

**YLIMÄÄRÄISEN AAMUHARJOITUKSEN VAIKUTUS
YÖAIKAISEEN SYKEVÄLIVAIHTELUUN
TYTTÖJALKAPALLOILJOILLA**

Heidi Perälä

Pro Gradu –tutkielma

Biomekaniikka

Kevät 2008

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja: Teemu Pullinen

TIIVISTELMÄ

Perälä, Heidi 2008. Ylimääräisen aamuharjoituksen vaikutus yöaikaiseen sykevälivaihteluun tyttöjalkapalloilijoilla. Biomekaniikan pro gradu –tutkielma. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 62 s.

Tutkimuksessa tarkasteltiin tyttöjalkapalloilijoiden palautumista harjoituksista sykevälimuuttujien avulla. Osa samassa seurajoukkueessa pelaavista koehenkilöistä harjoitteli kaksi kertaa päivässä (ryhmä AI), ja osa kerran päivässä (ryhmä I). Koehenkilöryhmät olivat sekä antropometrisiltä ominaisuuksiltaan että suorituskyvyltään samankaltaiset. Koehenkilöiden sykedataa kerättiin 2,5 vuorokauden ajalta. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten ylimääräinen aamuharjoitus vaikuttaa palautumiseen seuraavan yön aikana, ja millä tavalla peräkkäisinä öinä mitatut sykemuuttujat eroavat toisistaan erilaisten harjoituspäivien jälkeen. Lepopäivän jälkeen rentoutumiseksi luokiteltavaa aikaa oli molemmilla ryhmillä lähes saman verran: ryhmällä I 79 % ja ryhmällä AI 84 %. Seuraavana yönä, kun ryhmällä AI oli takana kahdet harjoitukset, oli ryhmällä I rentoutumiseksi luokiteltavaa aikaa 82 % ja ryhmällä AI 70 %. Vastaavasti stressiksi luokiteltavaa aikaa oli lepopäivän jälkeen molemmilla ryhmillä 4 %, kun taas toisena yönä ryhmällä I oli stressiä 6 % ajasta ja ryhmällä AI 18 %. Kolmantena yönä, kun molemmilla oli takana yhden harjoituksen, olivat erot jälleen tasoittuneet: ryhmällä I oli rentoutumiseksi luokiteltavaa aikaa 82 % ja ryhmällä AI 77 % ja stressiksi luokiteltavaa aikaa ryhmällä I 3 % ja ryhmällä AI 6 %. Tilastollisesti merkitseviä olivat erot ryhmällä AI ensimmäisen ja toisen yön välillä. Ryhmien välillä ei kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä eroja löytenyt. Sydämen keskisyke oli ryhmällä I jokaisena yönä 58 ± 5 , kun taas ryhmällä AI oli ensimmäisenä yönä 55 ± 3 , toisena yönä 57 ± 4 ja kolmantena yönä 57 ± 3 . Tilastollinen merkitsevyys oli ainoastaan ryhmällä AI ensimmäisen ja viimeisen yön välillä. Korkeataajuksisen sykevälivaihtelun keskiarvo eri öinä vaihteli ryhmällä AI välillä 11168-13567 ms², kun taas ryhmän I keskiarvo oli välillä 4831-4909 ms².

Avainsanat: autonominen hermosto, sykevälivaihtelu, stressi, kuormittuminen, palautuminen

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	5
2 AUTONOMINEN HERMOSTO JA SYKEVÄLIVAIHTELU	7
2.1 Autonominen hermosto	7
2.1.1 Sympaattinen ja parasympaattinen hermosto.....	7
2.1.2 Autonomisen hermoston tutkiminen	9
2.2 Sykevälivaihtelu.....	10
2.3 Sykevälivaihteluun vaikuttavat tekijät	12
2.3.1 Ikä.....	12
2.3.2 Sukupuoli.....	13
2.3.3 Vuorokauden aika.....	14
2.3.4 Stressi.....	14
3 FYYSSINEN KUORMITUS JA SIITÄ PALAUTUMINEN	16
3.1 Fyysinen kuormitus jalkapallo-ottelussa	16
3.2 Sykevälivaihtelu fyysisessä kuormituksessa	16
3.3 Sykevälivaihtelu harjoituksesta palautumisen aikana	18
4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS	21
5 TUTKIMUSMENETELMÄT	22
5.1 Koehenkilöt.....	22
5.2 Koeasetelma.....	23
5.3 Alkumittaukset.....	24
5.4 Sykemittaukset.....	25
5.5 Kyselylomakkeet.....	26
5.6 Mittausten analysointi	26
5.6.1 Syketietojen analysointi.....	26
5.6.2 Tilastolliset analyysit.....	29
6 TULOKSET	30
6.1 Harjoitusten kuormittavuus	30
6.2 Stressi ja palautuminen.....	34

6.3 Muut tulokset	38
7 POHDINTA.....	42
7.1 Koeasetelma ja alkumittaukset	42
7.2 Harjoitusten kuormittavuus	43
7.3 Stressi ja palautuminen.....	45
7.4 Johtopäätökset.....	45
LÄHDELUETTELO	47
LIITE 1. Alkumittausten viitearvot	55
LIITE 2. Kuorman määrittäminen juoksumatolla	57
LIITE 3. Harjoituksen kuormittavuuden arviointilomake	58
LIITE 4. Palautuneisuuden arviointilomake	59

1 JOHDANTO

Jalkapalloa on perinteisesti pidetty miesten lajina, vaikka naiset ovat pelanneet ainakin 1800-luvulta asti. Ensimmäinen naisten jalkapallon EM-turnaus pidettiin vuonna 1982 ja MM-turnaus 1991, minkä jälkeen naisjalkapalloilu on kasvattanut suosiotaan vuosi vuodelta. Vuonna 2006 jalkapallo olikin Suomessa alle 18-vuotiaiden tyttöjen keskuudessa suosituin urheilulaji. Suomalaisen naisjalkapalloilun taso onkin viime vuosina kehittynyt huomasti; naisten maajoukkue ylsi neljanteen sijaan EM-lopputurnauksessa vuonna 2005, ja nuorten 19-vuotiaiden maajoukkue pääsi Unkarin EM-kisojen kautta Moskovan MM-turnaukseen 2006. Nyt maajoukkueella on edessä vuoden 2009 EM-kotikisat, mistä odotetaan hyviä tuloksia.

Suomessa naisten liigajoukkueiden resurssit ovat huomattavasti jalkapallon suurvaltioita jäljessä; pelaajat joutuvat käymään töissä ja opiskelemaan harjoittelun ohessa. Jotta pysyisimme muiden maiden tasolla pelillisesti, pitää meidän pystyä tarjoamaan tehokasta harjoittelua lupaaville jalkapalloilijoille. Tällä hetkellä vain harvat liigajoukkueet pystyvät tarjoamaan myös aamuharjoituksia pelaajilleen.

Suomessa on jo nyt toimiva urheilulukiojärjestelmä, joskin vain muutamassa lukiossa on järjestetty tytöille oma valmennusryhmä jalkapallossa. Suomen Palloliitto käynnisti vuonna 2005 pilottihankkeen, jossa tarkoituksena oli mahdollistaa laadukas aamuharjoittelu 2-4 kertaa viikossa mahdollisimman monelle lahjakkaalle ja tavoitteiselle 17-25 -vuotiaalle tyttö- ja naispelaajalle ympäri Suomen. Tavoitteena oli laadukkaasti aamuharjoittelun lisäksi varmistaa hyvät harjoitusolosuhteet oppilaitoksen/urheiluakatemiaan, kunnan ja seurojen yhteistyöllä sekä kartoittaa seurojen ja piirien sekä Suomen Palloliiton maajoukkue toiminnan kanssa paikkakuntien ja alueiden potentiaalisia pelaajia. Lisäksi tavoitteena oli seurata Talenttiakatemiaan osallistuvien tyttöjen koulunkäyntiä ja opiskelumenestystä opinto-ohjaajan ja valmennusvastaavan yhteydenpidon kautta. Myös levon ja rasituksen suhdetta pyrittiin seuraamaan ja suhteuttamaan opiskelujen haasteiden mukaisesti.

Keski-Suomen piirissä Talenttiakatemia on Voionmaan urheilulukion ja Jyväskylän Normaalikoulun yhteinen valmennusryhmä, mikä tarjoaa jalkapalloharjoittelua

lahjakkaille tytöille. Ammattitaitoisen valmentajan vetämiä harjoituksia on aamupäivisin 2-3 kertaa viikossa ja harjoitukset kestävät tunnista puoleentoista tuntiin. Valmennusryhmän tytöistä noin puolet pelaa JyPK:n edustusjoukkueessa ja puolet B-tyttöjen SM-sarjan joukkueessa. Näillä seurajoukkueilla on 4-6 harjoitukset viikossa. Koska tytöt opiskelevat täyspäiväisesti ja harjoittelevat usein kaksikin kertaa päivässä, on myös opiskelun kuormittavuus otettava huomioon harjoituksia suunniteltaessa. Onkin pohdittu, että pitäisikö urheilulukiolaisten käydä lukio neljässä vuodessa. Myös aamu- ja iltaharjoitusten kuormittavuus ja harjoituksista palautuminen pitäisi olla tarkasti tutkittu, jotta tytöt eivät ylikuormittuisi.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää, millä tavalla ylimääräinen aamuharjoitus vaikuttaa palautumiseen seuraavana yönä. Kuormittumista ja palautumista voidaan mitata monilla eri tavoilla; esimerkiksi lihasten, verenkierto- ja hengityselimistön tai hermoston kuormittumisen ja palautumisen avulla, tai koetun stressin kautta. Tämän tutkimuksen pääpaino on autonomisen hermoston käyttäytymisessä, koska se huolehtii elimistön automaattisesta sopeutumisesta erilaisiin tilanteisiin ja säätelee sitä kautta elimistön toimintoja. Autonomisen hermoston tilaa voidaan puolestaan tutkia usealla tavalla, mutta tässä tutkimuksessa kuvaajana on käytetty sykevälivaihtelua, mikä tarkoittaa yksinkertaistetusti peräkkäisten sydämenlyöntien välisten aikaerojen (sykevälien) keskihajontaa. Sykevälivaihtelun käyttö perustuu siihen, että sykevälivaihtelusta on eroteltavissa eri taajuusalueita: korkeataajuuksinen, matalataajuuksinen ja erittäin matalataajuuksinen alue. Sympaattinen ja parasympaattinen hermosto vaikuttavat eri voimakkuudella eri alueilla: sympaattinen on vallitseva matalataajuuksisella alueella kun taas parasympaattinen korkeataajuuksisella. Sykevälivaihteluun vaikuttaa mm. ikä, sukupuoli, vuorokauden aika, stressi, fyysinen rasitus ja siitä palautuminen. Stressi ja fyysinen rasitus vähentävät sykevälivaihtelua, kun taas lepotilassa vaihtelua esiintyy enemmän.

2 AUTONOMINEN HERMOSTO JA SYKEVÄLIVAIHTELU

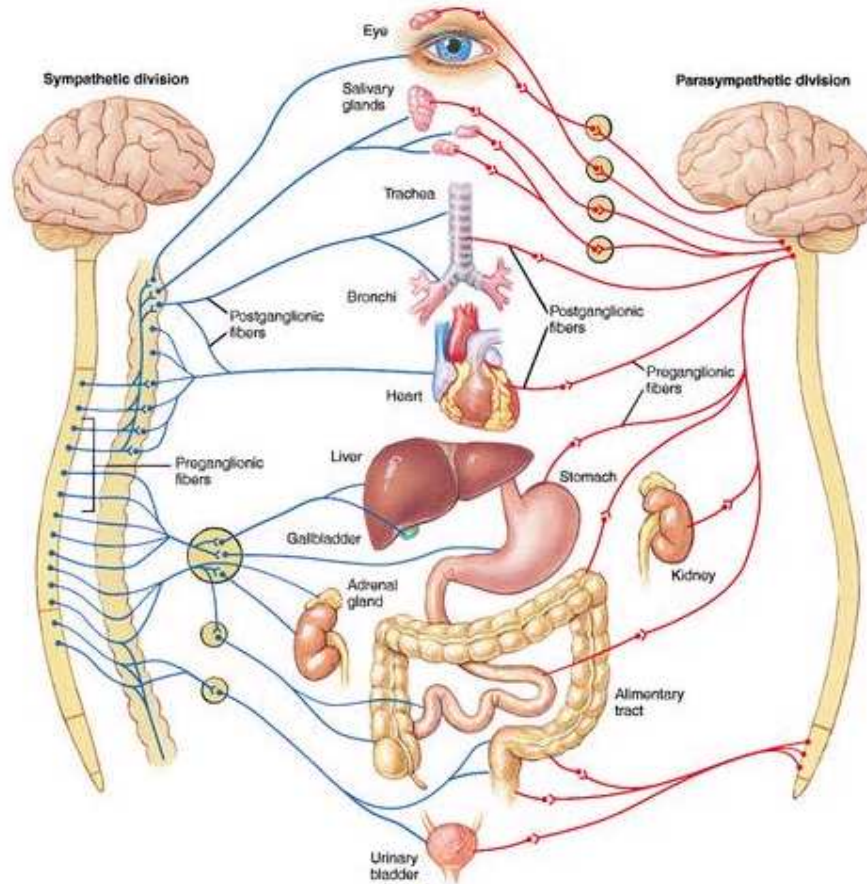
2.1 Autonominen hermosto

Autonomisen hermoston nimi viittaa sen puoli-itsenäiseen luonteeseen. Sen toimintaan ei voi vaikuttaa suoraan tahdon avulla, mutta välillisesti tahdonalaiset toimintomme vaikutukset näkyvät myös autonomisessa säätelyssä. Esimerkiksi jännittävän asian havaitseminen voi saada aikaan sykkeen ja verenpaineen kohoamisen. Niitä autonomisen hermoston osia, jotka ohjaavat autonomisia toimintoja, ei voida erottaa anatomisestikaan keskushermoston muista osista. (Nienstedt ym. 1999, 538.)

