien vaikutusnopeus riippuu hyvin paljon niiden tehtävästä. Eräiden hormonien vaikutus näkyy jopa sekunneissa, mutta toisaalta vaikutukset voivat olla paljon hitaampia. Kehon hapenkulutuksen ja siten myös perusaineenvaihdunnan nopeuden säätelyssä on kilpirauhashormoneilla, kuten tyroksiinilla keskeinen osuus. (Kontula ym. 2000, 9-12)

Hormonit ovat epäorgaanisia yhdisteitä, jotka vaikuttavat hyvin pienin väkevyyksin muiden solujen toimintaan. Hormoneja erittävät siihen erikoistuneet solut, joista on muodostunut umpirauhasia eli endokriinisia rauhasia. Lisäksi hormoneja erittävät elimistössä muiden solujen välissä olevat ”sivutoimisesti” hormoneja erittävät solut. Hormonien määrät elimistössä ovat hyvin pienet mutta nykyaikaiset määrittämenetelmät ovat vähitellen parantuneet ja näin ollen lisänneet hormonien käyttöä tutkimuksessa. Nykyään joitain hormoneja, esimerkiksi kortisolia, voidaan mitata myös syljestä tai virtsasta (Stenman 2000, 31; 33). Tutkittaessa kuormituksen hormonaalisia vasteita on otettava huomioon monia seikkoja. Kuormitus on vain yksi hormonien eritykseen vaikuttava tekijä. Hormonien eritystä säätelevälle palautejärjestelmälle ominaista on, että tasapainotila säilytetään värähdellen eli oskilloiden. Värähtelyn pulssit voivat olla ”hitaita”, esim. kuukautiskiertyöön liittyvät tai nopeita kuten hengitys. Hormonipitoisuus seerumissa vaihtelee kyseessä olevan hormonin pulssien keston mukaan. Yhden hormonipulssin kesto voi olla minuuteista tunteihin tai noudattaa vuorokausi tai jopa kuukausirytmisiä. Vuorokauden jaksolle ajoittuvaa rytmitystä noudattelevat mm. kortisoli, melatoniini ja prolaktiini. Aivolisäkkeen etulohkon erittämät hormonin, kuten kasvuhormonin ja lutenisoivan hormonin pitoisuus seerumissa noudattaa pulsseja, joiden pituus on minuuteista tunteihin. (Nienstedt ym. 1989, 12-13, 368-370)

Hormonien säätelystä vastaa sisäinen kontrollijärjestelmä, jota kutsutaan negatiiviseksi palautejärjestelmäksi (negative feedback). Kun hormonia erittyy liikaa, kohde-elimen kautta välittyy palautetta endokrinologiselle rauhaselle, joka vähentää hormonin eritystä. Endokriiniset hormonit yhdistyvät yleensä ensin hormonireseptoreihin solun pinnalla ja sisällä. Hormonireseptorit ovat suuria proteiineja. Jokaisen solun stimulointiin tarvitaan tavallisesti 2000 – 100 000 reseptoria. Jokainen näistä reseptorista on erikoistunut tietylle hormonille. Tämän mukaan eri hormonit vaikuttavat eri kudoksiin. Hormonit kulkevat veressä eri tavoin. Vesiliukoiset hormonit, kuten peptiinit ja katekoliamiinit liukenevat plasmaan. Steroidi- ja kilpirauhashormonit kulkevat veressä pääasiallisesti plasman proteiineihin sitoutuneina. (Guyton & Hall 2006, 906-917)

Testosteroni on pääasiassa kivesten erittämä tehokas anabolininen hormoni, joka stimuloi proteiinisynteesiä ja kasvua (Hackney 1996). Testosteronin pitoisuuden on todettu laskevan pitkäkestoisissa suorituksissa (Adlercreutz ym. 1986; Fernandez-Garcia ym. 2002; Kuoppasalmi 1981; Väänänen ym. 2004) sekä sotilaallisissa harjoituksissa (Nindl ym. 2006; Gomez-Merino ym. 2003; Opstad 1992a;b; Väänänen ym. 2002) ja energiavajeessa (Friedl ym. 2000).

Pitkäkestoisessa partiotiedusteluharjoituksessa Kyröläinen ym. (2004) havaitsivat testosteronin ja vapaan testosteronin pitoisuuden laskeneen alkumittauksesta kolmannen ja kuudennen päivän mittauksiin. Tämän jälkeen alkaneessa kevyemmässä harjoitusvaiheessa testosteronipitoisuudet nousivat jopa alkumittausta korkeammalle tasolle. Lyhyemmissä ja intensiivisemmissä harjoituksissa on havaittu etenkin harjoituksen aikana tapahtunutta testosteronipitoisuuden nousua (Fahrner & Hackney 1998; Kuoppasalmi 1981). Raskaan tai pitkäkestoisen harjoituksen jälkeen voi kestää jopa 24–72 tuntia ennen kuin testosteroni palautuu normaalitasolle (Hackney 1996). Plasman ja seerumin testosteronipitoisuuden laskua pitkäkestoisessa fyysisessä stressissä on selitetty mm. kivesten laskeneella testosteronin erityksellä (Cameron & Jones 1972), kivesten erityksen laskulla sekä aivolisäkkeen adrenokortikaalisen systeemin aktivaatiolla (Kuoppasalmi 1981) sekä muiden hormonien kuten kortisolin erityksen lisääntymisellä (Cumming ym. 1983).



Kuva 1. Testosteronin ja SHBG:n muutokset rasittavassa Ranger koulutuksessa. Katkoviiva ja yhtenäinen viiva kuvaavat kahta eri koulutusryhmää. Katkoviivalla oleva laatikko ”refeeding” kuvaa aikaa, jolloin energiansaantia lisättiin. Aikajanalla numerot ovat viikkoja. (Friedl ym. 2000)

Stenmanin (2000, 30) mukaan kiertävästä testosteronista noin 99 % on sitoutuneena kuljettajaproteiineihin. Testosteronin spesifinen sitojaproteiini on SHBG eli sukupuolihormoneja sitova (beeta) globuliini (Sex Hormone Binding Globuline). SHBG:n pitoisuus voi vaihdella huomattavasti. Näin ollen vapaan testosteronin katsotaan olevan parempi androgeeniaktiivisuuden mittari kuin kokonaistestosteroni. Vapaan testosteronin on todettu laskevan pitkäkestoisessa fyysisessä rasituksessa ja käyttäytyvän samoin kuin kokonaistestosteroni (Nindl ym. 2006; Kyröläinen ym. 2004; Kyröläinen ym. 2007). Vapaa testosteroni voidaan laskea Andersonin kaavalla: vapaa testosteroni (nmol/l) = testosteroni x 10 x {log 2.28 – 1.38 x log [SHBG (nmol/l) x 0.1]} (Stenman 2000, 30). Normaalisti noin 44 % testosteronista on sitoutuneena SHBG:hen sekä noin 54 % löyhästi plasman albumiiniin. SHBG sitoo testosteronia noin 1000

-kertaa voimakkaammin kuin albumiini. Molemmat sitovat testosteronista suunnilleen yhtä paljon, koska albumiinin pitoisuus on moninkertainen SHBG:hen verrattuna. Sitoutumaton osa kiertävästä testosteronista eli noin 3 % on vapaata. Vapaa testosteroni parantaa testosteronin biologista aktiivisuutta. (Fahrner & Hackney, 1998; Hackney 1989; Hackney 1996)

Kortisoli on lisämunuaisen erittämä aktiivinen glukokortikoidi. Se on tunnettu niin sanottuna stressihormonina, mutta sillä on myös lukuisia aineenvaihdunnallisia tehtäviä. Kortisoli mm. stimuloi glukoneogeneesiä. Lähes kaikäntyyppisen, fyysisen tai neurologisen stressin on todettu lisäävän välittömästi aivolisäkkeen etulohkon kortikotropiinin eli ACTH:n eritystä ja sen seurauksena minuuteissa tapahtuvaa kortisolin eritystä. (Guyton & Hall 1996, 950-956) Kortisolin pitoisuuksien on todettu nousevan fyysisen (Kuoppasalmi 1981; Väänänen ym. 2004) tai psyykkisen (Kunz-Ebrecht ym. 2003; Ritvanen 2006) stressin seurauksena. Kortisolin pitoisuuden on myös havaittu laskevan tai pysyvän muuttumattomana pitkäkestoisessa fyysisessä rasituksessa (Fernandez-Garcia ym. 2002). Opstad ja Aakvaag (1981) havaitsivat kortisolin erityksen lisääntyvän ennen viisipäiväistä raskasta ja jatkuvaa harjoitusta ja laskevan toisena ja neljäntenä päivänä. He havaitsivat myös kortisolin erityksen vuorokausittaisen rytmin katoamisen. Kyröläinen ym. (2004) raportoivat kortisolin merkittävän nousun pitkän partiotiedusteluharjoituksen kolmantena vuorokautena, jonka jälkeen kortisoli laski lähelle harjoitusta edeltävää tasoa. Gomez-Merinin ym. (2003) tutkimuksessa viiden vuorokauden intensiivinen sotilaskoulutus ei vaikuttanut merkittävästi plasman aamukortisoli pitoisuuksiin. Kortisolimuutosten ristiriitaisuutta edellisiin verraten osoittaa myös Yhdysvaltojen armeijan ranger kurssin hormonimittaukset, joissa ensimmäisen neljän viikon aikana kortisoliarvot hieman laskivat, vaikka muut kuormitusmarkkerit kuten testosteroni ja paino laskivat erittäin merkittävästi. Ranger kurssilla kortisolitaso nousi kuitenkin alkumittauksesta 441 ± 22 nmol/l kahdeksannella viikolla arvoon 706 ± 34 nmol/l. (Friedl ym. 2000)

Kasvuhormonilla eli somatotropiinilla on erittäin tärkeä rooli elimistön aineenvaihdunnallisissa sekä anabolisissa reaktioissa. Kasvuhormonin eritystä stimuloi nälkiintyminen (erityisesti vaikea proteiinien puutos), hypoglykemia tai veren matala rasvahappopitoisuus, harjoitus (vrt. kuormitus), kiihtymys (excitement) ja vammautuminen (trauma). (Guyton & Hall 2006, 924) Isgaard ym. (1988) ovat osoittaneet, että kasvuhormonin sykäyksittäinen käytös saa esiin suuremman nousun IGF-I pitoisuudessa, kuin kasvuhormonin jatkuva ”toiminta”. IGF-I eli insuliinin kaltainen kasvutekijä on yksi hormoneista, jonka katsotaan osallistuvan endokrinologisiin reaktioihin, joilla pyritään vastaamaan aineenvaihdunnallisiin ja rakentaviin prosesseihin. Nämä prosessit ovat tärkeässä asemassa jatkuvassa fyysisessä rasituksessa, kuten sotilaan

tehtävissä. Hormonien osuus energia-aineenvaihdunnassa on merkittävä. Ne osallistuvat prosesseihin, joilla rasituksessa ja sen jälkeen aikaansaadaan kudonvaurioiden korjausta, uudistumista ja palautumista. (Nindl ym. 2006)

Kasvuhormonin sykäyksittäinen erittyminen vaikeuttaa luotettavien mittaustulosten saamista. Suurin osa kasvuhormonipulsseista erittyy yöaikaan noin 1–2 tuntia nukahtamisen jälkeen. Erityspulsseja esiintyy myös muulloin, mutta vähemmän. Valvoessa pitoisuus veressä on usein niin pieni, että sitä on vaikea nyky menetelmilläkään mitata. Kasvuhormonin eritystä säätelevät erilaiset neuraaliset ärsykkeet, kuten liikunta, uni ja hypoglykemia. (Sane 2000, 55) Kasvuhormonipitoisuuden on todettu nousevan paaston (Ho ym. 1988), fyysisen kuormituksen (MacLaren ym. 1999) ja sotilaallisen harjoituksen (Nindl ym. 2006) seurauksena. Friedl ym. 2000 osoittivat kasvuhormonin erityksen lisääntymisen olleen suurinta sotilailla, jotka rasituksen ja energiavajeen seurauksena menettivät eniten painostaan. Lisäksi he osoittivat kohonneen kasvuhormonin erityksen vähenevän kun vähäisiä ravintoannoksia lisättiin. Muutokset ovat selvempiä mitattaessa pitoisuuksia nukkumisen aikana (mm. Nindl ym. 2006). Pitkäkestoisessa sotaharjoituksessa (20 vrk) sotilaiden kasvuhormonikonsentraatio nousi erittäin merkittävästi ensimmäisen kolmen harjoitusvuorokauden aikana, mutta laski kuudennen päivän mittaukseen lähtötasolle jossa säilyi harjoituksen loppuun asti (Kyröläinen ym. 2007).

Tyroksiini on kilpirauhasen erittämä metabolininen hormoni. Vapaa T_4 tyroksiini on varsinainen biologisesti aktiivinen osa sitä ja näin ollen sen mittaamiseen tulee pyrkiä (Välimäki 2000, 125-135). Sawkan ja Coylen (1999) mukaan harjoituksen aikana vapaan tyroksiinin pitoisuus veressä nousee noin 35 %. Tämä nousu voi johtua kehon ydinlämmön noususta, joka mahdollisesti huonontaa useiden hormonien sitoutuvuutta kuljettajaproteiineihin. Pitkäkestoisessa sotaharjoituksessa Kyröläinen ym. (2007) mittasivat tyroksiinin pitoisuuden laskua harjoituksen ensimmäisen viiden vuorokauden jälkeen. Seuraavan kolmen vuorokauden jälkeen tyroksiini palasi lähes harjoitusta edeltävälle tasolle. Opstad ja Aakvaag (1981) raportoivat merkittäviä muutoksia seerumin tyroksiinin pitoisuuksissa viiden vuorokauden jatkuvassa fyysisessä aktiviteetissä. T_4 nousi ensimmäisen päivän mittaukseen, jonka jälkeen se kääntyi laskuun. Kyseisessä harjoituksessa enemmän ravintoa nauttineella ryhmällä oli korkeammat tyroksiinin toisen muodon T_3 :n pitoisuudet, matalammat kasvuhormonin ja kortisolin pitoisuudet kuin vähemmän ravintoa saaneelle ryhmällä. (Opstad & Aakvaag 1981)

2.1.3. Hermolihasjärjestelmä

Liikkumiseen tarvittava lihaksisto koostuu ihmisellä yli 660 luurankolihasesta. Lihaksien aikaansaamat voimat mahdollistavat vartalon liikkeet ja liikkumisen. Luurankolihasta peittää sidekudokset, jotka ovat liittyneet jänneiden kautta luihin. Lihaksien kemiallinen energia voidaan näin muuttaa liike-energiaksi vipuvarsin muodostamassa järjestelmässä. Luurankolihasessa on 75 % vettä, 20 % proteiineja ja 5 % suoloja, entsyymejä, rasvoja, sekä hiilihydraatteja. Liikkumisen aikana ihmisen luurankolihakset vuorotellen pitenevät ja supistuvat. Lihaksen aistinelimet, lihasspindel ja Golgin jänne-elin, aistivat lihaspituutta ja voimaa, sekä niiden muutoksia. Tiedon välittyessä selkäyttimeen kontrolloidaan koko hermolihasjärjestelmän toimintaa lisäämällä tai vähentämällä lihasaktiivisuutta. Keskushermostosta lihaksia ohjataan motorisia hermoja pitkin. Motorinen hermo jakaantuu lukuisiin päätteisiin eli päätehaaroihin. Päätehaarat liittyvät hermolihasliitoksen välityksellä kukin yhteen lihassoluun. Kokonaisuus johon kuuluu yksi motorinen hermosolu, sen aksoni päätehaaroineen ja niiden hermostamattomat lihassolut muodostavat motorisen yksikön. Motoriseen yksikköön kuuluu muutamasta lihassolusta useampaan tuhanteen soluun. (McArdle ym. 2007, 365-368; 392-393; Mero ym. 2004, 37-69)

Urheilufysiologian yksi haastavimmista tutkimusalueista on elimistön väsyminen. Lihäsväsymystä voidaan osaksi selittää hermolihasjärjestelmän väsymisellä. Tekijät voidaan jakaa keskushermostolliseen eli sentraaliseen väsymykseen, vaikutukseen hermoimpulssin siirtymisessä keskushermostosta lihakseen, sekä yksittäisten lihassolujen väsymykseen eli perifeeriseen väsymykseen. Pitkäkestoisessa kuormituksessa (vrt. kestävyysurheilu) keskeinen väsymyksen aiheuttaja on lihasten energian loppuminen. (Mero ym. 2004, 63-64)

2.2. Hengitys- ja verenkiertoelimistö

Ihmisen kehon toiminnalle kaasujen kuljettaminen ja vaihto elimissä on ensiarvoisen tärkeää. Tästä kokonaisuudesta huolehtii pääasiassa hengitys- ja verenkiertoelimistö. Hengityselimistö muodostuu keuhkoista, hengitysteistä ja hengityslihaksista. Se huolehtii keuhkotuuletuksesta ja kaasujen vaihdosta keuhkoista vereen ja päinvastoin. Verenkiertoelimistö muodostuu sydäimestä, verestä ja verisuonistosta. Sen tehtävänä on veren kierrättäminen sydämen, kudosten ja keuhkojen välillä. Hengitys- ja verenkiertoelimistön yhteistoiminnan tarkoituksena on huolehtia hapen ja hiilidioksidin tehokkaasta kuljetuksesta verenkiertoelimistössä. Tällä mahdol-

listetaan häiriötön kaasujen vaihtuminen kudosten ja kapillaariveren kesken. Varsinainen kaasujen vaihto tapahtuu keuhkojen lähes 300 miljoonassa alveolissa ilman ja veren välillä erittäin ohuen kalvon läpi. (Keskinen 2004, 73-74)

Veren hapestä yli 98 % kuljetaan hemoglobiinin avulla ja vain alle 2 % veri-plasmassa. Jokainen hemoglobiinimolekyyli voi sitoa itseensä neljä happea. Hapen sitoutumiseen vaikuttaa monet seikat kuten hapen osapaine, sekä veren happamuus ja lämpötila. Veren happamuuden lisääntyminen esimerkiksi kuormituksessa on todettu alentavan hapen sitoutumista vereen. Työskentelevät ja lämpimät lihakset saavat enemmän happea kuin levossa olevat ja kylmät lihakset. Vastaavasti ilmavirtauksen viilentämissä keuhkoissa veren happikyllästyneisyys on suurempi. (Keskinen 2004, 78-79) Fyysinen aktiivisuus on merkittävin hapenkulutukseen ja hiilidioksidin tuottoon vaikuttava kuormituksellinen tekijä. Levossa olevan ihmisen keuhkotuuletus (5–6 l/min) voi kuormituksessa lisääntyä 25 -kertaiseksi ollen näin jopa 150 l/min (Margaria & Cerretelli 1968, 43). Happi diffusoituu keuhkoissa alveoleista vereen palatesaan, samanaikaisesti, kun sama määrä hiilidioksidia siirtyy verestä alveoleihin. Täten lisääntynyt alveolaarinen tuuletus (vrt. keuhkotuuletus) huolehtii tarvittavasta kaasujen konsentraatiosta mahdollistaakseen nopean kaasujen vaihdon. (McArdle ym. 2007, 298)

Kuormituksessa keuhkotuuletus lisääntyy suorassa suhteessa elimistön energian tarpeeseen. Keuhkotuuletusta kasvatetaan syventämällä hengitystä ja/tai lisäämällä hengitysfrekvenssiä. Margarian ja Cerretellin (1968, 43) mukaan kuormitus voi lisätä hengitysfrekvenssin nelinkertaiseksi ollen näin 50 krt/min sekä hengitystilavuuden 0.5 litrasta minuutissa kuusinkertaiseksi eli kolmeen litraan/min. Mm. Grimbyn (1969) mukaan matalilla kuormitustehoilla keuhkotuuletuksen lisäys toteutuu pääasiassa hengitystilavuutta kasvattamalla. Raskaassa kuormituksessa lisätään myös hengitysfrekvenssiä (Grimby 1969; Keskinen 2004, 76-77). Keuhkotuuletusta (Pulmonary ventilation) säädellään neuraalisesti ja kemiallisesti osana autonomisen hermoston toimintaa. Hengityslihasten toimintaa säädellään ydinjatkoksessa ja aivosillassa sijaitsevassa hengityskeskuksessa. (McArdle ym. 2007, 294-296)

Verenkierto muodostuu isosta – ja pienestä verenkierrosta. Pieni verenkierto huolehtii keuhkoverenkierrosta ja iso verenkierto muiden elimien ja kudosten aineenvaihdunnasta. Sydän on verenkiertoelimistön verta kierrättävä toiminnallinen keskipiste. Sydämen supistumista ja veltostumista ohjaa siihen erikoistunut (sähköinen) impulssinjohtojärjestelmä, jossa sydämen aktiopotentiali syntyy ja siirtyy sydämen eri osiin. Supistuksen käynnistää yleensä sinussolmuke, joka sykkii ilman sydämen ulkopuolista hermoärsytystä noin 100 -kertaa minuutissa.

Sydämen toiminta on perimmiltään autonomista, mutta sen sähköiseen toimintaan voidaan vaikuttaa myös sympaattisen ja parasympaattisen sekä hormonaalisen vaikutuksen avulla. Lepotilassa sydän saa parasympaattista hermoärsytystä vagushermaa pitkin. Sen vaikutuksesta sydämen syke laskee 60–80 lyöntiin minuutissa. Tämä on ihmisen normaali leposyke. Samalla vagushermon ärsytys alentaa myös sydämen supistuksen tehoa. Sympaattinen hermosto vaikuttaa päinvastoin eli sykettä nostavasti, sekä lisäämällä sydänlihaksen supistusten voimakkuutta. Sympaattista ärsytystä lisäävät mm. voimakkaat tunnetilat ja/tai kova fyysinen rasitus. Hormoneista katekoliamiinit vaikuttavat sydämen toimintaan, adrenaliini kiihdyttäen ja noradrenaliini hillitsevästi. (Keskinen 2004, 82-85; Nienstedt ym. 1989, 185-196; McArdle ym. 2007, 313-350)

2.2.1. Veri ja sen ominaisuudet

Veri on elimistön ”juoksevaa kudosta”, jonka tehtävänä on kuljettaa mukanaan kaikkea elimistön tarvitsemia aineita. Terveen aikuisen ihmisen painosta noin 7 % on verta. Tämä tarkoittaa aikuisella miehellä noin viittä verilitraa. Veri koostuu plasmasta eli veren soluväliaineesta sekä veren kiinteistä rakenteista. Hyytyneestä verestä erottuvaa nestettä kutsutaan seerumiksi. Seerumissa on suuri osa plasman aineosista ja sitä voidaan käyttää useimpien veressä olevien aineiden määrittämiseen yhtä hyvin kuin plasmaa. Suurimman osan veren soluista muodostaa punasolut eli erytrosyytit (B-Eryt), joita on miehen veressä $4.3\text{--}5.6 \cdot 10^{12}/\text{l}$. Valkosoluja eli leukosyyttejä (fB-Leuk) on monenlaisia. Niitä on veressä huomattavasti vähemmän kuin punasoluja eli $3\text{--}10 \cdot 10^9/\text{l}$. Lisäksi veressä on pieniä verihiutaleita eli trombosyyttejä (B-Trom), joita on keskimäärin $150\text{--}400 \cdot 10^9/\text{l}$. Veren solujen ja plasman välisen suhteen tutkimiseksi voidaan määrittää punasolujen tilavuusosuus eli hematokriitti (B-HKR), joka on miesten laskimoveressä yleensä 0.39–0.50. (Nienstedt ym. 1989, 165-167) Kun punasolujen tilavuutta osoitetaan hematokriitti-arvolla, on huomattavaa, että siihen sisältyy koko kiinteä veriaines. Tämä on altis huomattaville elimistön nestetasapainosta johtuville muutoksille. (Keskinen 2004, 81)

Punasolujen osuus kaikista ihmisen soluista on noin neljännes. Ne kuluttavat toimiessaan ravintoaineita, kuten glukoosia. Punasolujen kokonaismassasta noin kolmasosa on verenpuna eli hemoglobiinia, jota on miehen veressä noin 130–165 g/l. Punasolut huolehtivat kudoksien ja keuhkojen välisestä hapen ja hiilidioksidin vaihdosta. Happi ja osa hiilidioksidista sitoutuu hemoglobiiniin kuljetuksen ajaksi. Punasolujen tuotantoa säätelee erytropoietiini-hormoni. Hapensaannin niukkuus lisää erytropoietiinin tuotantoa ja lisää siten punasolujen määrää ja

nostaa hemoglobiinia. Vuoristo-olosuhteet tai jatkuva harjoittelu lisää punasolujen määrää. Toisaalta kovan fyysisen kuormituksen, kuten maratonjuoksun on todettu pienentävän hemoglobiinia. Tämä johtuu suolistoverenvuodosta (Nachtigall ym. 1996; Rudzki ym. 1995) tai askelhemolyysistä, jolla tarkoitetaan jalan pintaverisuoniston punasolujen murskaantumista jalan voimakkaassa askelluksessa (Shaskey & Green 2000). Normaalisti punasolujen keskimääräinen elinikä on noin neljä kuukautta. Tämän perusteella laskettuna elimistössä syntyy ja tuhoutuu noin kaksi miljoonaa punasolua joka sekunti. (Nienstedt ym. 1989, 168-169)

Valkosoluihin kuuluvat granulosityytit (jyväsolut), lymfosyytit (imusolut) ja monosyytit. Elimistön fysiologinen tila vaikuttaa verenkierrossa olevien valkosolujen määrään. Valkosolut ovat kiertävässä veressä vain pienen osan elinajastaan. Esimerkiksi syöminen, lihastyö ja äkilliset tulehdukset lisäävät verenkierrossa olevaa valkosolujen määrää. (Nienstedt ym. 1989, 173)

Veren plasma muodostuu vedestä (~90 %), plasmaproteiineista (~7 %), sekä ravintoaineista, elektrolyyteistä, entsyymeistä, hormoneista, vasta-aineista ja aineenvaihduntatuotteista, joita on yhteensä noin 3 % (Keskinen 2004, 81). Plasman valkuaisaineista 60 % on albumiinia, 35 % globuliinia ja 5 % fibrinogeenia. Albumiinit ja globuliinit toimivat kuljettajavalkuaisaineina. Globuliinit kuljettavat mm. hormoneja. Sukupuolihormoneja sitova (beta) globuliini eli SHBG (Sex Hormone Binding Globuline) osallistuu testosteronin aineenvaihduntaan (Guyton & Hall 2006, 1003). Plasman osuus on normaalisti 55–60 %, mutta kova fyysinen rasitus ja/tai lämpöaltistus voi vähentää plasman määrää yli 10 %. Kestävyysharjoittelulla vastaavasti voidaan akuutisti kasvattaa plasman määrää samalla suhteellisella osuudella (Keskinen 2004, 80-82). Plasman valkuaisaineista pääosa syntyy maksassa ja loput muissa kudoksissa. (Nienstedt ym. 1989, 177-178)

Veressä on myös paljon pienimolekyylisiä aineita kuten epäorgaanisia suoloja, sekä glukosia, aminohappoja ja aineenvaihdunnan välituotteita. Aineenvaihduntatilan muuttuessa välituotteiden kuten palorypälehapon, maitohapon ja ketoaineiden pitoisuudet muuttuvat. Nälkätilassa saattaa hiilihydraattiaineenvaihdunnan häiriö johtaa myös rasva-aineenvaihdunnan häiriintymisen (vrt. rasvan palaminen hiilihydraattiliessä). Tällöin maksa muodostaa rasvahappojen aineenvaihdunnan välituotteista voimakkaasti happamia ketoaineita. Tämä voi näkyä mm. virtsan asetonipitoisuutena. (Nienstedt ym. 1989, 179; 385)

2.2.2. Syke (HR) ja sykevaihtelu (HRV)

Sydän muodostuu sydänlihassoluista, joita hermottaa autonominen hermosto. Hermosto ei kuitenkaan ole välttämätön sydämen sykkimisen kannalta, koska sydämessä on omia tahdistinsoluja. Impulssi alkaa erikoistuneista sydänlihassyistä muodostuneessa impulssinjohtojärjestelmässä, jossa sydämen aktiopotentiaali syntyy ja siirtyy sydämen eri osiin. Johtojärjestelmän solut johtavat nopeasti ärsytyksen koko sydämeen ja sen kaikkiin sydänlihassoluihin, jotka supistuvat. (Asmussen 1968, 82-84; Nienstedt ym. 1989, 83-84; 192-193) Sydämen supistuksien tahdistajana katsotaan yleisesti toimivan sinussolmuke eli eteissolmuke, koska se yleensä ehtii käynnistämään supistuksen ennen muita järjestelmän osia. Terveen ihmisen syke noudattelee normaalia sinusrytmiä, joka on lepotilassa yleensä 70–80 lyöntiä minuutissa. (Asmussen 1968, 82-84; Guyton & Hall 2006, 120; Nienstedt ym. 1989, 83-84; 192-193)

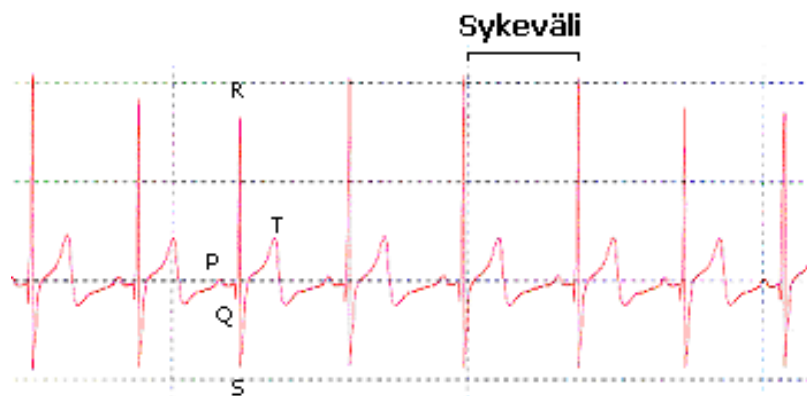
Sydämen toimintaa voidaan tarkastella minuuttitulavuuden, sykintätaajuuden ja iskuilavuuden perusteella. Minuuttitulavuus on sydämen pumppaama verimäärä yhdessä minuutissa (l/min). Se on aikuisella miehellä levossa noin 5 l/min. Sykintätaajuudella tarkoitetaan aikayksikössä (min) tapahtuvien sydämen sykähdysten lukumäärää. Sydämen normaali leposyke on noin 60 krt/min. Iskuilavuus on näiden kahden arvon osamäärä eli sydäimestä yhden supistuksen vaikutuksesta aorttaan siirtynyt verimäärä (ml). Aikuisella ihmisellä iskuilavuus on seisten levossa noin 60–80 ml ja makuuasennossa hiukan suurempi. (Keskinen 2004, 85-90)

Sydämen reagointi rasitukseen riippuu osaltaan harjoittelutaustasta ja fyysisestä kunnosta. Harjoittelemattoman henkilön leposyke on usein nopea, esimerkiksi 80 krt/min, kun se voi kestävyysurheilijalla olla vain 35 krt/min. Harjoittelematon sydän reagoi pääasiassa sykintää tihentämällä, kun iskuilavuus suurenee vain vähän. Hyväkuntoisen henkilön sydämen syke nopeutuu kuormituksessa aluksi verraten hitaasti, iskuilavuuden nostaessa minuuttitulavuutta riittävästi. Parempikuntoinen henkilö saavuttaa saman minuuttitulavuuden ja näin ollen myös suoritustason matalammalla syketaajuudella. Maksimisykintä ei yleensä riipu harjoittelusta, vaan se on kaikille yksilöllinen. (Nienstedt ym. 1989, 196-198; McArdle ym. 2007, 354-362)

Automaattisesti sydämen sykettä säätelevät keskushermostosta lähtevät sympaattiset ja parasympaattiset hermot. Parasympaattista aktiivisuutta sydämessä säätelee vagusherma eli kiertäjähermo, jonka stimuloiminen voi hidastaa tai jopa kokonaan estää sydämen normaalin sinusrytmin. Parasympaattinen stimulaatio aiheuttaa asetyliinikoliinin vapautumisen vegaalisista hermopäätteistä. Se vaikuttaa sydämessä laskien sinussolmukkeen rytmiä ja hidastaen

kardiaalisen impulssin siirtymistä ventrikkeleihin. Sympaattinen aktiivisuus nopeuttaa sydämen sykettä vapauttamalla noradrenaliinia sympaattisista hermojen päätteistä. Noradrenaliinin vaikutustapa sydänlihaksessa on hieman epäselvä, mutta uskotaan että se lisää lihassolukalvon läpäisevyyttä natrium ja kalsium ioneille. (Asmussen 1968, 84; Guyton & Hall 2006, 121-122)

Sykevaihtelulla (HRV, Heart Rate variability) tarkoitetaan peräkkäisten sydämenlyöntien välisen ajan (RR) vaihtelua, joka kuvaa autonomisen hermoston sympattis- vagaalista tasapainoa. Sympaattis- vagaalinen (sympathovagal) tasapaino heijastaa sympaattisen ja parasympaattisen hermoston aktiivisuuden muutoksia. (Otzenberger ym. 1998; Sukanen 2004; Uusitalo 1998, 20-21) Sykevaihtelu koostuu eri taajuusalueiden muutoksista. Useissa tutkimuksissa on osoitettu kokonaissykevaihtelun (TP, total power) pienenevän fyysisessä rasituksessa verrattuna lepotasoon (Tulppo ym. 1998; Yamamoto ym. 1991). Eri taajuusalueiden muutoksista rasituksen aikana on kirjallisuudessa erilaisia tuloksia. Muutokset koostuvat korkean taajuuden sykevaihtelusta (HF power, high frequency power; 0,15 - 0,4 Hz), matalan taajuuden sykevaihtelusta (LF power, low frequency power; 0,04 tai 0,07 – 0,15 Hz) ja erittäin matalan taajuuden sykevaihtelusta (VLF, very low frequency power; 0 – 0,04 tai <0,07 Hz). HF alue kuvaa ensisijaisesti parasympaattista aktiivisuutta, kun LF alue taas heijastaa vallitsevasti sympaattista aktiivisuutta parasympaattisella komponentilla (Otzenberger ym. 1998). Sykevaihtelun taajuuteen perustuvia mittauksia kutsutaan taajuuskenttämenetelmiksi. Sykevaihtelua voidaan analysoida myös aikakenttämenetelmillä, kuten R-R -välien keskihajonnalla eli varianssin neliöjuurella (SDRR). Keskimääräistä peräkkäisten sykevälien vaihtelua voidaan kuvata muuttujalla RMSSD, joka on neliöjuuri peräkkäisten R-R-välien erotusten neliöiden keskiarvosta. (Martinmäki 2002; Sukanen 2004; Task Force 1996; Uusitalo 1998)



Kuva 2. Sykeväli on R piikkien välinen aika millisekunteina (ms).

RMSSD (the square Root of the Mean of the Sum of the Squares of Differences between adjacent R-R intervals) on yksi yleisimmin tutkittu muuttuja aikakenttämenetelmiä käytettäessä. Muuttujan on oletettu heijastavan parasympaattista sydämen ohjausta noninvasiivisesti. Se kuvaa ennen kaikkea korkeataajuuksista (HF) sykevaihtelua, joka heijastaa parasympaattista aktiivisuutta. Levossa RMSSD korreloi erittäin voimakkaasti ($r = 0.88-0.97$) korkeataajuuksisen sykevaihtelun kanssa (Otzenberger ym. 1998). Asiaa on tutkittu merkittävästi 1990-luvulta lähtien. RMSSD:n on havaittu kuvaavan voimakkaammin sydämen parasympaattista säätelyä ja olevan lähes muuttumaton sydämen sympaattisessa aktiivisuudessa, kuten voimakkaassa harjoittelussa tai ylirasituksessa (Uusitalo 1998, 60-61). Autonomisen hermoston toimintaa sydämen sykkeen ohjauksessa voidaan tutkia niin sanotuilla autonomisen hermoston salpaustutkimuksilla. Useissa em. tutkimuksissa on osoitettu että lähes kaikki sykevaihtelua kuvaavat muuttujat osoittavat pääasiassa sydämen parasympaattista säätelyä (Hedman ym. 1992; Martinmäki 2002; Uusitalo ym. 1996).