2.1.1 Sympaattinen ja parasympaattinen hermosto

Autonominen hermosto jakautuu sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon. Pääsääntöisesti eri elimiin tulee sekä sympaattisia että parasympaattisia hermosyitä, jolloin elimet saavat vastakkaisia toimintakäskyjä (Kuva 1). Kun esimerkiksi sympaattiset impulssit stimuloivat vaikutusta, vastaavasti parasympaattiset inhiboivat. Käskyjen suhteellinen voimakkuus ratkaisee, miten elin käyttäytyy. (Anthony ym. 1983, 308-314.)

Sympaattinen hermosto toimii voimakkaasti äkillisissä fyysisissä ja psyykkisissä stressitilanteissa, ja saa aikaiseksi sydämen sykkeen nopeutumisen, iskutilavuuden kasvun ja sitä kautta myös verenkierron vilkastumisen, verenpaineen nousun ja verensokerin kasvun. Sympaattisen hermoston ollessa aktiivisena ruuansulatus hidastuu, koska ruuansulatusta ei tarvita kriisitilanteessa. (Anthony ym. 1983, 308-314.) Parasympaattinen hermosto vaikuttaa usein päinvastoin kuin sympaattinen hermosto; se hidastaa sydämen sykettä, vilkastuttaa ruuansulatuskanavan liikkeitä ja vallitsee silloin, kun keho on stressittömässä tilassa, esimerkiksi nukkuessa. (Nienstedt ym. 1999, 540-544.)



KUVA 1: Autonominen hermosto

(<http://www.ptsdforum.org/thread163.html>)

Rasittavaan suoritukseen valmistautuessa tapahtuu jo ennen työn aloittamista voimakas sympaattisen hermoston aktivaatio, joka saa aikaan sykkeen, minuuttitilavuuden sekä verenpaineen nousun, hengityksen kiihtymisen ja jopa aineenvaihdunnan kiihtymisen. Tätä suoritusvalmiutta sanotaan puolustusreaktioksi ja se on aivokuoren ja hypothalamuksen autonomisten keskusten aktivoitumisesta peräisin. Paitsi sympatikustoiminnan lisääntymistä tapahtuu myös parasympaattisen järjestelmän estyminen. Lihastyön kuormittavuuden kasvaessa sympaattinen aktiivisuus lisääntyy (vrt. sykkeen kasvu). Sympatikustoimintaa ylläpitävät lihasten ja nivelten tuntopäätteistä tulevat vasomotorista keskusta stimuloivat impulssit ja toisena mekanismina baroreseptorirefleksin asteittainen estyminen rasituksen lisääntyessä. Baroreseptorirefleksin inhiboituminen sallii rasituksen aikana lyöntitiheyden ja verenpaineen kohoamisen. Pitkäaikaisen harjoitteluun liittyvä vakiokuormitusta vastaava sykkeen lasku liittyy parasympaattisen tonuksen vähenemiseen. Tämä

autonomisen hermoston tasapainon muutos tapahtuu samanaikaisesti iskutilavuuden kasvaessa. (Ahonen ym. 1988)

2.1.2 Autonomisen hermoston tutkiminen

Autonomisen hermoston tilaa voidaan arvioida mm. verenkierron pitkäaikaisrekisteröinnin avulla, autonomisen hermoston provokaatiotesteillä, kortisoli- ja noradrenaliiniarvojen määrittämisellä, psykologisten testien avulla sekä sykkeen ja sykevälivaihtelun perusteella (Lindholm & Gockel 2000).

Verenkierron pitkäaikaisrekisteröintejä (EKG, olkavarsiverenpaine) suositellaan työstressin arviointimenetelmiksi (Amelvoort ym. 2000). Sydänsähkökäyrään pohjautuvat menetelmät mahdollistavat muutkin kuin syketaajuuden muutoksiin perustuvat neurokardiologiset analyysit. Pitkäaikaisen verenpainerekisteröinnin tulosta kannattaa tarkastella myös työ- ja palautumisjaksojen osalta. Suuri syketaajuus yhdessä korkean verenpaineen kanssa on selvä merkki sydänlihaksen hapentarpeen lisääntymisestä. (Lindholm & Gockel 2000.)

Autonomisen hermoston tilaa voidaan tutkia myös provokaatiotesteillä. Normaalisti esimerkiksi ortostaattisessa kokeessa levossa parasympaattinen osa on vallitseva ja asennon muutos aiheuttaa sympaattisen tehon lisääntymisen. Traumaperäisestä stressihäiriöstä kärsivillä tilanne on päinvastainen (Cohen ym. 1998). Suojarefleksien vaimeneminen tai vääristyminen edistää oireiden ja vakavienkin toimintahäiriöiden kehittymistä. Provokaatiotestejä ovat syväänhengityskoe, Valsalvan koe, henkiset kuormitustestit ja isometrinen puristuskoe. (Lindholm & Gockel 2000.)

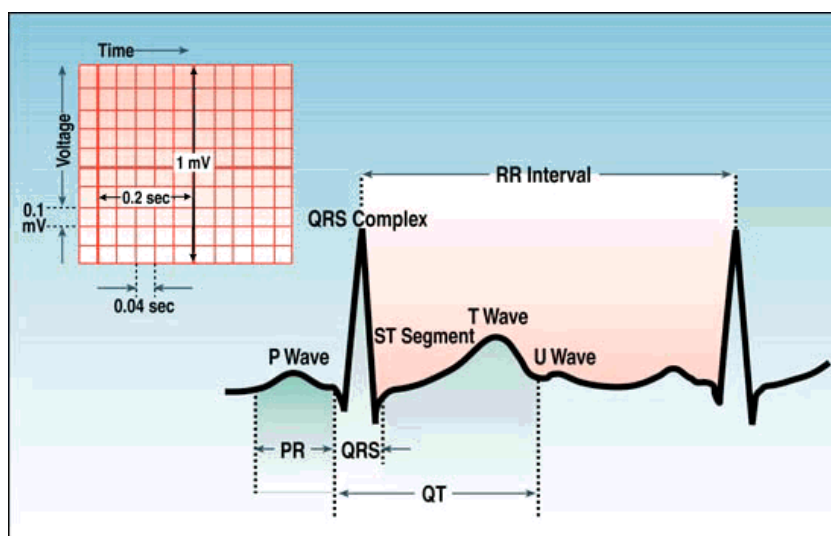
Verenkiertoheijasteiden mittaukset perustuvat sydämen sykintäaajuuden vaihteluun, ja yksinkertaisimmillaan sykevälivaihtelua voidaan kuvata perättäisten sydämenlyöntien välisten aikaerojen (sykevälien) keskihajontana. Sympaattisen aktivaation noustessa stressireaktion yhteydessä syke nousee ja sykevariaatio laskee; parasympaattisen aktivaation vaikutukset ovat päinvastaiset ja usein onkin kyse sympaattisen ja parasympaattisen hermoston yhteisvaikutuksesta (Malik, 1998). Hyväkuntoisella ja

nuorella vaihtelu on voimakkaampaa kuin stressaantuneella, sairaalla tai iäkkäällä (Karemaker & Lie 2000).

Stressin tutkimisessa on käytetty lisäksi hormonaalisia tutkimuksia, mm. kortisoli- ja noradrenaliiniarvojen määrittämistä (Skosnik ym. 2000). Kortisolille ominainen fysiologinen vuorokausivaihtelu edellyttää joko näytteenoton tarkkaa ajoitusta tai useita näytteitä. Katekoliamiinien määrittäminen verestä on teknisesti vaativaa, ja virtsan keräys tähän tarkoitukseen on puolestaan työlästä. Testosteronimetaboliittia dehydroepiandrosteronia tai sen esiasteita määritetään verestä tai syljestä. Yksinään se kuvastaa aineenvaihdunnan anabolista eli rakentavaa aktiivisuutta (Zinder & Dar 1999.) Yhdessä kortisolin kanssa se kertoo katabolisen ja anabolisen metabolian välisestä tasapainosta. Vaikeassa stressissä katabolian merkit voimistuvat. Prolaktiini näyttää miehillä korreloivan stressimuutoksiin mutta ei naisilla (Johansson ym. 1990).

2.2 Sykevälivaihtelu

Sydämen syke ei ole täysin säännöllinen; lepotilassa esiintyy sykkeen nousua sisäänhengityksen aikana ja sykkeen laskua uloshengityksessä. Hengityksen tahdissa tapahtuvaa sykevälivaihtelua kutsutaan respiratoriseksi arythmiaksi. EKG-käyrässä esiintyvät R-piikit kuvaavat sydämen kammioiden supistumista, ja peräkkäisten R-piikkien väliä kutsutaan sykeväliksi (R-R -väli) (Kuva 2).



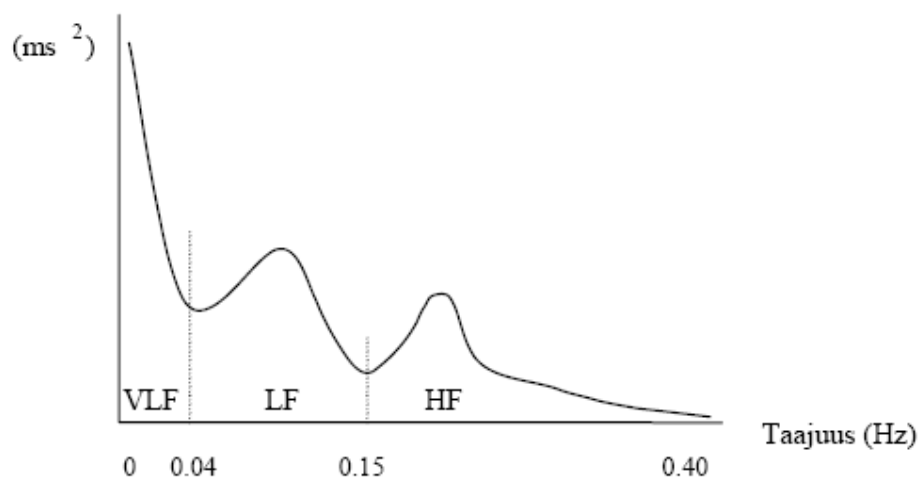
KUVA 2: Sykeväli, kuvassa RR interval

(http://library.med.utah.edu/kw/ecg/mml/ecg_533.html)

Sydämen lyöntien välisen ajan vaihtelua kutsutaan sykevälivaihteluksi tai sykevariaatioksi. Sykevälivaihtelu on hyvin säädeltyä toimintaa ja siihen vaikuttavat monet eri tekijät. Tärkein sykevälivaihtelun säätelijä on autonominen hermosto. (Laitio ym. 2001).

Vaikka sydämen syke näyttää olevan säännöllinen, niin todellisuudessa syke vaihtelee monen eri osatekijän vaikutuksesta. Ilman hermoston tai hormonaalisen toiminnan vaikutusta syke on 100-120 lyöntiä minuutissa (McCarty & Watkins, 1996). Sydän pystyy siis luomaan aktiopotentiaaleja ilman hermoston tai hormonien aikaansaamia ärsykeitä (Silverthorn, 1998).

Kummallakin autonomisen hermoston haaralla on sille ominainen taajuusalueensa, jonka rajoissa sykkeen säätely on mahdollista. Taajuuskenttäanalyysissä sykevaihtelusta erotetaan yleensä kolme eri taajuusaluetta: korkeataajuuksinen (HF, high frequency; 0,15-0,40 Hz), matalataajuuksinen (LF, low frequency; 0,04-0,15 Hz) sekä erittäin matalataajuuksinen (VLF, very low frequency; 0-0,04 Hz) sykevälivaihtelu (Kuva 3). Reseptorien ominaisuuksien takia parasympaattinen aktiivisuus pystyy säätelemään sykettä tehokkaasti 0-0,50 Hz taajuusalueella, kun taas sympaattisen aktiivisuuden vaikutus sykkeeseen on tehokasta alle 0,10 Hz:n taajuuksilla. (Task Force 1996.)



KUVA 3: Sykevälivaihtelun taajuusjakauma (Firstbeat Hyvinvointianalyysi, käsikirja, 2006)

2.3 Sykevälivaihteluun vaikuttavat tekijät

Koska autonominen hermosto reagoi sekä sisäisiin että ulkoisiin ärsykkeisiin, vaikuttaa sykkeeseen ja sykevälivaihteluun useita eri tekijöitä. Parasympaattisten vagushermostojen päätteistä vapautunut asetyylikoliini vähentää S-A –solmukkeiden aktiivisuutta ja heikentää siten kammioihin meneviä impulsseja, mikä taas aiheuttaa laskua sykkeessä. Sympaattinen hermosto puolestaan vaikuttaa päinvastaisesti sykkeeseen; noradrenaliinin vapauttamisen seurauksena syke nousee, supistusvoima kasvaa ja verisuonet supistuvat. Sympaattisen hermoston aiheuttama sykkeen nousu voi johtua esimerkiksi fyysisestä kuormituksesta. (Guyton & Hall 1998, 117.)

Yksilöllisiä sykevälivaihtelun määrään ja LF/HF –suhteeseen vaikuttavia tekijöitä on mm. ikä, sukupuoli, vuorokauden aika, stressi, fyysinen rasitus ja siitä palautuminen. Tässä kappaleessa esitellään tämän tutkimuksen kannalta tärkeitä sykevälivaihteluun vaikuttavia yksilöllisiä tekijöitä.