Martinmäen (2002) tekemässä tutkimuksessa mitattiin opiskelevien ($n=10$) ja urheiluvien koehenkilöiden ($n=8$) sykevaihtelua eri asennoissa autonomisen hermoston salpaustutkimuksella. Tutkimuksen mukaan parasympaattinen aktiivisuus säätelee RMSSD -muuttujaa lähes täysin kaikissa asennoissa, sillä atropiinin injisoiminen pienensi muuttujan arvon kymmenesosaan. Tutkimuksessa RMSSD oli yksi harvoista muuttujista johon sympaattinen salpaus myös vaikutti merkittävästi makuulla ja istumassa, mutta ei vaikutusta seistessä mitattaessa. RMSSD:n sympaattisen salpausvaikutuksen osalta tulokset ovat hiukan ristiriitaisia. Sympaattisen salpauksen jälkeen arvot eivät joko muutu (Polanczyk ym. 1998) tai muuttuvat vain hiukan (Uusitalo ym. 1996). Sympaattisen salpauksen aiheuttamia muutoksia on selitetty salpausmenetelmään liittyvillä yleisesti tunnetuilla epäkohdilla. Epäkohtia aiheuttavat mm. sympaattisen ja parasympaattisen toiminnan vuorovaikutus useissa elimissä, suorat tai epäsuorat salpaamattoman puolen vaikutukset, salpaavan aineen epätoivotut vaikutukset tai epätäydellinen salpaus (Uusitalo ym. 1996). Edellä mainituilla seikoilla on tässä tapauksessa taipumus vaikuttaa nostaen parasympaattista aktiivisuutta (Martinmäki 2002).

2.3. Energia-aineenvaihdunta

Ihminen tarvitsee erilaisia energiantuottosysteemejä erilaisiin kuormitustilanteisiin. Eri systeemien teho ja kapasiteetti vaikuttavat henkilön suorituskykyyn. Energiaa tuotetaan lihaksien

käyttöön. Elimistö kykenee tuottamaan energiaa hapen avulla (aerobisesti) sekä hapettomasti (anaerobisesti). Lihaskuitu tarvitsee aina energiaa, jota saadaan adenosiinifosfaattiin (ATP) sitoutuneen vapaan energian muodossa. ATP liittyy kaikkiin kemiallisiin energiantuottosysteemeihin. Lihaksessa on ATP:a kuitenkin vain 4–6 mmol märkäpainokiloa kohden (Rehunen 1990; Nummela 2004, 97), joten sitä on jatkuvasti tuotettava lisää. Adenosiinifosfaatin käytön ja tuottamisen tasapainottamiseksi on olemassa kolme pääasiallista tapaa, kreatiini-fosfaattivarastojen (KP) käyttö, glukoosin ja glykokeenin pilkkominen (glykolyysi, Krebsin sykli ja oksidatiivinen fosforylaatio), sekä rasvojen pilkkominen (β -oksidatio). Näistä anaerobiseen energiantuottoon katsotaan sisältyvän kreatiini-fosfaattivarastojen (KP) käyttäminen ja anaerobinen glykolyysi. Aerobiseen energiantuottoon sisältyy Krebsin sykli eli sitruunahappokierto ja β -oksidatio. (McArdle ym. 2007, 137-181; Nummela 2004, 97-125)

Energia-aineenvaihduntaa on verrattu vesivoimalla tuotettuun energiaan, jossa merkittävää on potentiaalienergia ja sen käyttö. Elimistössä elektronin siirtoketjussa saadaan virtaavaan veteen asennettujen vesipyörien tai turbiinien tavoin vapautettua energiaa. Vesivoimassa potentiaalienergia muutetaan mekaaniseksi energiaksi tai sähköksi, kun elimistössä energiansiirtoketjussa vapautuvaa energiaa käytetään ATP:n muodostukseen. Kaikki energiantuottojärjestelmät toimivat kuormituksessa samanaikaisesti ja ikään kuin portaattomasti kuormituksen intensiteetistä riippuen. Energia-aineenvaihduntaa voidaan tarkastella myös ottamalla lähtökohdaksi energian tarpeet, jolloin ATP- ja KP-varastoja voidaan pitää välittömästi käytössä olevina energianlähteinä. Muu energianmuodostus ATP:ksi tapahtuu ravinnosta adenosiinifosfaatin (ADP) fosforylaation kautta ATP:ksi. Tähän jälkimmäiseen kemialliseen energianmuodostukseen on käytettävissä kaikki aerobisen energianmuodostuksen tavat, sekä anaerobinen glykolyysi. Energiaa muodostetaan hiilihydraateista, rasvoista ja proteiineista. (McArdle ym. 2007, 138-147)

2.3.1. Anaerobinen energiantuotto

Kreatiini-fosfaatti (KP) on ATP:n ohella toinen merkittävä solunsisäinen korkeaenerginen fosfaattiyhdiste. ATP:a saadaan nopeimmin uudelleenmuodostettua anaerobisessa kreatiini-kinasin katalysoimassa reaktiossa KP:sta. Tätä yhdistettä on kuitenkin ATP:n tavoin varastoitu-neena lihaksissa vain vähän, 15–22 mmol märkäpainokiloa kohden (Rehunen 1990; Nummela 2004, 97). Tästä johtuen niiden merkitys on suurimmillaan alle 10 sekunnin pituisissa suorituksissa, jotka tehdään kovalla teholla. Suorituksen aikana on joka tapauksessa aina käynnissä myös ”hitaampi” energiametabolia, joten KP-varastot tyhjenevät kokonaan vasta yli 30 se-

kunnin maksimisuorituksessa. Vastaavasti elimistö säätelee energia-aineenvaihduntaa siten, että ATP-varastot eivät tyhjene koskaan täydellisesti niin kuin KP-varastot. Anaerobinen energiantuotto aiheuttaa elimistössä happivajeen, joka voidaan havaita suorituksen jälkeen kohonneena hapenkulutuksena. On huomattavaa, että energiaa tuotetaan anaerobisesti, myös sellaisella työtteholla, joka ylittää aerobisen energiantuottomekanismien maksimitason. (McArdle ym. 2007, 140-141; 158-166; Nummela 2004, 97-98)

Anaerobinen glykolyysi eli Embden-Mayerhof polku (pathway-löytäjiensä mukaan) on monimutkainen kemiallisten reaktioiden sarja, jossa glukoosi tai glykogeeni hapetetaan pyruvaatiksi eli palorypälehapoksi. Vaikka kemiallinen prosessi on monimutkainen 10 kemiallisen reaktion sarja, on se kuitenkin aerobiseen energiantuottoon verrattuna äärimmäisen nopea. Glykolyysin etu ATP:n tuottamisessa onkin juuri nopeus, joka on 2–3 -kertainen aerobiseen hapettamiseen verrattuna. Glykolyysillä kyetään muodostamaan nopeasti energiaa ilman happea. Glykolyysin näennäinen tehottomuus on kuitenkin sen tietynlainen ”heikkous”. Sillä kyetään vapauttamaan vain noin 5 prosenttia siitä ATP:stä, joka voidaan saada glukoosin täydellisessä hajottamisessa sitruunahappokierrossa. Lisäksi glykolyysin haittana laktaatin muodostuminen, sekä elimistön happamuuden lisääntyminen. Glykolyysi toimii jatkuvasti, myös kevyillä suoritustehoilla, niin kuin muutkin energiantuotto prosessit. Glykolyysin merkitys suorituskyvyssä riippuu kuitenkin olennaisesti suorituksen intensiteetistä ja kestosta. Maksimaalisessa suorituksessa glykolyysillä on ratkaiseva merkitys alle 90 sekuntia kestävässä suorituksissa ja pienempi intensiteettisissä aina 120 sekuntiin saakka. (McArdle ym. 2007, 145-151; Nummela 2004, 98)

Kovatehoisissa suorituksissa muodostuu laktaattia ja happamia vetyioneja. Arkikielessä puhutaan maitohapon muodostumisesta. Laktaatti toimii elimistössä ikään kuin väliaikaisena energiavarastona, joka voidaan hyödyntää suoritustehon laskiessa. Laktaattia voidaan tällöin hyödyntää lihassoluissa, joissa ei vallitse hapenpuute. Energianmuodostus tapahtuu hengitysketjussa ATP:ksi, sitruunahappokierrossa tai ns. Corin sykklissä (Cori-kierto). Corin sykklissä laktaattia kierrätetään maksaan, jossa siitä muodostetaan pyruvaatin kautta glukoosia. Glukoosia voidaan käyttää maksan glykogeenivarastojen täyttämiseen tai välittömästi tarvittavaan lihastyöhön. (Ilander ym. 2006, 54-55; Nummela 2004, 98-99)

2.3.2. Aerobinen energiantuotto

Krebsin sykli eli sitruunahappokierto on merkittävä aerobinen energiantuotto prosessi. Prosessi

tapahtuu mitokondrioissa, johon kaikki eri ravinteet pääsevät vasta omien esikäsitteilyjensä jälkeen. Glukoosin käyttö energiaksi alkaa aina glykolyysillä, jossa glukoosimolekyylä pilkkoetaan kahdeksi palorypälehappomolekyyliksi. Tämä synnitetty pyruvaatti kulkeutuu mitokondrioihin, solujen voimalaitoksiin. Pyruvaatti muokataan asetyyliryhmäksi ja se kiinnittyy B-vitamiineihin kuuluvaan pantoteenihappoon. Näin muodostuu asetyylikoentsyymi A –niminen yhdiste (asetyyli-KoA), joka siirretään pantoteenihapon avustamana sitruunahappokiertoon hapetettavaksi. Varsinainen sitruunahappokierto alkaa vasta edellä mainittujen prosessien jälkeen. Hapettuessaan asetyyliryhmät luovuttavat energiaa elektroneina ja vetyioneina B-vitamiinia sisältäville kantajakoentsyymeille. Sitruunahappokierrossa asetyyli-KoA hapetetaan lopulta hiilidioksidiksi ja vedeksi. Kantajakoentsyymit pelkistyvät vastaanottaessaan elektroneja ja vetyioneja. Pelkistyneet kantajat siirtävät kuljettamansa elektronit ja vedyn soluhengitysketjuun, jota kutsutaan myös elektronikuljetus- tai siirtoketjuksi. Elektroninsiirtoketjussa elektronit siirtyvät sytokromista toiseen luovuttaen, joka askeleella energiaa (vrt. potentiaalienergia ja sitä hyödyntävä vesivoima). Tätä vapautuvaa energiaa käytetään ADP:n ja vapaan fosfaattiryhmän yhdistämiseen, jolloin muodostuu ATP:a ja vettä. Edellä mainittua tapahtumaa kutsutaan oksidatiiviseksi fosforylaatioksi. Elektroninsiirtoketjuun saadusta kemiallisesta energiämäärästä noin 40 prosenttia sitoutuu ATP-molekyyleihin eli menevät lihaksien energiaksi. Loput 60 prosenttia muuttuu lämpöenergiaksi. Suuri lämpöenergian määrä ei sekään mene hukkaan, vaan sillä ylläpidetään elimistön lämpötasapainoa erilaisissa olosuhteissa. (Ilander ym. 2006, 36; 49-51; McArdle ym. 2007, 151-155; Nummela 2004, 99)

Rasvojen osuus elimistön energiavarastona on erittäin suuri. Ihmiselimistön rasvavarastot sisältävät noin 50 -kertaa enemmän energiaa kuin hiilihydraattivarastot. Ruoansulatuselimistö aloittaa ravintorasvojen pilkkomisen lipaasientsyymien avulla jo suussa ja mahassa pilkkoen triglyseridejä vapaiksi rasvahapoiksi ja diglyserideiksi. Ohutsuolessa pilkkoutuminen kiihtyy ja rasvat sekoittuvat veteen maksasta peräisin olevien sappisuolojen avulla. Rasvojen sekoituessa eli emulgoituessa haimasta erittyy vesiukoista lipaasientsyymiä, joka pilkkoo tri- ja diglyseridejä vapaiksi rasvahapoiksi ja glyseroliksi. Tätä tapahtumaa kutsutaan lipolyysiksi. Glyseroliin eli monoglyseridiin on kiinnittynyt yksi rasvahappo. Rasvahapot voidaan edelleen pilkkoa β -oksidaatioissa ja glyseroli glykolyysissä. Näissä reaktioissa saadaan suhteellisesti huomattava määrä energiaa. Yhdestä triglyseridistä voidaan saada noin 12 kertaa enemmän ATP:a kuin yhdestä glukoosimolekyylistä. Lipoproteiinit kuljettavat maksassa valmistettuja triglyseridejä rasvasoluihin varastoitavaksi. Rasva on varastoitunut rasvakudoksen ja lihaksien rasvasoluihin. Ravinnosta saatavat triglyseridit käytetään ja varastoidaan elimistössä erittäin tehokkaasti. Marniemen ja Ilanderin (2006, 96) mukaan noin 95 prosenttia imeytyy eli-

mistöön. Imeytyminen on tosin melko hidasta, koska rasvaemulsio viipyy mahalaukussa pitkään ja siirtyy ohutsuoleen vain pienissä erissä. Nummelan (2004) mukaan rasvojen osuus energiantuotossa on merkittävä suorituksissa, joissa energiavarastojen riittävyys on tärkeämpi tekijä kuin suorituksen teho. Ajallisesti tällaiset suoritukset kestävät yleensä enemmän kuin kaksi tuntia. (Hawley 2003; Marniemi & Ilander ym. 2006, 92-111; Nummela 2004, 99; Tortora & Grabowski 1996)

Proteiinien päätehtävä elimistössä on toimia rakennusaineena, mutta ne osallistuvat myös energiantuottoon. Lepotilassa proteiinien osuus kokonaisenergiantuotossa on vain noin 2–3 % (Nummela 2004, 100) tai 2–5 % (McArdle ym. 2007, 38). Proteiinien osuutta ja tarkoitusta energiantuotossa kuvaa se ettei elimistössä ole varsinaista ylimääräisen proteiinien varastoa. Maksan kyky varastoida aminohappoja myöhempää käyttöä varten on erittäin rajallinen. Proteiineista saadaan kuitenkin muodostettua deaminaation/transaminaation jälkeen glukoosia tai rasvaa. (McArdle ym. 2007, 36-41; 159)

Glukoosin muodostaminen aminohapoista tapahtuu glukoneogeneesissä (lat. neogeneesi = uudelleenmuodostuminen). Elimistön glykogeenivarastojen vähentyessä glukoneogeneesin merkitys korostuu huomattavasti. Neljän tunnin yhtämittaisen liikunnan jälkeen maksan verenkiertoon vapauttamasta glukoosista jopa 45 prosenttia tulee alaniinista (Ilander ym. 2006, 418). Alaniini on aminohappo, jota muodostuu mm. transaminaatiossa. Hormoneilla on merkittävä rooli glukoneogeneesin säätelijänä. Glukagoni, adrenaliini, noradrenaliini ja kortisoli voivat tarvittaessa lisätä glukoosin muodostamista kiihdyttämällä glykogenolyysiä ja glukoneogeneesiä (Kyröläinen ym. 2004, 12). Proteiinien muuttuminen rasvaksi tapahtuu lipogeneesissä (lat. genesi = muodostuminen). Lipogeneesillä tarkoitetaan prosessia, jossa hiilihydraatista tai proteiinista muodostuu rasvaa. Käytännössä lipogeneesin merkitys on pieni, koska proteiini ja hiilihydraatit stimuloivat omaa hapettumistaan. Rasvan muodostusta tapahtuu, jos hiilihydraateista tai proteiineista on ylitarjontaa elimistössä. (Ilander ym. 2006, 64; 82; 337)

Aminohapoista muodostetusta rasvasta tai glukoosista voidaan muodostaa välittömästi energiaa tai se voidaan varastoida glykogeeni- tai rasvavarastoihin. Proteiinit imeytyvät elimistöä aminohappoina. Aminohapot siirtyvät verenkiertoon ja kudoksiin eli elimistön senhetkiseen aminohappopooliin. Aminohappopooli tai aminohappoallas sisältää kyseisellä hetkellä elimistössä vapaina olevat aminohapot. Poolin aminohappopitoisuus pysyy tilanteesta riippumatta lähes vakiona. (Ilander ym. 2006, 79-82) Proteiinien merkitys energiantuotossa saattaa koros-

tua erittäin pitkäkestoisissa suorituksissa ja pitkään kuormittavissa tehtävissä silloin, kun hiilihydraateista on pulaa. McArdlen ym. (2007, 41) mukaan pitkäkestoisessa suorituksessa alaniini-glukoosi kierrossa tuotettu glukoosi vastaa 10–15 prosenttia kokonaisenergiankulutuksesta. Jeukendrupin ja Gleesonin (2004, 156) mukaan kyseinen arvo on 10 prosenttia.

2.3.3. Energiantuottosysteemit pitkäkestoisessa suorituksessa

Pitkäkestoisista suorituksista puhuttaessa aerobisen kapasiteetin ja tehon merkitys on huomattava. Maksimaalisen aerobisen tehon yhteydessä mainitaan yleisesti maksimaalinen hapenotto-kyky. Suorituksen maksimaalisesta hapenkulutuksesta tai henkilön maksimaalisesta hapenottokyvystä käytetään yleisesti lyhennettä VO_{2max} . Hapenotto-kyky voidaan ilmoittaa absoluuttisena ($l \cdot min^{-1}$) tai kehon painoon suhteutettuna ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Suorituksissa ja aktiiviteeteissä, joita tehtäessä kannatellaan kehon painoa, on suhteellinen arvo yleensä käyttökelpoisempi. Nummelan (2004) mukaan hapenkulutuksen määrä riippuu työskentelevien lihasten massasta, joten suurimmat arvot on mitattu maastohiihdossa, missä käytännössä kaikki kehon suuret lihakset tekevät työtä. Suurimpia painoon suhteutettuja VO_{2max} arvoja ovat mm. Bjørn Dählien ja Mika Myllylän yli $90 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. (Nummela 2004, 105). Sotilaiden maksimaaliselle hapenotto-kyvyille on myös annettu suosituksia, joita käsitellään luvussa 3.1.3.

Merkittävää tämän tutkimuksen kannalta on löytää anaerobisen ja aerobisen energiantuoton suhteelliset osuudet kokonaisenergiantuotossa. Kaikki energiantuoton prosessit ovat jatkuvasti käytössä, mutta mikä on niiden merkitys pitkissä suorituksissa? Maksimisuorituksen kestäessä noin kaksi minuuttia, on anaerobisen ja aerobisen energiantuoton osuudet likimain tasan 50:50. Aerobisella energiantuotolla saadaan noin 18 -kertaa enemmän ATP:a yhtä glukosimolekyyliä kohti verrattaessa sitä anaerobiseen energiantuottoon. Fyysisen aktiivisuuden intensiteetti ja kesto pitkäkestoisissa suorituksissa säätelevät hiilihydraattien ja rasvojen käyttöä. Rasvojen osuus energianlähteenä on merkittävin alle 50 % VO_{2max} työssä ja yli kaksi tuntia kestävässä suorituksissa. (Nummela 2004, 99; 125).

Veren glukoosilla sekä lihaksien ja maksan glykogeenivarastoilla on elintärkeä rooli elimistön suoritustehon ylläpitämisessä. Glukoosin ja glykogeenin pääasiallinen lähde on hiilihydraatit. McArdlen ym. (2007, 162) mukaan glukoneogeneesillä, jolla glukoosia voidaan muodostaa ei-hiilihydraattipitoisista ravinteista, ei kyetä täyttämään tai edes ylläpitämään glykogeenivarastoja ilman riittävää hiilihydraatinsaantia. Glykogeeni puutetta voi muodostua viidellä eri tavalla: 1) ylipitkissä suorituksissa (esim. maraton juoksu), 2) peräkkäisinä intensiivisinä har-

joituspäivinä, 3) riittämättömän energiansaannin johdosta, 4) hiilihydraattiköyhällä dieetillä tai 5) diabeteksessa. Glykogeenin puute laskee aerobisen suorituksen tehoa. Suorituksen teho laskee vaikka suuria määriä rasvahapposubstraatteja olisikin lihaksien käytössä. Energian tuottamiseen rasvahapoista tarvitaan hiilihydraattiaineenvaihdunnasta peräisin olevia sitruunahappokierron välituotteita (intermediates). Tästä muodostuu kuvainnollinen sanonta, ”rasva palaa hiilihydraattileikissä”. (McArdle ym. 2007, 162-163)

Ravinnon saannin ollessa niukkaa nousevat elimistön senhetkiset energiavarastot tärkeään asemaan. McArdle ym. (2007, 155) mukaan rasvavarastot ovat runsaimmat mahdolliset energianlähteet elimistössä. Verrattaessa hiilihydraatteihin ja rasvoihin, varastorasvoista voidaan saada lähes rajattomasti energiaa. Nuorella aikuisella miehellä rasvan energiavarastot koostuvat rasvasolujen (60 000 – 100 000 kcal) sekä lihasten (3000 kcal) triglyserolista. Vertailuna voidaan mainita, että elimistön hiilihydraattivarastot sisältävät yleensä alle 2000 kcal. Rasvakudos sisältää noin 75 prosenttia elimistön energiavarastoista (Marniemi & Ilander 2006, 97). Rasvojen mobilisointi ja hapettaminen ovat välttämättömiä pitkäkestoisissa suorituksissa, koska hiilihydraattivarastot pyrkivät vääjäämättä tyhjenemään. Plasman glukoosin vähentyminen vaikuttaa myös kiihdyttävällä tavalla glukoneogeneesiin ja glykogenolyysiin. Prosesseja kiihdyttämällä saadaan proteiineista muodostettua glukoosia ja nostettua verensokeria. (Kyröläinen ym. 2004, 12)

Kaikki energiantuotto prosessit osallistuvat elimistön homeostaasin eli tasapainotilan ja suorituskyvyn ylläpitämiseen. Koska kaikki prosessit ovat jatkuvasti käynnissä, ei minkään merkitystä voi erityisesti ylikorostaa. Edellisiin kappaleisiin viitaten voidaan todeta, että pitkissä suorituksissa pääosa energiasta muodostetaan kuitenkin hapen avulla - aerobisesti. Kun otetaan huomioon eri energiantuotto prosessien polttoainevarastojen riittävyys, voidaan hiilihydraattien ja siitä muodostettavien monosakkaridien merkitystä pitää erittäin tärkeänä suorituskyvyn ylläpitämiseksi pitkäkestoisessa rasituksessa. Rasvojen merkitys korostuu erittäin pitkissä matalatehoisissa suorituksissa ja proteiinien aineenvaihdunta suorituskyvyn palauttamisessa. Kestävyysurheilusuorituksissa sitruunahappokierto ja elektronin siirtoketju ovat teoreettisessa tarkastelussa energia-aineenvaihdunnan keskeiset elementit. Eri prosessien tärkeyttä ei kuitenkaan tulisi ylikorostaa senkään vuoksi, että elimistön väsymiseen liittyvässä tutkimuksessa on vielä paljon selvitettävää.

2.4. Energian- ja nesteenkulutus

Kaikki ihmisen nauttimat energiaravintoaineet – hiilihydraatit, rasvat, proteiinit ja alkoholi – voidaan hapettaa soluissa. Energiaravintoaineisiin kuuluvat kaikki ne ravinnon osa-alueet, joita elimistön aineenvaihdunta kykenee käyttämään energian tuottamiseen. Aineenvaihdunnan kemiallisissa prosesseissa vapautuu runsaasti energiaa. Ruoan energiasisältöä kuvaavaa on, että sitä voidaan yhtäläillä hapettaa polttamalla sitä oikeassa tulesa. Tällöinhän vapautuu nopeasti hyvin konkreettista energiaa lämpönä. Elimistössä tällainen yksinkertaisempi ja nopeampi reaktio aiheuttaisi kehon nesteiden ja kudoksien kiehumisen ja syttymisen liekkiin. (Guyton & Hall 2006, 829-830; McArdle ym. 2007, 138)

Elimistön energiankulutusta ja ruoan energiasisältöä voidaan tarkastella hyvin erilaisilla yksiköillä, joista käytetyimpiä ovat SI -yksikkö joule (J) ja kalori (cal), sekä niiden kerrannaiset kilojoule (kJ), megajoule (MJ) ja kilokalori (kcal). Tarkasteltaessa energiankulutusta aikayksikköä kohti käytetään usein esimerkiksi kilokaloria/vuorokausi (kcal/vrk). Energiankulutus voidaan ilmoittaa myös kehon painoa kohti aikayksikössä, jolloin ilmoitetaan esimerkiksi energiankulutus kilokaloreina kilogrammaa (kg) kohden tunnissa (h) eli kcal/kg/h tai kcal·kg⁻¹·h⁻¹. Edellä mainittua yksikkö perustuu ihmisen teoreettiseen perusaineenvaihduntaan, joka on 1 kcal·kg⁻¹·h⁻¹. Tämä voidaan ilmoittaa myös MET (Metabolic Equivalent) yksikössä, jolloin 1 MET on 1 kcal·kg⁻¹·h⁻¹. Suhteellisenä hapenkulutuksena 1 MET vastaa 3.5 ml · kg⁻¹ · min⁻¹ (McArdle ym. 2007, 203). MET ilmoittaa energiankulutuksen perusaineenvaihdunnan kerrannaisina. (Fogelholm & Rehunen 1996, 133-139)

Energiaa kulutetaan jatkuvasti kaikissa elävissä soluissa. Erilaisista soluista koostuvien kudosten, kuten rasva- ja lihaskudos, energiankulutus on erilainen. Lihaskudos tarvitsee energiaa huomattavasti enemmän kuin rasvakudos. Ihminen kuluttaa jatkuvasti energiaa peruselintoimintojen ylläpitämiseen. Levossa energiaa kuluu aivojen- ja sisäelinten, umpieritysrauhasten, hermoston ja verenkierron ylläpitämiseen ja toimintaan. Kudoksissa tapahtuu jatkuvasti myös solu- ja kudusrakenteiden purkua ja uudelleenmuodostusta. Perusaineenvaihdunta (PAV) muodostuu edellä mainituista elimistölle välttämättömistä toiminnoista. Perusaineenvaihdunnan ohella peruselintoimintojen energiankulutusta voidaan kuvata ilmoittamalla lepoaineenvaihdunta (LAV). Termit tarkoittavat käytännössä samaa asiaa, mutta niiden mittaustavat poikkeavat hieman toisistaan. (Iländer ym. 2006, 36-38)

Lepoaineenvaihdunnan energiankulutukseen vaikuttavat monet seikat, mutta ensisijaisesti

kehon koostumus. Kehon rasvattoman kudoksen määrä on suoraan verrannollinen lepoaineenvaihdunnan energiankulutukseen. Mitä enemmän kehossa on rasvatonta kudosta, etenkin lihaskudosta, sitä suurempi on energiankulutus levossa. Cunninghamin (1980; 1991) mukaan lihasmassan kasvattaminen yhdellä kilolla lisää lepoaineenvaihduntaa noin 20 kcal/vrk. Myös fyysinen kunto, ikä, perimä, sukupuoli, yms. vaikuttavat lepoaineenvaihduntaan (Fogelholm & Rehunen 1996, 128-132; Ilander ym. 2006, 38-39). Huomattavaa on myös, että ruoan nauttiminen lisää energiankulutusta kiihdyttämällä energia-aineenvaihduntaa. Tällöin puhutaan ruokavalion aikaansaamasta lämmön syntymisestä (DIT – Diet-included thermogenesis). (McArdle ym. 2007, 200-201)

Perusaineenvaihdunta voidaan laskea Cunninghamin (1991) ja Fogelholmin ja Rehunen (1996, 136) mukaan rasvattomasta kehonpainosta (FFM – Fat Free Mass). Valveilla oleminen lisää perusaineenvaihdunnan energiankulutusta kymmenellä prosentilla (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005, 10). Perusaineenvaihdunnan laskemisen kaava on tällöin seuraavanlainen:

$$\text{PAV (kcal/vrk)} = 370 + (21.6 \times \text{FFM}) + 10 \%$$

Fyysinen aktiivisuus ja sen vaatima lihastyö on lepoaineenvaihdunnan ohella suurin kokonaisenergiankulutukseen (TEE - Total Energy Expenditure) vaikuttava tekijä. Energiankulutus aikayksikköä kohti on suoraan verrannollinen lihastyön suoritustehoon. Vuorokauden kokonaisenergiankulutus (TDEE – Total Daily Energy Expenditure) muodostuu pääasiassa lepoaineenvaihdunnasta sekä ravinnon ja fyysisen aktiivisuuden lämmöntuotosta.

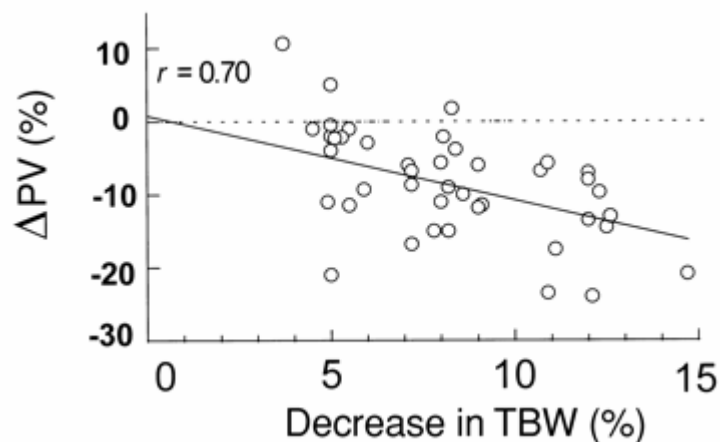
Fyysisen aktiivisuuden vaikutus kokonaisenergiankulutukseen on kiistaton. Huippu-urheilijat pystyvät lähes tuplaamaan vuorokautisen kokonaisenergiankulutuksensa harjoittelemalla 3-4 tuntia intensiivisesti (McArdle ym. 2007, 200). Kyröläinen ym. (2004, 10) ilmoittavat Fogelholmiin ja Rehuseen (1987) viitaten, että toimistotyötä tekevän miehen energiankulutus on vuorokaudessa suurimmillaan 2500 kcal, kun se kovaa ruumiillista työtä tekevällä voi olla yli 4000 kcal/vrk. Amerikkalaisten 19–50 -vuotiaiden miesten keskimääräinen energiankulutus on 2900 kcal/vrk (McArdle ym. 2007, 203). 1950 -luvulla suomalaisten metsureiden energiankulutus saattoi olla jopa 4800–6000 kcal/vrk, mutta nykyisin raskaan ruumiillisen työn tekijä kuluttaa ”vain” noin 3600 kcal/vrk (Fogelholm & Rehunen 1996, 137).

Sotilaiden energiankulutus riippuu perusaineenvaihdunnan ja muiden em. seikkojen lisäksi tehtävästä ja toimintaympäristöstä. Tehtävä vaikuttaa fyysisen aktiivisuuden tasoon. Toimintaympäristö muodostuu mm. maastosta, säästä ja ilman lämpötilasta. Mm. Israelissa tehtyjen tutkimusten mukaan sotilaan fyysisen aktiivisuuden tasolla katsotaan olevan suurempi vaikutus energiankulutukseen kuin toimintaympäristöllä (sää ja ilman lämpötila) (Burstein ym. 1996; Heller Inst. of Medical Research, Israel 1994). Tharionin ym. (2004) kaksoisleimatulla vedellä tehtyjen tutkimusten mukaan kasarmipalveluksessa olevien erikoisjoukkojen sotilaiden keskimääräinen kokonaisenergiankulutus oli 4099 ± 740 kcal/vrk, kun vastaavasti heitä tukevien sotilaiden (support soldiers) TEE oli 3361 ± 939 kcal/vrk.

Suomessa partiotiedusteluun kohdistuvassa 20 vuorokautta kestävässä harjoituksessa sotilaiden keskimääräinen energiankulutus oli 6628 ± 1891 kcal/vrk. Harjoitus koostui kolmesta fyysiseltä kuormittavuudeltaan erilaisesta jaksosta. Raskaimman jakson osalta energiankulutus oli keskimäärin noin 8000 kcal/vrk. Jakso sisälsi raskaan jalan tapahtuvan 100 km siirtymisen maastossa. Vaiheessa, jossa sotilaat suorittivat tilanteenmukaisia tehtäviä (tehtävävaihe) toiminta-alueellaan keskimääräinen energiankulutus oli noin 4700 kcal/vrk. Toisessa kevyemmässä siirtymisvaiheessa energiankulutus oli keskimäärin noin 5700 kcal/vrk. Jalan tapahtuvat pitkät siirtymiset lisäsivät sotilaiden kokonaisenergiankulutusta merkittävästi muihin partiotiedusteluun liittyviin tehtäviin verrattuna. (Kyröläinen ym. 2004, 33-34, 42-44)

Vedellä ja elektrolyyttitasapainolla on tärkeä merkitys ihmisen elintoiminnoissa ja terveydentilan ylläpidossa (Adolph ym. 1947; Nelson ym. 1943; World Health Organization 2005, 25). Energiantuotanto, ruoansulatus, ravintoaineiden imeytyminen ja niiden kuljetus kehossa, sekä kaikki kemialliset ilmiöt tapahtuvat vedessä tai sen ollessa mukana toiminnoissa. Kehon painosta 40–70 % on vettä (McArdle ym. 2007, 75). Aikuisen miehen kehon painosta 60 % on vettä. Kehon nesteet jakautuvat kahteen osaan, solunsisäiseen ja solun ulkopuolella oleviin. Lihakset sitovat itseensä paljon vettä, kun taas rasva suhteellisesti vähemmän. (Fogelholm & Rehunen 1996, 74-77) Fyysisesti aktiivisten ihmisten kehon nesteet jakautuvat keskimäärin siten, että solunsisäistä nestettä on 62 % ja 38 % on solujen ulkopuolella. Veren plasma muodostaa lähes 20 % solun ulkoisista nesteistä. Tämä tarkoittaa noin 3–4 litraa. Nesteiden menetyksestä hikoilemalla suurin osa tapahtuu solun ulkoisista nesteistä ja pääasiallisesti veren plasmasta. (Sawka & Coyle 1999) Normaalioloissa vuorokautinen nesteenmenetys virtsan, ulosteen, hengityksen ja hikoilun mukana on noin kaksi litraa. Raskas ruumiillinen ponnistelu ja etenkin hikoilua aiheuttava aktiivisuus lisää olennaisesti nesteen menetystä. Maratonilla tai 50 kilometrin hiihdossa ihminen voi hikoilla 4–5 litraa. (Fogelholm & Rehunen 1996, 75)

Ihmisen nestetasapaino on hyvin tarkkaan kontrolloitu. Terveellä ihmisellä nestetasapaino vaihtelee päivittäin $\pm 0.22\%$ (± 165 g) kehon painosta (Adolph ym. 1947) ja plasmatilavuus alle $\pm 0.6\%$ (± 27 ml) veritilavuudesta (Greenleaf ym. 1979). Akuutti nestevaje aiheuttaa plasmatilavuuden (PV) laskua (Sawka & Montain 2000) ja punasolujen tilavuuden (CV) sekä veren tilavuuden (BV) laskua (Costill & Saltin 1974; Dill & Costill 1974). Hematokriitti (HKR) nousee nestevajeen seurauksena (Costill & Saltin 1974; Dill & Costill 1974; Senay 1970). Päinvastaisiakin tuloksia on raportoitu ennen kaikkea silloin, kun nestevajeeseen liittyy fyysinen kuormitus. Senayn (1970) mukaan plasmatilavuuden muuttuminen suuntaan tai toiseen riippuu huomattavasti nestevajeen aikaisesta tai sen aiheuttaneesta fyysisestä kuormituksesta. Plasmatilavuuden nousua on hiihtäjillä ja terästehtaan työläisillä on raportoitu mm. Åstrand ja Saltin (1964). Nestevaje heikentää lämpötasapainon säätelyä ja fyysistä suorituskkyä riippuen nestevajeen suuruudesta (Buskirk ym. 1958; Saltin 1964; Sawka & Montain 2000). Jo 1 % nestevaje vaikuttaa negatiivisesti lämpötasapainon säätelyyn. Nestevajeen ollessa 4 % vähenee työntekokapasiteetti 20–30 %. Vaikea 10 % nestevaje on hengenvaarallinen. (Jeukendrup & Gleeson 2004, 176-178; World Health Organization 2005, 25)



Kuva 3. Plasmatilavuuden muutosten (ΔPV) riippuvuus kehon koko nesteen määrästä (TBW) (Sawka & Montain 2000).

3. TIEDUSTELIJAN FYYSINEN TOIMINTAKYKY PARTIOTIEDUSTELUHARJOITUKSESSA

3.1. Sotilaan toimintakyky

Sotilaskoulutuksella pyritään oppimisen keinoin luomaan maksimaalinen suorituskky siltä

varalta, että yhteiskunnan muut turvajärjestelmät pettävät (Toiskallio 1998b, 162). Anttilan (2002, 98) mukaan koulutuksen tavoite on toimintakyvyn kehittäminen ja saattaminen parhaalle mahdolliselle tasolle.

*”Toimintakyky tarkoittaa pikemmin valmiutta kuin suoritusta. Tehokkaiden suoritus-
ten edellytyksenä on hyvä toimintakyky – vahva perusta, kyky soveltaa jo hallittua ja
taito oppia kokemuksista.”* (Toiskallio 1998b, 9)

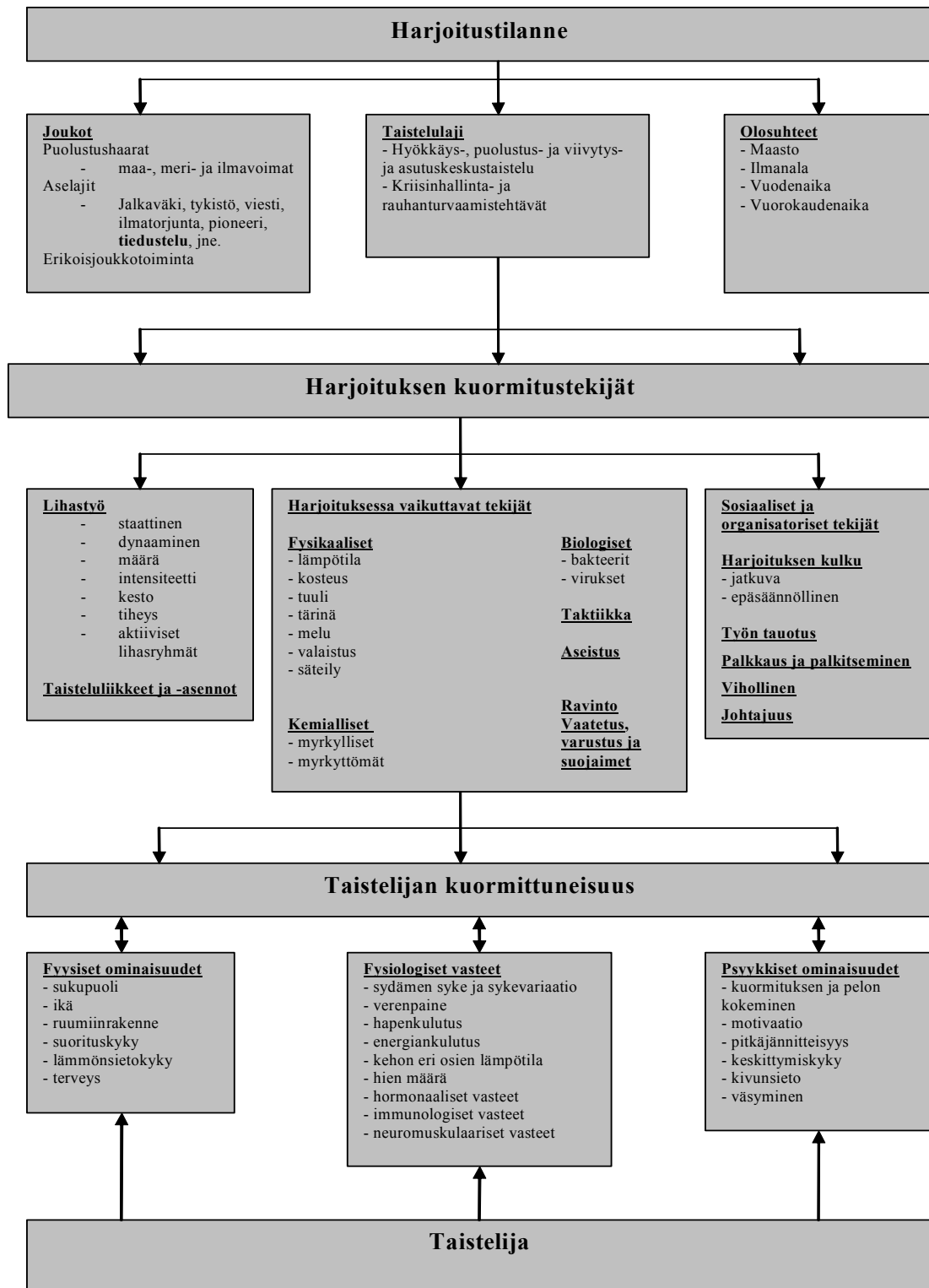
Toimintakyky (engl. action competence) on sotilaspedagogiikan keskeisimpiä käsitteitä. Kuten edellisessä lainauksessa todetaan, on toimintakyky erotettava suorituskvyn käsitteestä. Näin on tehtävä ainakin teoreettisessa ja sotilaskoulutuksen tutkimuksellisessa mielessä. Julkaisussa *Toimintakyky sotilaspedagogiikassa* määritellään sotilaan toimintakykymalli (lyhenne - STKM), joka koostuu neljästä yhdessä toimivasta osaulottuvuudesta – fyysisestä, psyykkisestä, sosiaalisesta ja eettisestä ulottuvuudesta. Mallin tarkoituksena on luoda käsitteellistä perustaa sotilaskoulutuksen tutkimukselle. Kehittäessään mallin empiirisellä tutkimuksella Toiskallio pyrkii luomaan käyttökelpoisen työvälineen oppimis- ja koulutusprosessin suunnitteluun. STKM ei ole yleispätevä sillä tavoin, että se olisi suoraan sovellettavissa mille tahansa koulutuksen alueelle. Soveltamiseen tarvitaan ala- ja tehtäväkohtaista teoreettista ja empiiristä tutkimusta. (Toiskallio 1998b, 161-162)

3.1.1. Fyysisen toimintakyvyn kuvaus

Toimintakyvyn määrittely riippuu hyvin paljon termin lähestymistavasta. Lääketieteellisessä mielessä toimintakyvyn määrittely lähtee terveyden ja sairauden käsitteistä, kun liikuntatieteessä toimintakyky käsitteenä lähestyy suorituskvystä ja sen harjoittamista. Kehon rakenteelliset tekijät muodostavat toiminnan fyysisen perustan, mutta niitä voidaan myös harjoittelulla kehittää. Sotilaallisessa toiminnassa taktiikan toteuttaminen edellyttää mm. riittävän hyvää fyysistä ja psyykkistä toimintakykyä. Parhaisiin lopputuloksiin pääsemiseksi on toimintakyvyn eri tekijöiden, kuten fyysisen ja psyykkisen puolen, oltava mahdollisimman hyvin tasapainossa keskenään. Fyysisellä toimintakyvyllä tai suorituskvyllä tarkoitetaan ihmisen fyysistä kvystä minkä tahansa toiminnan suorittamiseksi. Kokonaisvaltaisesti fyysisen toimintakyvyn määrittämisessä lähestytään ihmisen kuormitusta eri tehtävissä. Biologisin menetelmin voidaan arvioida tai tutkia henkilön fyysistä kuormittumista tietyissä fyysisissä tehtävissä ja työssä. (Kyröläinen 1998, 26)

”Fyysisellä toimintakyvyllä voidaan tarkoittaa pelkästään jonkin yksittäisen elimen ja elinjärjestelmän toimintaa tai elimistön toiminnallista kykyä selviytyä fyysisistä ponnisteluja edellyttävistä tehtävistä ja sille annetuista tavoitteista.” (Haavisto 2007)

Tämä tutkimus liittyy tiedusteluharjoituksen kuormittavuuden tutkimiseen edellä kuvattuihin periaatteisiin liittyen. Taistelijan kuormittumiseen liittyviä monimuotoisia seikkoja voidaan tarkastella kokonaisuutena kuvan 4 esittämässä kaaviossa, jossa yhdistyvät harjoitustilanteen (vrt. taistelutilanne) ja harjoituksen kuormitustekijöiden (vrt. taistelun kuormitustekijät) vaikutukset, sekä taistelijan kuormittuneisuus.



Kuva 4. Taistelijan kuormittuminen ja harjoituksen (vrt. taistelun) kuormitustekijät (mukaiilu Kyröläinen & Santtila 2006, 229)

3.1.2. Fyysinen suorituskyky ja sotilaskunto

Fyysinen suorituskyky on kyky tai kapasiteetti tehdä kuntoa ja taitoa vaativaa lihastyötä. Se muodostuu fyysisestä kunnosta, psyykkisistä tekijöistä ja yleismotorisista taidoista. Kestävyydellä voidaan ymmärtää kykyä tehdä pitkäkestoisesti tehokasta työtä tai liikkua väsymättä, sekä elimistön kykyä palautua rasituksesta niin harjoituksen aikana kuin sen jälkeenkin. Kestävyydellä voidaan myös tarkoittaa kykyä selviytyä päivän toiminnoista väsymättä. Taistelukentällä suoriutumiseen liittyy fyysisen suorituskyvyn termiä paremmin puolustusvoimissa käytetty termi sotilaskunto. Sillä tarkoitetaan taistelijan suorituskykyä varsinaisessa toimintaympäristössään eli taistelukentällä. Sotilaskunnossa fyysiseen kuntoon yhdistyy ampumataito, taistelutaito, taito liikkua kaikissa taistelukentän olosuhteissa tehtävän mukaisesti varustettuna kaikkina vuorokauden ja vuoden aikoina, sekä kaikenlaisissa sääolosuhteissa. Sotilaskunnan tärkeä osa-alue on henkinen kunto, joka tulee esiin sitkeytenä, peräänantamattomuutena, rohkeutena ja voitontahtona annettuun tehtävään liittyen. (Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus 1999, 8)

3.1.3. Tiedustelijan toimintakyvyn ja fyysisen suorituskyvyn vaatimukset

Tiedustelijan taistelu on vihollisen määrän, laadun, ryhmytyksen ja suuntautumisen tiedustelua. Taistelukenttä edellyttää tiedustelijalta valmiutta tiedustella koko laajan taistelualan syvyydessä kaikkina vuorokauden ja vuoden aikoina. Joukkojen on kyettävä taistelemaan pitkiäkin aikoja asutuskeskuksissa ja metsämaastossa myös saarrettuna. Varusmieskoulutuksessa koulutettavien fyysinen kunto on saatettava sellaiselle tasolle, että he kykenevät reserviin siirtyessään täyttämään oman koulutushaaransa mukaiset taistelutehtävät vähintään kahden viikon ajan jatkuvassa taistelukosketuksessa ja käyttämään kaikki voimavaransa 3–4 vuorokautta kestävään vaativaan ratkaisutaisteluun. Taistelijalta ja johtajalta vaaditaan ympäri-vuorokautisissa taisteluissa suurta toimintakykyä. Toimintakyky edellyttää pitkäaikaista fyysistä ja psyykkistä kestävyyttä, lihaskestävyyttä, sekä lihastasapainoa ja lihashallintaa. Lihaskunnan merkitys korostuu taistelijan kantaessa varusteitaan ja taisteluvälineitään, joiden paino vaatetus mukaan lukien voi olla 20–30 kiloa. (Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus 1999, 5)

Useissa varusmieskoulutukseen liittyvissä teoksissa korostetaan taistelijan ja taistelunjohtajan fyysisen suorituskyvyn merkitystä. Useimmiten mainitaan aerobisen kestävyuden osa-alue,

jota voidaan tarkastella taistelijan maksimaalisena hapenottokykynä. Taistelijan hapenotto-
kyvyille (VO_{2max}) on asetettu vähimmäisvaatimukseksi $50\text{--}55\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Suihkonen 2005,
1) ja edellytykseksi $55\text{--}60\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus
1999, 5). Yksittäisen sotilaan fyysisiä suorituskyykyvaatimuksia voidaan Santtilaan (2004)
sekä Kouluttajan oppaaseen (Pääesikunta 2006, 143) viitaten tarkastella taistelijan toimin-
taympäristöön liittyen, jonka mukaan:

- Erikoisjoukkoihin koulutetun sotilaan hapenottokyvyn tulee olla $55\text{--}60\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, joka vastaa 3000 metriä Cooperin testissä.
- Liikkuvaan hyökkäystaisteluun koulutetun sotilaan hapenottokyvyn tason tulee olla $50\text{--}55\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, joka vastaa 2800 metriä Cooperin testissä.
- Taistelua tukevien joukkojen sotilaiden hapenottokyvyn taso tulee olla $45\text{--}50\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, joka vastaa 2600 metriä Cooperin testissä.

Suomen puolustusvoimissa tehdyn tuoreimman tutkimuksen mukaan perustaistelijan tulisi saavuttaa $50\text{--}52\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ taso suorituskyykytestissä. Jos taistelijan tehtäviin kuuluu pitkäkestoiset ja raskaat marssit, tulisi suorituskyyvyn olla yli $55\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Tutkimuksessa mainitaan myös, että erityistehtävissä, kuten tiedustelussa näyttäisi maksimisuorituskyyvyn tavoitetason olevan luokkaa $57\text{--}58\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Lindholmin johtaman työryhmän tarkoituksena oli selvittää sotilastyön tehtäväkohtaista energiankulutusta, eri tehtävien edellyttämää minimisuorituskyykyä ja kuormittumista sekä kuormittumisen arviointia kenttäoloissa. Lähtökohtana minimisuorituskyyvyn arvioinnille oli toimintakyyvyn säilymistä pitkäkestoisessa suorituksessa edellyttävä riittävä suorituskyyvyn reservi. Riittäväksi maksimisuorituskyyvyn ja työn aiheuttaman keskikuormituksen väliseksi reserviksi mainitaan useita tunteja kestävässä dynaamisstaattisessa ja tauotetussa työssä 50 %. Toisin sanoen edellisen kaltaisessa työssä energeettinen keskikuormitus ei saisi ylittää 50 % aineenvaihdunnallisesta (hapenkulutus) maksimisuorituskyyvystä. (Lindholm ym. 2007)

3.2. Tiedustelijan toimintaympäristö

Sovelletussa harjoituksessa oppimisympäristöllä pitää olla yhteys tiedustelijan todelliseen toimintaympäristöön. Millainen nykytiedustelijan toimintaympäristö on? Suurin todellisessa tilanteessa toimintaan vaikuttava osa-alue on aktiivinen vihollinen, jonka toiminnassa korostuu häikäilemättömyys, pyrkimys päästä nopeasti tavoitteisiin, sekä voiman ja välineiden

massamainen – keskitetty käyttö. Vihollisuhka kohdistuu tiedustelijaan jo ennen tiedustelu-tehtävään lähtöä. Suurin uhka tehtävään valmistautuvaa joukkoa kohtaan tulee vihollisen ilma-aseesta, jonka toimintaan on varauduttava vähintään passiivisin keinoin esimerkiksi maastouttamalla. Varsinaisen tiedustelualueen läheisyydessä tiedustelijan on varauduttava kohtaamaan varsinaiset vihollisen joukot ja miinoitteet, jotka on tiedustelun jälkeen kyettävä kiertämään. Nykyaikainen vihollinen selvittää tiedustelujoukkojen sijainnin pääsääntöisesti elektronisella tai ilmasta tapahtuvalla tiedustelulla. Havaitessaan tiedustelun vihollinen pyrkii estämään tai tuhoamaan sen tulenkäytöllä, tarkoitukseen varatuilla joukoilla tai elektronisella so-dankäynnillä (ELSO). Taistelevat osat eivät yleensä sitoudu tiedustelijoiden tuhoamiseen. Suorittaessaan partiotiedustelua tiedustelija, tiedustelupartio tai –ryhmä voi kohdata vihollisen vartiopaikkoja. Vartiomiehet ovat usein taisteluajoneuvoissaan, joissa on suoja tulta vastaan sekä pimeänäkölaitteet ja joissain tapauksissa myös lämpötähytimet. Joissain vihollisen taisteluajoneuvoissa kuten BRM-1 tiedusteluvaunussa (www.globalsecurity.org 16.10.2007) on maastonvalvontatutka. Tiedustelun kohteena olevan joukon toimenpiteet havaitessaan tiedustelun ovat vartiointin tehostaminen, varmistuspartioiden lähettäminen, valaisu, ilmeisten tähytyspaikkojen tiedustelu, elektroninen tiedustelu ja häirintä sekä varsinaisen tiedustelijoiden tuhoamiseen tähtäävä toiminta. (PEmaav-os. 2003, 12-19)

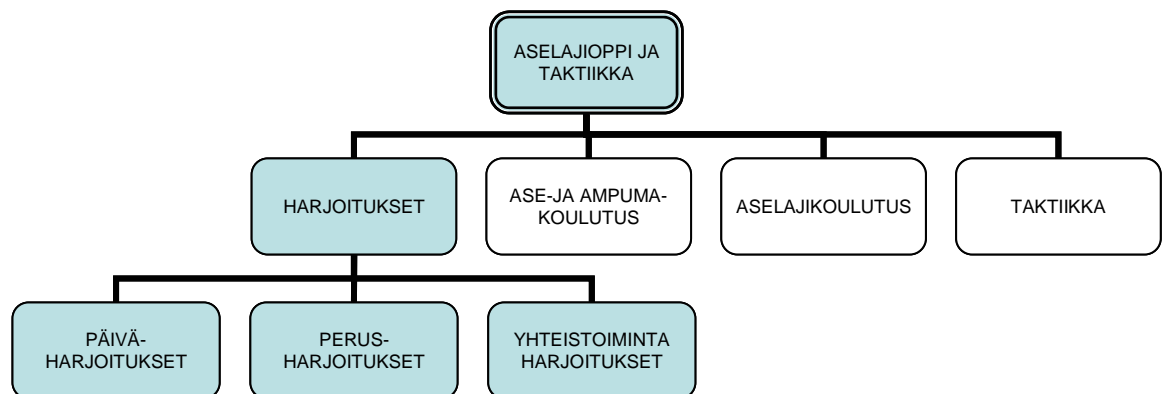
3.2.1. Toimintaympäristö partiotiedusteluharjoituksessa

Harjoittelulla tähdätään yksilöiden ja joukon toiminnan kehittymiseen. Jokaisella harjoituksella on tehtävä. Tehtävänä on kehittää kokonaistoimintaa, sen osa-alueita tai näiden edellyttämiä perustaitoja. Harjoitukset voidaan jakaa yksilö- ja joukkokohtaisiin harjoituksiin, sekä perus- ja soveltaviin harjoituksiin. Perusharjoituksilla kehitetään kokonaistoiminnan osa-alueita ja niiden suoritustekniikoita. Perusharjoittelussa opitut perustaidot ovat edellytyksenä onnistuneelle sovelletulle harjoitukselle. Soveltavat harjoitukset kehittävät joukon kokonaistoimintaa erilaisissa tilanteissa ja ympäristöissä. Soveltavassa harjoituksessa edetään kehittämällä joukon toimintavarmuutta erilaisissa tilanteissa ja olosuhteissa. (Toiskallio 1998a, 68-71)

Sovelletuilla tiedusteluharjoituksilla pyritään resurssien puitteissa rakentamaan sellainen oppimisympäristö, joka parhaiten edesauttaa joukon toiminnan kehittymistä todellisessa tilanteessa. Tiedustelijan toimintaympäristö muodostuu vihollisesta ja sen toiminnasta, maastosta ja olosuhteista (PEmaav-os. 2003, 12-19). Harjoituksissa toimintaympäristöä voidaan pedagogisessa mielessä tarkastella oppimisympäristönä. Kalliomaan (2002, 73) mukaan oppi-

misympäristö on fyysinen, psyykkinen, henkinen ja sosiaalinen kokonaisuus. Fyysisellä ympäristöllä em. tarkastelussa tarkoitetaan oppimistapahtuman konkreettista ympäristöä harjoitusalueesta maalilaitteisiin. Henkisellä ympäristöllä tarkoitetaan oppimistapahtuman (vrt. harjoitus) ilmapiiriä, kuten oppilaan ja kouluttajan välistä vuorovaikutusta. Ihmisten väliset suhteet ja yhteistyö muodostavat sosiaalisen ympäristön. Psyykkinen ympäristö muodostuu oppijan havainnoista ja niihin pohjautuvasta ajattelusta. Oppimisympäristön suunnittelu on osa koko harjoitteluun liittyvää tavoitteenasettelua, jolla pyritään oppimisen edistymiseen. (Kalliomaa 2002, 73-75)

Reserviupseerikurssin maastoharjoitukset jakautuvat päivä-, perus- ja yhteistoimintaharjoituksiin. Harjoitusten tavoitteena on aselajiopin ja taktiikan osana antaa upseerioppilaalle aselajin ja koulutushaaran mukaisesti riittävät tiedot ja taidot reserviupseerin tehtävään siten, että johtajakaudella omaan sodan ajan tehtävään harjaantuminen on tavoitteellista ja tehokasta. (PEmaav-os PAK 2005)



Kuva 5. Harjoitukset osana reserviupseerikurssia (mukailtu Salonen 2007, 3)

Toiskallion (1998a, 68-71) esittämässä harjoitusten jaossa kaikki reserviupseerikurssin harjoitukset sijoittuvat joukkokohtaisiin harjoituksiin, tosin yksilöharjoitteluakin esiintyy harjoitusten sisällä. Päiväharjoitukset ovat pääasiassa perusharjoituksia, yhteistoimintaharjoitukset sovellettuja harjoituksia. Reserviupseerikurssin perusharjoitukset liikkuvat näiden harjoitustyyppien välimaastossa sisältäen sekä perusharjoitukselle että sovelletulle harjoitukselle ominaisia piirteitä. Soveltaviin harjoituksiin liittyen voidaan puhua osaamisen sovelletusta vaiheesta, jossa opiskelijan on Halosen (2002, 68) mukaan kyettävä siirtämään tietty taito erilai-

siin tilanteisiin ja soveltamaan sitä myös eri ympäristön edellyttämien vaatimusten mukaan. Tutkimuksen empiirisen vaiheen harjoitus oli reserviupseerikurssin loppupuolella tapahtuva yhteistoimintaharjoitus, jonka piirteet olivat hyvinkin sovelletun harjoituksen mukaiset. Niin kuin harjoituksen nimi, yhteistoimintaharjoitus 3 kertoo, oli tarkoituksena aselajien ja joukkojen välisen yhteistoiminnan harjoittelu kolmannen kerran kurssin aikana.

3.3. Partiotiedustelua suorittavien tiedustelujoukkojen toiminta

Puolustusvoimissa partiotiedustelua suorittavat tiedustelujoukot voidaan jakaa organisaatioitain. Prikaati 2005 sisältää tiedustelukomppanian, jossa on tiedusteluvoimana tiedustelujoukkueita ja panssaritiedustelujoukkueita. Valmiusprikaatien omat organisaatiot on muodostettu kaluston ja toiminnan pohjalta erilaisiksi. Kainuun prikaatin tiedustelukomppaniassa luotetaan enemmän jalan tapahtuvaan tiedusteluun, siinä missä Karjalan – ja Porin prikaati panostaa organisaatiossa panssaritiedusteluun. Jääkäriprikaatin eli joissain lähteissä Prikaati 90 tiedustelukomppaniassa on neljä tiedustelujoukkuetta, joissa on kaksi tiedusteluryhmää ja tulenjohtopartio. Nykyisistä prikaatiorganisaatioista vanhimman eli jalkaväkiprikaatin tiedustelukomppania muodostuu kaksi ryhmää sisältävistä tiedustelujoukkueista, joissa ei ole varsinaista tulenjohtopartiota. (PEmaav-os. 2003, 20-40)

Prikaatien iskevissä osissa eli pataljoonissa on oma orgaaninen tiedustelunsa. Prikaati 2005 jääkäripataljoonan tiedustelujoukkueen kokoonpanot muodostuvat eri valmiusprikaatien kesken samalla tavoin kalustosta ja toimintatavasta riippuen. Karjalan ja Porin prikaatien jääkäripataljoonien tiedustelujoukkueisiin kuuluu kolme panssaritiedusteluryhmää, kun Kainuun prikaatissa pataljoonan tiedustelujoukkueessa puhutaan tiedusteluryhmistä. Kaikissa tiedustelujoukkueissa on lisäksi moottoripyörätiedusteluryhmä. Jääkäriprikaatin jääkäripataljoonan tiedustelujoukkue on kaikista nykyorganisaatioiden pataljoonatason tiedustelujoukoista pienin. Sen tiedusteleva osa muodostuu kahdesta tiedusteluryhmästä ja tulenjohtopartiosta. Jalkaväkiprikaatissa pataljoonan tiedustelujoukkueessa on yksi ryhmä enemmän, mutta erillistä tulenjohtopartiota ei ole. (PEmaav-os. 2003, 20-40)

Tutkimuksessa tarkastelun kohteena on tiedusteluryhmä. Edellä mainituissa joukoissa tiedusteluryhmän kokoonpanossa olennaista on henkilöstön kokoonpanon ja tehtävien kohtuullinen yhdenmukaisuus. Tiedusteluryhmiin ja panssaritiedusteluryhmiin kuuluu kahdeksasta kymmeneen miestä (PEmaav-os. 2003, 140-154; Reserviupseerikoulu 2005, 4). Ryhmissä on ryh-

mänjohtaja, tiedustelumiehet, radisti eli viestimies ja ryhmän varajohtaja. Osaan ryhmistä kuuluu orgaanisena osana tulenjohtohenkilöstö. (PEmaav-os. 2003, 140-154)

3.3.1. Tiedusteluvarustus

Sotilaan mukanaan kantama varustemäärä on jatkuvasti kasvanut. Vaikka sotilasvarusteiden painoa on pyritty keventämään, on kannettavan taakan paino silti kasvanut. Kannettava varusteiden paino vaikuttaa olennaisesti taistelijan suorituskykyyn ja energiankulutukseen. Jo yhden painokilon lisääminen varustukseen lisää energiankulutusta. (Knapik ym. 2004) Optimaalinen varusteiden paino keskikokoisella suomalaisella varusmiehillä on 22 kg. Varusteiden painon lisääntyessä tästä sotilaan suorituskyky laskee jyrkästi. Suositus on annettu sotateknisessä arviossa ja ennusteessa (Maavoimaesikunta 2004, 276) ja se perustuu todennäköisesti varusmiesten keskimääräiseen painoon ja sen riippuvuuteen varusteiden kantokyvyssä.

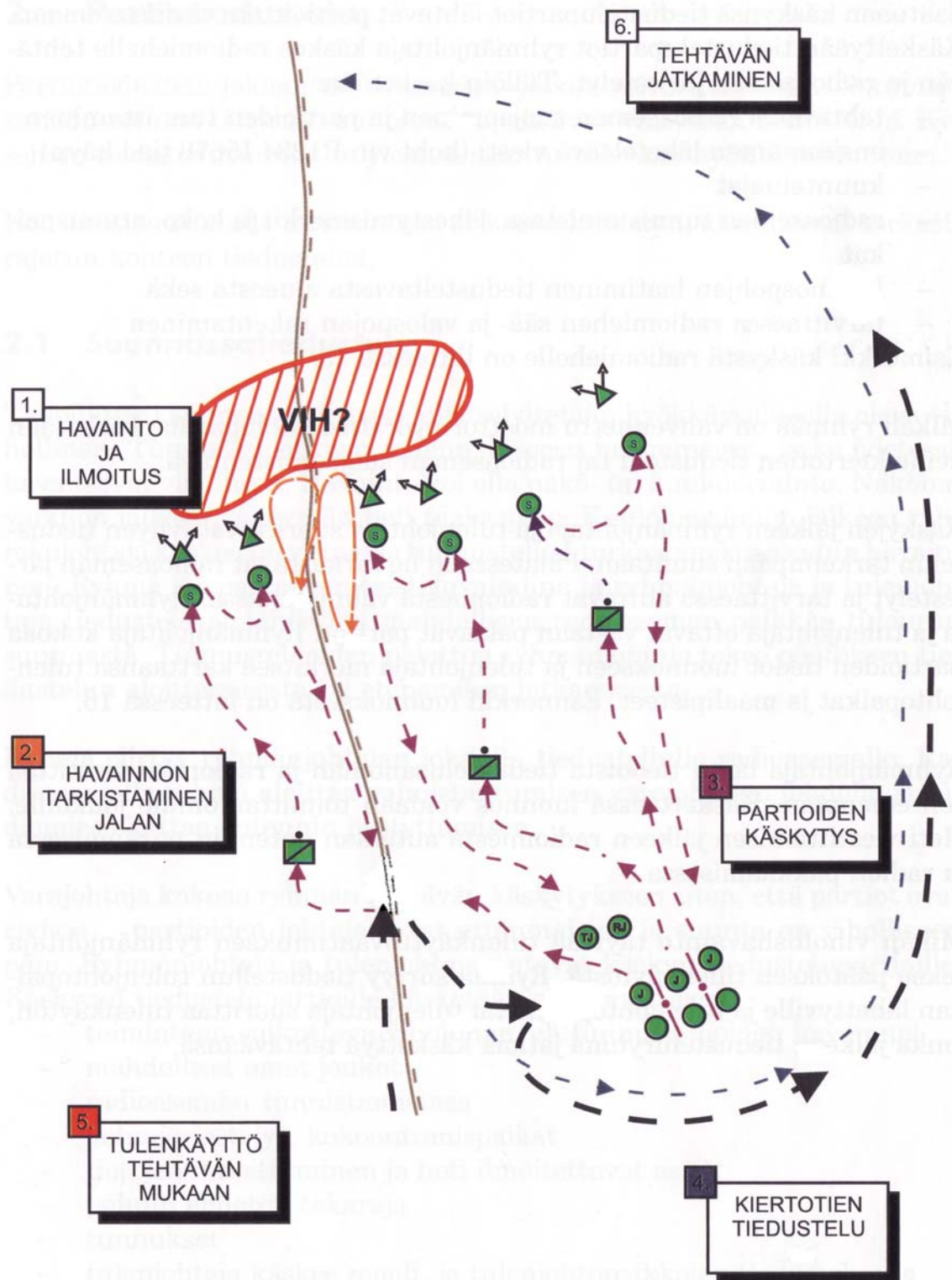
Tiedusteluvarustus käsketään joukon johtajan toimesta tehtäväkohtaisesti. Eri tilanteisiin on olemassa myös valmiita perusratkaisuja, joista voidaan puhua ennalta sovittuina menettelytapoina. Suunnassatiedusteluun liittyen tällainen perusratkaisu on suunnassatiedusteluvarustus, joka muodostetaan liitteessä 1. olevasta varustekokonaisuudesta. Tehtävässä mukana olevat varusteet jakautuvat henkilö- ja ryhmäkohtaisiin varusteisiin. Taistelijoiden varustus vaihtelee henkilökohtaisen tehtävän mukaan. Painavin kantamus on yleensä radistilla, jolla on kantolaitteessaan suurin osa ryhmän viestivälineistä. Osa viestivälineistä voidaan jakaa ryhmän kesken, mutta radistilla on oltava jatkuvasti toimintakuntoinen viestiväline käytettävissään. (Narkilahti ym. 2007)

Suomalaisten reserviläisten pitkäkestoisessa partiotiedusteluharjoituksessa kantamat taakat olivat erittäin raskaita. Sotilaiden kokonaispaino taisteluvarustuksessa harjoituksen alkaessa oli 126.0 ± 12.8 kg. Taistelijoiden varustuksen paino harjoituksen raskaimmassa siirtymävaiheessa oli keskimäärin 49.8 ± 4.7 kg, joka oli keskimäärin 65 % heidän kehon painostaan. Harjoitukseen osallistui kymmenen vapaaehtoista hyväkuntoista miestä, jotka edustivat reservimme ja kantahenkilökuntamme fyysisen kunnon kärkeä. Kymmenestä harjoituksen aloittaneesta kolme joutui keskeyttämään ennen 20 vuorokautta kestäneen harjoituksen päättymistä. (Kyröläinen ym. 2004, 8-9; 28-29)

3.3.2. Tehtävän suoritusperiaate

Hyökkäyksen tiedustelua kutsutaan suunnassatiedusteluksi. Se on partiotiedustelun alalaji, jonka toinen muoto on kohteentiedustelu. Suunnassatiedustelu tarkoittaa tietyssä suunnassa tapahtuvaa vihollisen tiedustelua. Kyseinen tiedustelusuunta on yleensä sidottu oman joukon tulevaan hyökkäyssuuntaan. Toisin sanoen suunnassatiedustelussa tiedustellaan tulevaa hyökkäysreittiä ja sillä olevaa vihollista. Tärkein tehtävä on saada selville hyökkäysalueella olevan vihollisen määrä, laatu, suuntautuminen ja ryhmitys. Kun kyse on jalkaväki tai jääkärijoukosta, tiedustelu liikkuu tehtävässä jalan. Tiedusteluryhmä käyttää tunnustelijoita, jotka ryhmän edetessä yleensä ensimmäisinä saavat havainnon vihollisesta. Jos saadaan näköhavainto, väistytään heti taaksepäin. Kuulohavainnon jälkeen ryhmänjohtaja voi käskä tunnustelijat tarkastamaan saadun havainnon. Ryhmä jää paikalleen ja ryhmänjohtaja tiedustelee lähistöltä mahdollisen radioaseman paikan tulouran suunnasta. Tunnustelijoiden tuoman tiedon perusteella ryhmänjohtaja tekee päätöksen tarkemman partioittain tapahtuvan tiedustelun aloittamisesta tai etenemisen jatkamisesta. (PEmaav-os. 2003, 94)

Ryhmä siirtyy tiedustellulle radioasemalle valmistautumaan partiotiedusteluun. Radiomies aloittaa radioaseman valmistelut, kuten antennin pystyttämisen. Ryhmän varajohtaja johtaa valmistelut ja kokoaa ryhmän käskynantomuotoon partioiden käskytystä varten. Saatuaan käskynsä tiedustelupartiot, joita on yleensä kolme kappaletta, lähtevät partioittain tiedustelemaan omaa aluettaan vihollisen suuntaan. Radiomies jää radioasemalle ja valmistelee viestitykseen liittyvät asiat. Ryhmänjohtaja suorittaa käskynannon jälkeen lyhyen tiedustelun tärkeimpään suuntaan. Palatessaan hän tarkastaa radioaseman ja auttaa radiomiestä valmisteluisa. Ryhmänjohtaja ottaa vastaan radioasemalle palaavat partiot, kokoaa tiedot ja laatii tiedustelusanoman. Radiomies viestittää sanoman eteenpäin. Käskettäessä tiedusteluryhmä voi toimittaa luonnoksen omille joukoille. Heti viestittämisen jälkeen puretaan radioasema ja jätetään ryhmä koossa etenemistä seuraavaan vihollishavaintoon asti. Tähän tutkimukseen liittyvässä harjoituksessa tiedusteluryhmä saa toteutettavakseen kolme suunnassatiedustelutehtävää. Yhden tehtävän kesto on yleensä noin 24 tuntia. Tiedustelutehtävän aikana liikutaan jalan. Varustuksena on vakioitu suunnassatiedusteluvarustus. Suunnassatiedustelun periaate on esitetty kuvassa 6. (PEmaav-os. 2003, 94-95)



Kuva 6. Ryhmän toiminta suunnassatiedustelussa (kuva mukailtu PEmaav-os. 2003, 96)

3.3.3. Energian- ja nesteensaanti

Sotilaan neste- ja ravintotasapainosta huolehtiminen on erittäin tärkeää sotilaan toimintaky-

vyn ylläpitämiseksi. Energiankulutus on suurimmillaan useita vuorokausia kestävässä maastoharjoituksissa. Neste- ja ravintotasapainon ylläpitäminen muodostuu usein vaikeaksi johtuen huollon vaikeudesta tavoittaa taistelevia joukkoja. Kyröläisen ym. (2004, 10) mukaan toimintakyvyn ylläpitämiseksi energiaa tulisi nauttia pieninä annoksina useita kertoja (4–6 krt) vuorokaudessa. Ravintoa voidaan partiotiedustelutehtävässä saada mukana kannettavista taistelumuonista, välipaloista tai hiilihydraattipitoisista juomista. Hiilihydraattipitoisien juomien ja varauksellisesti myös -geelien on todettu sopivan hyvin lisäenergiaksi maastoharjoituksissa (Army Research Inst. 2001a; 2001b; Cline ym. 2000).

Koska päivittäin nautitun energian määrä pitkäkestoisessa kovassa rasituksessa tulee olla hyvin suuri, nähdään energiatasapainon ylläpitäminen usein hyvin ongelmalliseksi. Van Erp-Baartin ym. (1989) mukaan ranskan ympäriajon aikana kilpapyöräilijät nauttivat keskimäärin 6500 kcal vuorokaudessa ja kykenevät näin kohtuullisen hyvin ylläpitämään energiatasapainon ja proteiinin saannin. Vaikka pyöräilijöiden ravinnosta vain 12 E% (prosenttia energiansaannista) koostui proteiinista, se riitti hyvin täyttämään kohonneenkin proteiinin saantisuosituksen tason (~2.5 g/kg/vrk). Tämä johtui suuresta nautitusta ravintomäärästä. Pitkäkestoisessa partiotiedusteluharjoituksessa suomalaiset sotilaat nauttivat energiaa seuraavalla tavalla:

- *Raskaimmassa vaiheessa*, jossa toteutettiin yli 100 km pituinen siirtyminen jalan toiminta-alueelle keskimääräinen energiansaanti oli 2830 kcal/vrk, josta oli hiilihydraattia 73 %, proteiinia 12 % ja rasvaa 15 %.
- *Tehtävävaiheessa* keskimääräinen energiansaanti oli 2652 kcal/vrk, sisältäen hiilihydraattia 68 %, proteiinia 13 % ja rasvaa 19 %.
- *Tilanteenmukaisessa toimintavaiheessa*, jossa siirryttiin jälleen 100 km jalan pois toiminta-alueelta keskimääräinen energiansaanti oli 3057 kcal/vrk, josta oli hiilihydraattia 72 %, proteiinia 12 % ja rasvaa 16 %.