2.3.1 Ikä

Vastasyntyneen elimistöä säätelee lähinnä sympaattinen hermosto, kun taas parasympaattinen säätely kehittyy koko lapsuuden ajan. Normaalin lapsen luontainen syke (128 ± 24 lyöntiä minuutissa) on huomattavasti suurempi kuin leposyke (89 ± 16 lyöntiä minuutissa), mikä merkitsee, että lapsella vagaalinen modulaatio on vallitseva levossa (Marcus et al 1990). Tutkimusten mukaan korkein sykevälivaihtelu levossa on 9-vuotiailla lapsilla verrattuna sekä nuorempiin (3-6 –vuotiaisiin) että vanhempiin (12-15 –vuotiaisiin) lapsiin (Goto ym. 1997). Sykevälivaihtelu on kaikista suurinta nuorilla aikuisilla (15-39 –vuotiailla). Sykevälivaihtelun on useiden tutkimusten mukaan todettu vähenevän iän myötä (mm. Liao ym. 1995, Antelmi ym. 2003, Stein ym. 1997, Sinnreich ym. 1998). Yli 60-vuotiailla sykevälivaihtelu on vähäisintä (Laitio ym. 2001, Umetani ym. 1997). Leposyke laskee lapsilla iän myötä samoin kuin levossa tapahtuva sykevälivaihtelun parasympaattinen säätely (Byrne et al 1996). Sympaattisen säätelyn osuus levossa näyttäisi taas pysyvän omalla tasollaan ikääntymisestä huolimatta (Pfeffer et al 1983).

2.3.2 Sukupuoli

Sykevälivaihtelussa löytyy eroja naisten ja miesten välillä. Naisilla matalataajuuksinen vaihtelu on vähäisempää ja korkeataajuuksinen suurempaa kuin miehillä. LF/HF –suhde on naisilla huomattavasti alhaisempi. (Liao ym. 1995.) Myös iällä on merkitystä sukupuolten välisissä eroavaisuuksissa; Umetanin ym. (1997) tutkimuksen mukaan alle 30-vuotiailla naisilla sykevälivaihtelu oli vähäisempää kuin miehillä, yli 30-vuotiailla erot pienenevät ja yli 50-vuotiailla ei eroja enää havaittu. Myös syke oli naisilla suurempi 50-vuotiaaksi asti, minkä jälkeen sukupuolten väliset erot hävisivät kokonaan. (Umetani ym. 1997). Myös Bonnemeier ym. (2003) huomasivat sukupuolten välisien erojen sykevälivaihtelussa pienenevän ikääntymisen myötä.

Hedelin ym. (2000) tutkivat 16-19 vuotiaiden hiihtäjien sykevälivaihtelua ennen ja jälkeen kilpailukauden. Tutkimuksessa oli mukana 9 tyttöä ja 8 poikaa. Kilpailukauden jälkeen tehdyssä testissä oli kaikkien koehenkilöiden sykevälivaihtelu kasvanut levossa ja matalataajuuksisen vaihtelun osuus oli vähentynyt. Tyttöjen korkeataajuuksisen sykevälivaihtelun osuus oli selkeästi suurempaa kuin pojilla, samoin sykevälivaihtelun kokonaismäärä ja parasympaattisen hermoston aktiivisuus. (Hedelin ym. 2000b.)

Useiden eri ikäisille tehtyjen tutkimusten mukaan hormonitoiminta saattaa selittää osan sukupuolien välisistä eroista. Naisilla sykevälivaihteluun vaikuttaa ennen vaihdevuotia kuukautiskierron vaihe, ja vaihdevuosien jälkeen estrogeenin määrä. Sato ym. (1995) tutkivat 20 lukioikäisen tytön sykevälivaihtelua kuukautiskierron aikana. He totesivat, että luteaalivaiheessa (ovulaation ja kuukautisten välinen aika) matalataajuuksisen sykevälivaihtelun osuus oli suurempi ja korkeataajuuksisen osuus pienempi. Samoin LF/HF –suhde oli suurempi luteaalivaiheessa kuin follikkelivaiheessa (aika kuukautisten ensimmäisestä päivästä ovulaatioon). Sympaattisen hermoston aktiivisuus on siis voimakkaampi luteaalivaiheessa. Huikurin ym. (1996) tutkimusten mukaan vaihdevuosien jälkeen estrogeenihoitoa saavilla naisilla sykevälivaihtelu oli suurempaa kuin niillä, jotka eivät saaneet hormonihoitoa. Liu ym. (2003) tutkivat estrogeenin vaikutusta sykevälivaihteluun, ja huomasivat, että estrogeeni vähentää sympaattisen hermoston säätelyä ja siten myös LF/HF –suhdetta ja kasvattaa vastaavasti parasympaattisen hermoston säätelyn mukana korkeataajuuksista sykevälivaihtelua (Liu ym. 2003).

2.3.3 Vuorokauden aika

Vuorokauden aika vaikuttaa ihmisen autonomisen hermoston aktiivisuuteen; sykkeeseen, sykevälivaihteluun ja verenpaineeseen (mm. Beckers ym. 2006, Guo ym. 2002). Syke ja verenpaine ovat alhaisemmat yöllä kuin päivällä johtuen yöllä hallitsevasta parasympaattisesta hermostosta (Carrington ym. 2003). Useiden tutkimusten mukaan yöaikaan sykevälivaihtelua tapahtuu enemmän kuin päivisin (mm. Massin ym. 2000, Vanoli ym. 1995). Myös LF/HF -suhde laskee yön aikana, vaikka sekä matala- että korkeataajuuksisen sykevälivaihtelun absoluuttiset arvot kasvavatkin (Wennerblom ym. 2001, Freitas ym. 1997). Ihmisen vuorokausirytmien vaihteluun vaikuttaa mm. valolle altistuminen, uni-valve -rytmi sekä aktiivisuustaso (Carrington ym. 2003). Ito ym. (2001) totesivat tutkimuksessaan, että sykevälivaihtelumuuttujat sekä R-R -väli käyttäytyivät samalla tavalla yö- ja päivävuorossa olevilla sairaanhoitajilla ja että ne olivat riippuvaisia aktiivisuustasosta. Sympaattisen hermoston hallitsevuutta kuvaavat muuttujat (LF ja LF/HF -suhde) olivat suurimmillaan työskentelyaikana ja pienimmillään unen aikana ja vastaavasti HF oli suurimmillaan parasympaattisen hermoston hallitessa unen aikana. Tästä voidaan päätellä, että autonominen säätely liittyy nimenomaan uni-valve -rytmiin. (Ito ym. 2001.)

2.3.4 Stressi

Erilaiset stressitekijät vaikuttavat keskushermostoon Selyen kehittämän stressiteorian mukaan aiheuttamalla hälytysreaktion. Stressitekijän vaikutuksen jatkuessa seuraa sopeutumisvaihe, ja ellei stressitekijää saada hallittua tai poistettua, seuraa uupumisvaihe. Toistuva stressi aiheuttaa sopeutumisvaiheessa lähes aina toiminnallisen kapasiteetin kasvua niin, että vastaava stressi ei enää jatkossa aiheuta yhtä suurta hälytysreaktiota. Tyypillinen esimerkki tällaisesta sopeutumisesta on lihaksen kasvu voimaharjoittelun seurauksena. (Selye 1950.) Stressin fysiologiset vaikutukset aiheutuvat autonomisen hermoston aktivoitumisesta. Sympaattisen hermoston aktivoitumisen seurauksena syke nousee, verenpaine kohoaa, hengitystiheys kiihtyy ja hormonaaliset muutokset aiheuttavat vaihtelua mielialoissa ja muutoksia aineenvaihdunnassa. (Gockel ym. 2004.)

Stressin vaikutusta sykevälivaihteluun on tutkittu viime vuosina. Tutkimusten mukaan stressi kasvattaa sykettä ja vähentää sykevälivaihtelua (mm. Madden 1995, Delaney 2000). Guastin ym. (2005), Delaney (2000) sekä Colombon (1989) tutkimusten mukaan sydämen matalataajuuksinen (LF) sykevälivaihtelu kasvoi ja vastaavasti korkeataajuuksinen (HF) vaihtelu väheni stressitilanteessa.. Lucini ym. (2002) tutkivat yliopiston opiskelijoiden stressitasoa tenttikauden aikana. He huomasivat kohonneet syke-, verenpaine-, LF-, ja LF/HF -arvot sekä laskeneen HF-arvon, mutta lisäksi kohonneen kortisoliarvon stressaavana päivänä. Myös Hjortskovin ym. (2004) tutkimusten mukaan korkeataajuuksinen vaihtelu väheni, mutta matalataajuuksisen vaihtelun määrä pysyi normaalilla tasolla. Verenpaine sen sijaan nousi. Tutkijat tulivat siihen tulokseen, että sykevälivaihtelu on tarkempi stressin mittari kuin verenpaine. (Hjortskov ym. 2004.)

Hall ym. (2004) tutkivat sykevälivaihtelua ennen unta ja unen eri vaiheissa. Koehenkilöinä oli 59 tervettä miestä ja naista. Tutkimuksessa altistettiin toinen ryhmä stressille juuri ennen nukkumaanmenoa, jonka jälkeen kerättiin sykevälivaihteludataa yön ajalta. Korkeataajuuksista komponenttia käytettiin kuvaamaan parasympaattista säätelyä kun taas LF/HF -suhde kuvasi sympaattisen säätelyn osuutta. Tutkijat huomasivat korkeataajuuksisen sykevälivaihtelun laskevan non-REM-unen ja REM-unen aikana ja vastaavasti LF/HF suhteen kasvavan non-REM-unessa. Aikana, jolloin LF/HF -arvo oli korkeimmillaan, oli myös uni heikkolaatuista, joten tutkijat päättelivät, että stressin aiheuttamat sykevälivaihtelun muutokset vaikuttavat unen laatuun heikentävästi. Tutkimuksen mukaan myös krooniset stressitekijät aiheuttavat muutoksia sykevälivaihtelussa unen aikana. (Hall ym. 2004.)

Hynynen ym. (2006) tutkivat 12 ylikunnossa olevan urheilijan sykevälivaihtelua unen aikana sekä heti heräämisen jälkeen, ja he tulivat siihen tulokseen, että unen aikana sykevälivaihtelu ja stressihormonien määrä oli koehenkilöryhmällä sama kuin verrokkiryhmällä, mutta heräämisen jälkeen koehenkilöiden sykevälivaihtelu väheni enemmän kuin verrokkiryhmällä.

3 FYYSINEN KUORMITUS JA SIITÄ PALAUTUMINEN

3.1 Fyysinen kuormitus jalkapallo-ottelussa

Jalkapallossa fyysinen kuormitus toteutuu jaksottaisesti. Kenttäpelaajan fyysiset suoritukset vaihtelevat suuresti sekä kestopensa, että intensiteettinsä suhteen. Tutkimuksissa fyysistä kuormitusta kuvaavina vasteina on käytetty lähinnä syketaajuutta, veren laktaattipitoisuutta sekä kehon lämpötilaa. Laboratoriotutkimuksissa ennalta määrättyt työkaksot, tehot sekä palautumisajat eivät vastaa täysin ottelutilannetta, mutta laboratoriossa tehdyt tutkimukset antavat kuitenkin pohjan jalkapallon kuormituksen fysiologian ymmärtämiselle. (Bangsbo 1994b.)

Suurin osa jalkapallo-otteluiden kuormittavuustutkimuksista on tehty mieskoehenkilöille. Joidenkin naisjalkapalloilijoille tehtyjen tutkimusten mukaan sukupuolten väliset erot ovat pieniä jalkapallossa. B.Ekblomin ja P. Agingerin julkaisemattomien tutkimusten mukaan ruotsalaisen naisten eliittijoukkueen pelaajat liikkuivat hieman alle 8500m peliä kohti ja juoksivat yli 100 spurttia, jotka olivat keskimäärin 14,9 (\pm 5,6) m. Veren laktaattipitoisuudet olivat ensimmäisen puoliajan jälkeen 5,1 (\pm 2,1) mmol/l ja koko ottelun jälkeen 4,6 (\pm 2,1) mmol/l. Sydämen keskisyke oli kolmessa eri ottelussa 177 (\pm 11), 174 (\pm 11) ja 173 (\pm 10) lyöntiä minuutissa. Nämä lukemat ovat 89-91 % ajanjakson huippuarvoista, jotka olivat 195 (\pm 9) lyöntiä minuutissa. Ekblomin tutkimus vuodelta 1986 osoitti, että miesten keskisyke oli 85 % maksimisykkeestä kaksi kolmasosaa ottelun ajasta. (Ekblom 1994, 95-98.) Myös Reillyn (1986) ja Van Goolin ym. (1988) tutkimuksissa ottelun keskisykkeet ovat miehillä vastanneet 80-87 % suhteellista osuutta pelaajien maksimaalisesta syketaajuudesta.

3.2 Sykevälivaihtelu fyysisessä kuormituksessa

Fyysinen kuormitus aiheuttaa ihmisen elimistölle stressiä, mihin elimistö reagoi rekrytoimalla tarvittavat lihakset käyttöön, erittämällä tilanteessa vaadittavia hormoneja ja ottamalla käyttöön energiavarastot, toiminnalliset mekanismit sekä

puolustusmekanismit. Nämä vasteet ovat seurausta pääasiassa autonomisen hermoston säätelemistä hermostollisista ja hormonaalisista muutoksista, joiden syntyyn vaikuttavat aivojen hypothalamus ja hypofyysi sekä stressihormonien erityys. (Rusko 2003, 62.) Useissa fysiologisissa toiminnoissa, esimerkiksi sykevälivaihtelussa, neuraalinen säätely ilmenee rytmisenä vaihteluna. Suuri sykevälivaihtelu yhdistetään terveyteen. (Porges & Byrne 1992.)