Näin ollen koko harjoituksen keskimääräinen energiansaanti oli 2846 kcal/vrk, josta oli hiilihydraattia 70 %, proteiinia 13 % ja rasvaa 17 %. Kyseisessä harjoituksessa sotilaiden keskimääräinen energiankulutus oli 6628 kcal/vrk. Keskimääräinen energiavaje oli yli 3500 kcal ja sotilaiden paino aleni keskimäärin 4.6 kg kahdenkymmenen maastoharjoitusvuorokauden aikana. Sotilaat nauttivat päivittäin ylimääräisen annoksen merisuolaa. Nestettä he kertoivat nauttineensa keskimäärin 3–4 litraa vuorokaudessa. (Kyröläinen ym. 2004, 33-35)

Tuoreimpien suomalaisten ja pohjoismaisten ravitsemussuosittelusten mukaan rasvan osuus

energiansaannista tulisi olla 25–35 %, hiilihydraattien osuus 50–60 % ja proteiinien osuus 10–20 %. (Nordic Nutrition Recommendations 2004, 13-14; Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005, 14-20). Aron ym. (1993) mukaan ravintoaineiden saantisuosituksia voidaan antaa myös absoluuttisina arvoina vuorokautta kohti, jolloin esimerkiksi proteiinia tulisi saada vähintään 50 g. Vähäenergisessä ruokavaliossa 80 g proteiinia turvaa yleensä sen, ettei ylen määrin lihaskudosta menetetä laihtumisen myötä (Aro ym. 1993, 217). Hiilihydraatin saantisuositukset annetaan usein kehon painokiloa kohden, esimerkiksi aktiivikuntoilijoilla 5–8 g/kg/vrk. Hiilihydraattien saanti on tärkeää suorituskyvyn ylläpitämiseksi. Hyvät hiilihydraattiruokat, kuten kokojyväleivät ja puurot vaikuttavat hitaasti ja tasaisesti veren glukoosi- ja insuliinipitoisuuteen. Rasvojen osalta yleiset ravitsemussuositukset sopivat myös liikunnallisesti aktiivisille ihmisille. Pienempi rasvansaanti vaikeuttaa runsaasti kuluttavan henkilön energiansaantia ja johtaa erityisesti lihasten sisäisten rasvavarastojen pienenemiseen, jolla voi olla negatiivinen vaikutus suorituskykyyn, hormonien eritykseen ja yleiseen terveydentilaan. (Marniemi & Ilander 2006, 69-70; 101-102)

Pääesikunnan huolto-osastolla työskentelevän rauhan ajan muonituksen kehittämisestä vastaavan ylitarkastajan Liisa Gröndahlin mukaan, ”taistelumuonat ovat eri osista koottuja, pitkään säilyviä aterioita, jotka on tarkoitettu yhdelle henkilölle yhden vuorokauden tarpeisiin”. Muonien ravintosisällöstä vastaa pääesikunta. Pakkausten sisältö on suunnitteluvaiheessa tarkkaan harkittu. (Ruotuväki 19/2004) Reserviupseerikoulun muonahuollosta tutkimuksen aikana vastasi Puolustusvoimien kumppanuushankkeen mukaisesti Fazer Amica Oy, jolle taistelumuonat oli suunnitellut ja koonnut Machinery GS Global Solutions Oy, sekä Erafin Oy. Eri toimittajilta tilattujen taistelumuona-annosten energiasisällön lähtökohdaksi on puolustusvoimien talousvarikon mukaan otettu 3800 kcal (Tulppala 2004). Taistelumuonat sisältävät kaupallisia hyvin säilyviä elintarvikkeita, sekä ruoanvalmistuksessa ja hygienian ylläpidossa tarvittavia tuotteita. Tässä tutkimuksessa käytettyjen taistelumuonapakkausten keskimääräinen energiasisältö oli 3426 ± 112 kcal. Varsinaisen tiedustelutehtävän aikana syödään käytännössä vain niin sanottuja kuivamuonia, joita ei tarvitse lämmittää. Taistelumuonapakkausista kuivamuonaksi soveltuvat ennen kaikkea näkkileipä ja sen kanssa syötävät pasteijat ja säilykkeet. Myös urheilujuoma, välipalakeksit ja rusinat sopivat hyvin kuivamuonaksi. Varsinainen lämmin ruoka valmistetaan yleensä ennen tiedustelutehtävään lähtöä ja sen jälkeen. Lämpimän ruoan valmistukseen käytetään retkikeittimiä, kuten Trangia tms.

Ihmisen nesteentarve riippuu monesta eri tekijästä, kuten ympäröivistä olosuhteista (lämpötila, kosteus), ruokavaliosta ja fyysisestä kuormituksesta (hikoilu). Yleispätevää ohjetta tarvit-

tavasta nesteen määrästä on kohtuullisen vaikea antaa. Veden tarvetta ei suomalaisissa suosituksissa ole kyetty määrittelemään tarkasti. Yleisesti ilmoitetaan, että aikuiset saavat päivittäin vettä 2000–3500 ml vettä, josta 1000–1500 ml tulee ruoasta, 1000–1200 ml juomista ja 300–350 ml elimistön omasta tuotannosta. Ohjearvona aikuisille kokonaisveden saanniksi energian saantiin suhteutettuna on noin 1 ml/kcal. Pethman ja Ilander (2006, 33) mainitsevat aikuisen ihmisen tavalliseksi nesteentarpeeksi 1–2 litraa ruoan sisältämän nesteen lisäksi. Aktiiviliikkujien nesteen tarve on hikoilun seurauksena huomattavasti suurempi. (Pethman & Ilander 2006, 33; Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005, 40).

Sotilastehtävien nesteen saantisuositukset vaihtelevat tehtävien rasittavuuden ja ympäristön olosuhteiden mukaan. Vaativimmat ovat kuumat ja kosteat olosuhteet, joissa hikoilu on runsasta. Fyysinen rasitus luonnollisesti lisää hikoilua ja nesteenkulutusta. (Nelson ym. 1943; Sawka & Montain 2000; World Health Organization 2005, 27) Nestevajeessa oleville sotilaille tehdyissä tutkimuksissa on raportoitu fyysisen suorituskyvyn laskun lisäksi kognitiivisen suorituskyvyn laskua (Wansink ym. 2005). Nesteen saantisuosituksia on edellä mainittu huomioon ottaen vaikea määrittää. Maailman terveysjärjestö (WHO) on lukuisiin tutkimuksiin viitaten antanut kuitenkin yleisiä vähimmäissuosituksia terveyden ja suorituskyvyn ylläpitämiseksi. Yleisesti annettu vähimmäissuositus normaaliolosuhteisiin ei-aktiiviselle 70 kg painavalle miehelle on 2.5–3.0 l vettä päivässä ja ruumiillista työtä tehdessä 4.5 l vettä päivässä. Nesteen saantisuosituksia voidaan antaa myös energiankulutukseen verraten. Tämä perustuu oletukseen, että korkea energiankulutus voi lisätä nesteenkulutusta mm. hikoilun myötä. Yleinen suositus energiankulutukseen verraten on 1-1.5 ml/kcal. (World Health Organization 2005, 25-40)

4. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää ryhmänä ja partiona suoritettavan taktisen tiedustelun ja sen harjoittelun aiheuttamaa fyysistä kuormittumista. Tämä kuormittuminen liittyy kokonaisuutena sotilaan toimintakykyyn ja sen ylläpitämiseen. Koska ihmisen fyysistä ja psyykkistä kuormittumista on vaikea, jos ei jopa mahdotonta erottaa, oli tutkimuksessa tarkoituksenmukaista myös sivuta sotilaan toimintakyvyn psyykkistä osa-aluetta. Fyysistä kuormittavuutta pyrittiin selvittämään tutkimalla partiotiedusteluharjoituksen aiheuttamia fysiologisia vasteita. Kuormituksen selvittämiseksi oli myös mitattava sotilaiden toimintaa, kuten levon ja aktiivisuuden suhdetta sekä energiantasapainoa.

4.1. Tutkimusongelmat ja hypoteesit

Tutkimusongelmia ovat seuraavat:

1. Millaisia fysiologisia vasteita ja mielialan muutoksia kolme vuorokautta kestävä partiotiedusteluharjoitus aiheuttaa?
2. Mikä on tiedustelijan energia- ja nestetasapaino (kulutus vs. saanti) partiotiedusteluharjoituksen aikana?
3. Kuinka paljon tiedustelijalla on lepo- ja palautumisaikaa harjoituksen aikana?

Tutkimusongelmiin järjestyksessä liittyvät hypoteesit ovat:

1. Kolme vuorokautta kestävä partiotiedusteluharjoitus aikaansaa kuormituksen, joka on mitattavissa fysiologisista vasteista. Kokonaiskuormitus aikaansaa antropometrisia, hormonaalisia, hematologisia muutoksia. Kuormitus aiheuttaa myös hengitys - ja verenkiertoelimistön ja autonomisen hermoston vasteita.
2. Energian- ja nesteenkulutus ylittää reilusti energian- ja nesteensaannin (huomattavan negatiivinen energia- ja nestetasapaino).
3. Levon ja unen puute on keskeinen kuormittava tekijä partiotiedusteluharjoituksessa.

Tämä tutkimus käsittelee jalan suoritettavan partiotiedusteluharjoituksen fyysistä kuormittavuutta. Mitattavat fysiologiset muuttujat ja kuormitukselliset tekijät on pyritty valitsemaan siten, että ne liittyvät ensisijaisesti fyysiseen kuormittavuuteen. Tehtävän keston osalta tarkastellaan 3-4 vuorokauden yhtäjaksoista suoritusta. Tälle perusteluna on puolustusvoimissa fyysiselle kunnolle annettu määritelmä, jossa todetaan että jokaisen varusmiehen on varusmieskoulutuksen jälkeen reserviin siirtyessään kyettävä suoriutumaan 3-4 vuorokauden yhtämittaisesta vaativasta ratkaisutaistelusta (mm. PEkoul-os:n PAK C 1:3; Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus 1999, 5). Tiedustelijalle tämä tarkoittaa esimerkiksi pataljoonan tai taisteluosaston hyökkäyksen tiedustelua jalan partioimalla. Tämän tutkimuksen kenttäkokeiden osalta edellä mainittu hyökkäyksen suunnastiedustelu on juuri perusjoukon harjoittelun aiheena.

5. TUTKIMUSASETEMAN JA –MENETELMIEN KUVAUS

5.1. Mitattavat muuttujat

Tutkimus kohdistuu fyysisen kuormittumisen mittaamiseen. Tämä saadaan toteutettua mitaamalla koehenkilöiden fyysistä aktiivisuutta ja sen aikaansaamia fysiologia vasteita. Fyysistä aktiivisuutta mitataan sydämen sykkeestä sekä henkilöiden liikkumisesta. Fysiologisten vasteiden tulkintaa varten tarvitaan myös antropometriset mittaukset. Mitattavia muuttujia on valittavana lukematon määrä ja tärkeänä metodologiaan liittyvänä valintana voidaan pitää kyseiseen koeesetelmaan sopivien mittauspattereiden valintaa. Tutkimus ei kohdistu ensisijaisesti fyysisen suorituskyvyn mittauksiin, vaikka sisältääkin suorituskyvyn alkumittaukset. Niiden tarkoitus tässä tutkimuksessa on tutkimusasetelmaan liittyvä koehenkilöiden kuvaaminen. Mitattavat fysiologiset vasteet voidaan jakaa viiteen kokonaisuuteen, jotka ovat verenkuva, hormonit, energiankulutus ja – saanti, kehon koostumus, sekä sykevaihtelu. Mitattavien fysiologisten vasteiden osalta tutkimuksen luotettavuus rakentuu useiden muuttujien varaan.

Verenkuvan määrittämiseksi koehenkilöiltä otettiin verikokeet harjoitusta edeltävänä päivänä sekä jokaisena harjoituspäivänä. Verinäytteistä saatiin jatkossa laboratoriolaitteistolla määritettyä pieni verenkuva eli PVK. Verestä saadaan määritettyä monia aineita, jolloin saadaan tietoa elimistön aineenvaihdunnasta (Nienstedt ym. 1989, 165). Pienen verenkuvan lisäksi verinäytteestä analysoitiin kreatiinikinaasi eli CK, jonka on havaittu korreloivan lihasvaurioiden syntymiseen (Kyröläinen ym. 2004, 20-21). Kehon koostumusta mitattiin antropometrisin mittauksin. Tässä tutkimuksessa antropometriset mittaukset ovat yksinkertaisia ruumiin rakennetta ja kehon koostumusta kuvaavien suureiden mittauksia. Mitattavia suureita ja muuttujia ovat pituus, paino ja ihonalaisen rasvan määrä ihopoimiumittauksella. (Aro ym. 1993, 178-180; APMC 2006, 57-58).

Hormonaalisia muutoksia voidaan käyttää elimistön kuormittumisen seuraamiseen. Näin on tehty mm. pitkäkestoiseen partiotiedusteluharjoitukseen kohdistuvassa tutkimuksessa (Kyröläinen ym. 2004). Kyseisessä tutkimuksessa suurimmat muutokset veriarvoissa ja kuormitusmarkkereissa, kuten hormoneissa ja kreatiinikinaasissa (CK) tapahtuivat ensimmäisen kolmen harjoitusvuorokauden aikana (Kyröläinen ym. 2004, 38-43). Edellä mainittu seikka antaa hyvät perustelut tässä tutkimuksessa toteutettaviin kenttämittauksiin, jotka kestivät kolme vuorokautta (72 h). Verikokeista analysoitiin testosteroni, kortisoli, kasvuhormoni, sukupuoli-

hormonia sitova globuliini (SHBG), sekä vapaa tyroksiini. Alkuperäisessä suunnitelmassa oli analysoida myös antidiureettinen hormoni, mutta sen laboratorioanalyysi osoittautui rahoitukseen nähden liian kalliiksi toteuttaa (yksi näyte/~50 €). Koehenkilöiden nestetasapainoa pyrittiin tästä johtuen seuraamaan muilla käytettävissä olevilla parametreilla, kuten plasmatalavuuden muutoksilla.

Energiankulutus ja energiansaanti muodostavat yhdessä energiatasapainon käsitteen. Energiatasapainoa tarkastellaan yleensä vuorokausittain tai sitä pidemmissä jaksoissa. Energiatasapaino on negatiivinen, kun energiankulutus ylittää nautitun energiamäärän ja positiivinen, kun nautitaan energiaa enemmän kuin kulutetaan. Positiivinen energiatasapaino aiheuttaa painon nousua ja negatiivinen painon laskua. Energiatasapainotilanteessa on energiankulutus ja –saanti sama. (Jeukendrup & Gleeson 2004, 73) Energiankulutusta voidaan arvioida sydämen syketaajuudesta tai sykevaihtelusta, silloin kun hapenkulutusta ei pystytä mittaamaan (McArdle ym. 2007, 206). Energiankulutusta voidaan mitata ja arvioida sykemittauksen lisäksi useilla eri menetelmillä, joista tunnetuimpia ovat suora kalorimetria, joka perustuu vapautuneen lämpöenergian mittaamiseen, hengityskaasuanalysointori, kaksoisleimatun veden menetelmä, liike- ja kiihtyvyyssantureiden käyttö, sekä subjektiivisilla kyselyillä (mm. Hausswirth ym. 1997; Lamonte & Ainsworth 2001). Nautittu ravinnon ja nesteen määrä saatiin laskettua pitämällä kirjaa päivittäin kulutetuista annoksista. Testihenkilöt söivät vain taistelumuonia, joiden sisältö oli tunnettu. Muun ravinnon nauttiminen oli kielletty. Testihenkilöt kuljettivat tarvitsemansa veden 1.5 litran ja 0.5 litran pulloissa, sekä kenttäpulloissa. Muuhun tarkoitukseen varattu vesi, kuten astioiden pesuvesi, kuljetettiin eri pulloissa. Nautitun nesteen määrä kirjattiin ylös päivittäin.

Nautitun ruoan ravintoainesisältö laskettiin käyttäen Wilbur Olin Atwaterin kehittämia yleisiä kertoimia (Atwater general factors), jotka ovat proteiinilla ja hiilihydraatilla 4 kcal/g ja rasvalla 9 kcal/g. Ravintoaineita polttamalla saadut energettiset arvot ovat proteiinilla 5.65 kcal/g, hiilihydraatilla 4.2 kcal/g ja rasvalla 9.4 kcal/g. Kyseiset arvot edellyttävät kuitenkin aineiden täydellistä hapettamista, joka ei elimistössä ole mahdollista. Ruoka-aineet sulavat elimistössä vaihtelevasti. Proteiineista sulaa keskimäärin 92 %, hiilihydraateista 97 % ja rasvoista 95 %. Näin ollen Atwaterin antamat kertoimet antavat riittävän tarkat tulokset laskettaessa tyypillisten ruokien ravintoainesisältöä. (McArdle ym. 2007, 155-119)

Sykevaihtelu eli HRV (heart rate variability) on sydämen lyöntien välisen ajan vaihtelua. Sydämen sykevaihtelu heijastaa autonomisen hermoston ja muiden fysiologisten säätelyjärjes-

telmien vaikutuksia sydämen toimintaan. Autonomisen hermoston, joka jaetaan sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon, tasapainotila muuttuu erilaisissa kuormitusmalleissa ja erilaisten psykofyysisten tekijöiden vaikutuksesta. Näitä muutoksia voidaan tutkia sykevaihtelun avulla. Sykevaihteluun vaikuttavia tekijöitä on vuosien saatossa tutkittu hyvin paljon. Sykevaihtelua voidaan mitata hyvin eripituisissa jaksoissa. Kontrolloimattomissa kenttäolosuhteissa sykesignaalin tallennusajaksi on luotettavuuden parantamiseksi järkevää valita vähintään kymmenen minuuttia. (Kyröläinen ym. 2004, 21-23). Tässä tutkimuksessa sykevaihtelua mitattiin ja analysoitiin noin vuorokauden mittaisista näytteistä, joka on Task Force (1996) raportissa kuvattu standardoitu mittausjakson pituus (24 h). Pitkissä näytteissä sykevaihteluun vaikuttaa monet fysiologiset ja psyykkiset tekijät, joiden yksilöinti on lähes mahdotonta. Tämä ei ollutkaan kyseisen mittauksen tarkoitus tässä tutkimuksessa. Tarkoituksena oli saada tietoa elimistön fyysisestä kuormituksesta ottaen huomioon myös psyykkiset tekijät.

Ihminen on psykofyysinen kokonaisuus, joka on luonnollisesti otettava huomioon tutkimusasetelmassa. Psyykkisten tekijöiden vaikutukset suorituskykyyn ja käytössä olevien voimavarojen hyödyntämisen tasoon ovat merkittävät. Tunteet, asenteet ja ajatukset ja niihin pohjautuva toimintajärjestelmä ohjaavat miten toimitaan ja millä tavoin toiminnasta suoriudutaan. (Liukkonen 2004, 215) Psyykkiset tekijät otettiin tutkimuksessa huomioon tekemällä POMS (profile of mood state) kysely, joka mittaa mielialaa ja sen muutoksia (mm. Koutedakis ym. 1990; Linnankylä 2004; Raglin ym. 1996). Kysely on lyhennetty versio laajasta kysymyssarjasta ja sisältää 26 mielialaan liittyvää kohtaa (liite 1). Kyselyssä on käytetty viisiportaista mitta-asteikkoa. Tätä kyselyä käytettiin pilottitestissä, sekä harjoitusta edeltävänä päivänä. Harjoituspäivinä käytettiin edelleen muokattua kyselyä, jossa kysely kohdistettiin tarkemmin viimeisimmän vuorokauden mielialaan (liite 2). POMS kyselyn yhteydessä testihenkilöt arvioivat omaa unen ja levon määrää puolen tunnin tarkkuudella viimeisemmän vuorokauden aikana. Lisäksi psyykkiset tekijät, kuten stressi vaikuttavat fysiologisiin vasteisiin. Merkittäviä vasteita psyykkisessä kuormittumisessa on saatu mm. sykevaihtelussa (McCraty ym. 1995; Kyröläinen ym. 2004, 45-46) ja luonnollisesti hormonaalisissa toiminnoissa, kuten ns. stressihormonitasojen muutoksissa (Kunz-Ebrecht ym. 2003; Ritvanen 2006).

5.2. Perusjoukko

Tällä tutkimuksella pyritään selvittämään partiotiedusteluharjoituksen fyysistä kuormittavuutta ja fysiologisia vasteita. Tutkimus on osa puolustusvoimissa tehtävää kokonaistutkimusta,

joka kohdistuu eri sotilaallisten tehtävien ja koulutuksen kuormittavuuteen (PEkoul-os. 2002, 22). Tutkimus kohdistuu tiedusteluryhmänjohtajiksi koulutettaviin Reserviupseerikoulun sissikomppanian tiedustelulinjan upseerioppilaisiin. Sissikomppanian tiedustelulinja on tutkimuksen perusjoukko, johon tutkimuksen tulos on pätevä. Vaikka tutkimus kohdistuu johtajiksi koulutettaviin upseerioppilaisiin, on tutkimus pyritty tekemään siten, että tulokset ovat sovellettavissa kaikkiin jalan liikkuviin tiedustelijoihin. Tehtyjen anomusten perusteella tutkimuksen hyväksyivät Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta ja puolustusvoimien ylilääkäri.

Tutkimukseen perusjoukolle pidettiin infotilaisuus noin kuusi viikkoa ennen harjoitusta. Tutkimusotos muodostettiin vapaaehtoisuuden sekä satunnaisotannan perusteella Reserviupseerikoulun sissikomppanian tiedustelulinjan upseerioppilaisista. Mittauksiin valittiin vapaaehtoisista arpomalla kymmenen upseerioppilasta ($n=10$), joista muodostettiin yksi tiedusteluryhmä. Lisäksi valittiin neljä ylimääräistä henkilöä sairastapausten tai muiden osallistumisesteiden varalle. Jokaiselta saatiin kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumisesta. Tutkittavalla oli mahdollisuus peruuttaa tai keskeyttää mittauksiin osallistuminen missä tahansa vaiheessa. Alustavat antropometriset mittaukset, kyselyt ja pilottitesti tehtiin fyysisten suorituskykytestien ohessa kolme viikkoa ennen harjoitusta. Koehenkilöiden ikä ja antropometrinen ominaisuuksien aritmeettiset keskiarvot ja keskihajonnat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Koehenkilöiden ikä ja antropometria.

Ikä (a)	Paino (kg)	Pituus (m)	Rasva (%)	BMI
20 ± 1	74.5 ± 7.9	1.79 ± 0.07	12.3 ± 1.7	23.4 ± 1.5

Koehenkilöiden fyysinen suorituskyky mitattiin epäsuoralla maksimihapenottokyvyn testillä Reserviupseerikoulun henkilökunnan testiasemalla. Cooperin testi suoritettiin Haminan urheilukentällä viisi viikkoa ennen harjoitusta. Mitattu suorituskyky on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina taulukossa 3.

Taulukko 3. Koehenkilöiden keskimääräinen fyysinen suorituskyky.

VO_{2max} (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	VO_{2max} (l/min⁻¹)	METs max	Cooper (m)
55.9 ± 3.8	4.1 ± 0.4	16.0 ± 1.1	3094 ± 97

Koehenkilöistä neljä ilmoitti tupakoivansa sekä käyttävänsä nuuskaa. Kuusi koehenkilöä ilmoitti käyttävänsä yli viisi annosta alkoholia viikossa (1 annos = 4 cl väkeviä). Kaikki koehenkilöt harrastivat jonkin verran liikuntaa. Kuusi koehenkilöä ilmoitti liikkuvansa ripeästi ja reippaasti ainakin neljä kertaa viikossa ja loput neljä henkilöä kolme kertaa viikossa.

5.3. Koeasetelma

Tutkimus on luonteeltaan kokeellinen. Kokeellisessa tutkimuksessa mitataan yhden käsiteltävän muuttujan vaikutuksia toiseen muuttujaan. Tässä tutkimuksessa tämä syy seuraus suhde on tarkastelussa fyysisen aktiivisuuden ja sen vasteiden osalta. Tulokset ja niiden analysointi on toteutettu kvantitatiivisin menetelmin. Keskeisiä ovat aiemmista tutkimuksista saatujen johtopäätöksien ja aiempien teorioiden esittäminen. Teoriapohjana on kuormitusfysiologia ja sotilaan toimintakyvyn käsite. Tutkimuksessa esitetään ja testataan myös tutkimusongelmiin liittyviä hypoteeseja. Hypoteesien asettamisen tarkoituksena ovat niiden testaamisen lisäksi tutkimuksen suuntaaminen oikeille raiteille (Metsämuuronen 2005, 49). Fysiologian ja tiedustelun osalta tässä raportissa määritellään useita käsitteitä. Se on pyritty kohdistamaan lukemisen helpottamiseksi kohtaan, jossa käsite esiintyy ensimmäisen kerran. Fyysiseen toimintaan (physical activity) liittyvissä tutkimuksissa tutkimusmenetelmät ovat usein luonteeltaan kokeellisiin tutkimuksiin liittyviä. Tutkimuksiin liittyvät metodologiset valinnat ovat pääasiassa koeasetelmaan liittyviä tekijöitä. Fyysisen toiminnan tutkimusmenetelmän avaamisen keskeisiä elementtejä ovat tutkimukseen osallistuvien (perusjoukko ja otos), mittalaitteiden ja välineiden, menettelytapojen, sekä suunnittelun ja analysoinnin kuvaaminen. (Thomas & Nelson 2001, 61-67) Tutkimukseen kuului myös fyysisen suorituskyvyn ja antropometrian alkumittaukset, alustavat kyselyt ja pilottitesti sekä varsinaiset mittaukset partiotiedusteluharjoituksessa.

5.3.1. Testiasemamittaukset

Testiasemamittauksilla määritettiin testihenkilöiden aerobinen suorituskyky. Testi suoritettiin Reserviupseerikoulun testiasemalla. Testaajina toimivat testaajan pätevyyden omaavat henkilöt. Testausmenetelmänä käytettiin epäsuoraa maksimihapenottokyvyn testiä, joka on validoitu vuoden 2003 reserviläistutkimusta varten. Validointitutkimuksen perusteella voidaan todeta, että suoran maksimitestin ja submaksimaalisen Milfit -testimenetelmän välinen korrelaatio oli 0.94 verrattaessa suhteellisia ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) tuloksia ja 0.90 verrattaessa absoluuttisia ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$) tuloksia. (Suihkonen 2005, 58)

Maksimaalisen hapenkulutustesti mittaa sydämen ja verenkiertojärjestelmän, keuhkojen, työskentelevien lihasten ja niitä huoltavien järjestelmien toiminnan tehokkuutta. Maksimaalisen hapenkulutuksen testi eli VO_{2max} testi on yksittäisistä testeistä eniten elimistön koko suorituskyvystä kertova testi. Edellä mainittu validointi on suoritettu submaksimaalisella testillä, mutta tässä tutkimuksessa luotettavuutta pyritään parantamaan suorittamalla testi maksimaalisena eli täydelliseen uupumiseen asti. Polkupyöräergometritestissä tämä täydellinen uupuminen katsotaan tapahtuneeksi, kun testattava ei jaksa ylläpitää vaadittua poljentakierrosnopeutta. Ohjelmiston ohjeiden mukaisesti nopeus on 55–90 kierrosta minuutissa (rpm). Poljinkierrosnopeus pyritään pitämään vakiona koko testin ajan. Tässä testissä tämä vaadittu poljinkierrosnopeus oli 60 kierrosta minuutissa. Testiprotokolla on puolustusvoimien testaajan käsikirjan mukainen. Protokollan pääkohdat ovat aloitustietojen ottaminen, laiteasetusten määrittäminen, testin suorittaminen ja päättyminen, sekä testin analysointi. (PEkoul-os. 2006; FitWare Oy 2005; FitWare Oy 2004)

Testiasemamittausten yhteydessä mitattiin myös paino, pituus ja rasvaprosentti. Painon mittaustuksessa käytettiin samaa henkilövaakaa kuin harjoituksen aikanakin. Pituus mitattiin testiasemalla yhden senttimetrin tarkkuudella. Rasvaprosentti määritettiin ihopoimimittauksella Durnin ja Womersleyn (1974) menetelmällä, joka on yleisesti Suomessa ja muualla Euroopassa käytetty menetelmä. Menetelmä perustuu neljän ihopoimun mittaukseen. Mittauspaikat ovat triceps -, biceps -, lavanalus – ja suoliluun harjanteen ihopoimut. Mittaus tehtiin jokaisen ihopoimun osalta kolme kertaa, joista otettiin keskiarvo. Mittaus suoritettiin Kuntotestauksen käsikirjassa esitetyllä tavalla (Keskinen, Häkkinen & Kallinen 2004, 48–50).

5.3.2. Harjoituksen kuvaus

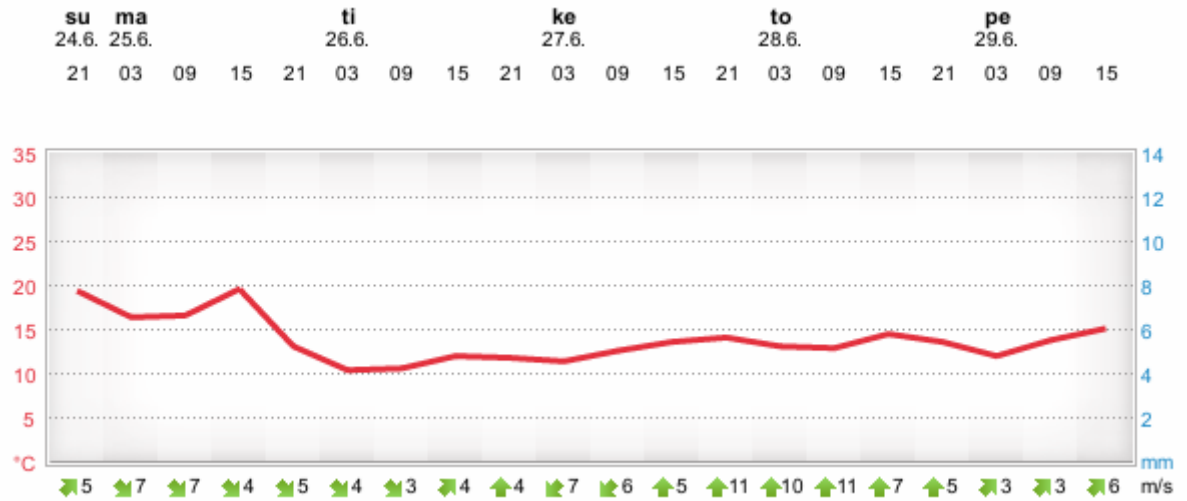
Kenttämittaukset toteutettiin Reserviupseerikoulun reserviupseerikurssin 230 yhteistoimintaharjoitus 3:ssa (YTH3) 26.–29.6.2007. Kyseisessä harjoituksessa tutkimuksen kohdejoukko harjoitteli jääkäripataljoonan hyökkäyksen tiedustelua. Harjoitusvuorokausia oli neljä, mutta ajallinen kesto testiryhmän osalta oli lähempänä kolmea vuorokautta (72 h). Harjoitus voidaan katsoa testiryhmän osalta käynnistyneeksi 26.6. klo 08.00 otetuista verikokeista ja päättyneen 29.6. klo 08.00 verikokeiden ottoon. Koehenkilöiden muodostama tiedusteluryhmä toimi tiedustelujoukkueen johtajan alaisena. Joukkueen johtaja sai käskyn tiedustelusta vuorokausittain pataljoonan komentajalta. Tehtävän valmistelut ja käskytykset suoritettiin tiedustelujoukku-

een johtamispaikalla. Johtamispaikka perustettiin vuorokausittain uudelle paikalle pataljoonan komentopaikan läheisyyteen. Käskyn perusteella joukkueenjohtaja laati toimintasuunnitelman. Tiedusteluryhmät saivat ensin esikäskyn tehtävästä, jonka perusteella käynnistettiin tehtävän valmistelut. Heti toimintasuunnitelman valmistuttua joukkueenjohtaja antoi tiedusteluryhmille käskyn tehtävästä, jonka jälkeen ryhmät siirtyivät tehtävään suoraan jalan tai ajoneuvolla jalkautumisalueen kautta. Tästä tehtävänantoketjusta ja kellonaikaan sidotuista verikokeista johtuen ensimmäisen ja viimeisen vuorokauden tehtävät jäivät kestoltaan normaalia lyhyemmiksi. Ensimmäisenä vuorokautena tiedustelutehtävä kesti noin 8 tuntia, toisena vuorokautena noin 15½ tuntia ja kolmantena noin 9 tuntia. Keskimäinen tehtävä oli tältä osin kaikista rasittavin. Tiedustelutehtävien lisäksi koehenkilöt suorittivat normaaleja sotilaan tehtäviä, kuten vartiointia, varusteiden huoltoa ja valmistelua sekä muuta tehtävään valmistautumiseen liittyvää.

*Taulukko 4. Tiedustelutehtävien kuvaus. *tutkijan havaintoihin ja ryhmänjohtajan karttareittiin perustuva*

	Aika (h:min)	Kuljettu matka (km)	Kokonaisnousu (m)	Korkeusero (m)
1. Tehtävä	8:00*	7.5*	63	28
2. Tehtävä	15:25	10.7	377	41
3. Tehtävä	9:05	7.3	182	34
KA	10:50	8.5	207	34

Sääolosuhteiden osalta Suomen kesä osoitti monimuotoisuutensa. Ensimmäinen vuorokausi ja etenkin yö olivat sateisia ja olosuhteet märät. Keskilämpötila koko harjoituksen osalta oli noin 13 °C. Harjoituksen loppua kohden säätila poutaantui ja hiukan lämpeni. Tämä voidaan todeta ilmanpaineen kohoamisesta 986–993 millibaariin ja lämpötilan muutoksista kuvassa 7. Ilmanpaine on mitattu FRWD laitteella tehtävän aikana ja lämpötila Forecan havaintoasemalla Kotkassa. Sademääriä ei tarkemmin rekisteröity.



Kuva 7. Harjoituksen lämpötila (harjoitusalueen ja mittauspisteen välinen etäisyys noin 30 km). (www.foreca.fi. 29.6.2007)

Kuvassa 8 on tiedustelija varusteineen harjoituksen toisena päivänä ensimmäisen tehtävän jälkeen. Kantolaitteena kyseisellä tiedustelijalla on Karrimor[®] -merkkinen rosnarinkka. Huomaa taistelijan aseensa ja lakin naamiointi. Kasvojen iholta naamioväri on kulunut lähestulkoon kokonaan pois. Taistelijoiden varustus punnittiin kasarmilla ennen harjoitusalueelle siirtymistä. Heidän kokonaispainonsa tiedusteluvarustuksessa oli keskimäärin 102.8 ± 11.7 kg. Harjoituksen alussa tiedustelijoiden varustus painoi vaatteet mukaan lukien keskimäärin 29.0 ± 6.5 kg, joka on keskimäärin 39 % heidän kehon painostaan. Painavin varustus oli 42.4 kg (radisti) ja kevyin 21.6 kg. Toiseksi painavin varustus oli tiedustelijalla, joka valitsi kantolaitteekseen Savotta[®] LJK -rinkan, jossa on muista käytetyistä kantolaitteista (reppu m85 ja Karrimor[®]) poiketen alumiininen putkikehikko.



Kuva 8. Tiedusteluvarustus.

Tiedustelijoiden varustukseen sisältyi rynnäkkökiväärin paukkupatruunoita noin yksi tulianos (3 lipasta = 90 patruunaa). Vettä jokaisella tiedustelijalla oli oman harkinnan mukaan yhden vuorokauden tarpeisiin. Vesitäydennys oli odotettavissa seuraavaan tehtävään lähdettäessä noin vuorokauden kuluttua.



Kuva 9. Hidasta etenemistä vaikeassa maastossa. Tiedusteluryhmä on etenemässä kolmannen harjoituspäivän jo hämärtyessä.

Harjoitustapahtumaa pyrittiin kontrolloimaan siten, että se vastasi rasittavuudeltaan normaalia partiotiedusteluharjoitusta. Kontrolloinnista vastasi tiedusteluryhmän mukana kulkenut peruskoulutettu kouluttaja, sekä tiedusteluryhmän johtaja. Mittauksiin liittyvät seikat pyrittiin aina vakioimaan ja toteuttamaan myös jatkossa toistettavalla tavalla siltä osin kuin se oli mahdollista. Tällä pyrittiin parantamaan tutkimuksen reliabiliteettia ja validiutta. Muutoin kenttämittausten osalta reliabiliutta oli vaikea lähestyä, johtuen harjoituksen luonteesta. Mikään tämänkaltainen harjoitus ei toistu aivan samanlaisena, vaikka sitä yritettäisiinkin toistaa. Harjoituksessa voi osittaisesta kontrolloinnista huolimatta sattua lisäksi jotakin ennalta arvaamatonta. Tässäkin harjoituksessa ennalta arvaamattomia tapahtumia olivat mm. tiedusteluryhmän jäsenten eksymiset ja vangiksi jäämiset. Lisäksi sääolosuhteet ja maasto muuttivat harjoituksen kuormittavuutta ennalta arvaamattomalla tavalla. Vaikka tehtävässä kuljetut matkat eivät olleetkaan kovin pitkiä, oli maasto paikoitellen sitäkin haastavampaa niin kuin kuvasta 8. voidaan nähdä. Haastetta lisää tiedustelutoiminnan luonne ja toiminta osittain pimeään vuorokaudenaikaan.

5.3.3. Harjoituksessa tehdyt kenttämittaukset

Tiedusteluryhmä koottiin vuorokausittain tapahtuvaa mittausta varten tutkijan ja ryhmän mukana olevan kouluttajan yhteistoiminnassa sovittuun pisteeseen (Y-piste) aamulla klo 07.00, josta se kuljetettiin ajoneuvoilla terveysasemalle. Siellä ryhmältä otettiin tarvittavat verinäytteet. Samalla kasarmiolosuhteissa testihenkilöiden syketiedot purettiin tietokoneelle, suoritettiin POMS -kysely ja punnitukset, sekä kirjattiin kulutetun nesteen ja ravinnon määrä ravintopäiväkirjaan. Ravintopäiväkirjat täytettiin ohjatusti ja kerättiin talteen vuorokausittain. Lisäksi koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan levon ja unen määrää edeltävän vuorokauden mittaisen jakson aikana (klo 08.00–08.00). Mittaus- ja kyselytoimenpiteiden jälkeen ryhmä kuljetettiin välittömästi ajoneuvolla harjoitusalueelle valmistautumaan tulevaan tiedustelutehtävään. Alun perin verikokeet ja muut kenttämittaukset oli tarkoitus tehdä kenttäsidontapaikalla maastossa. Olosuhteet osoittautuivat kuitenkin niin haastaviksi, että mittaukset toteutettiin niin kuin edellä on esitetty.

Verinäytteet otettiin ennen harjoitusta (0.päivä) sekä harjoituksen jokaisena päivänä samaan vuorokaudenaikaan aamulla klo 08.00–09.30. Jokaiselta testihenkilöltä otettiin päivittäin yksi verikoe, josta saatu veri käsiteltiin ja jaettiin eri näytteiden edellyttämällä tavalla. Verinäytteet otti koulutuksen saanut kenttäsaaraanhoitaja tai sairaanhoitaja. Näytteet otettiin istuvassa tai puoli-istuvassa asennossa kyynärtaipeen laskimosta. Näyte otettiin vuoropäivin eri käsivarresta. Kaikki otetut näytteet käsiteltiin välittömästi verikokeen ottamisen jälkeen. Pieni verenkuvamäärätettiin välittömästi verikokeen oton jälkeen. Hormonien analysointia varten otetut näytteet siirrettiin jääkaappiin ja lähetettiin laboratorioon klo 13.00. Näytteet kuljetettiin Yhtyneiden Laboratorioiden antamien ohjeiden mukaan huoneenlämpöisenä. Jokaista analysoitavaa hormonia varten otettiin ≥ 1 ml seerumia. Hormonit määrätettiin Helsingissä Yhtyneet Laboratoriot Oy:ssä.

Testihenkilöt punnittiin päivittäin verikokeiden oton yhteydessä. Punnitus tapahtui samaan vuorokaudenaikaan aamulla 8.00–9.30. Varusteiden paino mitattiin harjoituksen alussa, mutta harjoituksen kestäessä sitä ei seurattu. Harjoituksen aikana testihenkilöillä oli jatkuva syke-seuranta, joka keskeytyi ainoastaan verikokeiden ottamisen ja sykepannan tietojen purkamisen ajaksi. Edellä mainitut tapahtuivat samanaikaisesti. Kaikki kenttämittauksissa käytetyt keskeiset laitteet ja mittausmenetelmät, pois lukien verikokeet testattiin pilottitestissä ennen varsinaisia mittauksia. Pilottitestillä pyrittiin välttämään niitä karikoita, joita eri menetelmien käyttö kenttäolosuhteissa aiheuttaa. Pilottitesti on erittäin tärkeä osa koko tutkimusta ja kaikki

käytetyt menetelmät on pyrittävä ennalta mahdollisimman huolellisesti testaamaan (Thomas & Nelson 2001, 67-70). Tässäkin tutkimuksessa pilottitestit osoittivat tarpeellisuutensa mm. laitteiston käytön hallitsemiseksi.

5.4. Mittalaitteet ja välineet

Mittalaitteina epäsuorassa maksimihapenottokyvyn testissä käytettiin puolustusvoimien testiasemilla yleisesti käytettävää sähköjarrutteista, määrääjain kalibroitavaa Ergometrics er800S (Ergoline, Bitz, Saksa) polkupyöraergometriä, siihen liittyvää sykevastaanotinta sekä Polar koodaamatonta sykepantaa (Polar Electro Oy, Kempele). Mittauksen tulokset on analysoitu Milfit4 -ohjelmistolla. Milfit-sovellus on FitWare Oy:n (Mikkeli) puolustusvoimille toimittama testausjärjestelmä. Testissä käytetyt polkupyöraergometrit (2 kpl) oli kalibroitu ennen testiä (Fysioline Service Oy, Tampere). Rasvaprosentti mitattiin Holtain Ltd (Crymych, U.K) ihopoimiumittarilla.

Harjoituksen aikaisten syketietojen tallentamiseen käytettiin Suunto Smart Belt sykepantaa (Suunto, Helsinki). Smart Belt on langaton ja helppokäyttöinen tallentava sykepanta. Se kykenee tallentamaan muistiin 1.000.000 sydämenlyöntiä mahdollistaen jopa viikon yhtämittaisen sykevälimittauksen. Syketiedot tallentuvat sisäänrakennettuun muistisiruun, josta ne voidaan ladata myöhemmin tietokoneelle. Mittaus käynnistyy täysin automaattisesti, kun panta asetetaan kiinni rintakehään. Jokaisen sykepannan paristo vaihdettiin kerran harjoituksen aikana - puolet ensimmäisen ja puolet toisen vuorokauden jälkeen.

Tiedusteluryhmän liikkumista tehtävän aikana mitattiin FRWD W⁶⁰⁰ (FRWD technologies, Oulu) GPS -paikannukseen perustuvalla mittalaitteella, joka mittaa mm. liikkumisnopeutta, reittiä ja kuljettua matkaa. Laite on liikuntasuorituksen eri parametrejä tallentava urheilutietokone. Tässä tutkimuksessa laitetta käytettiin kuljetun matkan, korkeuden ja liikkumisnopeuden mittaamiseen. Reittiseuranta perustuu GPS (global positioning system) paikannukseen ja korkeuden mittaus ilmanpaineen vaihteluun eri korkeuksilla. (www.frwd.fi 30.4.2007) Mittalaitte oli kiinnitettynä yhden testihenkilön lakkiin, josta saatiin luotettavin yhteys satelliitteihin peitteisessäkin maastossa (kuva 10). Yhteys satelliitteihin säilyikin hyvin ja tältä osin mittaus-tarkkuus oli kunnossa. Laitteen käyttäjä koulutettiin siten, että hän kykeni käynnistämään mittauksen jalan tapahtuvan tiedustelutehtävän alkaessa. Liikkumisen mittaaminen varmennettiin

testiryhmän johtajan ja suunnistajan piirtämällä karttareittipiirroksella, josta mitattiin kuljettu matka. Testihenkilöt punnittiin päivittäin samalla digitaalisella henkilövävällä (Soehnle, Germany).



Kuva 10. Ryhmänjohtajan lakkiin kiinnitetty GPS-paikannin, jolla mitattiin kuljettua matkaa ja reittiä.

Veriarvojen ja hormonien analysointiin käytettiin Haminan varuskunnan terveysaseman laboratorion sekä Yhtyneiden laboratorioden mittalaitteita. Laitteisto on kuvattu kohdassa analysointimenetelmät. Laitteiston tarkkuuden huomioonottaminen on osa tutkimuksen luotettavuustarkastelua. Yhdessä mittaustapahtuman ja analysointimenetelmän luotettavuuksien kanssa on mittalaitteiden tarkkuus luotettavuustarkastelun keskeinen asia. Käytetyt mittalaitteet ovat pääasiassa lääketieteellisiin laboratoriokeisiin käytettyjä ja näin ollen varsin tarkkoja.

5.5. Analysointimenetelmät

Kuormittumista on analysoitu sykkeen perusteella Firstbeat Hyvinvointianalyysillä (Firstbeat Technologies Oy, Jyväskylä), joka on Pro ohjelmiston suomenkielinen versio. Käytetty ohjelmistoversio oli 2.1. Ohjelman antamista kuormittumisen kuvaajista ja arvoista on tässä tutkimuksessa käytetty sykevaihtelua kuvaavaa indeksiä RMSSD:tä, sykemittaukseen perustuvaa energiankulutusta, sykettä (krt/min), sykeprosenttia maksimista, hapenkulutusta, hapenkulutusprosenttia maksimista ja voimavaratasapainoa. Huomattavaa näissä tuloksissa on, että Firstbeat hyvinvointianalyysiä ei ole kokonaisuudessaan vielä validoitu. Analyysin perusteista on julkaistu ns. white paper -raportteja (www.firstbeattechnologies.com 17.4.07). Ohjelmiston tuotekehityksen rinnalla on tehty tutkimusprojektia ”Virtuaalinen terveysagentti: Perusmekanismien fysiologisen mallintamisen tausta” (mm. Pulkkinen 2003). Sykemittauksilla selvitetiin ensisijaisesti hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormitusta. Laskentaparametreina ohjelmistossa käytettiin henkilöiden lepo- ja maksimisykettä, maksimihapenottookykyä ja kehon painoa. Leposyke mitattiin Smart Belt sykepannalla pilottitestissä ja harjoitusta edeltävänä vuorokautena. Maksimisyke saatiin polkupyöräergometritestin korkeimmasta sykkeestä.

Firstbeat ohjelmiston antama energiankulutus perustuu sydämen lyönti-lyönniltä mitattuun sykedataan (beat-by-beat heart rate data). Sen on tutkittu olevan tarkempi kuin pelkkään sydämen syketasoon perustuvat mittaukset. Sykkeeseen perustuvien mittausten etu muihin yleisesti käytettyihin energiankulutuksen tutkimusmetodeihin, kuten kaksoisleimatun veden menetelmään ja hengityskaasuanalysointiin, on mittauksen helppous, kalibroinnin tarpeettomuus ja käytettävyys kaikissa olosuhteissa. Energiankulutuksen laskentamalli on rakennettu käyttäen hermoverkko mallittamista (Saalasti 2003). Mittauksen virhemarginaali on 7–10 %. Kokonaisenergiankulutuksen laskenta tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan hapenkulutus, jonka jälkeen energiankulutus saadaan perustuen tietoon hapenkulutuksesta ja laskennallisista aineenvaihduntatapahtumista. (Firstbeat Technologies Ltd. 2007a)

Hapenkulutuksen laskenta Firstbeat ohjelmistossa perustuu mittaukseen sydämen sykkeestä (HR), lyönti-lyönniltä mitatuista peräkkäisistä sydämenlyönneistä saatuun hengitystiheyteen (Saalasti 2003; Saalasti ym. 2002) ja sykemittauksesta saatuun on/off response informaatioon. Laskentamalli on rakennettu käyttäen hermoverkko mallittamista (Saalasti 2003). Hengitystiheyttä on käytetty arvioinnissa, koska se korreloi hyvin hapenkulutukseen (Pulkkinen ym. 2003) ja sillä kyetään erottamaan aineenvaihdunnalliset ja ei-aineenvaihdunnalliset muutokset (esim. psyykinen stressi) syketiedoissa. Käytettäessä hengitystiheyttä ja on/off response in-

formaatiota, parani mittaustarkkuus 48 % verrattaessa pelkkään sykemittaukseen. Menetelmän käytössä on tiettyjä rajoituksia. Se ei sovellu maksimaalisen hapenkulutuksen eikä anaerobisen energiantuoton mittaamiseen. Koehenkilöiden taustatietojen, kuten maksimisykkeen ja maksimaalisen hapenottokyvyn asettaminen ja niiden tarkkuus parantaa laskennan tarkkuutta. (Firstbeat Technologies Ltd. 2007b)

Firstbeat stressinhallintaraportista huomioitiin voimavaratasapaino ja palautumisajan osuus. Voimavaratasapaino kuvaa palautumisen ja stressin suhdetta mittausjakson aikana. Voimavarat muodostuvat kyvystä reagoida sisäisiin ja ulkoisiin stressitekijöihin. Elimistön voimavarat lisääntyvät palautumisen aikana ja kuluvat pitkällisten tai toistuvien stressireaktioiden seurauksena. (www.firstbeattechnologies.com 12.01.2008) Stressin ja palautumisen analysointi perustuu sympaattis- vagoalisen säätelyn aktiivisuuden muutoksiin. Laskentaan käytettiin absoluuttisia stressi- ja relaksaatiovektoreita, jotka heijastavat autonomisen hermoston toimintaa. Vektorit laskettiin sykkeestä ja sykevariaatiomuuttujista. Absoluuttinen stressivektori (ASV) heijastaa pääasiassa sympaattisen hermoston ja absoluuttinen relaksaatiovektori (ARV) taas parasympaattisen hermoston toimintaa. (Heinonen 2007; Myllymäki 2006; Pulkkinen 2003)

Nautitun nesteen ja energian määrät laskettiin keskiarvona ja keskihajontana vuorokauden mittaista ajanjaksoa kohden. Vuorokauden energiankulutus on saatu laskettua lisäämällä mittausjaksoon vuorokauden mittauksesta puuttuvan ajan energiankulutus koehenkilöiden kyseisen vuorokauden keskiarvon mukaan. Ravinnon energiamäärä ja ravintosisältö laskettiin valmistajien tuotepakkauksissa ilmoittamien arvojen mukaan. Nautitun ruoan ravintoainesisällön prosentuaaliset osuudet kokonaisenergiansaannista (E%) on laskettu Atwaterin yleisillä kertoimilla (Atwater general factors), joissa proteiini ja hiilihydraatti sisältävät 4 kcal/g ja rasva 9 kcal/g energiaa. Laskennat suoritettiin Microsoft © Excel 2002 SP3- ohjelmistolla.

Verikokeista saaduilla hormoneilla pyrittiin selvittämään kuormituksen hormonaalisia vasteita. Veren seerumista analysoitiin testosteroni, kortisoli, kasvuhormoni, vapaa tyroksiini sekä hormonin kuljettajaproteiinina toimiva sukupuolihormonia sitova globuliini (SHBG). Kreaatinikinaasilla (CK) pyrittiin selvittämään mahdollisten lihasvaurioiden muodostumista. SHBG määritettiin vapaan testosteronin selvittämiseksi. Vapaa testosteroni laskettiin Andersonin kaavalla: vapaa testosteroni (pmol/l) = testosteroni (nmol/l) x {2.28 – 1.38} x log [SHBG (nmol/l) x 0.1] x 10 (Stenman 2000, 30; Turun yliopistollisen keskussairaalan laboratorio 2007).

Pieni verenkuvaa analysoitiin Celltac MEK-6318K (NIHON KOHDEN, Tokio) laitteella, joka on moniparametrinen hematologinen analysaattori. Laite mittaa solujen määrän ja kokojakauman tilavuutta kohden perustuen vastusmittausmenetelmään. Punasolujen määrän mittaamiseen käytettiin induktaasimenetelmää. Hemoglobiinin määrittämiseen käytettiin kolorimetristä menetelmää (aallonpituus 540 ftonia). Hematokriitin määrittämiseen käytettiin pulsijonomenetelmää. Veren tilavuus (BV), punasolujen tilavuus (CV) ja plasmatilavuus (PV) sekä niiden prosentuaaliset muutokset saadaan laskettua seuraavien kaavojen kautta. Oletuksena pidetään, että ensimmäisen mittauksen verentilavuus (BV) on 100. Alaindeksit kuvaavat arvoja ennen (B) ja jälkeen (A) nestevajauksen. (Dill & Costill 1974)

$$\begin{aligned} BV_A &= BV_B \cdot (Hb_B/Hb_A) & \rightarrow & \Delta BV(\%) = 100 \cdot (BV_A - BV_B) / BV_B \\ CV_A &= BV_A \cdot Hkr_A & \rightarrow & \Delta CV(\%) = 100 \cdot (CV_A - CV_B) / CV_B \\ PV_A &= BV_A - CV_A & \rightarrow & \Delta PV(\%) = 100 \cdot (PV_A - PV_B) / PV_B \end{aligned}$$

Testosteroni, kortisoli ja vapaa tyroksiini analysoitiin immuno-elektrokemiluminesenssi (ECLIA) menetelmällä (Modular E170, Roche Diagnostics, Mannheim, Germany). Kortisolinäytteen seerumi erotettiin soluista välittömästi verikokeiden ottamisen jälkeen. Kasvu-hormoni analysoitiin aikaerotteisella fluorometrialla (TR-FIA) (Immulite 2000, Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, USA). Seerumi erottiin soluista välittömästi verikokeiden oton jälkeen ja jaettiin kahteen muoviputkeen. Sukupuolihormoneja sitova globuliini (SHBG) määritettiin immunoluminometrisellä menetelmällä (Modular E170, Roche Diagnostics, Mannheim, Germany). Kretiinikinaasin (CK) määrittämiseen käytettiin fotometristä, IFCC:n suosituksen mukaista menetelmää (P800, Roche Diagnostics, Mannheim, Germany).

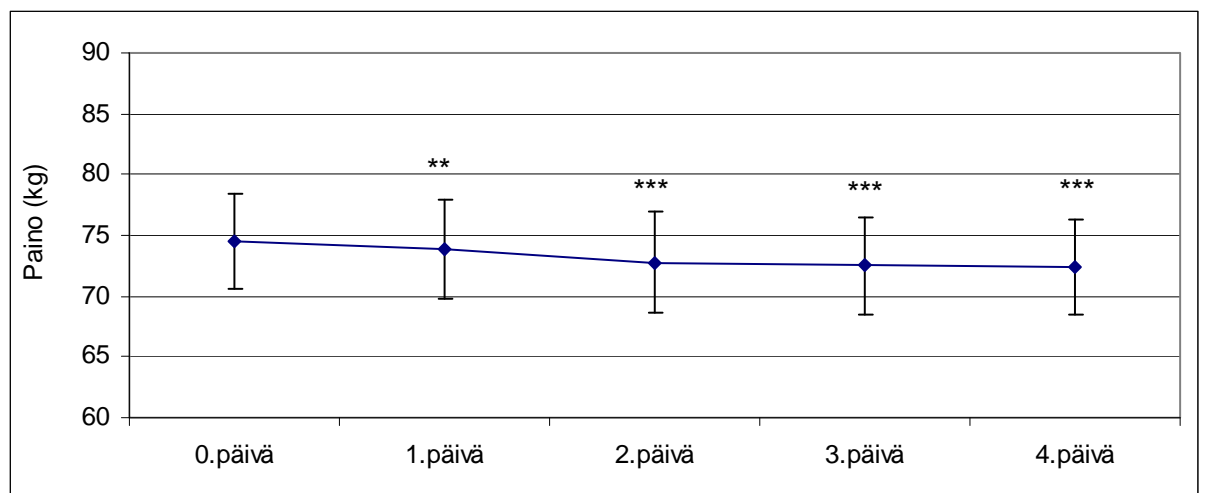
Taulukointi, laskut ja tilastolliset analyysit on suoritettu Microsoft © Excel 2002 SP3- ohjelmistolla. Mittausten väliseen vertailuun käytettiin toistomittausten ANOVAA (ANalysis Of VAriance), joka perustuu toistettujen mittausten varianssianalyysiin (Nummenmaa 2006, 173-174). Kaikki testit tehtiin kaksisuuntaisesti ja analyyseissa käytettiin standardi merkitsevyys kriteeriä ($\alpha=0.05$). Tulokset on esitetty keskiarvoina ja keskihajontoina. Tilastollisen merkitsevyyden kuvaamiseen on käytetty tähtisymboleita seuraavalla tavalla:

- lähes merkitsevä: * $0.01 < p \leq 0.05$
- merkitsevä: ** $0.001 < p \leq 0.01$
- erittäin merkitsevä: *** $p \leq 0.001$

6. TULOKSET

6.1. Kehon koostumus

Sotilaiden keskipaino ennen harjoitukseen lähtöä oli 74.5 ± 7.9 kg. Harjoituksen päätteeksi heidän keskipainonsa oli 72.3 ± 7.8 kg. Sotilaiden keskipaino oli näin ollen vähentynyt 2.2 ± 0.8 kg eli 2.9 ± 1.0 %.



Kuva 11. Sotilaiden keskimääräisen painon lasku partiotiedusteluharjoituksen aikana.

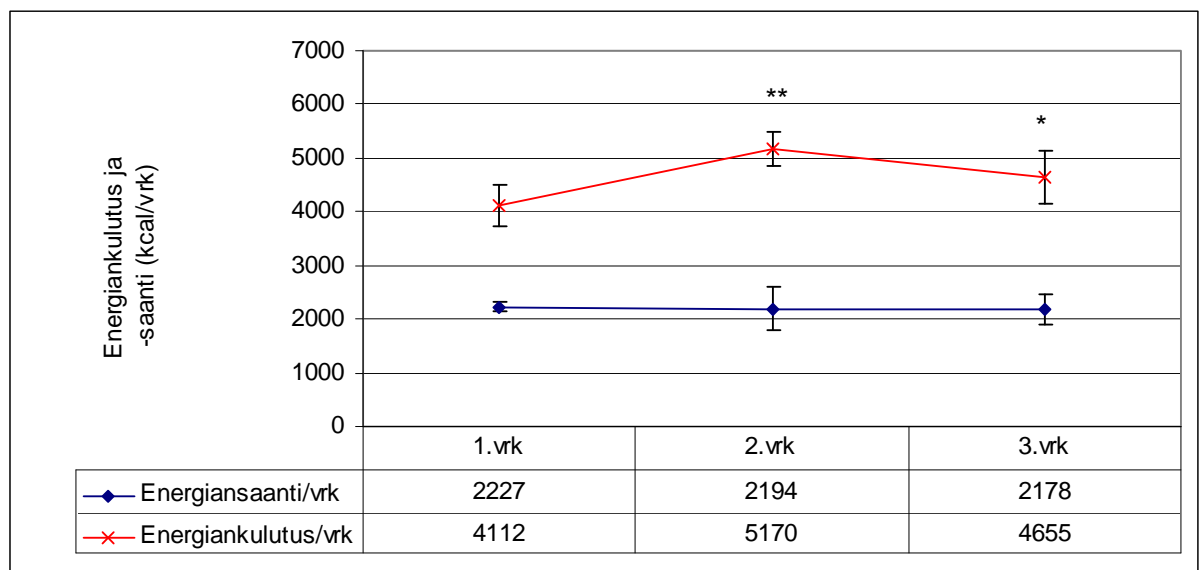
Koehenkilöiden painon lasku oli merkittävin toisen harjoituspäivän mittauksessa, jolloin paino oli laskenut 1.8 ± 1.0 kg ($p < 0.001$). Tämän jälkeen paino laski melko tasaisesti harjoituksen loppuun asti. Painon muutos harjoitusta edeltävään päivään (0.päivä) verrattuna oli merkitsevää ($p < 0.01$, 1.päivä) tai erittäin merkitsevää ($p < 0.001$, 2.-4.päivä). Harjoituksen käynnistyttyä yhdenkään koehenkilön kehon paino ei lisääntynyt päivittäisissä mittauksissa.

6.2. Energia- ja nestetasapaino

Perusaineenvaihdunnan (PAV) osalta sotilaiden keskimääräinen energiankulutus partiotiedusteluharjoituksessa saatiin laskettua rasvattoman painon (64.8 ± 6.7 kg) perusteella. Tulos oli seuraava:

$$\text{PAV (kcal/vrk)} = 370 + (21.6 \times 64.8) + 10 \% (\text{valvominen}) = 1947 \pm 160 \text{ kcal}$$

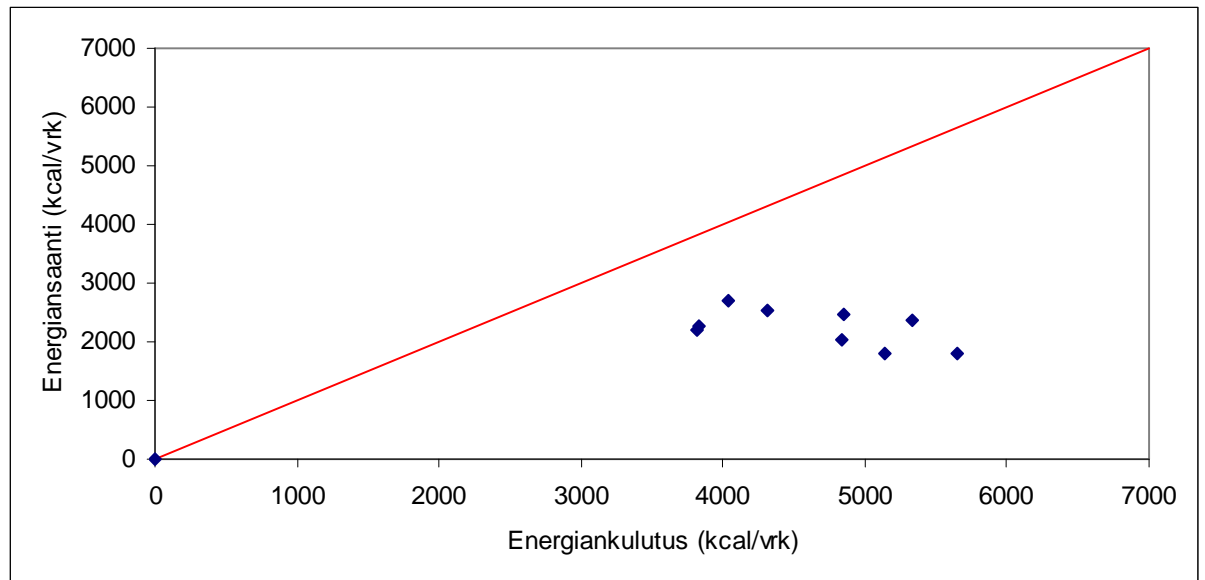
Koehenkilöiden keskimääräinen energiankulutus harjoituksen aikana oli 4646 ± 674 kcal/vrk. Fyysisesti aktiivisin vaihe oli harjoituksen toinen vuorokausi (27.6. klo 08.00 – 28.6. klo 08.00), jolloin keskimääräinen energiankulutus oli 5170 ± 603 kcal. Muutos ensimmäiseen vuorokauteen verrattuna (pienin energiankulutus jaksossa) oli toisena vuorokautena merkitsevä ($p < 0.01$) ja kolmantena vuorokautena lähes merkitsevä ($p < 0.05$). Alhaisimmillaan energiankulutus oli harjoituksen ensimmäisenä vuorokautena (26.6. klo 08.00 – 27.6. klo 08.00), jolloin se oli 4112 ± 773 kcal.



Kuva 12. Sotilaiden keskimääräinen energiansaanti ja -kulutus harjoituksen aikana.

Koehenkilöiden keskimääräinen energiansaanti harjoituksen aikana oli 2200 ± 326 kcal. Energiansaanti säilyi melko tasaisena kaikkina harjoitusvuorokausina. Yksilöllisiä eroja oli paljon toisena harjoitusvuorokautena jolloin keskihajonta oli ± 818 kcal. Sotilaiden keskimääräinen energiansaanti ja -kulutus on esitetty kuvassa 12.

Kuvasta 13 voidaan havaita sotilaiden negatiivinen energiatasapaino harjoituksen aikana. Keskimääräinen energiavaje harjoituksen aikana oli 2405 ± 890 kcal. Suurimmillaan energiavaje oli harjoituksen toisena vuorokautena, joka oli energiankulutuksellisesti rasittavin. Energiankulutus ei näyttänyt lisäävän sotilaiden nauttiman energian määrää.

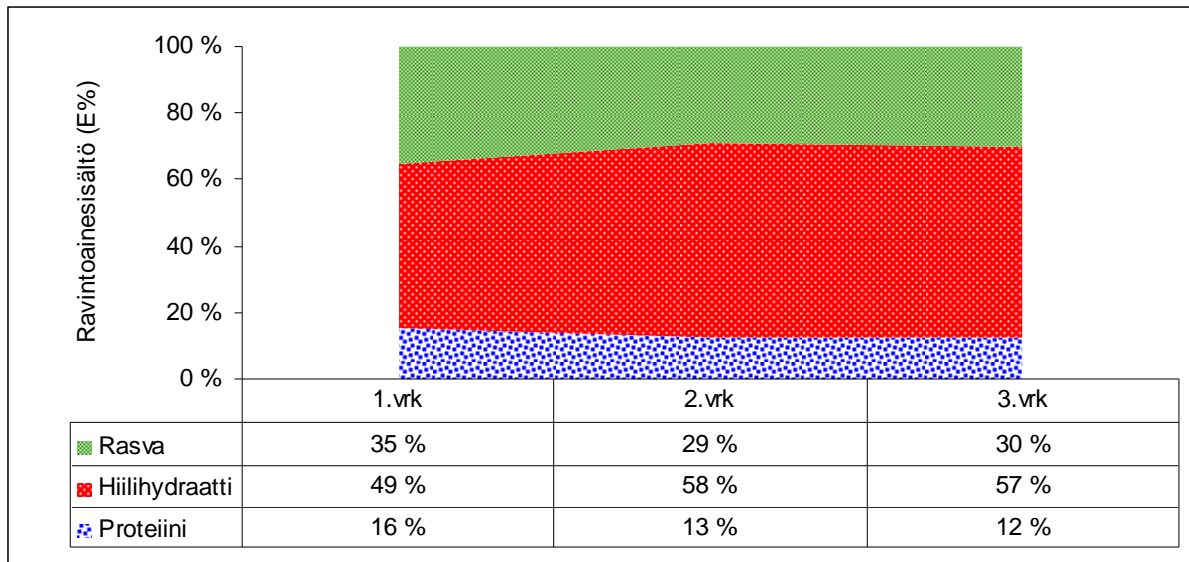


Kuva 13. Energiansaannin ja energiankulutuksen välinen yhteys 72 tuntia kestäneen partiotiedusteluharjoituksen aikana. Piirretty linja osoittaa energiansaannin ja -kulutuksen tasapainotilaa.

Energiansaanti ja -kulutus on laskettu vuorokauden (24 h) mittaisina jaksoina, jotka olivat:

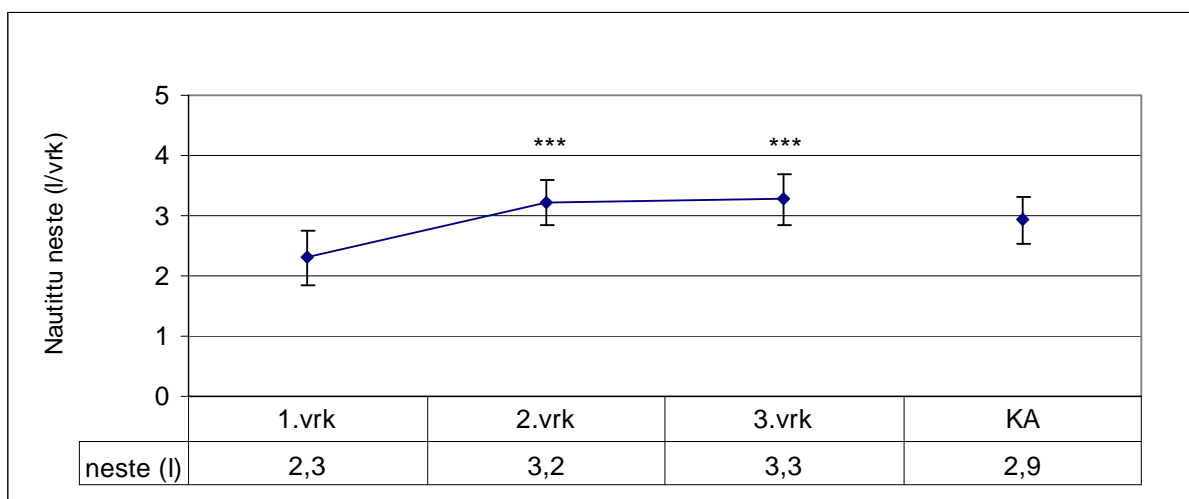
- 1.vrk 26.6. klo 08.00 – 27.6. klo 08.00
- 2.vrk 27.6. klo 08.00 – 28.6. klo 08.00
- 3.vrk 28.6. klo 08.00 – 29.6. klo 08.00

Sotilaat nauttivat taistelumuonia, joista koostetun ruoan ravintoaineiden sisältö kokonaisenergiansaannista oli koko harjoituksen aikana keskimäärin seuraava: proteiinit 13 %, hiilihydraatit 55 % ja rasvat 32 %. Ravinnon hiilihydraattisisältö kohosi ensimmäisen vuorokauden jälkeen yli yhdeksän prosenttiyksikköä. Muutos tapahtui ensisijaisesti rasvojen kustannuksella. Ravinnon rasvasisältö laski kuusi ja proteiinisältö kolme prosenttia. Kolmantena vuorokautena ravintoainesisältö pysyi lähellä toisen vuorokauden osuuksia. Hiilihydraattisisältö pysyi edelleen kohtuullisen korkealla. Rasvan osuus hieman nousi ja proteiinien osuus laski. (kuva 14)



Kuva 14. Harjoituksessa nautitun muonan ravintoainesisältö (E%) vuorokausittain.

Sotilaat nauttivat nestettä harjoituksen aikana keskimäärin 2.9 ± 0.8 litraa vuorokaudessa. Tähän määrään on laskettu kaikki juotu ja ruoan valmistuksessa käytetty neste. Muita nesteitä, kuten astioiden pesuun mahdollisesti käytettyä vettä ei ole laskettu tähän määrään. Yksilölliset erot nesteen nauttimisessa olivat suuria eli keskimääräisenä keskihajontana ± 0.8 litraa. (kuva 15)



Kuva 15. Sotilaiden nesteen nauttiminen harjoituksen aikana.

Ensimmäisenä harjoitusvuorokautena, joka oli kuormitukseltaan kevyin, sotilaat nauttivat keskimäärin 2.3 ± 0.9 litraa nestettä. Nesteen nauttiminen lisääntyi toisena vuorokautena lähes litran ensimmäiseen vuorokauteen verrattuna ($p < 0.001$). Toisena vuorokautena nestettä nautittiin keskimäärin 3.2 ± 0.7 litraa. Kolmantena vuorokautena nesteen kulutus säilyi korkeana

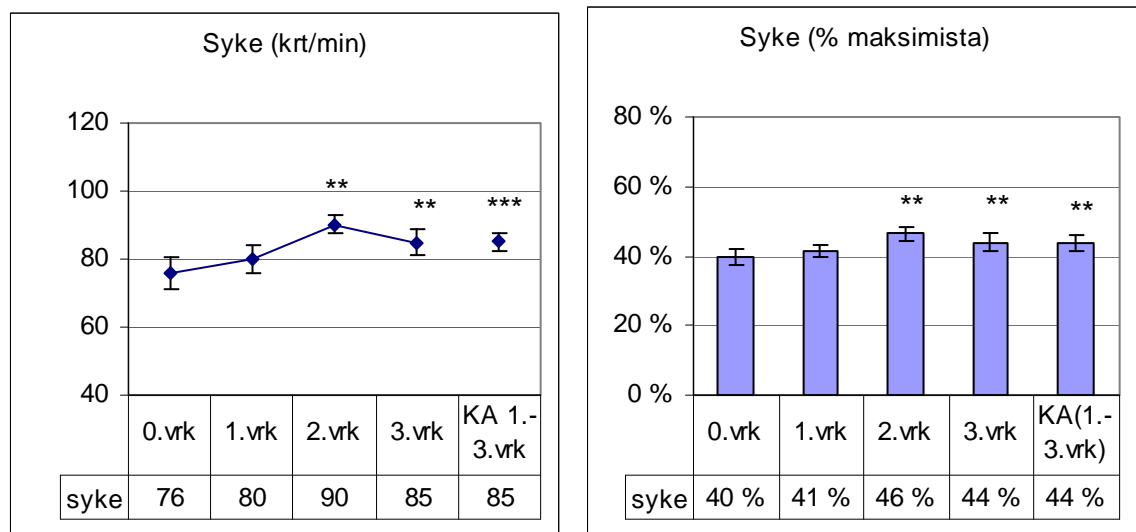
verrattuna ensimmäiseen vuorokauteen ($p < 0.001$), ollen keskimäärin 3.3 ± 0.9 litraa henkilöä kohden.