Sykevälivaihtelun on useiden tutkimusten mukaan todettu vähenevän fyysisen rasituksen aikana lepotasoon verrattuna (Arai ym. 1989, Bernardi ym. 1990, Yamamoto ym. 1991). Rasituksen kesto, intensiteetti ja harjoitusolosuhteet vaikuttavat sympatovagaaliseen säätelyyn; kevyen ja kohtuullisesti rasittavan harjoituksen aikana parasympaattinen aktiivisuus vähenee ja sympaattinen väliaikaisesti lisääntyy, jolloin syke nousee. (Brenner ym. 1998). Palauttavan jakson aikana autonomisen hermoston säätely vastaavasti siirtyy sympaattisen hermoston säätelystä parasympaattiseen säätelyyn (Pichot ym. 2000). Kun intensiteettiä lisätään, laskee vagaalinen toiminta progressiivisesti (Arai ym. 1989; Brenner ym. 1998), ja maksimaalisessa rasituksessa se häviää kokonaan (Arai ym. 1989). Matalataajuisen sykevälivaihtelun todettiin Yamamoton ym. (1991) tutkimuksessa lisääntyvän siinä vaiheessa kun rasituksen intensiteetti ylittää ventilaatiokynnyksen. Brenner ym.:n (1998) mukaan 30 minuutin rasitus kovalla intensiteetillä lisää merkittävästi matalataajuuksista sykevälivaihtelua, joka voi rasituksen jälkeen pysyä lepotasoa korkeammalla kaksikin päivää. Myös LF/HF –suhteen on todettu kasvavan rasituksessa, joka on intensiteetiltään yli ventilaatiokynnyksen (Yamamoto ym. 1991) tai yli 50 % VO₂max:sta (Brenner ym. 1998).

Kestävyysharjoittelun tiedetään siirtävän autonomisen hermoston säätelyn tasapainoa vagaaliseen suuntaan, mikä tarkoittaa, että parasympaattinen tonus lisääntyy ja sympaattinen vähenee. Pidempiaikaisen harjoittelun vaikutuksista sykevälivaihteluun on ristiriitaista tietoa. Osa tutkijoista on havainnut syketasojen sekä sykevariaation kasvua levossa (mm. Hedelin ym. 2000b, Yamamoto ym. 2001, Hautala ym. 2004, Raczak ym. 2006), mutta osa tutkijoista ei ole yhteyttä löytänyt (mm. Pichot ym. 2000) johtuen mahdollisista eroavaisuuksista harjoittelun kestossa, intensiteetissä tai sykevälivaihtelun tulkinnassa. Harjoittelututkimuksissa kestävyys suorituskyvyn paranemisen on todettu olevan yhteydessä sykevariaation kasvuun ja suorituskyvyn heikkenemisen puolestaan

sykevariaation pienenemiseen (Uusitalo 1998a; Uusitalo et al. 2000). Ylikuntotilassa olevien urheilijoiden sykevälivaihtelua on tutkittu useissa tutkimuksissa. Sykevälivaihtelun on todettu vähenevän ja matalataajuuksisen sykevälivaihtelun osuuden kasvavan ylikuntotilan yhteydessä eli sympaattisen hermoston aktiivisuuden kasvu on yhteydessä ylikuntotilaan. (mm. Mourot ym. 2004, Baumert ym. 2006). Lyhytaikaisen ylikuormitustilan ei ole havaittu vaikuttavan sykevälivaihteluun (Hedelin ym. 2000a, Bosquet ym. 2003).

3.3 Sykevälivaihtelu harjoituksesta palautumisen aikana

Autonomisen hermoston palautuminen kestävyysharjoituksesta kestää 1-2 vuorokautta. Mikäli hermosto ei ole palautunut seuraavaan harjoitukseen mennessä, voi elimistön proteiinisynteesi häiriintyä ja heikentää siten uuden harjoittelun aikaansaamaa harjoitusvaikutusta. (Rusko 2003, 62.) Palautumisen aikaisia muutoksia autonomisessa säätelyssä ei ole tutkittu yhtä paljon kuin rasituksen aikaisia. Paremman aerobisen kestävyyskunnan on havaittu olevan yhteydessä nopeampaan palautumiseen usean tunnin pituisesta kestävyysuorituksesta. Fyysisen kunnon lisäksi myös ympäristön olosuhteet vaikuttavat palautumisen nopeuteen. Yksilöiden välillä on eroja myös sympaattisen hermoston rasitukseen reagoinnissa. (Willmore & Costill 1994.)

Brennerin (1998) tutkimuksen mukaan 30 minuuttia kestäneen (intensiteetiltään 50 % VO₂max:sta) harjoituksen jälkeen parasympaattiset ja sympaattiset muuttujat palasivat rasitusta edeltävälle tasolle 15 minuutin kuluessa harjoituksen päättymisestä. Arai ym. (1989) sekä Shin ym. (1995) huomasivat tutkimuksissaan, että välittömän palautumisen aikana sykevälivaihtelu lisääntyi merkittävästi, mutta pysyi kuitenkin rasitusta edeltäviä arvoja alempana. Välittömän palautumisen aikainen sykevälivaihtelun keskiarvo on siis korkeampi kuin rasituksessa, mutta matalampi kuin ennen rasitusta. Samankaltaisia tuloksia sai myös Javorcka ym. (2002) tutkiessaan 17 terveen, urheilua harrastamattoman, keskimäärin 20-vuotiaan miehen sykevälivaihtelun käyttäytymistä harjoituksen aikana sekä ennen ja jälkeen 8 minuuttia kestäneen harjoituksen, joka oli intensiteetiltään 70% maksimista. Sykevälivaihtelun kokonaismäärä, LF sekä HF vähenivät harjoituksen aikana, kun taas harjoituksen jälkeen arvot nousivat 30 minuutin levon aikana siten, että ensimmäisen 15 minuutin aikana nousu oli nopeinta, minkä

jälkeen nousu jatkui hitaammin. Arvot eivät kuitenkaan palautuneet 30 minuutin aikana sille tasolle, joka mitattiin ennen harjoitusta. (Javorka ym. 2002.) Myös Takahashin ym. (2000) tutkimuksessa 10 minuuttia harjoituksen jälkeen mitattu HF-arvo jäi alle arvon, joka mitattiin ennen harjoitusta. Mourot ym. (2004b) tutkivat 10 mieskoehenkilön lyhyt- ja pitkäaikaista palautumista harjoituksesta. Tutkimuksen mukaan sykevälivaihtelun kokonaismäärä väheni ja LF/HF –suhde kasvoi palautumisen alkuvaiheessa. Lepoasennossa mitatut arvot 24 sekä 48 tuntia harjoituksen päättymisestä olivat harjoitusta edeltäneellä tasolla, mutta voimakasta takykardiaa sekä vähentynyttä sykevälivaihtelua havaittiin seisoma-asennossa edelleen. (Mourot ym. 2004b.)

Pigozzi ym. (2001) tutkivat intensiivisen harjoitusjakson vaikutusta vuorokautiseen sykevälivaihteluun. Tutkimuksessa muodostettiin nuorista naisurheilijoista kaksi koehenkilöryhmää (testiryhmä ja kontrolliryhmä), joissa molemmissa oli 13 koehenkilöä. Harjoittelujakso kesti viisi viikkoa, ja koehenkilöiden fyysinen kunto mitattiin ennen ja jälkeen harjoittelujakson, samoin mitattiin 24 tunnin ajalta EKG. Viiden viikon mittaisen harjoittelujakson aikana ei havaittu kummallakaan ryhmällä vaikutusta sykevälivaihteluun hereillä ollessa, mutta yöaikaisessa sykevälivaihtelussa löytyi eroavaisuuksia; matalataajuuksinen vaihtelu väheneni ja korkeataajuuksinen vaihtelu lisääntyi kontrolliryhmällä merkittävästi enemmän verrattuna harjoitelleeseen ryhmään. LF/HF –suhde laski merkittävästi yöaikaan kontrolliryhmällä, kun taas harjoitelleella ryhmällä ei merkitsevää eroa syntynyt. (Pigozzi ym. 2001.) Pichot ym. (2000) tutkivat kolmen viikon kovatehoisen kestävyysharjoittelun vaikutusta yölliseen sykevälivaihteluun nuorilla kestävyysjuoksijoilla, ja havaitsivat 48 % laskun kokonaissykevälivaihtelussa neljän tunnin keskiarvona mitattuna. Matalataajuuksisen sykevälivaihtelun määrä laski 41 % 3 viikon harjoittelujakson aikana, kun taas seuraavan viikon lepojaksen aikana määrä nousi 46 %. Korkeataajuuksinen sykevälivaihtelun määrä kasvoi harjoittelujaksolla 31 % ja väheni vastaavasti palautumisjakson aikana 24 %. Kevyemmän palautumisviikon jälkeen kokonaisvaihtelu oli palautunut harjoitusjaksoa edeltäneelle tasolle. (Pichot ym. 2000.) Myös Uusitalon ym. (1998b) tutkimuksen mukaan intensiivinen 6-9 viikon mittainen kestävyysharjoittelujakso kasvatti sympaattisen hermoston aktiivisuutta ja matalataajuuksisen sykevälivaihtelun osuutta levossa. Kaikissa näissä kolmessa edellä

mainitussa tutkimuksissa tultiin siis siihen tulokseen, että intensiivinen usean viikon mittainen harjoittelujakso lisää sympaattisen hermoston säätelyä urheilijoilla.

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Sykevälivaihteluun vaikuttaa mm. fyysinen rasitus ja siitä palautuminen: sykevälivaihtelun on todettu vähenevän fyysisessä rasituksessa (Arai ym. 1989, Bernardi ym. 1990, Yamamoto ym. 1991) ja lisääntyvän palautumisen aikana (Arai ym. 1989, Shin ym. 1995, Javorka ym. 2002). Ylikuntoilassa sykevälivaihtelun on todettu vähenevän (mm. Mourot ym. 2004, Baumert ym. 2006), mutta lyhytaikaisen ylikuormitustilan ei ole havaittu vaikuttavan sykevälivaihteluun (Hedelin ym. 2000a, Bisquet ym. 2003).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten harjoituksista palautuminen tapahtuu yön aikana riippuen siitä, harjoitellaanko yksi vai kaksi kertaa päivässä. Tarkoituksena oli verrata tilannetta sekä ryhmien että eri öiden välillä.

Tutkimusongelmat:

1. Miten ylimääräinen aamuharjoitus vaikuttaa sykevälivaihteluun seuraavan yön aikana?

Hypoteesit:

1. Kaksi kertaa päivässä harjoittelevat palautuvat hitaammin harjoituksista: stressin määrä yöllä on suurempi ja vastaavasti rentoutumiseksi katsottava aika pienempi

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

5.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä tutkimuksessa oli 13 tervettä jalkapalloa kilpatasolla harrastavaa tyttöä, joiden ikä vaihteli 15-17 ikävuoden välillä. Kaikki koehenkilöt pelasivat tutkimuksen aikana samassa SM-tason jalkapallojoukkueessa; Jyväskylän Pallokerhon (JyPK) B-tyttöissä. Joukkueessa pelasi kaudella 2007 noin 20 tyttöä, jotka olivat iältään 15-17 –vuotiaita. Joukkue on JyPK:n B-ikäisten edustusjoukkue, mihin valittiin parhaat ja motivoituneimmat pelaajat. Joukkue pelasi B-tyttöjen SM-sarjaa, missä pelejä tuli kauden aikana 11 kappaletta. Joukkue sijoittui sarjassa neljänneksi. Jyväskylän Pallokerholla oli joukkue myös B-tyttöjen 1-divisioonassa sekä Keski-Suomen Piirin B-tyttöjen sarjassa. Joukkue harjoitteli läpi kauden 3-6 kertaa viikossa peleistä riippuen. Harjoitukset sisälsivät lajiharjoitteiden lisäksi juoksu- sekä lihaskuntoharjoituksia. Osa pelaajista opiskeli tutkimuksen aikana lukiossa, osa ammattikoulussa ja osa oli työelämässä. Joillakin pelaajilla oli jalkapallon lisäksi myös muita harrastuksia kuten salibandya, kuntosaliharjoittelua sekä pyöräilyä.

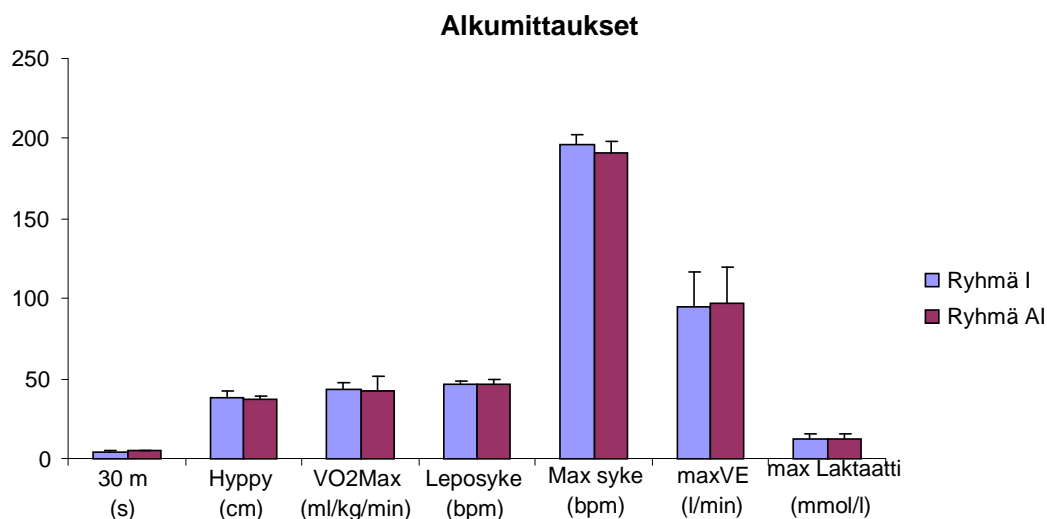
Kaikki koehenkilöt olivat vapaaehtoisesti mukana tutkimuksessa ja heille kerrottiin etukäteen tutkimukseen liittyvistä mahdollisista epämukavuuksista. Koehenkilöt ja heidän vanhempansa allekirjoittivat suostumuslomakkeen ennen alkumittauksia. Koehenkilöistä kaksi lopetti tutkimuksen kesken alkumittauksen jälkeen; toinen aikatauluongelmien ja toinen lääkärin toteaman ylirasitustilan vuoksi, lisäksi yhden henkilön sykemittaus ei onnistunut, joten tutkimustuloksissa on otettu huomioon vain jäljelle jääneiden 10 henkilön tulokset.