6.3. Sykeseuranta

Sykeseurannalla saatiin tietoa sotilaiden hengitys ja verenkiertoelimistön kuormituksesta harjoituksen aikana. Vertailuvuorokautena (0.vrk) käytettiin harjoitusta edeltävää vuorokautta, joka sisälsi normaalia sotilaskoulutusta (oppitunteja ja harjoituksia) sekä esteratakilpailun. Harjoituksen aikana sykeseuranta toteutettiin vajaan vuorokauden (22 – 24 h) mittaisina jaksoina. Mittaus oli keskeytettynä verikokeiden oton, kyselyiden, punnitusten ja sykepantojen tietojen purkamisen aikana. Mittausjaksot olivat seuraavat:

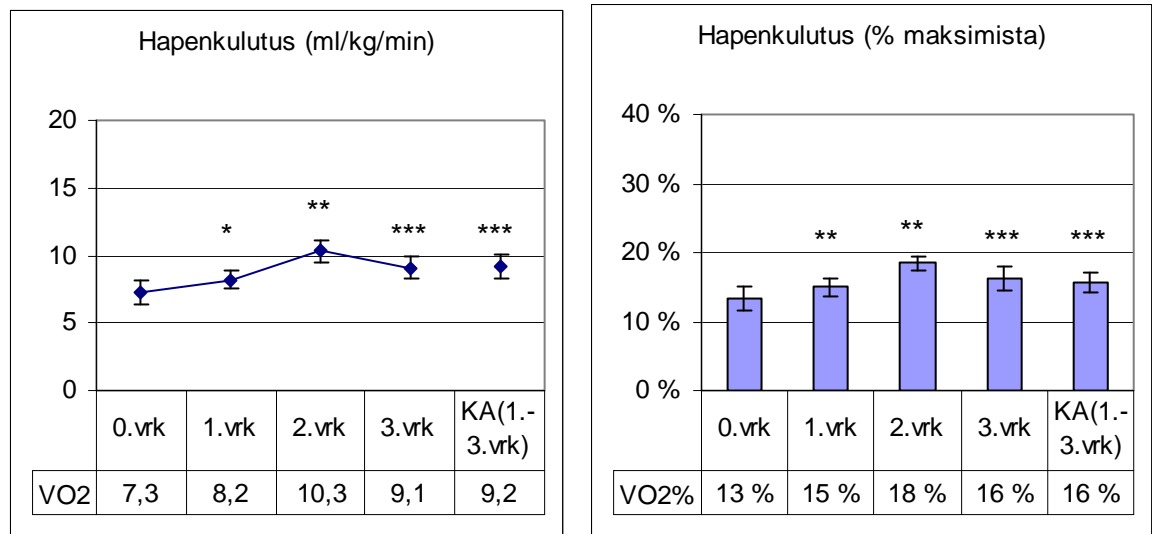
- 0.vrk 25.6. klo 08.00 – 26.6. klo 08.00
- 1.vrk 26.6. klo 08.00 – 27.6. klo 08.00
- 2.vrk 27.6. klo 08.00 – 28.6. klo 08.00
- 3.vrk 28.6. klo 08.00 – 29.6. klo 08.00

Sykemittaus antoi hyvin monta vuorokausittain vertailukelpoista parametria, joista raportoidaan vuorokauden keskiarvo syke % maksimisykkeestä, hapenkulutus % VO_{2max} , sykevariaatiota kuvaava indeksi RMSSD sekä voimavaratasapaino.



Kuva 16. Sotilaiden keskimääräinen absoluuttinen ja suhteellinen (% maksimista) sydämen syke päivittäin sekä harjoituksen keskiarvona. Referenssinä käytetty 0. vuorokausi oli harjoitusta edeltävä kasarmipalvelusvuorokausi.

Sotilaiden syke harjoituksen aikana oli keskimäärin 85 ± 6 krt/min, joka oli erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) korkeampi kuin harjoitusta edeltävänä kasarmipalvelusvuorokautena. Harjoituksen toisena vuorokautena keskisyke oli korkeimmillaan eli 90 ± 6 krt/min. Toisen ja kolmannen vuorokauden absoluuttinen keskisyke oli merkitsevästi suurempi ($p < 0.01$) kuin vertailuvuorokautena. *Suhteellinen syke* harjoituksen aikana oli keskimäärin 44 ± 4 % maksimista eli noin 4 % korkeammalla kuin kontrollivuorokautena ($p < 0.01$). Koehenkilöiden matailin vuorokausiarvo mittauksissa oli 36 % ja korkein 53 % maksimista. Syke % maksimista muuttui merkitsevästi toisena ja kolmantena harjoitusvuorokautena ($p < 0.01$) verrattuna kasarmipalvelusvuorokauteen. (kuva 16)

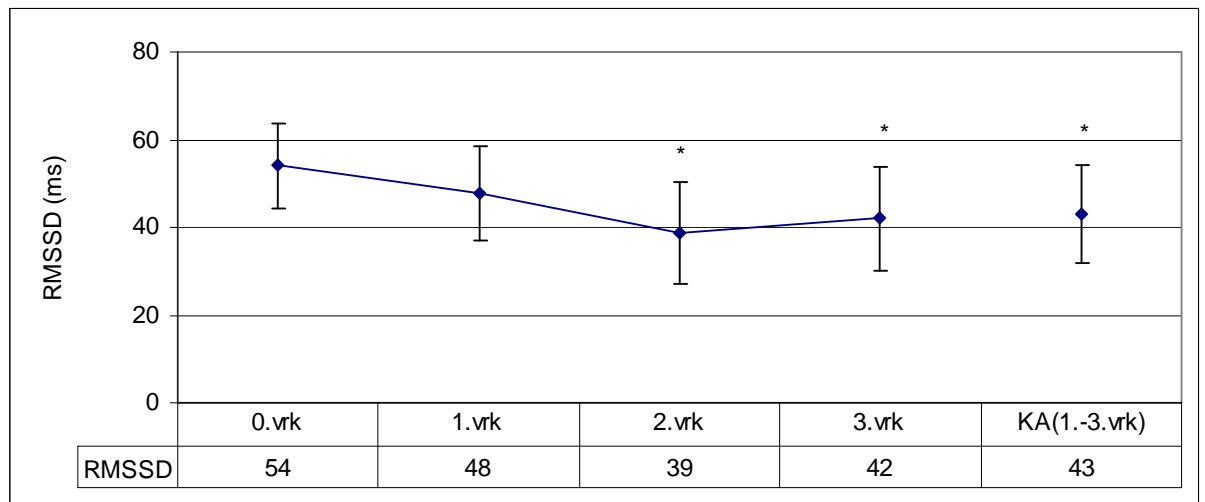


Kuva 17. Koehenkilöiden keskimääräinen painoon suhteutettu ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) ja maksimihaapenottoon suhteutettu ($\% \text{VO}_{2\text{max}}$) hapenkulutus päivittäin sekä harjoituksen keskiarvona.

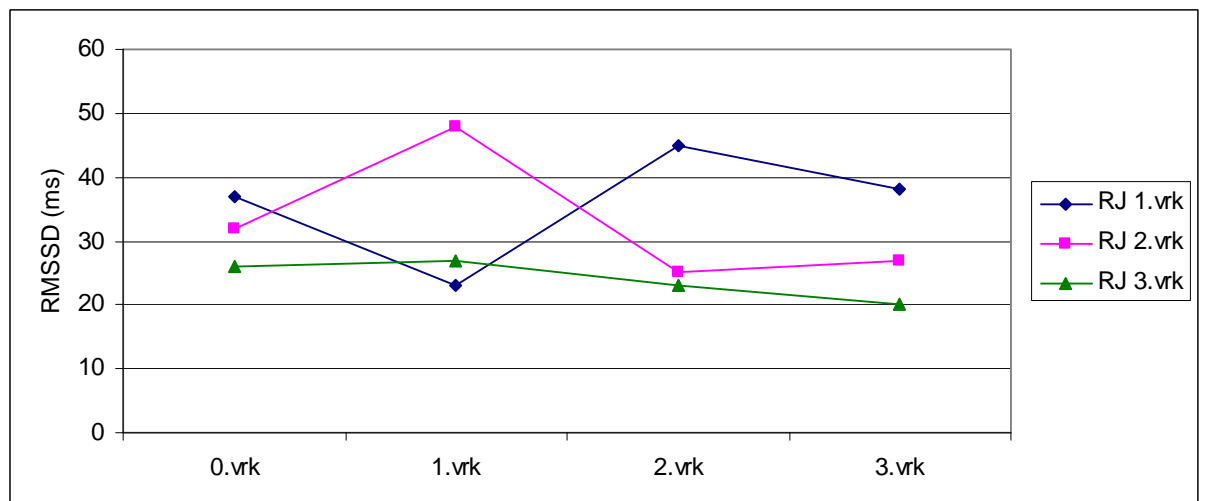
Sotilaiden hapenkulutus koko partiotiedusteluharjoituksen aikana oli keskimäärin 16 ± 3 % maksimaalisesta arvosta. Harjoitusta edeltävän kasarmipalveluvuorokauden keskimääräinen hapenkulutus oli 13 ± 3 % maksimista. Painoon suhteutettu hapenkulutus muuttui erittäin merkitsevästi ($p < 0.001$) verrattaessa 0. vuorokautta ja harjoituksen keskimääräistä arvoa. Ensimmäinen vuorokausi oli sykkeeseen perustuvan hapenkulutuksen arvion mukaan harjoituksen kevyin vaihe. Toinen harjoitusvuorokausi, jolloin mm. siirtymismatka oli pisin, oli harjoituksen raskain vaihe hapenkulutuksen ($10.3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) noustua 5 % $\text{VO}_{2\text{max}}$ harjoitusta edeltäneestä kasarmipalvelusvuorokauden tasosta ($7.3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) ($p < 0.01$). Kolmas harjoitusvuorokausi oli lähellä harjoituksen keskimääräisen hapenkulutuksen tasoa. (kuva 17)

Sykevariaatiota kuvaava indeksi RMSSD laski merkittävästi harjoituksen aikana. Harjoitusta edeltävänä päivänä ennen kaikkea parasympaattista aktiivisuutta kuvaava indeksi oli keski-

määrin 54 ± 19 ms, kun se harjoituksessa oli keskimäärin 43 ± 22 ms. Muutos oli lähes merkitsevä ($p=0.05$). Yksilölliset erot arvoissa olivat hyvin suuria. Alhaisimmillaan sykevariatiota kuvaava indeksi oli harjoituksen toisena vuorokautena ollen keskimäärin 39 ± 23 ms. Muutosta harjoitusta edeltävään kasarmipalvelusvuorokauteen oli merkitsevästi harjoituksen toisen ja kolmannen vuorokauden mittauksissa ($p<0.05$). Johtajien sykkeistä saadut arvot osoittivat muista sotilaista poikkeavaa kuormitusta. Esimerkiksi kolmen vuorollaan ryhmänjohtajana olleen sotilaan RMSSD oli alimmillaan johtamisvuorokautena. (kuvat 18 ja 19)



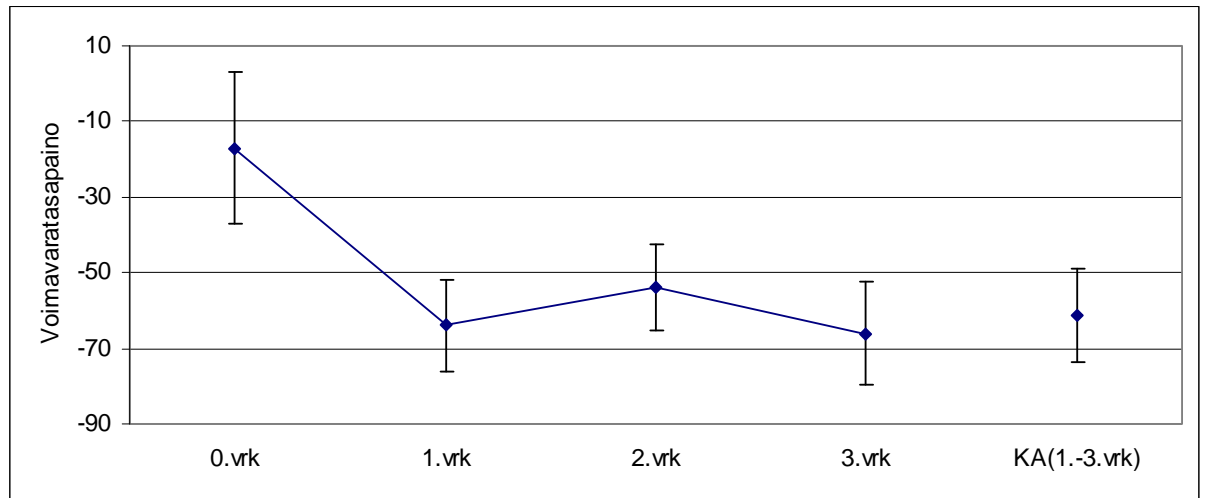
Kuva 18. RMSSD:n muutokset ja harjoituksen keskimääräinen taso.



Kuva 19. Ryhmänjohtajana toimineiden sotilaiden RMSSD:n muutokset harjoituksen aikana.

Voimavaratasapaino muuttui harjoituksen aikana negatiiviseen suuntaan. Suurin muutos tapahtui heti harjoituksen ensimmäisenä vuorokautena jolloin stressin ja palautumisen suhdetta kuvaava indeksi laski kasarmipäivän arvosta -17 ± 40 harjoituspäivän arvoon -64 ± 24 . Yksi-

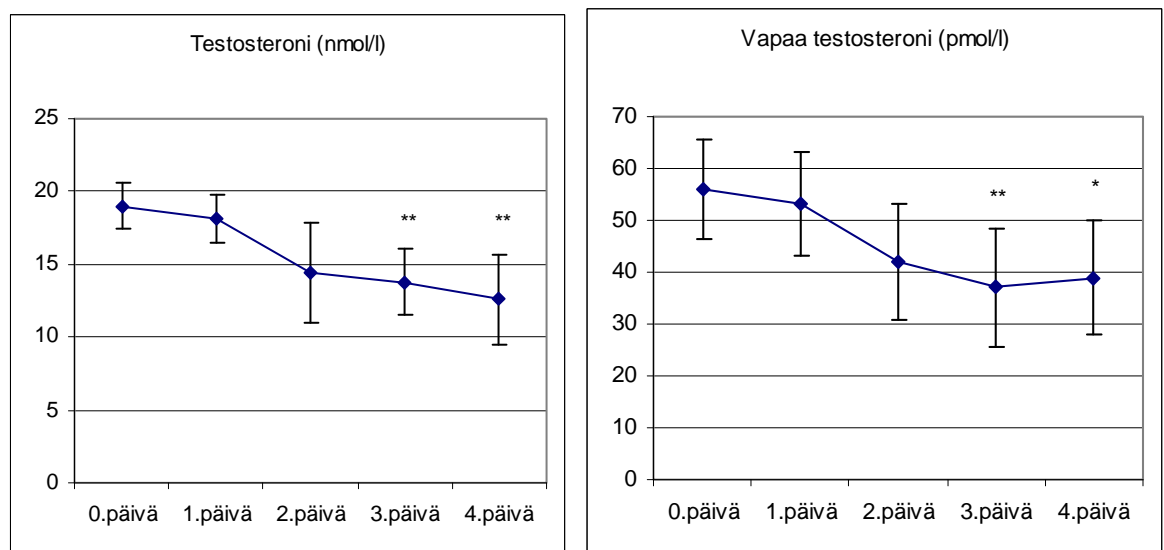
ölliset erot mittauksissa olivat suuria. Tilastollista analyysia voimavaramittauksesta ei suoritettu. (kuva 20)



Kuva 20. Firstbeat -ohjelmiston antama koehenkilöiden voimavaratasapainon kuvaaja, sen muutokset ja keskimääräinen taso harjoituksen aikana.

6.4. Hormonaaliset vasteet ja kreatiinikinaasin aktiivisuus

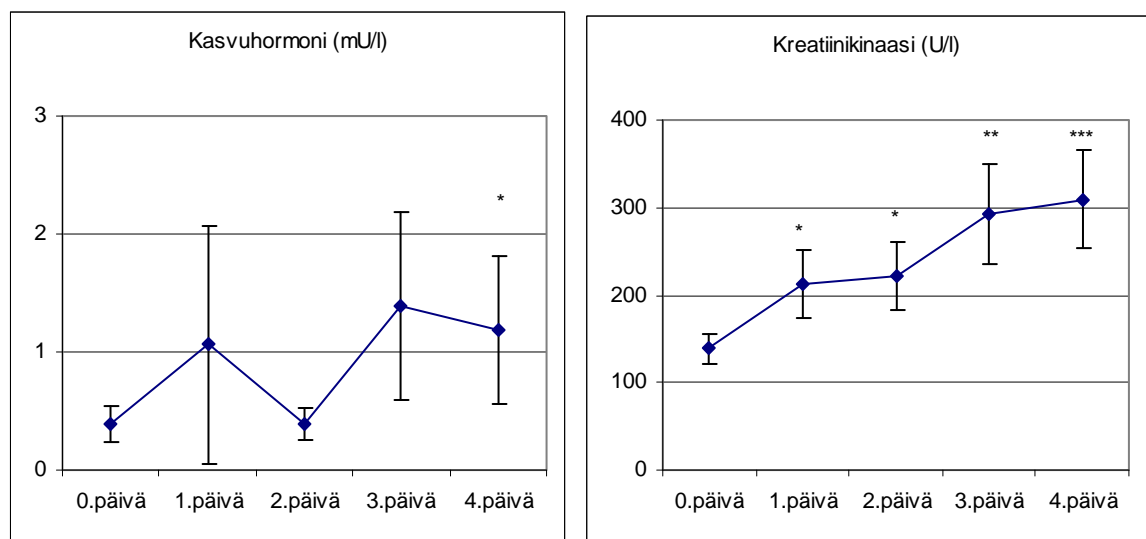
Sotilaiden seerumin *testosteroni* väheni alkumittauksesta harjoituksen loppuun asti. Verrattaessa alkumittaukseen lasku oli merkittävin toisen ja kolmannen päivän jälkeen ($p < 0.01$). Alimmillaan seerumin testosteronikonsentraatio oli harjoituksen viimeisenä päivänä ollen 12.6 ± 6.2 nmol/l eli 34 % alhaisempi kuin ennen harjoitusta. (kuva 21)



Kuva 21. Kokonais- ja vapaan testosteronin muutokset alkumittauksesta harjoituksen loppuun saakka.

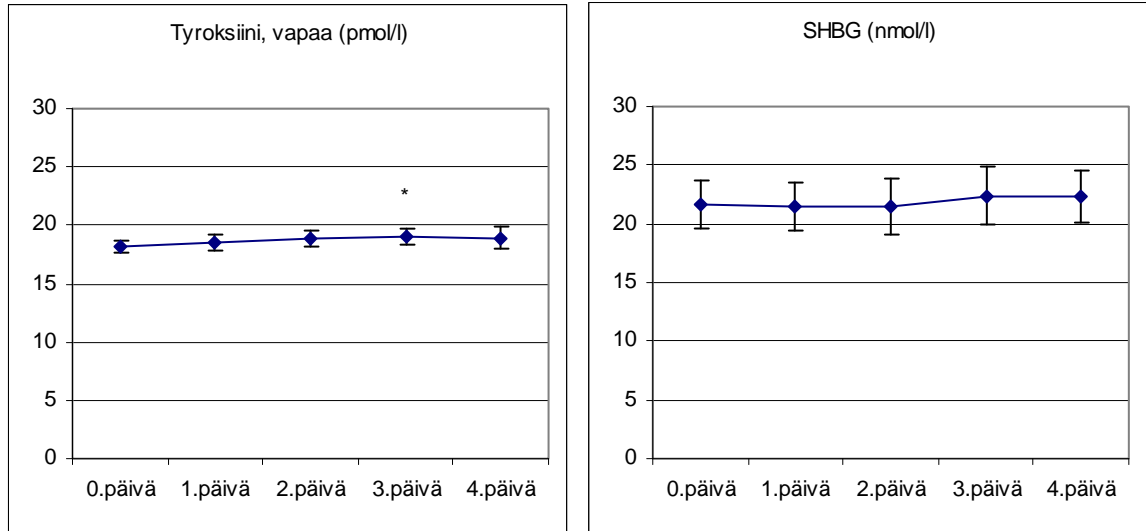
Laskennallinen vapaa testosteroni muuttui lähes seerumin kokonaistestosteronin muutosten mukaisesti, koska SHBG:n muutokset olivat verrattain pieniä. Vapaa testosteroni oli alhaisimmillaan harjoituksen toisen vuorokauden jälkeen ($p<0.01$). Kyseessä on kokonaistestosteronista ja SHBG:stä logaritmisella kaavalla laskettu arvo. Päivittäiset hajonnat ovat verrattain suuria johtuen ilmeisesti laskennallisesta menetelmästä.

Koehenkilöiden *kasvuhormonin* pitoisuus seerumissa vaihteli huomattavasti. Merkityksellistä nousua havaittiin vasta viimeisenä harjoitusvuorokautena jolloin kasvuhormonikonsentraatio oli noussut 3.1 -kertaiseksi alkumittauksesta ($p<0.05$). Korkeimmillaan kasvuhormoni oli kolmannen päivän mittauksessa 1.4 mU/l, keskihajonnan ollessa suuri eli ± 1.6 mU/l. *Kreatiinikinaasi* nousi alkumittauksesta ensimmäisen ja toisen päivän mittauksiin ($p<0.05$). Huomattavimmin kreatiinikinaasin aktiivisuuden nousu tapahtui toisen harjoitusvuorokauden aikana jolloin seerumin CK -konsentraatio nousi yli kaksinkertaiseksi alkumittaukseen verrattuna ($p<0.01$). Korkeimman arvonsa 310 ± 111 U/l kreatiinikinaasi saavutti viimeisenä harjoituspäivänä ($p<0.001$).



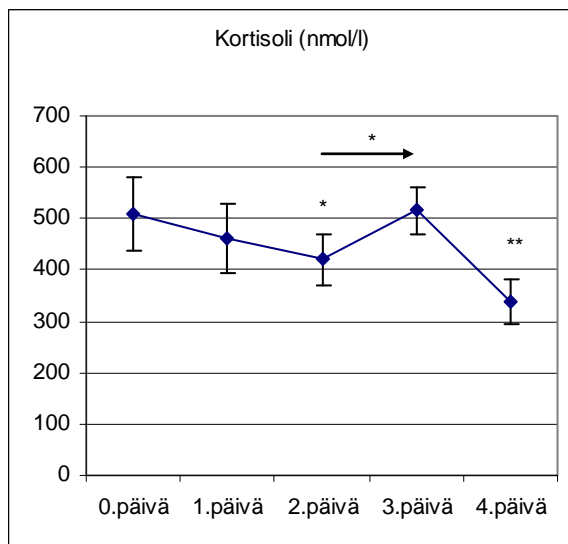
Kuva 22. Kasvuhormonin ja kreatiinikinaasin muutokset harjoituksen aikana.

Vapaa tyroksiini ja sukupuolihormonia sitova globuliini (SHBG) säilyivät lähes muuttumattomina koko harjoituksen ajan. Seerumin vapaa tyroksiini lisääntyi hiukan ($p=0.05$) harjoituksen alun ja kolmannen päivän mittauksen välillä (18.2 ± 1.0 vs. 19.0 ± 1.4 pmol/l). SHBG muuttui hieman alkumittauksesta 3. päivän mittaukseen (21.5 ± 4.2 vs. 22.4 ± 4.9 nmol/l), mutta muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p=0.3$).



Kuva 23. Tyroksiinin ja SHBG:n muutokset harjoituksen aikana.

Ensimmäisen vuorokauden kestäneen tehtävän jälkeen *kortisoli* oli laskenut alkumittauksen 508 ± 144 nmol/l toisen päivän 420 ± 102 nmol/l tasoon ($p < 0.05$). Seuraavan vuorokauden jälkeen seerumin kortisolikonsentraatio nousi korkeimmilleen eli 516 ± 94 nmol/l ($p < 0.05$), kunnes kääntyi jälleen laskuun harjoituksen viimeisen vuorokauden aikana ($p < 0.01$). Viimeisenä päivänä kortisoli oli alhaisimmillaan 338 ± 88 nmol/l eli 34 % matalampana kuin alkumittauksessa.



Kuva 24. Seerumin kortisolin muutoksien suunta vaihteli harjoituksen aikana. Muiden kuoromitusta kuvaavien muuttujien tavoin muutos oli suurin 3. päivän mittauksessa.

6.5. Verenkuvan muutokset

Hemoglobiini (Hb), hematokriitti (HKR) ja punasolujen määrä (Eryt) olivat muuttumattomia ensimmäisten harjoituspäivien aikana. Ne laskivat ($p=0.05$ ja $p<0.01$) viimeisen harjoituspäivän aamun mittaukseen. Hemoglobiini oli korkeimmillaan harjoituksen toisena päivänä ja hematokriitti ennen harjoitusta. Punasolujen keskitilavuus (MCV) laski erittäin merkitsevästi ($p<0.001$) alkumittauksesta kaikkiin harjoituspäivien jälkeisiin mittauksiin (0. vs. 2.-4.päivä). MCV:n laskettua ensimmäisen harjoituspäivän jälkeen merkitsevästi, säilyi sama taso harjoituksen loppuun asti. Punasolujen keskimääräinen hemoglobiinin määrä (MCH) nousi alkumittauksesta toisen ja neljännen päivän mittauksiin ($p<0.05$). Kolmannen päivän mittauksessa MCH oli muuttumaton. Punasolujen keskimääräinen hemoglobiinin pitoisuus (MCHC) nousi toisen harjoituspäivän mittaukseen ($p<0.001$) ja säilyi korkealla harjoituksen loppuun asti saavuttaen korkeimman arvonsa ($p<0.001$) viimeisenä päivänä. Valkosolujen määrä (Leuk) nousi ($p<0.01$) harjoituksen toisen päivän mittaukseen ja säilyi korkealla harjoituksen loppuun asti saavuttaen MCHC:n tapaan korkeimman arvonsa viimeisenä harjoituspäivänä. Verihiutaleiden (Trom) määrässä oli suurta henkilökohtaista vaihtelua ja keskimäärin se säilyi lähes muuttumattomana koko harjoituksen ajan. Pientä nousua verrattuna alkumittauksesta tapahtui toisen ja kolmannen päivän mittauksiin, mutta muutokset eivät olleet merkitseviä ($p=0.1$ ja $p=0.2$).

Taulukko 5. Veriarvojen ja hematologisten indeksien keskiarvot, keskihajonnat sekä muutoksien merkitsevyydet harjoituksen aikana verrattuna 0.mittaukseen.

	0.päivä	1.päivä	2.päivä	3.päivä	4.päivä
Hb (g/l)	144 ±7	145 ±6	146 ±5	145 ±8	141 ±7*
HKR (%)	41 ±0	40 ±0	40 ±0	40 ±0	39 ±0**
Eryt (E12/l)	4.9 ±0.2	4.8 ±0.2	4.9 ±0.2	4.8 ±0.4	4.7 ±0.2**
MCV (fl)	84.3 ±2.3	84.5 ±2.2	82.5 ±2.2***	82.5 ±1.8***	82.5 ±2.1***
MCH (pg)	29.6 ±0.9	30.2 ±1.2	30.0 ±1.1*	30.0 ±1.2	30.2 ±1.2*
MCHC (gl)	351 ±6	357 ±7	364 ±6***	363 ±8**	366 ±7***
Leuk (E9/l)	6.3 ±1.4	6.4 ±1.2	8.1 ±2.1**	7.3 ±1.5*	7.3 ±1.1**
Trom (E9/l)	262 ±49	276 ±34	269 ±48	271 ±35	261 ±31

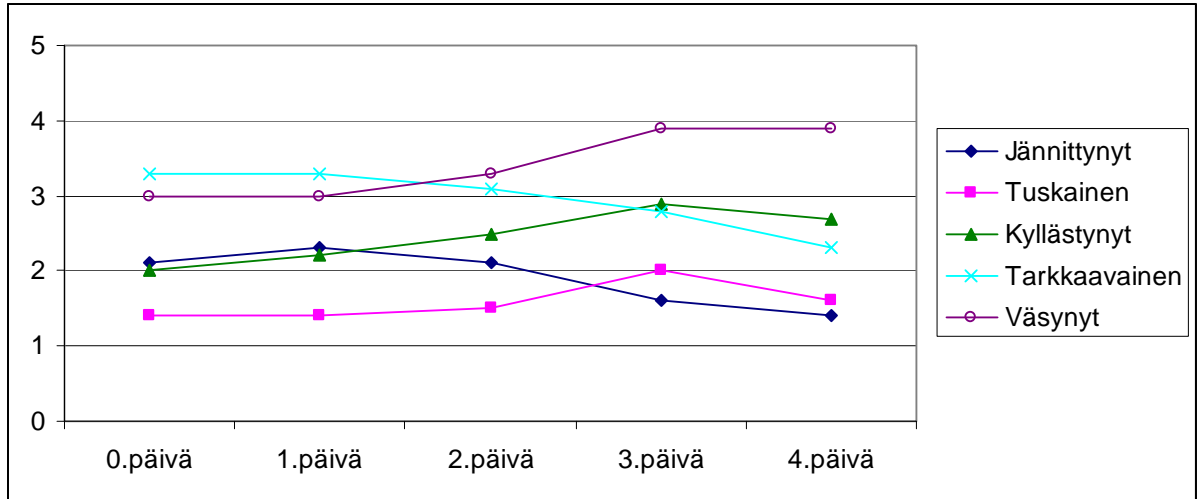
Veren tilavuus (BV) laski hiukan ensimmäisien harjoituspäivien aikana, mutta muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Harjoituksen viimeisen päivän mittauksessa veren tilavuus kääntyi nousuun ($p=0.05$). Punasolujen tilavuus laski heti ensimmäisen harjoituspäivän jälkeen verrattaessa alkumittaukseen ($p<0.05$). Punasolujen tilavuus oli alimmillaan harjoituksen viimeisen päivän mittauksessa, jolloin se oli laskenut alkumittaukseen verrattuna 4.2 % ($p<0.01$). Plasmatilavuus (PV) laski edellisen tavoin kaikkien harjoituspäivien jälkeen (2.-4. päivän mittaukset, $p<0.05$ - $p<0.01$). Plasmatilavuus saavutti alimman arvonsa harjoituksen viimeisenä päivänä ollen 4.3 % ($p<0.01$) alempi kuin alkumittauksessa. Missään edellä mainitussa arvossa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia verrattaessa kasarmipäivän vaikutusta alkumittaukseen (0. vs. 1.pvä).

Taulukko 6. Veren tilavuuden (BV), punasolujen tilavuuden (CV) ja plasmatilavuuden (PV) prosentuaaliset muutokset verrattaessa alkumittaukseen.

	1.päivä	2.päivä	3.päivä	4.päivä
Δ BV (%)	-0.5	-1.6	-0.3	2.0 *
Δ CV (%)	-2.0	-4.0 **	-3.1 *	-4.2 **
Δ PV (%)	-2.1	-4.1 **	-3.2 *	-4.3 **

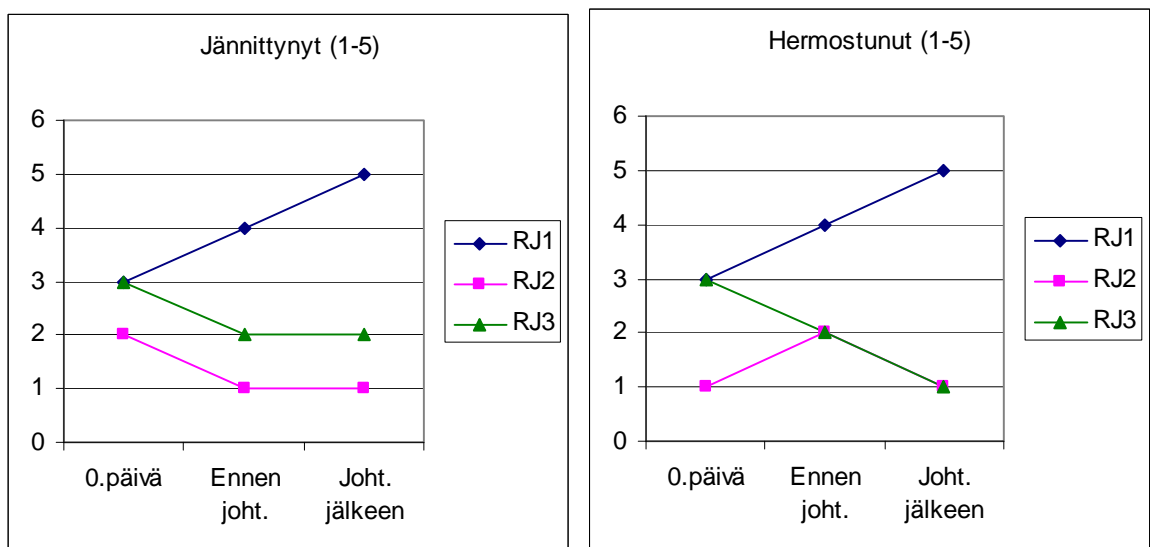
6.6. Mieliala ja palautumisaika

Sotilaiden mielialassa suurimmat muutokset tapahtuivat toisena harjoitusvuorokautena, joka voidaan havaita kuvassa 25 toisen ja kolmannen päivän välisenä muutoksena. Kuvassa on esitetty osa-alueet, joissa havaittiin suurimmat muutokset. Alkumittauksesta lähtien koehenkilöiden väsymys, kyllästyneisyys ja tuskaisuus lisääntyivät harjoituksen kolmannen aamun tilanteeseen asti. Viimeisenä vuorokautena tuskaisuus ja kyllästyneisyys vähenivät, väsymyksen pysyessä edellisen vuorokauden tasolla. Harjoituksen ensimmäisen päivän aamun tilanteesta koehenkilöiden tarkkaavaisuus ja jännittyneisyys vähenivät saavuttaen alimman tasonsa harjoituksen viimeisenä päivänä. Kaikki POMS kyselyn tulokset on esitetty liitteessä 4.



Kuva 25. Huomattavimmat keskimääräiset mielialan muutokset alkumittauksesta harjoituksen päättymiseen.

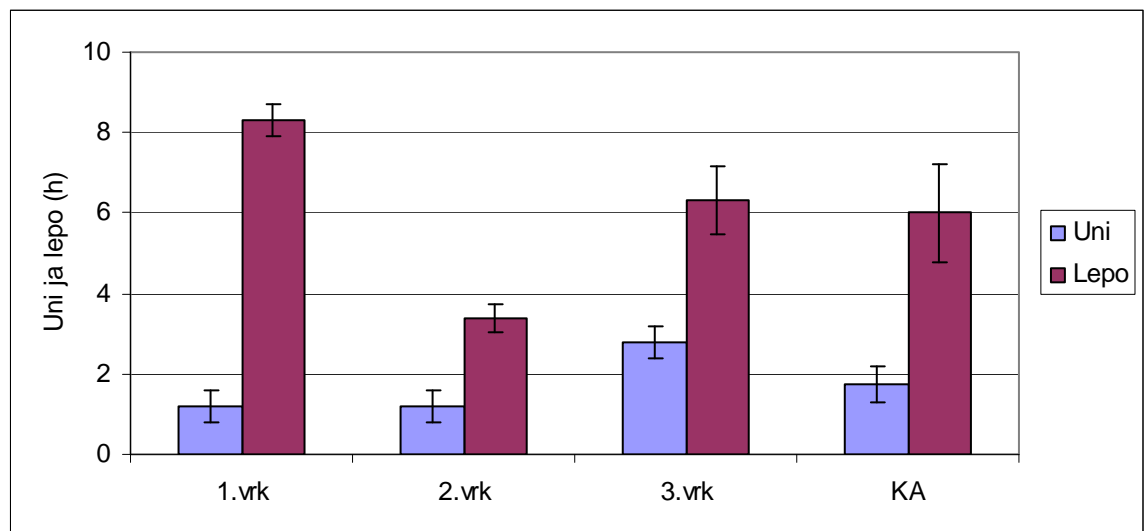
Ryhmänjohtajina toimineiden sotilaiden mielialan muutokset olivat hyvin henkilökohtaisia. Jännittyneisyydessä ja hermostuneisuudessa tapahtuneet muutokset pääosin kumoavat toisiinsa kuten kuvasta 26 voidaan nähdä.