Koehenkilöt jaettiin tutkimuksessa kahteen ryhmään viikoittaisen harjoittelumäärän perusteella. Ensimmäisen ryhmän (ryhmä I) viisi koehenkilöä harjoitteli kerran päivässä seurajoukkueensa harjoituksissa. Toisen ryhmän (ryhmä AI) viisi koehenkilöä opiskelivat urheilulukiossa, joten heidän lukujärjestykseensä oli sisällytetty jalkapallon aamuharjoitukset kaksi kertaa viikossa, ja lisäksi he harjoittelivat iltaisin samoissa seurajoukkueen harjoituksissa kuin ryhmän I koehenkilöt. Koehenkilöryhmien taustatiedot löytyvät taulukosta 1.

TAULUKKO 1: Koehenkilöryhmien taustatiedot. Ryhmä I harjoitteli kerran päivässä iltaisin ja ryhmä AI aamulla sekä iltaisin.

	Ryhmä I	Ryhmä AI
Koehenkilöiden lukumäärä (N)	5	5
Ikä (v)	16 ± 0,7	16,8 ± 0,5
Pituus (cm)	164 ± 4,0	167 ± 7,6
Paino (kg)	60 ± 4,2	62 ± 5,9
BMI	22,3 ± 2,6	22,2 ± 1,9

Tutkimuksessa suoritettavat alkumittaukset osoittivat, että ryhmät ovat antropometristen ominaisuuksien lisäksi myös suorituskyvyltään keskenään hyvin samanlaiset (Kuva 4). Alkumittauksista on kerrottu lisää kappaleessa 5.3.



KUVA 4: Alkumittausten tulokset

5.2 Koeasetelma

Mittauksiin kuului kaksi osaa: ensin suoritettiin alkumittaukset, minkä jälkeen noin kahden viikon kuluttua suoritettiin 2,5 vuorokautta kestäneet sykemittaukset. Alkumittaukset suoritettiin kolmena päivänä toukokuussa 2007 Jyväskylän Yliopiston sekä Hipposhallin tiloissa. Koehenkilöitä neuvottiin välttämään raskasta liikuntaa

mittauksia edeltävänä päivänä ja tulemaan alkumittauksiin hyvin levänneinä ja nestetasapainosta huolehtineena. Ohjeena oli, että edellisestä ruokailusta tulisi olla muutama tunti. Varusteina koehenkilöillä tuli olla urheiluvaatteet ja juoksukengät. Jokaiselta koehenkilöltä mitattiin samassa järjestyksessä itse suoritettua lämmittelyn jälkeen maksimaalinen kiihdytysnopeus, vertikaalihyppy, pituus, paino ja lopuksi maksimaalinen hapenottokyky.

Sykekeräys tapahtui toukokuussa viikolla 21, kaksi viikkoa alkumittausten jälkeen. Sykettä kerättiin keskiviikkoillasta lauantaiamuun, jolloin ryhmälle 1 tuli mittausjaksolle kahdet harjoitukset ja ryhmälle 2 kolmet. Koehenkilöiden hallintaan annettiin mittarit mittausjakson ajaksi. Lisäksi heille annettiin kirjalliset ohjeet mittarin käytöstä sekä mittauksiin liittyvien lomakkeiden täyttämistä ja mittausjakson aikataulusta.

5.3 Alkumittaukset

Jokainen koehenkilö suoritti itse lämmittelynsä Hipposhallin juoksuradalla, minkä jälkeen jokaiselta mitattiin samassa järjestyksessä maksimaalinen kiihdytysnopeus, vertikaalihyppy, pituus, paino ja maksimaalinen hapenottokyky (Liite 1).

Maksimaalinen kiihdytysnopeus. Maksimaalinen kiihdytysnopeus mitattiin 30 metrin juoksusuorituksesta, jossa koehenkilö lähti 70 cm päästä ensimmäisistä valokennoista pystylähdöllä ja ajanotto pysähtyi toisten valokennojen kohdalla. Valokennot oli sijoitettu keskivartalon korkeudelle. Koehenkilö suoritti juoksun useamman kerran, ja tulokseksi valittiin paras suoritus käyttäen sadasosasekunnin (0,01 s) tarkkuutta.

Vertikaalihyppy. Vertikaalihypyn lentoaika testattiin kontaktimatolla (Newtest, Oulu, Finland) suoritettuihin esikevennyshyppyihin. Hyppyt suoritettiin muutaman lämmittelyhypyn jälkeen siten, että koehenkilö kevensi kätet lanteilla nopeasti 90 asteen polvikulmaan selkä suorana, jonka jälkeen ponnisti maksimaalisesti ylöspäin. Alastulo suoritettiin päkiöille polvet suorina. Koehenkilö suoritti kevennyshypyn useamman kerran, ja tulokseksi valittiin paras suoritus tuhannesosasekunnin (0,001) tarkkuudella. Tulokset

muutettiin nousukorkeudeksi kaavan $h = g * t^2 * 8^{-1}$ avulla, missä h on hyppykorkeus (m), g on gravitaatiovakio ($9,81 \text{ m/s}^2$) ja t on lentoaika (s). (Keskinen ym. 2004, 153)
Paino ja pituus. Paino mitattiin elektronisella vaa'alla ja pituus seinään kiinnitetyn mitan avulla. Molemmat mittaukset tehtiin ilman kenkiä.

Maksimaalinen hapenottoiky. Maksimaalinen hapenottoiky ja maksimisyke määritettiin juoksumatolla OJK-1 (Telineyhtymä, Kotka, Finland). Testi suoritettiin siten, että nopeutta nostettiin minuutin välein, ja nopeuden 14 km/h saavuttamisen jälkeen alettiin minuutin välein nostaa kulmaa ilman pysähdyksiä. Aloitusnopeus oli 7 km / h kulman ollessa 1,0 astetta (Liite 2). Aluksi koehenkilölle kiinnitettiin Polarin sykemittari (Polar S810, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) syketiotojen keräämistä varten. Koska koehenkilöt eivät ennen olleet juosseet juoksumatolla, annettiin heidän ensin harjoitella juoksemista muutama minuutti ennen varsinaisen testin alkua. Tämän jälkeen koehenkilölle kiinnitettiin hengityskaasujen mittausta varten maski tai suukappale, jonka kautta hengityskaasut analysoitiin hengitys hengitykseltä ja mitattiin hengityskaasuanalyttorilla Vmax229 (Sensor Medics Corporation, Yorba Linda, California, USA). Koehenkilöt juoksivat uupumukseen asti, ja 2 minuuttia testin loppumisen jälkeen otettiin sormenpäältä verinäyte, josta mitattiin laktaatti (Lactate Pro, Arkray Inc, Kyoto, Japan). Lopuksi koehenkilöt verryttelivät juoksumatolla sopivaksi katsomallaan nopeudella muutaman minuutin ajan. Ennen jokaista koehenkilöä suoritettiin hengityskaasuanalysointikalibrointi hengityskaasujen tilavuuden ja happi- ja hiilidioksidipitoisuuksien suhteen.

5.4 Sykemittaukset

Varsinaiset mittaukset suoritettiin kaksi viikkoa alkumittausten jälkeen. Valmentajille annettiin ohjeeksi pitää kuormitukseltaan keskiraskaat ja mahdollisimman samanlaiset iltaharjoitukset kahtena peräkkäisenä päivänä. Aamuharjoitusten tuli olla kuormitukseltaan normaalia tasoa.

Koehenkilöitä pyydettiin laittamaan sykemittarit päälle keskiviikkoiltana kaksi tuntia ennen nukkumaanmenoa. Keskiviikko oli lepopäivä, joten tarkoitus oli saada talteen

lepopäivän jälkeisen yön syketiedot. Torstaina ryhmä I harjoitteli aamulla urheilulukion ryhmässä ja illalla molemmat koehenkilöryhmät osallistuivat JyPK:n iltaharjoituksiin. Perjantaina kaikki koehenkilöt osallistuivat pelkkiin iltaharjoituksiin. Syketiedot kerättiin lauantiaamuun asti, jolloin koehenkilöt saivat ottaa mittarin pois päältä (Taulukko 2).

TAULUKKO 2: Sykemittausten aikataulu

	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai
Ryhmä I	Lepopäivä, mittari päälle	Iltaharjoitukset	Iltaharjoitukset	Mittari pois
Ryhmä AI	Lepopäivä, mittari päälle	Aamu- ja iltaharjoitukset	Iltaharjoitukset	Mittari pois

5.5 Kyselylomakkeet

Jokaisen koehenkilön tuli kirjata ylös sykkeeseen mahdollisesti vaikuttavat tekijät, mm. arkiliikunta, lepääminen, nukkumaanmenoajat, heräämisajat, ruokailut sekä kahvin, tupakan että alkoholin käyttö. Koehenkilöiden tuli myös täyttää tuntemuksiaan kuvaavia lomakkeita siten, että harjoitusten jälkeen koehenkilöt arvioivat harjoituksen kuormittavuutta ja aamuisin omaa palautuneisuustasoaan (Liitteet 3 ja 4). Asteikkona kuormittavuuskyselyssä oli 0-10 siten, että 0 = ”ei ollenkaan kuormittava” ja 10 = ”erittäin paljon kuormittava”. Palautuneisuuskyselyn asteikko oli 0-10 siten, että 0 = ”ei ollenkaan palautunut” ja 10 = ”täysin palautunut”.

5.6 Mittausten analysointi

5.6.1 Syketietojen analysointi

Syketiedot kerättiin talteen käyttäen Suunto T6 –sykepantoja. Syketiedostot käsiteltiin Firstbeatin Hyvinvointianalyysi-ohjelmalla (Hyvinvointianalyysi v.2.0.0.21. Firstbeat Technologies Oy, Suomi). Ohjelma muodostaa sykevälitiedosta erilaisia muuttujia, jotka kuvaavat autonomisen hermoston toimintaa ja kehon fyysistä aktiivisuustasoa.

Ohjelma korjaa mittauksen aikana mahdollisesti esiintyvät häiriöt ja esikäsittelee datan digitaalisilla suodattimilla tulkinan helpottamiseksi. (Kuva 5)



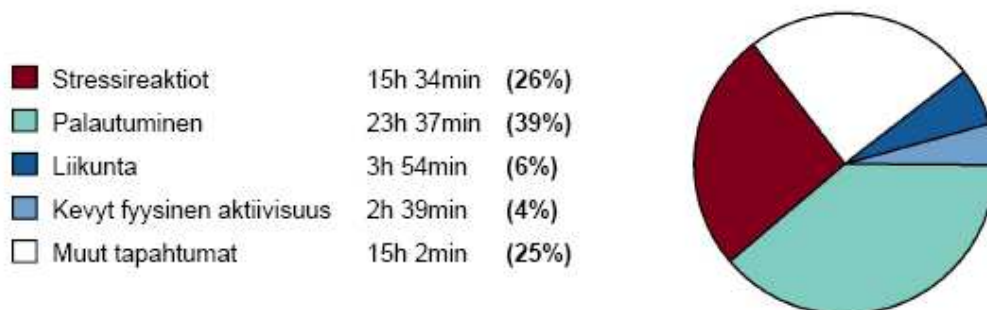
KUVA 5: Tutkimukseen osallistuneen koehenkilön sykedata mittausjaksolta. Kuvassa näkyvät suurimmat piikit ovat harjoitusten aiheuttamia syketasojen nousuja.

Sykevälitiedosta saadaan määriteltyä mm. hapenkulutus, ventilaatio, sykevaihtelumuuttujia sekä autonomisen hermoston tunnuslukuja. Ohjelma yhdistää laskettuja tietoja ja määrittelee niiden perusteella mm. stressireaktioiksi ja rentoutustiloiksi lukeutuvan ajan.

Aluksi jokaiselle koehenkilölle luotiin oma profiili, mihin syötettiin henkilötietojen lisäksi alkumittauksissa saadut arvot: henkilön pituus, paino, maksimihapenottokyky, maksimisyke ja fyysistä aktiivisuutta kuvaava aktiivisuusluokka. Tämän jälkeen haettiin syketiedostot suoraan sykepannasta ohjelman avulla ja analysoitiin tiedostot. Syketiedostot pilkottiin siten, että jokaisesta yöstä tehtiin oma tiedostonsa sen perusteella, minkä nukkumaanmeno- ja heräämisajan koehenkilö ilmoitti. Nukkumisaika näkyi selkeästi myös sykekäyristä. Lisäksi jokaisesta harjoituksesta tehtiin oma tiedostonsa harjoitusten vertailua varten. Lopuksi tarpeelliset tiedostot siirrettiin Excel-muotoon tarkempaa analysointia ja tilastollisia analyyseja varten.