Kuva 26. Eri ryhmänjohtajien jännittyneisyydessä ja hermostuneisuudessa ei tapahtunut samansuuntaisia muutoksia.

Levon ja unen määrä saatiin haastattelemalla koehenkilöt tehtävän jälkeen jokaisena vuorokautena. Tiedustelijoiden unen määrä harjoituksen aikana oli erittäin pieni – keskimäärin 1.7 ± 1.0 tuntia vuorokaudessa. Lepoaikaa oli huomattavasti enemmän – keskimäärin 6.0 ± 2.4

tuntia vuorokaudessa. Harjoituksen ensimmäisen vuorokauden aikana lepoaikaa oli eniten 8.3 ± 0.8 tuntia vuorokaudessa, kun pienimmillään lepoaikaa oli toisena vuorokautena vain 3.4 ± 0.7 tuntia. Unen määrä oli vähäistä etenkin harjoituksen ensimmäisenä ja toisena vuorokautena. Firstbeat ohjelmiston stressinhallintaraportti osoitti huomattavaa palautumisajan vähenemistä siirryttäessä kasarmilta harjoitukseen. Kasarmipalvelusvuorokautena palautumista oli keskimäärin 25 ± 16 %, kun se harjoitusvuorokausina alkaen ensimmäisestä oli 8 ± 6 %, 5 ± 3 % ja 5 ± 6 %.



Kuva 27. Tiedustelijoiden keskimääräinen palautumisaika harjoituksen aikana. Levoksi ilmoitettiin aika jolloin oli mahdollisuus huoltoon ja lepoon, mutta sitä ei käytetty nukkumiseen.

7. POHDINTA

Tutkimuksen tärkeimmät tulokset osoittivat sotilaiden kärsivän huomattavan negatiivisesta energiatasapainosta partiotiedusteluharjoituksessa. Energiavaje oli keskimäärin noin 2400 kcal/vrk, joka osaltaan vaikutti sotilaiden painon laskemiseen (2.2 kg; 2.8 %). Nestettä nautittiin juomana ja ruoanvalmistukseen liittyen keskimäärin 2.9 litraa vuorokaudessa. Mahdollista negatiivista nestetasapainoa osoittaa plasmatilavuuden ja punasolujen tilavuuden lasku. Partiotiedusteluharjoitus ei ollut hengitys- ja verenkiertoelimistön osalta erityisen kuormittava. Syke oli koko harjoituksen aikana keskimäärin 44 % ja hapenkulutus 16 % maksimista. Sykevaihtelu osoitti sympaattis- vagaalisen säätelyn aktiivisuuden muutoksia. Parasympaattinen aktiivisuus väheni RMSSD:n laskiessa 54 ms:sta 39 ms:iin (0. vs. 2.vrk). Koehenkilöiden verestä saatujen kuormitusta kuvaavien muuttujien vaihtelut tukivat aiempia havaintoja sotilastehtävien kuormittavuudesta. Merkittävimmät muutokset olivat testosteronikonsentraation

merkittävä lasku ja kreatiinikinaasin merkittävä nousu koko harjoituksen aikana. Testosteroni laski 34 %, vapaa testosteroni 31 % ja kreatiinikinaasi nousi 2.2 -kertaiseksi alkuperäisestä arvostaan. Kortisolin ja kasvuhormonin osalta muutoksien suunta vaihteli eri harjoituspäivinä. Tyroksiinin pitoisuus oli lievässä nousussa koko harjoituksen ajan. Tiedustelijat nukkuivat kertomansa mukaan erittäin vähän eli keskimäärin alle kaksi tuntia vuorokaudessa. Lepoon ja huoltoon käytettävää aikaa oli huomattavasti enemmän eli keskimäärin kuusi tuntia vuorokaudessa.

7.1. Fysiologiset vasteet ja mielialan muutokset

Jatkuva fyysinen tai psyykinen stressi aktivoi sympaattisen hermoston. Ilman mahdollisuutta lepoon ja ennen kaikkea nukkumiseen autonomisen hermoston parasympaattinen osa ei aktivoitu. Tämä voi pitkään jatkuessaan kuluttaa elimistön voimavaroja. Vuorokauden pituisissa sykevaihtelun mittauksissa on todettu, että päivällä vallitsee sympaattinen dominanssi, kun yöllä taas parasympaattinen aktiivisuus on vallalla (Carrington ym. 2003). Unirytmien häiriintyessä tämä ei ole mahdollista. Elimistön palautuessa stressistä normaalisti vegaalinen eli parasympaattinen säätely vahvistuu ja sykevariaatio voimistuu (Lindholm ym. 2007). Harjoituksen sykevälivaihteluanalyysi osoitti RMSSD:stä mitattuna vegaalisen aktiivisuuden vähenemistä, joka saattaa olla merkki sympattis- vegaalisen tasapainon muutoksesta (esim. Otzenberger ym. 1998). Toisin sanoen harjoituksen aikana on todennäköisesti vallinnut merkittävämpi sympatikotonus kuin kontrollivuorokautena. Levon ja etenkin unen määrän vähyys tukee RMSSD indeksin laskua kontrollivuorokautteen verrattuna. Samankaltaisia sykevaihtelun pitkäaikaismittauksia kuin tässä tutkimuksissa on tehnyt mm. Myllymäki (2006). Hän on havainnut peräkkäisten sydämen sykäyksien välisen ajan eli R-R intervallien lyhenemistä ja RMSSD:n laskua valveilla ollessa verrattuna lepotilaan. Tämä viittaa edelleen nousseeseen sympaattiseen aktiivisuuteen valveilla ollessa. Tämän tutkimuksen osalta lähes jatkuva fyysinen ja psyykinen stressi sekä unenpuute selittävät korkeataajuuksista sykevaihtelua kuvaavan indeksin RMSSD:n laskua harjoituksessa. Johtajien sykkeiden kuormitusmarkkerit, kuten RMSSD, osoitti muista sotilaista poikkeavaa kuormitusta. Tähän on todennäköisesti vaikuttanut ennen kaikkea psyykinen stressi, koska ainakaan liikkumisen osalta ryhmänjohtajan kuormitus ei yleensä eroa tai on jopa vähäisempää kuin muilla tiedusteluryhmän jäsenillä (Narkilahti ym. 2007).

Sotilaiden testosteronipitoisuuden muutokset tukevat aiempien tutkimusten havaintoja. Soti-

laallisissa harjoituksissa, joissa rajoitettu lepo ja ravinto yhdistyivät fyysiseen ja psyykkiseen stressiin on kokonaistestosteronin ja vapaan testosteronin todettu laskevan. Nindlin ym. (2006) tutkimuksen mukaan 84 tunnin sotilaallinen operationaalinen stressi aiheutti 24 % laskun kokonaistestosteronissa ja 30 % laskun vapaassa testosteronissa. Jouani (2004) raportoi 29 % laskun kokonaistestosteronissa viiden päivän Ranger-harjoituksessa. Tässä tutkimuksessa 72 tunnin partiotiedusteluharjoituksen aiheuttamat muutokset eli 34 % lasku ($p < 0.01$) kokonaistestosteronissa ja 31 % vapaassa testosteronissa ($p < 0.05$) tukevat Nindlin ym. (2006) ja Jouanin ym. (2004) tutkimuksien havaintoja. Testosteronitason lasku osoittaa 72 tunnin partiotiedusteluharjoituksen aiheuttavan huomattavaa väsymystä ja kuormittavuutta, joka vaikuttaa elimistön anabolisen tilan häiriintymisen ainakin testosteronierityksen vähentymisen myötä.

Sotilaiden aamukortisolien arvot vaihtelivat merkittävästi harjoituksen aikana. Kortisolitaso ei osoittanut stressin nousua vertailupäivän ja harjoituksen välillä. Vaikutus oli jopa päinvastainen ja kortisoli lähti harjoituksen alussa laskuun. Tätä voi selittää mahdollinen kortisolien kohtaus jo kontrollipäivänä, joka voi olla seurauksena psyykkisestä stressistä viikonloppuvapaalta paluuseen liittyen. Psyykkisen stressin vaikutus kortisolitasoihin on yksilöllinen ja sen vaikutuksena on havaittu erisuuruisia muutoksia kortisolien erityksessä (Kunz-Ebrecht ym. 2003). Toisaalta vuorokausirytmien sekoittuminen voi vaikuttaa hormonien erityksen rytmien ja näin ollen myös samaan vuorokaudenaikaan otettuun näytteeseen. Vuorokausirytmien katoamista on havaittu aiemminkin sotilaallisissa harjoituksissa (Opstad 1994; Opstad & Aakvaag 1981). Mielenkiintoinen asia tarkasteltaessa koehenkilöiden kortisolipitoisuuksia on että mm. Uusitalo (1998) on havainnut kortisolipitoisuuden laskua maksimaalisen suorituksen jälkeen ylläpidettävillä urheilijoilla. Kortisolivasteen heikkeneminen tässä tapauksessa on yhdistetty lisämunuaisytimen muuttuneeseen ACTH herkyyteen. Myös pitkä ja erittäin rankka harjoittelujakso voi aiheuttaa laskunutta kortisolien eritystä (Dressendorfer & Wade 1991). Kortisolitasojen laskeminen voidaan edellä mainituissa tapauksissa yhdistää riittämättömään palautumiseen raskaassa harjoittelussa. Kuormituksen intensiivisyys ei tähän tutkimukseen liittyvässä harjoituksessa ollut verrattavissa viimeksi mainittuihin tutkimuksiin, mutta riittämättömän unen ja energiavajeen yhdessä on todettu vaikuttavan negatiivisesti fyysiseen suorituskykyyn (Guezennec ym. 1994) ja voisi näin ollen altistaa ylläpidettävään ja edellä kuvatun kaltaiseen ilmiöön.

Kreatiiniakinaasin aktiivisuus näyttää olevan sidoksissa fyysiseen rasitukseen. Harjoituksen raskaimman vuorokauden (2. vrk) jälkeen kreatiiniakinaasi nousi eniten. Kreatiiniakinaasin nou-

su harjoituksen aikana osoittaa fyysisesti matalatempoisenkin kuormituksen aiheuttavan CK -aktiivisuuden kasvua. Samanlaisia havaintoja on tehnyt mm. Kyröläinen ym. (2004) pitkäkestoisen partiotiedusteluharjoituksen ensimmäisen kolmen vuorokauden aikana, jolloin sotilaiden siirtyminen tiedusteluharjoituksessa tehtäväalueelle aiheutti seerumin CK:n lisääntymisen yli 7 -kertaa kontrolliarvoa suuremmaksi. Tässä tutkimuksessa mitattu fyysinen rasitus aiheutti mahdollisia lihasvaurioita suhteessa fyysiseen rasitukseen lisäten seerumin CK:n yli kaksinkertaiseksi ($p < 0.001$).

7.2. Tiedustelijan energia- ja nestetasapaino

Vaikean energiavajeen on todettu vaikuttavan negatiivisesti fyysiseen ja psyykkiseen suoriutuskykyyn (Guezennec ym. 1994; Opstad 1994) ja sairauksien ja infektioiden vastustuskykyyn (Gomez-Merino ym. 2003; Kraemer ym. 1997). Tämä tutkimus osoittaa, että hyväkuntoinen tiedustelija kykenee suoriutumaan tehtävistään kolme vuorokautta 2400 kcal/vrk energiavajeessa. Myös Castellani ym. (2006) ovat todenneet, että kohtuullisen lyhyen ajan energiavajeessa ollessaan sotilaat kykenevät hyvin säilyttämään korkean energiankulutuksen ja aktiivisuuden tason. Dramaattisia fysiologisia merkkejä aliravitsemuksesta ei esimerkiksi kasvuhormonitasoissa ilmentynyt. Tässä tutkimuksessa seerumin kasvuhormoni lisääntyi kontrollivuorokauden aamuarvosta (0.4 mU/l) keskimäärin 2.5 -kertaiseksi. Tämä voi olla merkinä negatiivisesta ravintotasapainosta (hypoglykemia) ja rasva-aineenvaihdunnan mobilisoinnista (Friedl ym. 2000; Ho ym. 1988). Kasvuhormonin pitoisuuksien lievä nousu voi olla myös merkinä fyysisestä ja psyykkisestä stressistä, jonka on todettu olevan yksi kasvuhormonin erityistä kiihdyttävä neurologinen tekijä (Sane 2000). Sotilaallisen stressin ja negatiivisen energiatasapainon on todettu vaikuttavan aivolisäkkeen etulohkon kasvuhormonin eritykseen samoin kuin tässä harjoituksessa (Nindl ym. 2006; Friedl ym. 2000). Negatiivista energiatasapainoa osoittaa myös sotilaiden keskimääräinen 2.8 % painon lasku, joka osaltaan johtuu myös nestevajeesta. Energiavajeen on todettu vaikuttavan myös testosteronin pitoisuuksiin. Friedl ym. (2000) tutkimuksessa pitkäkestoisessa sotilaskoulutuksessa ja energiavajeessa sotilaiden paino laski 7.8 % ja testosteroni pieneni 74 %. Merkittävää edellisessä tutkimuksessa oli välitön endokriininen vaste energiatasapainon korjaamiseen (kasvuhormoni ↓ ja testosteroni ↑).

Vähäinen energiansaanti voi johtaa ainakin pitkällä tähtäimellä ravintoainepuutuksiin. Guyton & Hall (2006, 857) mukaan esimerkiksi proteiineja on saatava vuorokaudessa vähintään 20–

30 g, koska se on elimistön välttämätön proteiinin menetys (obligatory loss of proteins). Yleisemmin suositeltu minimi vuorokaudessa on 50–80 g (Aro ym. 1993, 217) ja 60–75 g (Guyton & Hall 2006, 857). Harjoituksessa proteiinien keskimääräinen saanti oli 87 g, 72 g ja 68 g vuorokausittaisessa järjestyksessä. Pienimmät henkilökohtaiset saannit proteiinien osalta olivat alle 40 g/vrk, jotka ovat reilusti alle suositeltujen arvojen. Jos proteiineja saadaan niukasti elimistö purkaa jo olemassa olevia proteiineja aminohapoiksi ja tasaa näin aminohappopoolin aminohappopitoisuuden. Tällöin elimistöön muodostuu katabolinen eli olemassa olevia kudoksia ja yhdisteitä purkava tila. Katabolian vastakohta on anabolinen tila, jolloin elimistö kykenee muodostamaan uutta kudosta ja uusia yhdisteitä. (Ilander 2006, 79-90) Vaikka aminohappojen määrä niin sanotussa ”vapaassa altaassa” on pieni, on sillä suuri vastuu elimistön koko aminohappoaineenvaihdunnassa (rakentuminen ja energiantuotto). Kasvuhormonin erityksen lisääntyminen aliravitsemuksessa voi olla merkinä vaikeasta proteiinien saannin puutoksesta (Guyton & Hall 2006, 924). Tämän tutkimuksen lievää kasvuhormonitason nousu voi pieneltä osin johtua myös proteiinin puutoksesta. Huomattavaa on kuitenkin se että ravitsemuksellisesti 72 tuntia ei voi vielä aiheuttaa kovin vakavaa aliravitsemusta, kun lähtötilanne on tasapainoinen. Kun puhutaan fyysisestä harjoittelusta, on laadukkaiden aminohappojen saanti ympäri vuorokauden aminohappoaltaan sisällön vuorokausittaisen vaihtumisen (noin 6 krt./vrk) vuoksi tärkeää (Mero 2004, 151). Energiansaannin ollessa jostain syystä säännötellyä tai puutteellista, on suorituskyvyn ylläpitämiseksi ravinnon sisältöön kiinnitettävä riittävästi huomiota. Tämä voi tulla kyseeseen niin varusmiespalveluksen tiiviissä harjoitusrupeamassa kuin kriisitilanteessakin. Jos harjoituksissa halutaan kehittää myös fyysistä suorituskykyä, on energiansaannin ohella kyettävä ylläpitämään ruoan riittävän monipuolinen ravintoainesisältö.



Kuva 28. Lämmin ruoka valmistettiin tehtävän jälkeen retkikeittimillä maaston suojassa.

Mitattaessa sotilaiden energiankulutusta maastoharjoituksissa tarkemmalla kaksoisleimatun veden menetelmällä, on tyypilliseksi kulutukseksi saatu noin 4000 kcal/vrk ja saanniksi taistelumuonia käytettäessä noin 3000 kcal/vrk (Friedl & Hoyt 1997). On aiheellista myös kysyä, miksi sotilaat syövät huomattavasti vähemmän kuin heillä on ravintoa mukanaan tai ainakin alun perin tehtävään mukaan otettavaksi? Tässäkin tutkimuksessa tiedustelijoiden vuorokauttaisen taistelumuonan energiasisältö oli keskimäärin 3426 ± 112 kcal, mutta vuorokaudessa

he söivät vain 2200 ± 326 kcal. On kuitenkin jo aiemminkin osoitettu, että ravintotasapainon ylläpitämiseksi ei olennaisinta aina ole tarjolla tai saatavilla oleva runsas ravinto, vaan sen saaminen yksinkertaisesti aineenvaihdunnan käytettäväksi. Ruoka on käytännössä saatava kurkusta alas, jotta siitä on jotain hyötyä. Sotilaiden mukana kantamiensa taistelumuonien sisältämää näkkileipää voi tietysti polttaa vaikkapa teltan kamiinassa, mutta sotilaan energiatasapainoon sillä on silloin vain häviävän pieni vaikutus. Castellanin ym. (2006) mukaan sotilaat eivät kykene maastoharjoituksissa ylläpitämään energiatasapainoa johtuen kahdesta seikasta. Ensiksi, aikaa syömiseen on liian vähän johtuen jatkuvasta työskentelystä. Toiseksi, sotilaallisten harjoitusten suunnitelma luodaan usein tarkoituksella sellaiseksi jossa simuloidaan piiritetynä olemista rajoittamalla ruoka-annoksia. Koulutuksessa tulee jatkossakin kiinnittää huomiota myös tiedustelijoiden energiansaantiin ja sen tarpeellisuuteen pitkäkestoisissa tehtävissä. Toisaalta koulutuksessa on myös tuotava ilmi, että kohtuullisen lyhyissä alle kolme vuorokautta kestävässä tehtävässä voidaan myös tarvittaessa tinkiä ravinnon saannista, jos tehtävän luonne sitä vaatii. Tällöin on huolehdittava palauttavan ravinnon saannista (re-feeding) fyysisesti rasittavan tehtävän jälkeen (Friedl ym. 2000; Tharion ym. 2005). Tällä turvataan sotilaan toimintakyky myös seuraavassa tehtävässä ja pidempiaikaisessa toiminnassa.

Hematokriitin perusteella lasketut veren punasolujen ja plasman tilavuuden muutokset osoittavat sotilaiden kärsineen vähäisestä nestevajesta harjoituksessa. Plasmatilavuuden muutosten on oletettu kuvaavan nestetasapainoa, mutta fyysinen kuormituksen ja siihen liittyvät muutokset vaikeuttavat tulkintaa (Senay 1970). Nestevajetta tukee kuitenkin nautitun nesteen vähyys. Laskettaessa nesteentarve energiankulutuksen mukaan (1 ml/kcal) saadaan vuorokausittaiseksi vähimmäisvaatimukseksi 4.6 litraa, kun saanti oli keskimäärin vain 2.9 l. Verrattaessa sotilaiden nauttiman nesteen määrää ja annettuja saantisuosituksia ruumiillista työtä tekeville, oli nesteensaanti aina riittämätön (mm. World Health Organization 2005; Sawka & Montain 2000). Koehenkilöt kuljettivat tarvitsemansa veden itse mukanaan. Kuljetettavan nesteen määrä vaikuttaa merkittävästi sotilaiden kantaman varustuksen painoon. Sotilaiden keskimäärin vuorokaudessa nauttima neste (2.9 l) vastasi tässä harjoituksessa 10 % keskimääräisestä varustuksen painosta (29 kg). Nesteensaannin turvaamiseksi ja kannettavan taakan pienentämiseksi tulisi harkita luonnosta saatavan veden käyttöä harjoituksissa. Taistelumuonapakkauksien sisältävät vedenpuhdistustabletit mahdollistavat veden kohtuullisen nopean ja luotettavan puhdistamisen maasto-olosuhteissa.

7.3. Palautuminen fyysisestä kuormituksesta harjoituksen aikana

Hengitys ja verenkiertoelimistön osalta työn teho ei muodostanut vaaraa ylikuormittumiselle. Keskimääräiset arvot sykeprosentti maksimista ja hapenkulutusprosentti maksimista nousivat harjoitusta edeltävän kasarmipalvelusvuorokauden arvoista 40 % (HR) ja 13 % (VO₂) harjoituksen kuormittavimman päivän arvoihin 46 % ja 18 %. Näiltä osin työn intensiteettiä voidaan verrata Lindholmin ym. (2007) esittämään perussääntöön toimintakyvyn säilyttämisestä. Heidän mukaansa sotilaan toimintakyvyn säilyttämiseksi useita tunteja kestävän dynaamista taustaisen tauotetun työn energieettinen keskikuormitus ei saisi ylittää 50 % aineenvaihdunnallisesta (VO₂) maksimisuorituskyvystä. Toimintakyky ei tältä osin näytä vaarantuvan, koska siinä on riittävä reservi. Tähän on luonnollisesti vaikuttanut koehenkilöiden hyvä fyysinen kunto, joka oli huomattavasti parempi kuin varusmiesten kunto keskimäärin.

Koehenkilöt olivat harjoituksen lopussa erittäin väsyneitä. Tätä osoittavat vuorokausittainen unen määrä ja POMS kysely. Myös fysiologiset mittarit kuten sykevariaatio tukevat koettua väsymystä. Sykevaihtelusta Firstbeat ohjelmiston rekisteröimä palautumisen osuus kuvaa levon vähyyttä radikaalisti. Kontrollivuorokaudessa palautumista oli 25 ± 16 %, kun harjoitusvuorokausina palautumista oli järjestyksessä 1.-3. vuorokausi 8 ± 6 %, 5 ± 3 % ja 5 ± 6 %. Verratessa muutoksia vastaavanlaisiin tutkimuksiin on univaje yleensä aina yhtenä selittävänä tekijänä endokrinologisissa vasteissa. Unenpuutteen vaikutusta hormonaalisen vasteiden määrään on hyvin vaikea arvioida, vaikka vaikutuksen suunta onkin selvä. Saaduista tehtävistä suoriuduttiin kohtuullisesti, mutta unen vähyys ei ole voinut olla vaikuttamatta koehenkilöiden toimintaan. Pitkä valveillaoloaika laskee ruumiinlämpöä ja heikentää kognitiivista suorituskkyä (Wright ym. 2002) ja fyysistä maksimisuorituskykyä (Chen 1991), mutta aina valvomisenkaan ei ole todettu vaikuttavan dramaattisesti fyysiseen suorituskkyyn (Goodman ym. 1989; Symons ym. 1988; Vaara ym. 2007). Tässä tutkimuksessa univajeeseen liittyi negatiivinen energiatasapaino, joiden yhteisvaikutuksen on todettu laskevan aerobista, sekä anaerobista suorituskkyä (Guezennec ym. 1994). Unen määrän lisäämistä ja palautumisajan käyttämistä nukkumiseen tulisi tiedustelijoiden koulutuksessa harkita. Kuten Booth ym. (2006) toteaa, voidaan paremmalla nukkumisen kontrolloinnilla (sleep management) torjua negatiivisia hormonaalisia vaikutuksia sekä ehkäistä vammoja ja sairastumisia sotilaallisessa koulutuksessa. Heidän mukaansa tämä tulisi ottaa huomioon ainakin ennen seuraavan harjoituksen aloittamista.

7.4. Tulosten luotettavuus

Sykkeellä on hyvä yhteys hapenkulutukseen ja näin ollen myös energiankulutukseen silloin, kun syke on riittävän korkea. Ongelmaksi tämän tutkimuksen kaltaisissa mittauksissa muodostuu kuitenkin matalatehoinen aktiivisuus ja siihen liittyvät syketaajuuden muutokset. Suuri osa harjoituspäivän aikaisista toimista oli aktiivisuudelta matalatehoista. Energiankulutuksen arvioiminen sydämen syketaajuudesta voi tutkimuksellisessa käytössä olla melko epäluotettavaa (McArdle ym. 2007, 206). Matalalla intensiteetillä sykkeeseen vaikuttavat monet muutkin tekijät kuten tunteet ja tunnetilojen vaihtelut (Consolanzio ym. 1971; Haskell ym. 1993; Lamonte & Ainsworth 2001). Tässä tutkimuksessa käytetyn analysointimenetelmän ohjelmistovalmistaja Firstbeat technologies lupaa energiankulutusmittauksen virhemarginaaliksi korkeintaan 7–10 % (Firstbeat Technologies Ltd. 2007a).

Ravintopäiväkirjaa käytettäessä on usein mainittu ongelma aliraportoinnista eli syödyn ravinnon jättämisestä merkitsemättä päiväkirjaan (Sallinen & Mero 2004). Tässä tutkimuksessa ravinto- ja nestepäiväkirjat täytettiin tarkkaan ohjatusti. Ravintopäiväkirjan täyttöä helpotti säännöstelyjen taistelumuonapakkausten käyttö. Kaikilla koehenkilöillä oli käytössään samanlaiset muonapakkaukset, joiden sisältö oli tunnettu. Ravintopäiväkirjassa oli valmiina kaikki käytössä olevat annokset taulukoissa, joihin kulutus merkittiin. Vedenkulutuksen osalta luotettavuutta paransi se, että kaikilla oli henkilökohtaiset vesiastiat, joista kulutus voitiin päiväkirjaa täytettäessä tarkastaa. Unen ja levon määrän osalta luotettavuutta on pyritty parantamaan vertaamalla sotilaiden kertomia määriä sykemittauksen antamiin arvoihin palautumisesta ja fyysisestä aktiivisuudesta.

Sykevaihdelun mittausjakson standardoidut pituudet ovat 5 minuuttia ja 24 tuntia (Task Force 1996). Tässä tutkimuksessa mittausjaksojen pituudet eivät olleet aivan 24 tunnin mittaisia. Kaikki jaksot olivat kuitenkin yli 18 tuntia, jota pidetään pitkäaikaismittauksien ja niistä tehtyjen aikakenttämenetelmäpohjaisten analyysien alarajana (Task Force 1996). Mittaus oli jatkuva ja ohjelmistovalmistaja Firstbeatin suosittelu. Pitkäaikaismittausten fyysisen aktiivisuuden ja emotionaalisten seikkojen vaikutuksista tiedetään melko vähän ja suositeltavaa on, että nämä seikat raportoinnissa tarkoin kuvataan (Task Force 1996). Tähän on tässäkin tutkimuksessa pyritty, mutta huomioonottaen harjoitustilanteiden monenkirjavan vaikutuksen esimerkiksi koehenkilöiden psyykeen, on tämä ollut vaikea tehtävä. Sykevaihdelun mittaustuloksia on käytetty ennen kaikkea muiden stressin arviointimenetelmien tukena. Mittausjaksojen sykevaihdelun jatkoanalysoinnilla on edelleen mahdollista tarkemmin pyrkiä selittämään

esiintyneitä muutoksia. Esimerkiksi LF/HF sykevaihtelun suhteen katsotaan yleisesti heijastavan sympaattis- vagaalista tasapainoa (McCraty ym. 1995; Otzenberger ym. 1998; Task Force 1996) tai sympaattista säätelyä (Task Force 1996).

Hormonien sykäyksittäinen erittyminen voi aiheuttaa epätarkkuutta mittaustuloksiin. Joissain tutkimuksissa hormonien rytmi on otettu tarkasti huomioon ennen kaikkea kasvuhormonin osalta, jonka sykäyksittäinen esiintymistapa voi muutoin antaa väärin tulkittavia tuloksia. Nindl ym. (2006) suorittivat sotilaiden kuormitusmittauksissa 12 tunnin hormonaalisen profiilin mittaukset, jossa kasvuhormonin, lutenisoivan hormonin ja leptiinin osalta näytteet otettiin joka 20 minuutti. Muiden hormonien osalta näytteet otettiin kahden tunnin välein. Sotilaallisessa toiminnassa ja kenttäolosuhteissa verikokeiden ottaminen on kuitenkin kohtuullisen hankalaa. Hormonien mittausta voi mahdollisesti helpottaa ottamalla näytteet syljestä. Tämän menetelmän käyttöä sotilasympäristössä tulee jatkossa harkita ja tutkia.

7.5. Tulosten sovellettavuus ja jatkotutkimusongelmat

Sotilaan fyysistä ja psyykkistä kuormittumista on Suomen puolustusvoimissa tutkittu verrattain niukasti. Puolustusvoimien henkilöstöpäällikön asettaman asiantuntijaryhmän tekemän selvitystyön ”*Taistelija 2005 – fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminta*” (PEkoul-os. 2002) ja puolustusvoimien ”*Liikuntastrategia 2007 – 2016*” (PEhenk-os 2007) mukaan liikuntatieteelliseen tutkimustoimintaan tullaan jatkossa kiinnittämään puolustusvoimissakin enemmän huomiota. Yhteistyö ja kumppanuussuhteet puolustusvoimien sisällä ja ulkopuolella sekä kansainvälisesti ovat laadukkaan ja luotettavan tutkimustoiminnan edellytys. Tutkimuksen tekeminen avartaa usein käsiteltävää aihealuetta ja tuo esiin uusia kehityskohteita tai vahvistaa aiempia oletuksia. Luotettavien tutkimustuloksien avulla voidaan parhaimmillaan kehittää käytännön toimintaa kuten esimerkiksi koulutusta tai taktiikkaa. Tämäkin tutkimus avasi mielenkiintoisia jatkotutkimusongelmia.

Johtajien kuormittuminen sotilaallisissa tehtävissä kaipaa lisätutkimusta. Kansainvälisesti asiaa lienee tutkittu, mutta kansallinen tutkimus aiheesta on varmasti tarpeen. Kokonaiskuormittumiseen vaikuttaa myös psyykkinen osa-alue, jonka tutkiminen on erittäin haastavaa ja mielenkiintoista. Johtajan psyykkiseen ja fyysiseen kuormittumiseen voi vaikuttaa osaltaan jopa kansalliset luonteenpiirteet ja johtamistapa. Syväjohtamisen ja sotilaan toimintakyvyn malliin kuuluu osana myös fyysinen ulottuvuus, jonka tutkiminen tulisi olla osa johtamisen ja

liikunta-alan yhteistä intressiä. Tämän tutkimuksen perusteella ryhmänjohtajien kuormitus oli mahdollisesti suurempaa kuin muiden taistelijoiden. Epäselvää on kuitenkin, mistä tämä johtuu? Onko kuormitus enemmän fyysistä vai psyykkistä? Tämän tutkimuksen otokset johtajien osalta olivat pieniä ja tulokset eivät näin ollen ole kovin yleistettäviä.

Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa tiedustelijoiden ja muiden samankaltaisissa tehtävissä olevien sotilaiden koulutuksessa. Tuloksia voidaan esittää ja soveltaa koulutettaessa esimerkiksi sotilaan toimintakyvyn ylläpitämistä tai arvioitaessa sen tarpeellisuutta erilaisissa tehtävissä (mm. tehtävän pituus ja fyysinen kuormittavuus). Tältä osin tämä tutkimus antaa tietoa ennen kaikkea ravinnon ja levon osuudesta palautumiseen alle neljän vuorokauden tehtävässä. Lisätutkimusta kaivataan luonnollisesti varusteista, fyysisestä suorituskyvystä jne.

Kenttätutkimuksen kohteena olevassa tiedusteluharjoituksessa todettiin sotilaiden kuormittuvan kohtuullisen matalatehoisella fyysisellä aktiivisuudella. Levon ja ennen kaikkea unen puute havaittiin keskeiseksi kuormittavaksi tekijäksi harjoituksessa. Koulutuksellisessa mielessä onkin jatkossa aiheellista tutkia tai ainakin kokeilla, onko tiedusteluryhmän toimintaa mahdollista tehostaa palautumisajan lisäämiseksi? Lisäksi aktiivisuudesta kaivataan lisätutkimusta, jossa käytettäisiin luotettavampia ja vaihtoehtoisia mittaamenetelmiä kuten ihmisen levon, unen ja aktiivisuuden syklejä mittaavaa laitetta eli actigraphia (eng. actigraph), jota on sotilasympäristössä käyttänyt mm Hoyt ym. (2006) mitatessaan norjalaisten kadettien energiatasapainoa. Laite on yleensä ranteessa kannettava ja se mittaa koehenkilön liikkumista pitkällä aikajaksolla (Littner ym. 2002). Lisäksi voidaan käyttää koehenkilöiden aktiivisuudesta kertovaa kyselyä tai päiväkirjaa.

7.6. Johtopäätökset

I.

Partiotiedusteluharjoitus ei ollut hengitys- ja verenkiertoelimistön osalta erityisen kuormittava. Kuormittavuus hyväkuntoisilla sotilailla muodostui matalaintensiteettisestä pitkäkestoisesta rasituksesta. Harjoituksen aikainen RMSSD:n lasku osoitti sympaattis- vagoalisen säätelyn aktiivisuuden muutoksia laskien parasympaattista aktiivisuutta. Sotilaiden fysiologiset vasteet heijastivat harjoituksen aiheuttamaa sotilaallista fyysistä stressiä, joka tulee huomioida koulutuksessa sekä harjoitusten toteutuksessa ja suunnittelussa.

II.

Tutkimuksen tulokset osoittivat sotilaiden kärsivän huomattavan negatiivisesta energia- ja nestetasapainosta partiotiedusteluharjoituksessa. Tästä huolimatta sotilaat säilyttivät korkean aktiivisuuden tason. Huomattavalla energiavajeella ei näytä olevan suurta merkitystä tehtävien suorittamiseen lyhyissä (< 4 vrk) harjoituksissa hyväkuntoisilla sotilailla. Koulutuksessa on kuitenkin nostettava sopivassa suhteessa esiin energiatasapainon ja sen palauttamisen merkitys toimintakyvyn säilyttämiseksi.

III.

Tiedustelijat nukkuivat kertomansa mukaan erittäin vähän eli keskimäärin alle kaksi tuntia vuorokaudessa. Lepoon ja huoltoon käytettävää aikaa oli huomattavasti enemmän eli keskimäärin kuusi tuntia vuorokaudessa. Sykemuuttujien mukaan palautuminen oli riittämätöntä. Johtajakoulutuksessa on jatkossa otettava huomioon tehtävien järkevä organisointi sotilaiden lepoon käytettävän ajan optimoimiseksi.

8. LOPUKSI

Kokeellisen tutkimuksen tekijöiden on huolellisesti valmistauduttava tehtäviin kenttämittauksiin. Varavälineitä, paristoja ja käytännön kokemusta mittausteistosta on hyvä varata mukaan. Pilottitesti ja laitteiden käytön opetteleminen on tärkeä osa tutkimuksen alkuvalmisteluja. Koska liikuntatieteellisen tutkimuksen tekeminen Maanpuolustuskorkeakoululla on vasta aluillaan, haluan rohkaista siitä kiinnostuneita aiheen pariin. Eksperimentaalisen tutkimusaineiston hankkiminen on varmasti haastavaa, mutta myös erityisen palkitsevaa.

Tutkimuksen tukemisesta kiitän Maanpuolustuskorkeakoulun koulutustaidon laitoksen fyysisen kasvatuksen ryhmää, jonka rahallinen tuki mahdollisti hormonien laboratorioanalyysin. Haminan varuskunnan henkilöstöä ja erityisesti terveysaseman osaavaa henkilökuntaa kiitän onnistuneesta yhteistyöstä tutkimusmittauksiin liittyen. Erityiskiitokset haluan esittää vapaaehtoisille tutkimukseen osallistuneille tiedustelijoille, perheelleni ja muille tukijoille.

LÄHTEET

ACMC's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Seventh edition, 2006. Lippincott Williams & Wilkins.

Adlercreutz, H., Härkönen, M., Kuoppasalmi, H., Näveri, H., Huhtaniemi, I., Tikkanen, H., Remes, K., Dessypris, A. & Karvonen, J. 1986. Effects of Training on Plasma Anabolic and Catabolic Hormones and Their Response During Physical Exercise. *Int. J. Sports Med.* (1986) 27-28 Supplement © Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York.

Adolph, E.F., and Associates. 1947. *Physiology of man in the desert*. New York: Intersciences, 1947, Fig. 10-2.