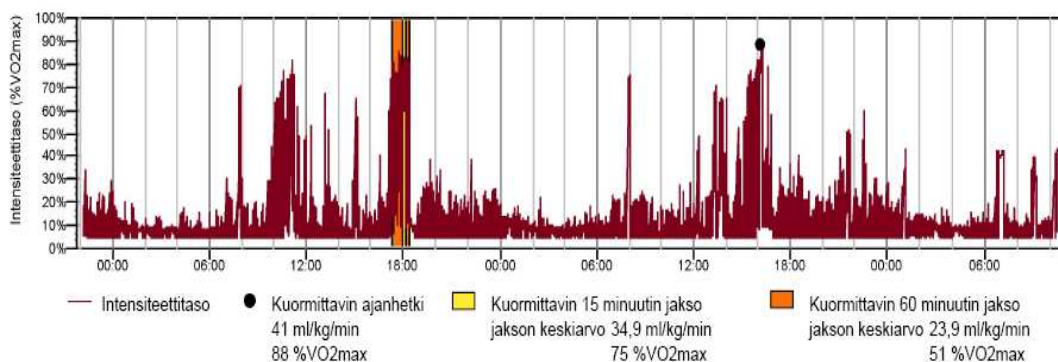
Hyvinvointianalyysi tuottaa myös valmiita raportteja eri tarkoituksia varten: stressi, energiankulutus, painonhallinta, voimavarat, terveystoiminta, harjoitusvaikutus sekä fyysinen kuormittuminen. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin raportteja lähinnä stressin sekä fyysisen kuormittumisen osalta.

Hyvinvointianalyysin tuottaman stressiraportin (Kuva 6) perusteella stressiksi luettavaa aikaa ryhmän AI koehenkilöllä oli yhteensä 26 % kun taas palautumisen osuus oli 39 %. Liikunnan osuudeksi ohjelma tunnistaa 6 % ajasta, eli 3 tuntia 54 minuuttia.



KUVA 6: Ryhmän AI koehenkilön stressireaktioiden, palautumisen, liikunnan ja muiden tapahtumien ajat ja suhteelliset osuudet (%) mittausjakson aikana.

Fyysisen kuormittumisen raportista (Kuva 7) nähdään, että ryhmän AI koehenkilön kuormittavin jakso osuu ensimmäisten iltaharjoitusten kohdalle. Myös aamuharjoituksen sekä toisen päivän iltaharjoituksen ajankohdat näkyvät kuvassa kuormittavina hetkinä.



KUVA 7: Ryhmän AI koehenkilön fyysisen kuormittumisen analyysi koko mittausjaksolta. Kuormittavin ajankohta oli ensimmäisen päivän iltaharjoitukset.

Taulukossa 3 on selitetty tässä tutkimuksessa esiintyvät muuttujat, jotka on tuotettu Hyvinvointianalyysi-ohjelmalla.

TAULUKKO 3: Tutkimuksessa esiintyvät muuttujat

Relaxation Time	Rentoutumiseksi tulkittava aika
Stress Time	Stressiksi tulkittava aika
BeatByBeatRMSSD	Peräkkäisten sykevälien keskimääräistä vaihtelua kuvaava muuttuja
Average HR	Keskimääräinen syke
Min HR	Minimisyke mittausjakson aikana
Max HR	Maksimisyke mittausjakson aikana
Average VO2	Keskimääräinen hapenkulutus mittausjakson aikana
Max VO2	Maksimihapenkulutus mittausjakson aikana
Average Ventilation	Keskimääräinen ventilaatio mittausjakson aikana
HF Average	Korkeataajuisen sykevaihdelun tehon keskiarvo mittausjakson aikana
LF Average	Matalataajuisen sykevaihdelun tehon keskiarvo mittausjakson aikana

5.6.2 Tilastolliset analyysit

Hyvinvointianalysista saatu data vietiin Exceliin, missä tuloksista laskettiin muuttujien keskiarvot ja –hajonnat, jotka on tässä tutkimuksessa esitetty muodossa keskiarvo \pm SD. Muuttujien välisiä yhteyksiä tarkasteltiin SPSS 14.0 –ohjelmalla. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi asetettiin tässä tutkimuksessa $p < 0,05$. Ryhmien välisiä tuloksia tarkasteltiin non-parametrisella Mann-Whitneyn U-testillä ja ryhmien sisäisiä tuloksia non-parametrisella Wilcoxon Signed Ranks -testillä.

6 TULOKSET

6.1 Harjoitusten kuormittavuus

Alkumittauksissa ryhmän I minimisykkeen keskiarvoksi saatiin 48 ± 3 lyöntiä minuutissa ja maksimisykkeeksi 196 ± 6 lyöntiä minuutissa. Ryhmän AI minimisykkeeksi saatiin 46 ± 3 lyöntiä minuutissa ja maksimisykkeeksi 191 ± 7 lyöntiä minuutissa. Maksimihapenotoksi mitattiin ryhmällä I 44 ± 4 ja ryhmällä AI 42 ± 9 ml / kg / min.

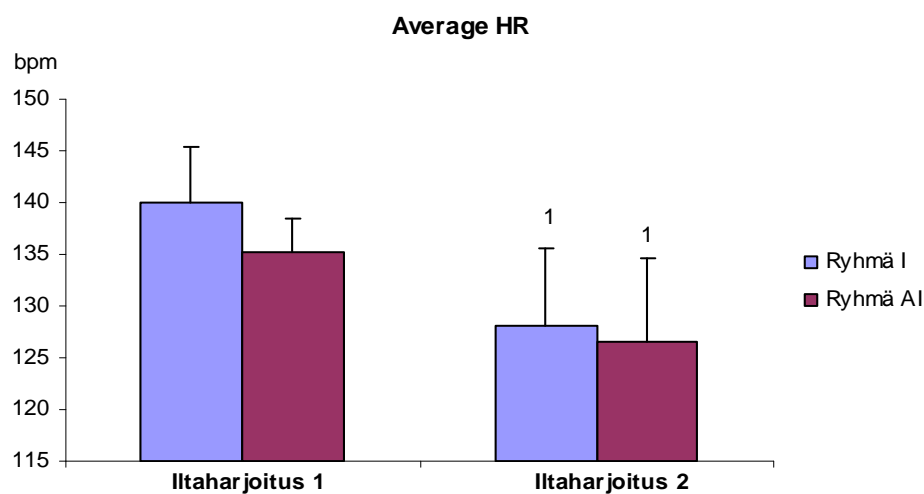
Harjoitukset olivat kuormittavuudeltaan erilaisia, kuten taulukosta 4 ja kuvioista 2-8 ilmenee. Kuvioissa on esitetty harjoitusten kuormittavuutta kuvaavat arvot pelkästään iltaharjoitusten osalta, koska aamuharjoituksen tutkiminen ei kuulunut tämän tutkimuksen tutkimusongelmiin. Kuvioihin on merkitty tilastolliset merkitsevyydet.

TAULUKKO 4: Harjoitusten kuormittavuus

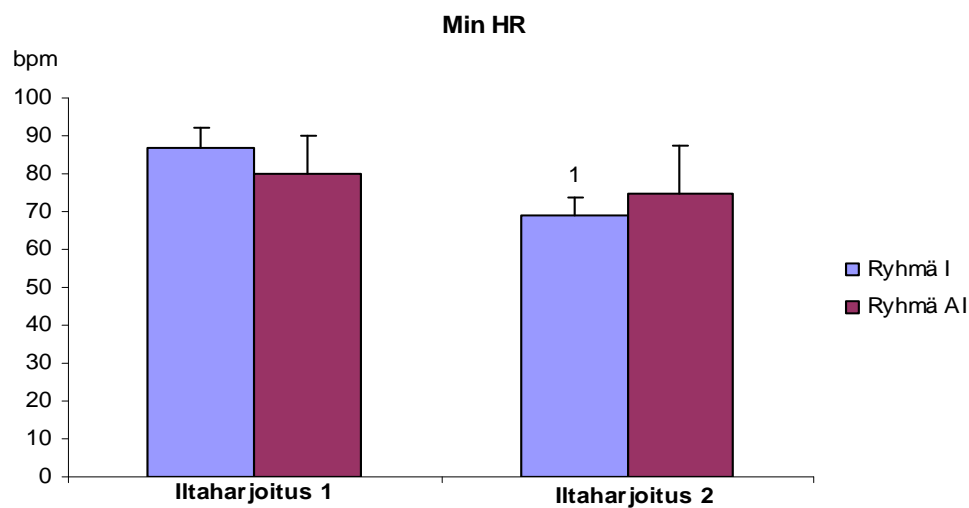
	Aamuharjoitus		Iltaharjoitus 1		Iltaharjoitus 2	
	Ryhmä AI	Ryhmä I	Ryhmä AI	Ryhmä I	Ryhmä AI	Ryhmä I
Average HR (bpm)	125 ± 15	140 ± 5	135 ± 3	128 ± 7	127 ± 8	
Min HR (bpm)	71 ± 15	87 ± 5	80 ± 10	69 ± 5	75 ± 13	
Max HR (bpm)	176 ± 8	184 ± 3	177 ± 6	181 ± 7	180 ± 7	
Average VO ₂ (ml/kg/min)	19 ± 5	22 ± 1	23 ± 2	18 ± 1	20 ± 2	
Max VO ₂ (ml/kg/min)	40 ± 4	39 ± 2	41 ± 3	38 ± 3	42 ± 4	
Average Ventilation (l/min)	34 ± 13	40 ± 5	42 ± 9	32 ± 4	36 ± 9	
Max Ventilation (l/min)	98 ± 18	106 ± 8	105 ± 20	101 ± 12	104 ± 19	

Sykemuuttajat erosivat harjoitusten välillä, ja ensimmäinen iltaharjoitus oli kuormittavampi kuin toinen. Molempien ryhmien keskisykkeet olivat alhaisemmat toisen päivän iltaharjoituksessa (kuva 8). Ryhmän I minimisyke oli ensimmäisessä iltaharjoituksessa 87 ± 5 lyöntiä minuutissa, kun taas toisessa harjoituksessa minimisyke

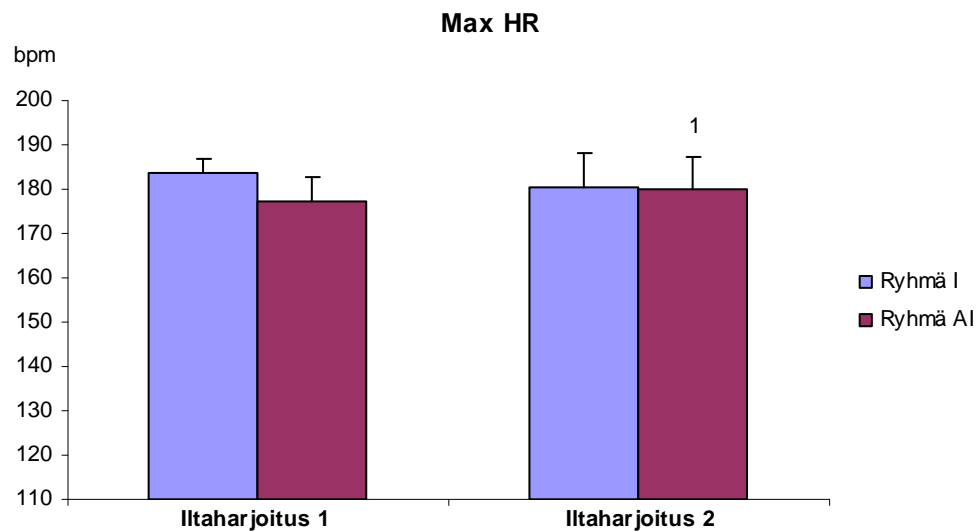
oli 69 ± 5 ($P < 0,05$). Ryhmän AI minimisyke oli ensimmäisessä iltaharjoituksessa 80 ± 10 ja toisessa 75 ± 13 (kuva 9). Maksimisykkeet iltaharjoituksissa olivat kummallakin ryhmällä hyvin samanlaisia, vaikkakin ensimmäisessä iltaharjoituksessa ryhmällä I maksimisyke oli hiukan korkeampi kuin toisessa harjoituksessa; ensimmäisessä 184 ± 3 lyöntiä minuutissa, toisessa 181 ± 7 (N.S), ja ryhmällä AI toisin päin; ensimmäisessä harjoituksessa 177 ± 6 ja toisessa 180 ± 7 ($P < 0,05$) (Kuva 10). Ryhmien välille muodostui pientä eroa ensimmäisen iltaharjoituksen osalta: ryhmän AI maksimisyke oli ryhmän I sykettä alhaisempi ($P = 0,055$).



KUVA 8: Keskisykkeet iltaharjoituksissa. Tilastollinen merkitsevyys (1) ($P < 0,05$) molemmilla ryhmillä iltaharjoitusten välillä.

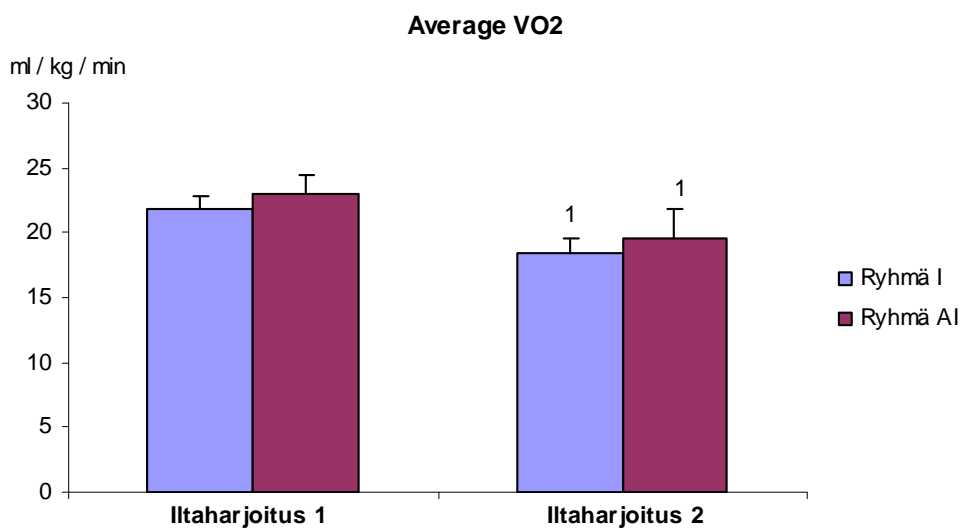


KUVA 9: Ryhmien minimisykkeet iltaharjoitusten aikana. Tilastollinen merkitsevyys (1) ($P < 0,05$) ryhmällä I iltaharjoitusten välillä.

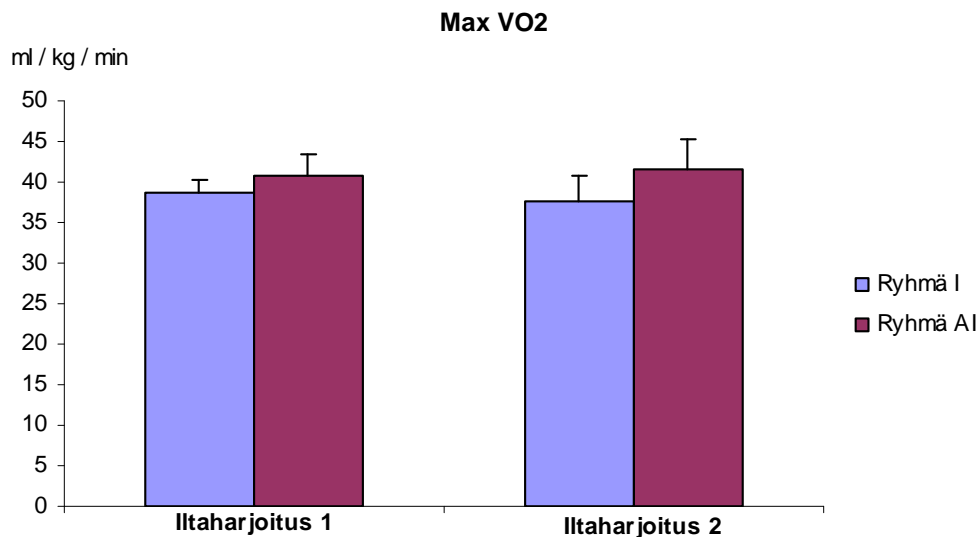


KUVA 10: Maksimisykkeet iltaharjoituksissa. Tilastollinen merkitsevyys (1) ($P < 0,05$) ryhmän AI maksimisykkeissä harjoitusten välillä.

Keskimääräinen hapenkulutus oli molemmilla ryhmillä matalampi toisen päivän iltaharjoituksessa ($P < 0,05$), ryhmällä I 22 ± 1 vs. 18 ± 1 ja ryhmällä AI 23 ± 2 vs. 20 ± 2 (Kuva 11). Maksimihapenkulutus oli iltaharjoituksissa molemmilla ryhmillä samankaltainen (Kuva 12).

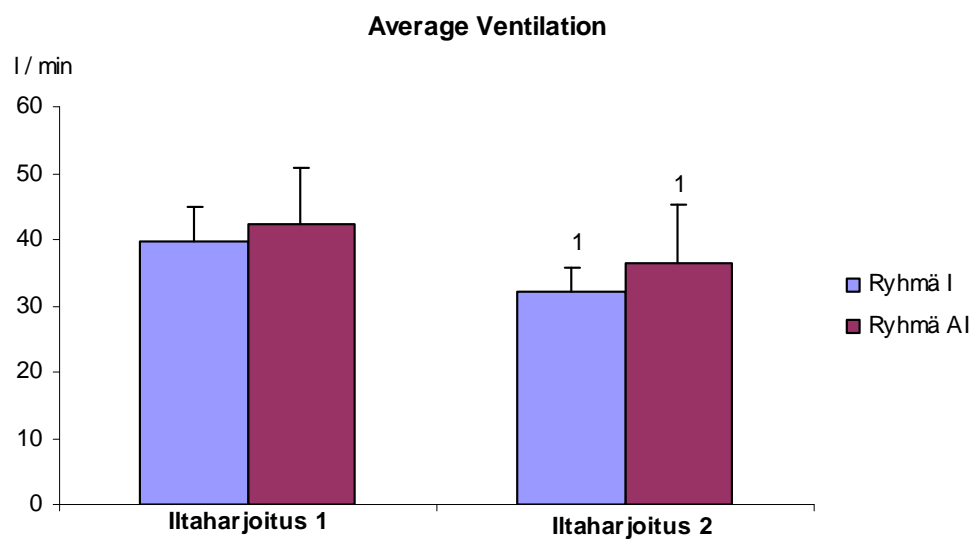


KUVA 11: Keskimääräinen hapenkulutus iltaharjoituksissa. Tilastollinen merkitsevyys (1) ($P < 0,05$) molemmilla ryhmillä iltaharjoitusten välillä.

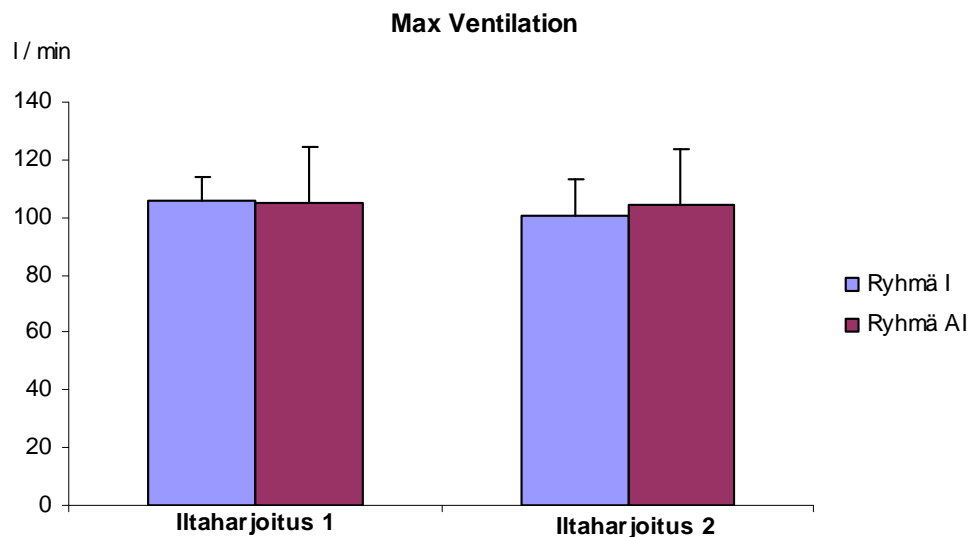


KUVA 12: Maksimihapenkulutus iltaharjoituksissa.

Keskimääräinen ventilaatio oli molemmilla ryhmillä merkitsevästi alhaisempi ($P < 0,05$) toisessa iltaharjoituksessa kuin ensimmäisessä, ryhmällä I 40 ± 5 vs. 32 ± 4 ja ryhmällä AI 42 ± 9 vs. 36 ± 9 (Kuva 13). Maksimiventilaatio oli iltaharjoituksissa samankaltainen molemmilla ryhmillä. (Kuva 14)



KUVA 13: Keskimääräinen ventilaatio iltaharjoituksissa. Tilastollinen merkitsevyys (1) ($P < 0,05$) molemmilla ryhmillä iltaharjoitusten välillä.

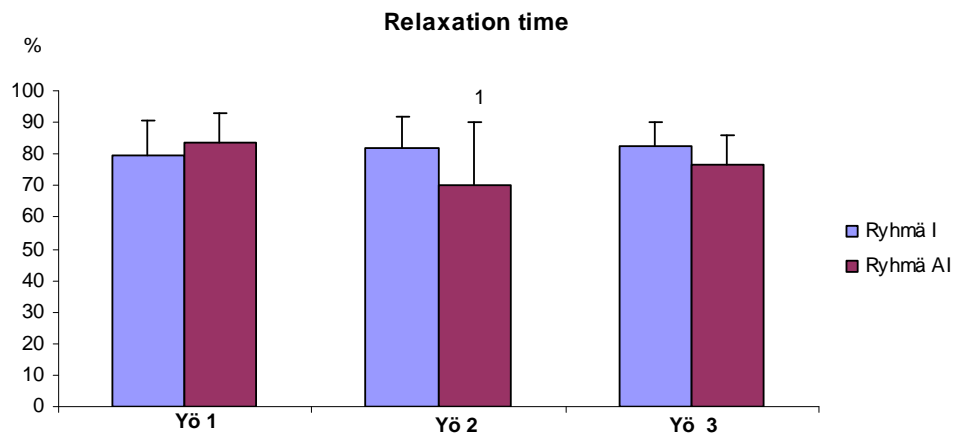


KUVA 14: Maksimiventilaatio iltaharjoituksissa.

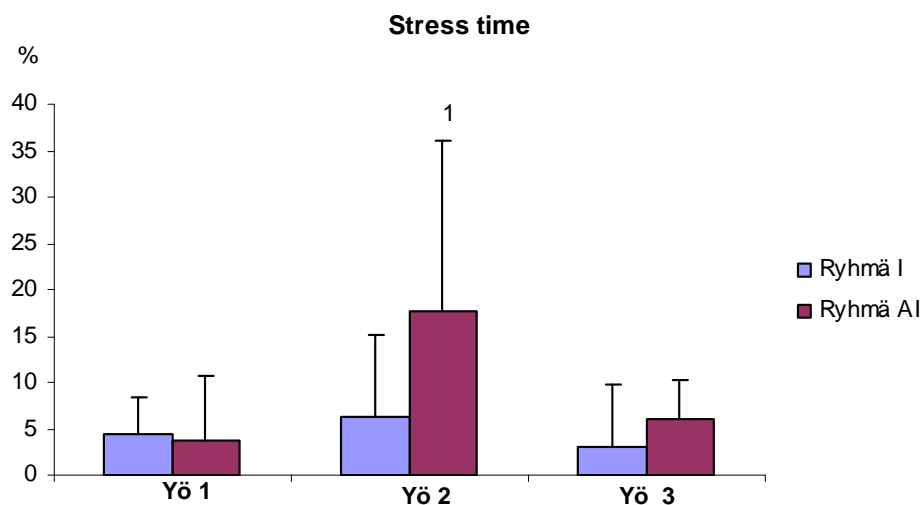
6.2 Stressi ja palautuminen

Ensimmäiseltä yöltä kerättyjen syketietojen perusteella ryhmien väliset erot palautumisessa lepopäivän jälkeen olivat hyvin pienet: ryhmän I rentoutumiseksi luokiteltua aikaa oli ensimmäisenä yönä 79 ± 11 % kun ryhmän AI rentoutumiseksi luokiteltavaa aikaa oli 84 ± 9 %. Toisena yönä, kun ryhmällä I oli takana iltaharjoitukset ja ryhmällä AI aamu- sekä iltaharjoitukset, olivat erot huomattavasti suuremmat: I-ryhmällä 82 ± 10 % ja AI-ryhmällä 70 ± 20 %. Tilastollinen merkitsevyys ($P < 0,05$) löytyy ryhmän AI ensimmäisen ja toisen yön väliltä. Kolmantena yönä ryhmä I käytti rentoutumiseen 82 ± 8 % yöstä ja ryhmä AI 77 ± 9 %. (Kuva 15)

Myös stressiksi luokiteltavan ajan osuus oli ensimmäisenä yönä lepopäivän jälkeen ryhmien välillä samankaltainen: ryhmällä I 4 ± 4 % ja ryhmällä AI 4 ± 7 %. Toisena yönä erot olivat jälleen suuremmat: ryhmällä I oli stressiä 6 ± 9 % ja ryhmällä AI 18 ± 19 %. Kolmantena yönä ero oli jälleen pienempi: ryhmällä I 3 ± 7 % ja ryhmällä AI 6 ± 4 % (Kuva 16).



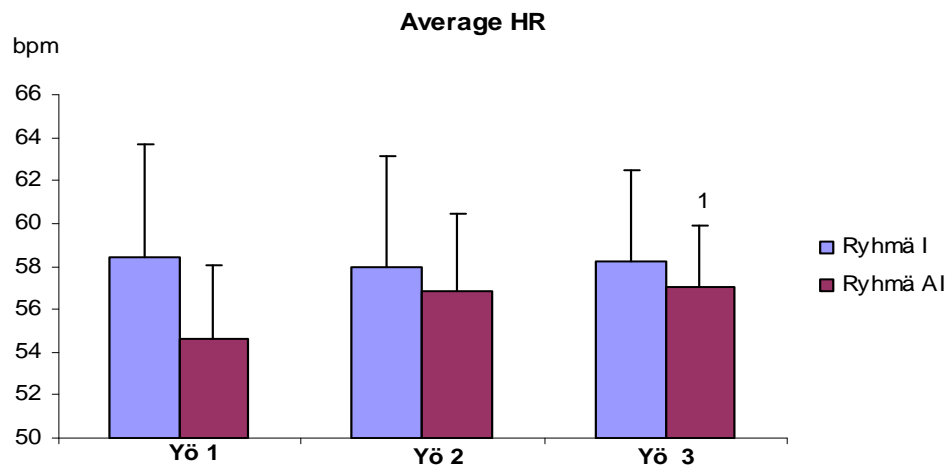
KUVA 15: Ryhmien väliset erot rentoutumiseksi luokiteltavassa ajassa eri öiden välillä. Ryhmän AI osalta löytyy tilastollinen merkittävyys öiden 1 ja 2 välillä (1) ($P < 0,05$).



Kuva 16: Ryhmien väliset erot stressiksi luokiteltavassa ajassa eri öiden välillä. Tilastollinen merkitsevyys (1) ($p < 0,05$) ryhmällä AI öiden 1 ja 2 välillä.