Anttila, J. 2002. Oppimaan ohjaaminen käytännössä. Teoksessa Toiskallio, J., Kallioma, M., Halonen, P. & Anttila, J. 2002. *Sotilaspedagogiikkaa kouluttajille*. Vaasa: Ykkös-Offset Oy.

Army Research Inst. of Environmental Medicine, Natick, MA. 2001a. Acceptability of Carbohydrate Gels During a 5-Day US Marine Corps Basic Officer Course Field Exercise. Technical rept. Nov 2001. 28p.

Army Research Inst. of Environmental Medicine, Natick, MA. 2001b. Acceptability of Carbohydrate Gels During a 5-Day U.S. Marine Corps Basic Officer Course Field Exercise. Technical rept. Sep 1999-Nov 2001. Nov 2001. 30p.

Aro, A., Mutanen, M., Nuutinen, L. & Uusitupa, M. 1993. *Kliininen ravitsemus*. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.

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

Booth, C. K., Probert, B., Forbes-Ewan, C. & Coad, R. A. 2006. Australian Army Recruits in Training Display Symptoms of Overtraining. *Military Medicine* Vol. 171, No.11, 1059- 1064.

Brenner, K., Thomas, S. & Shephard, R. 1998. Autonomic regulation of the circulation during

exercise and heat exposure. *Sports medicine*, 26 : 2, 85 – 99.

Bunt, J.C. 1986. Hormonal Alterations Due to Exercise. *Sports Medicine* 3: 331-345 (1986) 0112-1642/86/0900-0331.

Burstein, R., Coward, A.W., Askew, W.E., Carmel, K., Irving, C., Shpilberg, O., Moran, D., Pikarsky, A., Ginot, G., Sawyer, M., Golan, R. & Epstein, Y. 1996. Energy expenditure variations in soldiers performing military activities under cold and hot conditions. *Mil Med* 161: 750-754.

Buskirk, E.R., Iampietro, P.F. & Bass, D.E. 1958. Work Performance After Dehydration: Effects of Physical Conditioning and Heat Acclimatization. *J. Appl. Physiol.* 12(2): 189-194.

Cameron, E.H.D. & Jones, D.E. 1972. Some observations on the measurement of estradiol-17 β in human plasma by radioimmunoassay. *Steroids* 20, 737, 1972.

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, September 2003, pp. 213-221(9).

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 54 h Exercise and Caloric Deprivation. *Med. Sci Sports Exercise* Vol. 38, No. 5, pp. 894-900.

Chen, H.-I. 1991. Effects of 30-h sleep loss on cardiorespiratory functions at rest and in exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 23(2):193-198.

Cline, A.D., Tharion, W.J., Tulley, R.T., Hotson, N. & Lieberman, H.R. 2000. Influence of carbohydrate drink on nutrition status, body composition and mood during desert training. *Aviat Space & Env Med* 71: 37-44.

Consolanzio, C.F., Nelson, R.A., Daws, T.A., Krzywicki, H.J., Johnson, H.L. & Barnhart, R.A. 1971. Body weight, heart rate, and ventilatory volume relationships to oxygen uptake. *American Journal of Clinical Nutrition* 24:1180-1185.

- Costill, D.L. & Saltin, B. 1974. Changes in the ratio of venous to body hematocrit following dehydration. *J. Appl. Physiol.* 36(5): 608-610.
- Cumming, D., Quigley, M. & Yen, S. 1983. Acute suppression of circulation testosterone level by cortisol in men. *J Clin Endocrinol Metab* 57: 671-673.
- Cunningham, JJ. 1980. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am J Clin Nutr.* 1980; Nov;33(11):2372-4.
- Cunningham, JJ. 1991. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr.* 1991; 54: 963-969.
- David, W. 1995. Developing a supercharged battalion; physical fitness and mental toughness. Pohjoismaisen liikuntakonferenssin raportti: Fysisk yteevne – ingen operativ betydning, 28- 33. Norges idrettshogskole. Oslo.
- Dean, C.E. 2005. The modern warrior's combat load - dismounted combat operations in Afghanistan. US Army. USA. Teoksessa International Congress on Soldiers' Physical Performance. May 18-22, 2005, Jyväskylä, Finland. Congress Proceedings.
- Dill, DB. & Costill, DL. 1974. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma and red cells in dehydration. *J Appl Physiol* 37:247-248.
- Dressendorfer, R. & Wade, C. 1991. Effects of a 15-d race on plasma steroid levels and leg muscle fitness in runners. *Med Sci Sports Exercise* 23: 954-958.
- Durnin, J. & Womersley, J. 1974. Body fat assesse from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition.* 32, 77-97.
- Fahrner, C. & Hackney, A. 1998 Effects of endurance exercise on free testosterone concentration and the binding affinity of sex hormone binding globulin (SHBG). *Int J Sports Med* 19: 12-15.
- Falls, H.B. (editor) 1968. *Exercise physiology.* Academic Press. New York and London.

Fernandez-Garcia, B., Lucia, A., Hoyos, J., Chicharro, J.L., Rodriguez-Alonso, M., Bandres, F. & Terrados, N. 2002. The response of sexual and stress hormones of male pro-cyclists during continuous intense competition. *International journal of sports medicine* 2002 Nov; 23(8): 555-60.

Firstbeat Technologies Ltd. 2007a. Energy Expenditure Estimation Method Based on Heart Rate Measurement Published: Feb 2007. White paper. <http://www.firstbeattechnologies.com>. Tulostettu 9.1.2008.

Firstbeat Technologies Ltd. 2007b. VO2 Estimation Method Based on Heart Rate Measurement. Feb 2007. White paper. <http://www.firstbeattechnologies.com>. Tulostettu 9.1.2008.

FitWare Oy. 2004. MILFIT testaus ja analysointi-opas.

FitWare Oy. 2005. MILFIT 4 - pikakäyttöohjeet 11.5.2005.

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

Fogelholm, M. & Rehunen, S. 1996. Ravitseminen, liikunta ja terveys Gummerus Kirjapaino Oy Jyväskylä.

Friedl, K.E. & Hoyt, R.W. 1997. Development and biomedical testing of military operational rations. *Annual Review of Nutrition*, July 1997, Vol. 17, Pages 51-75

Friedl, K.E., Moore, R.J., Hoyt, R.W., Marchitelli, L.J., Martinez-Lopez, L.E. & Askew, W.E. 2000. Endocrine markers of semistarvation in healthy lean men in a multistressor environment. *Journal of Applied Physiology* 88: 1820–1830.

Gomez-Merino, D., Chennaoui, M., Burnat, P., Drogou, C. & Guezennec, C.Y. 2003. Immune and hormonal changes following intense military training. *Military medicine* 2003 Dec; 168(12): 1034-8.

Goodman, J., Radomski, M., Hart, L., Plyley, M. & Shephard, R.J. 1989. Maximal aerobic exercise following prolonged sleep deprivation. *Int J Sports Med.* 10, 419-423.

Greenleaf, J.E., Convertino, V.A. & Mangseth, G.R. 1979. Plasma volume during stress in man: osmolality and red cell volume J. Appl. Physiol. 47:1031-1038.

Grimby, G. 1969. Respiration in exercise. Med Sci Sports Exerc 1969;1:9.

Guezennec, C.Y., Satabin, B., Legrand, H. & Bigard, A. X. 1994. Physical performance and metabolic changes induced by combined prolonged exercise and different energy in-takes in humans. European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology. Vol. 6, No. 6, 525-530.

Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2006. Textbook of Medical Physiology, 11th edition. Elsevier Inc, Philadelphia, Pennsylvania.

Haavisto, M-L. 2007. Univaje ja toimintakyky. Opetusmoniste 25.05.2007. Materiaali tutkijan hallussa.

Hackney, A. 1989. Endurance training and testosterone. Int J Sports Med 8: 298-303.

Hackney, A. 1996. The male reproductive system and endurance exercise. Med Sci Sports Exerc 28(2): 180-189.

Halonen, P. 2002. Opetusmenetelmät. Teoksessa Toiskallio J., Kallioma M., Halonen P. & Anttila J. 2002. Sotilaspedagogiikkaa kouluttajille. Vaasa: Ykkös-Offset Oy.

Haskell, W., Yee, M.C., Evans, A. & Irby, P. 1993. Simultaneous measurement of heart rate and body motion to quantitate physical activity. Medicine and Science in Sports and Exercise 25(1):109-115.

Hauswirth, C., Bigard, AX. & Guezennec, CY. 1997. Relationships between running mechanics and energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon. Int J Sports Med. 1997 Jul;18(5):330-9

Hawley, J. 2003. Nutritional strategies to enhance fat oxidation during aerobic exercise. Teoksessa Burke, L, Deakin, V. ed. Clinical Sports Nutrition. The McGraw-Hill Companies,

Inc.

Hedman, A.E., Hartikainen, J.E.K., Tahvanainen, K.U.O. & Hakumäki, M.O.K. 1992. Power spectral analysis of heart rate and blood pressure variability in anaesthetized dogs. *Acta Physiol Scand* 146: 155-164.

Heinonen, R. 2007. Applicability of heart rate variability analysis to assessment of stress and recovery during work. In Finnish: Sykevälivaihteluanalyysin soveltuvuus rentoutumisen ja työn kuormittavuuden arviointiin. Master's Thesis. Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Finland http://thesis.jyu.fi/07/URN_NBN_fi_jyu-2007325.pdf.

Heller Inst. of Medical Research, Israel. 1994. Energy Balance In Military Recruits Performing Intense Physical Efforts Under Extreme Climate Conditions. Final rept. 13 Nov 94. 33p.

Ho, KY., Veldhuis, JD., Johnson, ML., Furlanetto, R., Evans, WS., Alberti, KGMM. & Thorner, M. 1988. Fasting enhances growth hormone secretion and amplifies the complex rhythms of growth hormone secretion in man. *J Clin Invest* 81: 968-975.

Hoyt, RW., Opstad, PK., Haugen, A-H., DeLany, JP., Cymerman, A & Friedl, KE. 2006. Negative energy balance in male and female rangers: effects of 7 d of sustained exercise and food deprivation. *Am J Clin Nutr* 2006;83:1068 –75.

Härmä, M. & Sallinen, M. 2000. Univaje terveysriskinä. *Duodecim* 116(20):2267-73.

Ilander, O. 2006. Proteiinit. Teoksessa Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. 2006. Liikuntaravitsemus. Gummerus Kirjapaino Oy Jyväskylä.

Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. 2006. Liikuntaravitsemus. Gummerus Kirjapaino Oy Jyväskylä.

Isgaard, J, Carlsson, L, Isaksson, OGP. & Jansson, J-O. 1988. Pulsatile intravenous growth hormone (GH) infusion to hypophysectomised rats increases insulin-like growth factor I messenger ribonucleic acid more effectively than continuous GH infusion. *Endocrinology* 1988; 123: 2605–10.

Jeukendrup, A. & Gleeson, M. 2004. Sport Nutrition – An Introduction to Energy Production and Performance. Human Kinetics Publishers, Inc. The United States of America.

Jouanin, J-E, Dussault, C., Pérès, M., Satabin, P., Piérard, C. & Guézennec, C.Y. 2004. Analysis of Heart Rate Variability after a Ranger Training Course. *Military Medicine*, Vol. 169, No. 8:583-587.

Kalliomaa, M. 2002. Teoksessa Toiskallio, J., Kalliomaa, M., Halonen P. & Anttila J. 2002. Sotilaspedagogiikkaa kouluttajille. Vaasa: Ykkös-Offset Oy.

Keskinen, KL. 2004. Hengitys- ja verenkiertoelimistö ja kuormitus. Teoksessa Mero A., Nummela A., Keskinen K. & Häkkinen K. 2004. Urheiluvallmennus. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Keskinen, KL, Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja, Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 156. Tammer.-Paino Oy.

Knapik, J. J. Reynolds, K. L. & Harman, E. 2004. Soldier Load Carriage: Historical, Physiological, Biomechanical and Medical Aspects. *Military Medicine*, Vol. 169.

Koli, M. 1992. Sotavarusteteknologian kehittymisen asettamat haasteet suomalaisen maataisteluoopin jatkokehittämiseksi. Finnish Defence Studies 4. Teoksessa Sodankäynnin muutokset ja puolustusjärjestelmän kehittämistarpeet. Maanpuolustuskorkeakoulu. Taktiikan laitos. Painatuskeskus Oy.

Kontula, K., Leinonen, P. & Jänne, O. 2000. Endokriininen järjestelmä. Teoksessa Välimäki, M., Sane, T. & Dunkel, L (toim.) 2000. Endokrinologia. 1.painos. Karisto Oy, Hämeenlinna.

Koutedakis, Y., Budgett, R. & Faulmann, L. 1990. Rest in underperforming elite competitors. *British Journal of Sports Medicine*, Vol 24, Issue 4 248-252.

Kramer, T.R., Moore, R.J., Shippee, R.L., Friedl, K.E., Martinez-Lopez, L., Chan, M.M. & Askew, E.W. 1997. Effects of Food Restriction in Military Training on T-Lymphocyte Responses. *Int J Sports Med* 1997; 18: S84-S90.

Kunz-Ebrecht, SR., Mohamed-Ali, V., Feldman, PJ., Kirschbaum, C. & Steptoe, A. 2003. Cortisol responses to mild psychological stress are inversely associated with proinflammatory cytokines. *Brain, behavior and immunity* 2003, vol. 17, no5, pp. 373-383.

Kuoppasalmi, K. 1981. Effects of exercise stress on human plasma hormone levels – with special reference to steroid hormones. Academic dissertation. Helsingin yliopiston monistuspalvelu. Painatusjaos Helsinki.

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

Kyröläinen, H., Karinkanta, J., Santtila, M., Koski, H., Mäntysaari, M. & Pullinen, T. 2007. Hormonal responses during a prolonged military field exercise with variable exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2007 Nov 27; : 18040709 .

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

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

Lamonte, M.J. & Ainsworth, B.E. 2001. Quantifying energy expenditure and physical activity in the context of dose response. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33(6):S370-S378.

Lindholm, H., Ilmarinen, R., Santtila, M., Oksa, J., Rissanen, S., Hirvonen, A., Mälkiä, E., Rusko, H., Mäntysaari, M. & Kyröläinen, H. 2007. Sotilastyön tehtäväkohtainen energiankulutus, eri tehtävien edellyttämä fyysinen minimisuorituskky ja kuormituksen sekä kuormittumisen arviointi kenttäoloissa. Julkaisematon lähde. Raportti tutkijan hallussa.

Linnankylä, K. 2004. Ortostaattinen sykevaihdtelu, mieliala ja hormonipitoisuudet uimareilla eri harjoituskausilla. Liikuntafysiologian Pro-Gradu –tutkielma. Liikuntabiologian laitos. Jy-

väskylän yliopisto.

Littner, M., Kushida CA., Anderson, W McD., Bailey, B., Berry, RB., Davila, DG., Hirshkowitz M., Kapen, S., Kramer, M., Loubé, D., Wise, M. & Johnson SF. 2002. Practice Parameters for the Role of Actigraphy in the Study of Sleep and Circadian Rhythms: An Update for 2002. SLEEP, Vol. 26, No. 3.

Liukkonen, J. 2004. Urheilupsykologia. Teoksessa Mero A., Nummela A., Keskinen K. & Häkkinen K. 2004. Urheiluväitöskirja. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Maavoimaesikunta. 2004. Maavoimien järjestelmät. Teoksessa Puolustusjärjestelmien kehitys. Sotatekninen arvio ja ennuste 2030 – STAE 2020, osa 2. Edita Prima Oy, Helsinki.

MacLaren, D.P.M., Reilly, T., Campbell, I. T. & Hopkin, C. 1999. Hormonal and metabolic responses to maintained hyperglycemia during prolonged exercise. J. Appl. Physiol. 87(1): 124–131.

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

Marniemi, A. & Ilander, O. 2006. Hiilihydraatit; Rasvat. Teoksessa Ilander, O., Borg, P., Laaksonen, M., Mursu, J., Ray, C., Pethman, K. & Marniemi, A. 2006. Liikuntaravitsemus. Gummerus Kirjapaino Oy Jyväskylä.

Martinmäki, K. 2002. Sydämen parasympaattisen säätelyn arvioiminen sykevaihtelun avulla - autonomisen hermoston salpaustutkimus. LFY.312. Ohjaajat: Oja P. & Kyröläinen H. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto.

McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2007. Exercise Physiology. Energy, Nutrition & Human Performance, Sixth edition. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia.

McCarty, R., Atkinson, M., Tiller, WA., Rein, G. & Watkins, AD. 1995. The Effects of Emotions on Short-Term Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability. American Journal of Cardiology. 1995; 76(14): 1089-1093.

- Mero, A. 2004. Ravinto ja kuormitus. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Mero, A., Kyröläinen, H. & Häkkinen, K. 2004. Hermolihasjärjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Mero A., Nummela A., Keskinen K. & Häkkinen K. 2004. Urheiluvalmennus. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Metsämuuronen, J. 2005. Metodologian perusteet ihmistieteissä. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Myllymäki, T. 2006. Heart Rate Variability –Based Recovery during Sleep Compared to Movement Analysis, Subjective Ratings and Cortisol Awakening Responses. Master's Thesis in Exercise Physiology. Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä.
- Nachtigall, D, Nielsen, P, Fischer, R, Engelhardt, R, Gabbe, EE. 1996. Iron deficiency in distance runners. A reinvestigation using Fe-labelling and non-invasive liver iron quantification. *Int J Sports Med.* 1996 Oct;17(7):473-9.
- Narkilahti, S., Nykänen, V., Ramu, M. & Tammelin, J. 2007. Reserviupseerikoulun Sissikomppanian kouluttajien haastattelu 15.11.2007 Hamina. Materiaali tekijän hallussa.
- Nelson, N, Eichna, LW, Bean, WB. 1943. Determination of water and salt requirements for desert operations. Fort Knox, KY: Armored Force Medical Research Laboratory, 1943. (Report no. 2-6.).
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-T. 1989. Ihmisen Fysiologia ja anatomia. WSOY:n graafiset laitokset. Porvoo.
- Nindl, Bradley C., Rarick, Kevin R., Castellani John W., Tuckow Alexander P., Patton John F., Young Andrew J. & Montain Scott J. 2006. Altered secretion of growth hormone and luteinizing hormone after 84 h of sustained physical exertion superimposed on caloric and sleep restriction. *J Appl Physiol* 100: 120-128, 2006. First published September 1, 2005.

Nordic Nutrition Recommendations. 2004. 4th edition Integrating nutrition and physical activity Nord 2004:13.

Nummela, A. 2004. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Nummenmaa, L. 2006. Käyttötieteiden tilastolliset menetelmät. Vammalan kirjapaino Oy. Vammala.

Opstad, PK. 1992a. The hypothalamo-pituitary regulation of androgen secretion in young men after prolonged physical stress combined with energy and sleep deprivation. *Acta Endocrinol* 127: 231-236.

Opstad, PK. 1992b. Androgenic Hormones during Prolonged Physical Stress, Sleep, and Energy Deficiency. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* Vol. 74, No. 5. Downloaded from jcem.endojournals.org by on January 31, 2008.

Opstad, PK. 1994. Circadian rhythm of hormones is extinguished during prolonged physical stress, sleep and energy deficiency in young men. *European journal of endocrinology / European Federation of Endocrine Societies* 131, 56-66.

Opstad, PK & Aakvaag, A. 1981. The effect of a high calory diet on hormonal changes in young men during prolonged physical strain and sleep deprivation. *European Journal of Applied Physiology* Volume 46, Number 1 / April, 1981.

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.

PEhenk-os. 2007. Puolustusvoimien Liikuntastrategia 2007-2016. Edita Prima Oy.

PEkoul-os. 2002. Raportti. Taistelija 2005 - Fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminta

17.12.2002.

PEkoul-os. 2006. Testaajan käsikirja, Luonnos.

PEkoul-os:n PAK C 1:3. Sotilaalle asetettavat yleiset vaatimukset.

PEmaav-os. 2003. Tiedusteluopas. Edita Prima Oy. Helsinki.

PEmaav-os:n PAK 2:1.2. 2005. Maavoimien reserviupseerikurssin opetussuunnitelma. (Sisältää Reserviupseerikoulun yksiköiden opetussuunnitelmat).

Pethman, K. & Ilander, O. 2006. Ruoka ja ruokavalion koostaminen. Teoksessa Ilander O., Borg P., Laaksonen M., Mursu J., Ray C., Pethman K. & Marniemi A. 2006. Liikuntaravitsemus. Gummerus Kirjapaino Oy Jyväskylä.

Polanczyk, C.A., Rohde, L.E.P., Moraes, R.S., Ferlin, E.L., Leite, C. & Ribeiro, J.P. 1998. Sympathetic nervous system representation in time and frequency domain indices of heart rate variability. *European Journal of Applied Physiology* 79, 69-73.

Pulkkinen, A. 2003. Uusien sykkeeseen perustuvien hapenkulutuksen arviointimenetelmien tarkkuus. Jyväskylän yliopisto, Liikuntabiologian laitos.

Pulkkinen, A., Kettunen, J., Saalasti, S. & Rusko, H.K. 2003. Accuracy of VO₂ estimation increases with heart period derived measure of respiration. ACSM Congress, San Francisco, May 28-31, 2003. Abstract: *Med Sci Sports Exerc* 35(5): Suppl: 192.

Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. 1999. Fyysisen harjoittamisen perusteet. Ykkös-Offset Oy. Vaasa.

Pääesikunta/Koulutusosasto. 2006. Kouluttajan opas. Edita Prima Oy, Helsinki.

Raglin, JS., Koceja, DM., Stager, JM & Harms, CA. 1996. Mood, neuromuscular function, and performance during training in female swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 28(3):372-377, March 1996.

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.

Reserviupseerikoulu. 2005. Tiedustelujoukkueen koulutusohjesääntö 2005. Materiaali tutkijan hallussa.

Ritvanen, T. 2006. Seasonal psychophysiological stress of teachers related to age and aerobic fitness. Kuopion yliopiston julkaisuja D. Lääketiede.

Rudzki, SJ, Hazard, H. & Collinson, D. 1995. Gastrointestinal blood loss in triathletes: its etiology and relationship to sports anaemia. *Aust J Sci Med Sport*. 1995 Mar;27(1):3-8.

Ruotuväki 19/2004. <http://www.mil.fi/ruotuvaki>.

Saalasti, S. 2003. Neural networks for heart rate time series analysis. Academic Dissertation. University of Jyväskylä, Department of Mathematical Information Technology. <http://selene.lib.jyu.fi:8080/vaitos/studies/studcomp/951391707X.pdf> 17.2.2008.

Saalasti, S., Kettunen, J., Pulkkinen, A. & Rusko, H. 2002. Monitoring respiratory activity in field: Applications for exercise training. Science for Success conference. Jyväskylä 2-4 Oct 2002.

Sallinen, J. & Mero, A. 2004. Ravinnonkäytön seuranta. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Salonen, M. 2007. Johtajakoulutusohjelman toteutus reserviupseerikoulun reserviupseerikursilla. Maanpuolustuskorkeakoulu.

Saltin, B. 1964. Aerobic and anaerobic work capacity after dehydration. *Journal of Applied Physiology* 19(6): 1114-1118.

Sane, T. 2000. Hypotalamus, aivolisäkkeen etulohko ja käpylisäke. Teoksessa Välimäki M., Sane T. & Dunkel L (toim.) 2000. Endokrinologia. 1.painos. Karisto Oy, Hämeenlinna.

- Santtila, M. 2004. PEkoulu os:n opetustilaisuus LmpA:n liikuntakasvatusupseereille 18.10.2004. Urheilukoulu/Hämeen Rykmentti. Näyttöesitys tutkijan hallussa.
- Sawka, MN. & Coyle, EF. 1999. Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exerc Sport Sci Rev* 1999;27:167.
- Sawka, MN. & Montain, SJ. 2000. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *Am J Clin Nutr* 2000;72(suppl):564S–72S.
- Senay, L.C. Jr. 1970. Movement of water, protein and crystalloids between vascular and extravascular compartments in heat-exposed men during dehydration and following limited relief of dehydration. *J. Physiol.* 1970;210;617-635.
- Shaskey, DJ & Green, GA. 2000. Sports haematology. *Sports Med.* 2000 Jan;29(1):27-38.
- Stenman, U-H. 2000. Hormonien määrittäminen. Teoksessa Välimäki M., Sane T. & Dunkel L (toim.) 2000. *Endokrinologia*. 1.painos. Karisto Oy, Hämeenlinna.
- Suihkonen, M. 2005. Epäsuoran hapenotto- ja keuhko- ja sydänfunktion validointi ja soveltaminen 2003 reserviläistutkimukseen. Maanpuolustuskorkeakoulu.
- Sukanen, P. 2004. Erilaisten tehoharjoitusten akuutti vaikutus sykevaihteluun kestävyysurheilijoilla. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Liikuntafysiologian Pro gradu-tutkielma.
- Symons, JD., VanHelder, T. & Myles, WS. 1988. Physical performance and physiological responses following 60 hours of sleep deprivation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol 20, No 4, 374-380.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, 93, 1043 - 1065.
- Tharion, WJ., Baker-Fulco, CJ., Bovill, ME., Montain, SM., DeLany, JP., Champagne, CM., Hoyt, RW & Lieberman, HR. 2004. Adequacy of Garrison feeding for Special Forces soldiers

during training. *Mil-Med.* 2004 Jun; 169(6): 483-90.

Tharion, WJ., Lieberman, HR., Montain, SJ., Young, AJ., Baker-Fulco, CJ., DeLany, JP. & Hoyt, RW. 2005. Energy requirements of military personnel. *Appetite* 44 (2005) 47-65.

Thomas, J. & Nelson, J. 2001. *Research methods in physical activity*. Fourth edition. the United States of America: Human Kinetics.

Toiskallio, J. 1998a. *Sotilaspedagogiikan perusteet*. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Hämeenlinna: Karisto Oy.

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

Toiskallio, J., Kalliomaa, M., Halonen P. & Anttila J. 2002. *Sotilaspedagogiikkaa kouluttajille*. Vaasa: Ykkös-Offset Oy.

Tortora, GJ. & Grabowski, SR. 1996. *Principles of Anatomy and Physiology*. New York: Harper Collins Collage Publications.

Tulppala, E. *Talousvarikon päällikkö 2004*. Haastattelu Suomen Sotilaassa 3/2004.

Tulppo, M., Mäkikallio, T., Seppänen, T., Laukkanen, R. & Huikuri, H. 1998. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *American journal of physiology* 274 : 424 – 429.

Turun yliopistollisen keskussairaalan laboratorio. 1997. <http://ohjekirja.tykslab.fi/> 23.12.2007.

Uusitalo, A. 1998. Ability of non-invasive and invasive methods of autonomic function measurements and stress hormones to indicate endurance training-induced stress. *Acta Universitatis Tamperensis* 621.

Uusitalo, A.L.T., Tahvanainen, K.U.O., Uusitalo, A.J. & Rusko, H.K. 1996. Non-invasive evaluation of sympathovagal balance in athletes by time and frequency domain analyses of heart rate and blood pressure variability. *Clinical Physiology* 16, 575-588.

Vaara, J., Kyröläinen, H., Oksanen, H., Siiskonen, V., Koivu, M., Mattila, R., Mäntysaari, M., Lyytinen, H., Virravirta, M. & Finni, T. 2007. Kuudenkymmenen tunnin valvomisen fysiologiset ja psykologiset vasteet sekä vaikutukset hermolihasjärjestelmän toimintaan ja oppimiseen. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Edita Prima Oy.

Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2005. Suomalaiset ravitsemussuositukset – ravinto ja liikunta tasapainoon. Edita Prima Oy Helsinki.

Van Erp-Baart, A.M.J., Saris, W.H.M., Birkhorst, R.A., Voos, J.A. & Elvers, J.W.H. 1989. Nationwide surveys on nutritional habits in elite athletes. Part I: Energy, carbohydrate, protein and fat intake. *Int J Sports Med* 10. supp 11:3-10.

Välimäki, M. 2000. Kilpirauhanen. Teoksessa Välimäki M., Sane T. & Dunkel L (toim.) 2000. *Endokrinologia*. 1.painos. Karisto Oy, Hämeenlinna.

Välimäki, M., Sane, T. & Dunkel, L (toim.) 2000. *Endokrinologia*. 1.painos. Karisto Oy, Hämeenlinna.

Väänänen, I., Vasankari, T., Mäntysaari, M. & Vihko, V. 2002. Hormonal responses to daily strenuous walking during 4 successive days. *European journal of applied physiology* 2002 Nov; 88(1-2): 122-7.

Väänänen, I., Vasankari, T., Mäntysaari, M. & Vihko, V. 2004. Hormonal responses to 100 km cross-country skiing during 2 days. *Journal of sports medicine and physical fitness*. 2004 Sep; 44(3): 309-14.

Wansink, B., Cardello, A. & North, J. 2005. Fluid Consumption and the Potential Role of Canteen Shape in Minimizing Dehydration. *Military Medicine*, Vol, 170, October 2005.

World Health Organization. 2005. *Nutrients in Drinking Water*. Water, Sanitation and Health Protection and the Human Environment Geneva. ISBN 92 4 159398 9. Printed at the Printing and Binding Service WHO Geneva, Switzerland.

Wright, KP., Jr., Hull, JT. & Czeisler, CA. 2002. Relationship between alertness, perform-

ance, and body temperature in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 283: R1370–R1377, 2002. First published August 15, 2002; 10.1152/ajpregu.00205.2002

www.globalsecurity.org/military/world/russia/brm-1.htm 16.10.2007

www.firstbeattechnologies.com 17.4.2007

www.firstbeattechnologies.com 12.01.2008

www.foreca.fi 29.6.2007

www.frwd.fi 30.4.2007

Yamamoto, Y., Hughson, R. & Peterson, J. 1991. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. *Journal of applied physiology*, 71: 3, 1136 – 1142.

Yhtyneet laboratoriot. 2007. <http://www.yhtyneetlaboratoriot.fi/kasikirja/tutkimukset> 22.4.2007

Åstrand, P-O. & Saltin, B. 1964. Plasma and red cell volume after prolonged severe exercise. *J. Appl. Physiol.* 19 (5) : 829-832.

LIITTEET

LIITE 1

HENKILÖKOHTAINENVARUSTUS SUUNNASSATIEDUSTELUUN Miehellä päällä B-kehä

- maastopuku/lumipuku
- kumisaappaat/pakkassaappaat, pipo/lakki ja käsineet sään mukaan.
- ase ja kolme lipasta , sysäyksenvahvistin (kaksi lipasta lipastaskussa).Tarvikelaukussa kartta ja "häätämuona"
- kenttäpullo pakkasella takin alla narussa ja +asteilla tarvikelaukussa (Ase, päähine ja kasvot naamioituna)

REPPU / RINKKA = C-kehä (VM ja Radisti rinkka) Kummatkin mukaan harjoitukseen, toinen toimii varastona EK:n tai johtamispaikan alueella. Tehtävään otetaan listasta vain tarvittava, mutta kaikki nämä pitää olla mukana harjoituksessa, joka repussa tai rinkaissa. Kaikissa pitää olla nimi ja yksikkö.

- makuualusta
- makuupussi
- sissitakki /(pakkastakki)
- väliasu
- sadepuku
- sadeviitta
- asepuhdistusvälineet
- termospullo jossa kuumaa vettä ja kylmää vettä vähintään 2 kpl 1.5 L pullo jotka on suojattu makuupussiin ja sissitakin sisään
- trangua + polttoneste (poltin ja polttoneste sivutaskussa)
- vara päähine, esim.karvahattu, varakengät=varsikengät
- vara vaatteet muovipussissa (huom: kuivia sukkia 1pari/vrk min.)
- vetolankarulla + wc- paperia(nenäliina)
- irtohihnat 4+6
- muonat
- rinkansuojus maasto / valkea sään mukaan kiinnitettynä vähintään kahdesta kohdasta
- **kenttälapio (yksi kpl/ ryhmä -1RJ ottaa mukaan)**
- varakartta (kopio/vast. Voi olla 1:250000)
- a-tarvikkeet (jos ei kaikki mahdu lippaisiin)
- naamioverkko, taistelijan, kesä tai talvi säänmukaan (sääennuste...)Niille joille jaettu...
- **reppu M-60 (yksi kpl /partio ja ryhmä) (huom. viestivälineet aina repun sisällä VM:llä/ radistilla ja reppu on rinkan yläpussissa kun liikutaan rinkan kanssa)**

Miehellä aina mukana A-kehä

- ase
- tulitikut (vedenpitävässä rasiassa)
- puukko + (pihdit)
- maastovihko, muistiinpanovälineet ja käppyrä (muovipussissa)
- kartta 1: 50000 haminan varuskunta
- kompassi (+ käsis)
- koordinaattimittari
- earit ja kuppisuojaimet
- heijastin
- lusikka-haarukka
- ensiside (oikeassa reisitaskussa)+ muut ensiapu ja selviytymisvälineet
- naamioväri(t)
- kello
- lamppu
- vetolankarulla
- Jaetut viestiperusteet reisitaskussa
- kenttäpullo kaulassa narusta roikkumassa takin alla tai B-kehässä

POMS-testi

MA-PROFIILI Nimi _____ pvm _____ klo _____

Alla on luettelo tunnetiloista, joita kuka tahansa voi kokea. Käy luettelo läpi ensin huolellisesti. Ympyröi sen jälkeen kunkin rivin kirjaimista YKSI eli se vaihtoehto, joka parhaiten kuvaa sitä miltä sinusta on tuntunut vii-
meisimmän viikon aikana tämä päivä mukaan lukien.

A = ei lainkaan B= melko vähän C= jonkin verran D= melko paljon E = erittäin paljon

- | | |
|-------------------------|-----------|
| 1. Jännittynyt | A B C D E |
| 2. Masentunut | A B C D E |
| 3. Uupunut | A B C D E |
| 4. Hermostunut | A B C D E |
| 5. Selväjärkinen | A B C D E |
| 6. Hämmäntynyt | A B C D E |
| 7. Iloinen | A B C D E |
| 8. Epävarma | A B C D E |
| 9. Lopen uupunut | A B C D E |
| 10. Haluton | A B C D E |
| 11. Tuskainen | A B C D E |
| 12. Ärtynyt | A B C D E |
| 12. Riidanhaluinen | A B C D E |
| 13. Kireä | A B C D E |
| 14. Pahantuulinen | A B C D E |
| 15. Kapinoiva | A B C D E |
| 16. Alakuloinen | A B C D E |
| 17. Tarmokas | A B C D E |
| 18. Kyllästynyt | A B C D E |
| 19. Pakokauhun vallassa | A B C D E |
| 20. Tarkkaavainen | A B C D E |
| 21. Raivostunut | A B C D E |
| 22. Luottavainen | A B C D E |
| 23. Keskittymiskyvytön | A B C D E |
| 24. Väsynyt | A B C D E |
| 25. Elinvoimainen | A B C D E |

POMS-testi

MIELIALA-PROFIILI

Nimi _____ pvm _____ klo _____

Alla on luettelo tunnetiloista, joita kuka tahansa voi kokea. Käy luettelo läpi ensin huolellisesti. Ympyröi sen jälkeen kunkin rivin kirjaimista YKSI eli se vaihtoehto, joka parhaiten kuvaa sitä miltä sinusta on tuntunut vii-meisimmän vuorokauden aikana.

A = ei lainkaan B= melko vähän C= jonkin verran D= melko paljon E = erittäin paljon

- | | |
|-------------------------|-----------|
| 1. Jännittynyt | A B C D E |
| 2. Masentunut | A B C D E |
| 3. Uupunut | A B C D E |
| 4. Hermostunut | A B C D E |
| 5. Selväjärkinen | A B C D E |
| 6. Hämmäntynyt | A B C D E |
| 7. Iloinen | A B C D E |
| 8. Epävarma | A B C D E |
| 9. Lopen uupunut | A B C D E |
| 10. Haluton | A B C D E |
| 11. Tuskainen | A B C D E |
| 12. Ärtynyt | A B C D E |
| 12. Riidanhaluinen | A B C D E |
| 13. Kireä | A B C D E |
| 14. Pahantuulinen | A B C D E |
| 15. Kapinoiva | A B C D E |
| 16. Alakuloinen | A B C D E |
| 17. Tarmokas | A B C D E |
| 18. Kyllästynyt | A B C D E |
| 19. Pakokauhun vallassa | A B C D E |
| 20. Tarkkaavainen | A B C D E |
| 21. Raivostunut | A B C D E |
| 22. Luottavainen | A B C D E |
| 23. Keskitymiskyvytön | A B C D E |
| 24. Väsynyt | A B C D E |
| 25. Elinvoimainen | A B C D E |