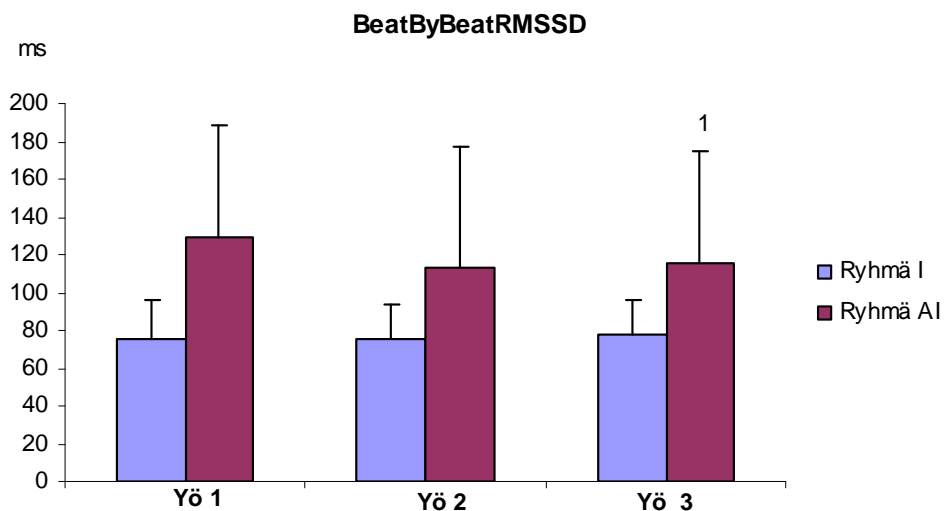
Ryhmien välillä tilastollista merkittävyyttä ei kuitenkaan ollut rentoutumisajan tai stressiajan suhteen.

Sydämen keskisyke (krt / min) yön aikana pysyi ryhmällä I jokaisena yönä arvossa 58 ± 5 , kun taas ryhmällä AI oli ensimmäisenä yönä 55 ± 3 , toisena yönä 57 ± 4 ja kolmantena yönä 57 ± 3 (Kuva 17). Tilastollinen merkitsevyys ($p < 0,05$) oli kuitenkin ainoastaan ryhmän AI ensimmäisen ja viimeisen yön välillä.



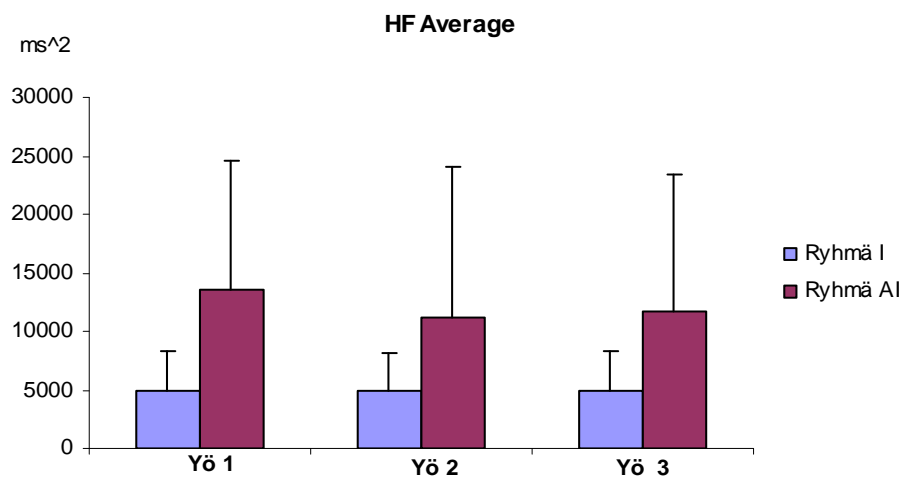
KUVA 17: Sydämen keskiyke eri öiden aikana. Tilastollinen merkitsevyys (1) ($P < 0,05$) löytyi ryhmältä AI ensimmäisen ja kolmannen yön väliltä.

Sykevälivaihtelu oli runsaampaa ryhmällä AI, ja ensimmäisen ja kolmannen yön välillä oli tilastollinenkin merkitsevyys ($P < 0,05$) RMSSD:n perusteella (Kuva 18). Muuten ei tilastollisesti merkitseviä eroja löytynyt matala- ja korkeataajuisia vaihteluita kuvaavista arvoista.



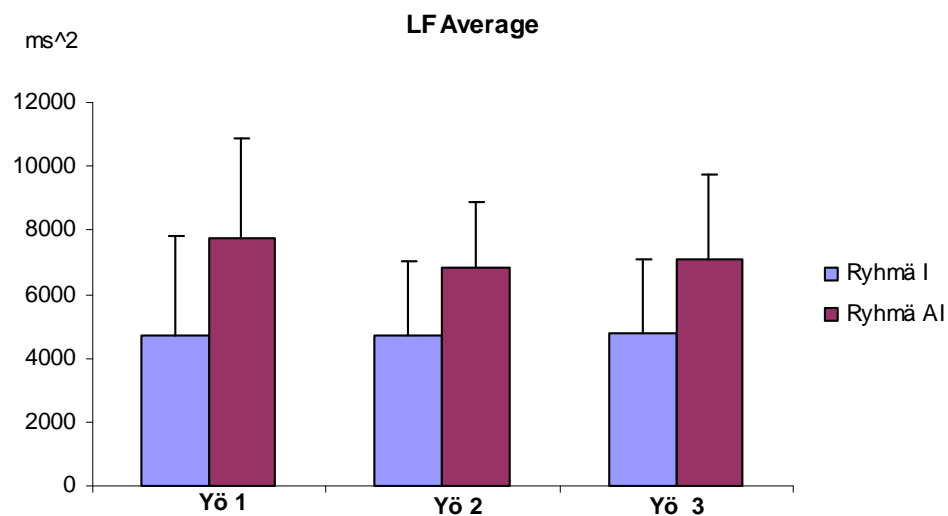
KUVA 18: Ryhmien välinen ero sykevälivaihtelua kuvaavan muuttujan RMSSD:n perusteella. Tilastollinen merkitsevyys (1) ($p < 0,05$) ryhmällä AI ensimmäisen ja viimeisen yön välillä.

Korkeataajuuksisen sykevälivaihtelun keskiarvo ryhmällä I oli joka yö välillä 4831-4909 ms², kun taas ryhmällä AI HF-sykevälivaihtelua oli 11168-13567 ms² (Kuva 19).



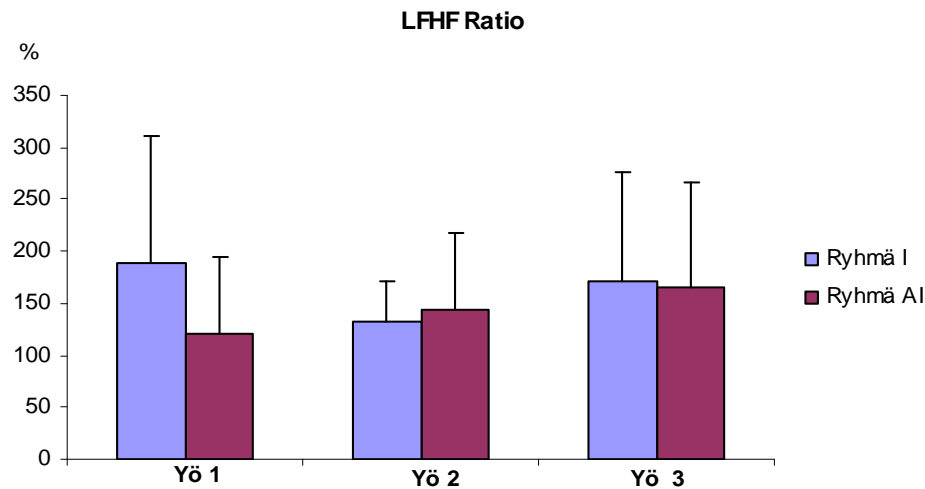
KUVA 19: Korkeataajuuksisen sykevälivaihtelun keskiarvo eri öinä.

Matalataajuuksisen sykevälivaihtelun keskiarvo oli ryhmällä I ensimmäisenä yönä 4688 ± 3159 ms², toisena yönä 4724 ± 2299 ms² ja kolmantena 4787 ± 2301 ms², ja ryhmällä AI ensimmäisenä yönä 7756 ± 3141 ms², toisena yönä 6861 ± 2048 ms² ja kolmantena 7119 ± 2626 ms² (Kuva 20).



KUVA 20: Matalataajuuksisen sykevälivaihtelun keskiarvo eri öinä.

LF/HF –suhde oli ensimmäisenä yönä ryhmällä I 189 ± 121 % ja ryhmällä AI 121 ± 74 %. Toisena yönä suhde oli ryhmällä I 132 ± 39 % ja ryhmällä AI 143 ± 74 % ja viimeisenä yönä 171 ± 105 % ryhmällä I ja 166 ± 101 % ryhmällä AI (Kuva 21).

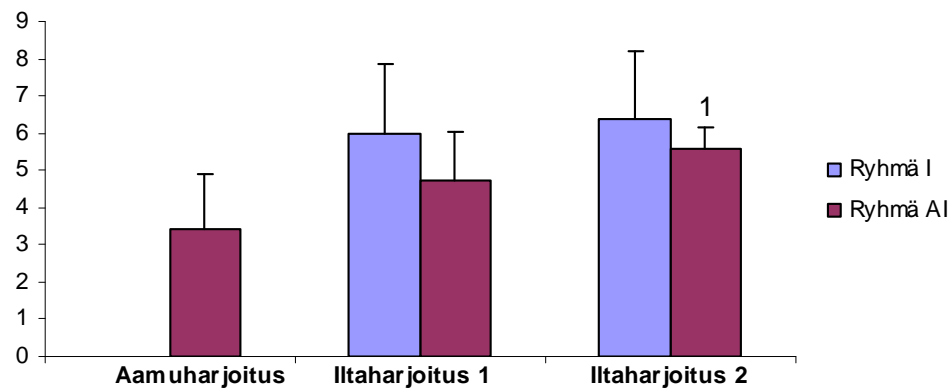


KUVA 21: LF/HF –suhde eri öinä.

6.3 Muut tulokset

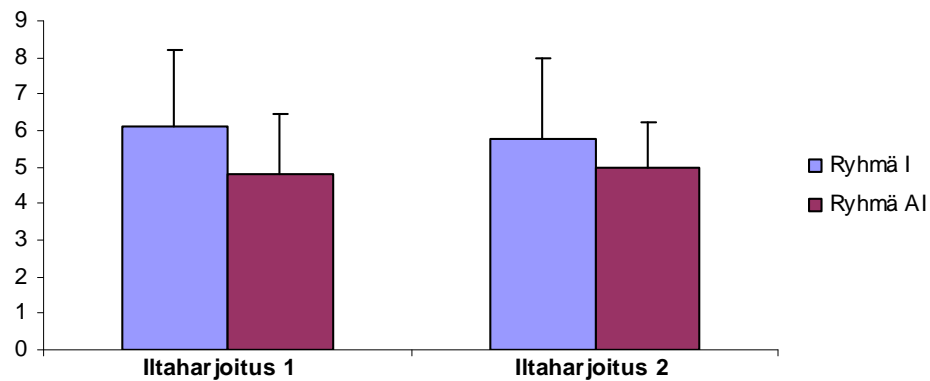
Kuormittavuuden tunnetta mittaavassa kyselylomakkeessa (Liite 3) ryhmän I koehenkilöt kuvasivat harjoitusten kokonaiskuormittavuutta ensimmäisessä harjoituksessa numerolla $6 \pm 1,9$ ja toisessa $6,4 \pm 1,8$. Ryhmän AI tuntemukset aamuharjoituksessa oli $3,4 \pm 0,6$, ensimmäisessä iltaharjoituksessa $4,7 \pm 1,5$ ja toisessa iltaharjoituksessa $5,6 \pm 1,3$. Ryhmä AI koki toisen iltaharjoituksen merkittävästi ($P < 0,05$) rasittavammaksi kuin ensimmäisen iltaharjoituksen, ryhmällä I ei merkittävää eroa löytynyt (Kuva 22). Verenkierto- ja hengityselimistön kuormittuminen näytti molemmilla ryhmillä olleen samankaltainen eri iltaharjoituksissa (Kuva 23), samoin kuin lihaksiston kuormittuminen (Kuva 24).

Harjoitusten kokonaiskuormittavuus



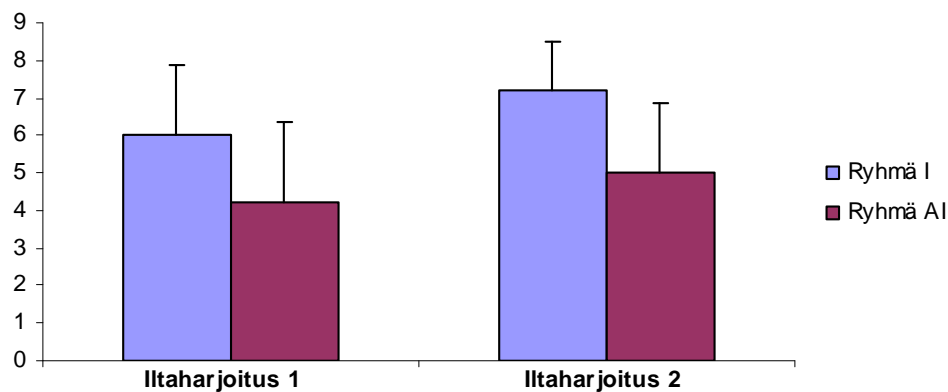
KUVA 22: Koehenkilöiden oma arvio eri harjoitusten kokonaiskuormittavuudesta. Kuvion asteikko on 0-10 siten, että 0 tarkoittaa ”ei ollenkaan kuormittava” ja 10 ”erittäin paljon kuormittava”. Ryhmä AI koki toisen iltaharjoituksen merkittävästi (1) ($P < 0,05$) kuormittavamaksi kuin ensimmäisen.

Kuormittavuus / verenkierto&hengitys



KUVA 23: Koehenkilöiden oma arvio eri harjoitusten kuormittavuudesta verenkierto- ja hengityselimistön osalta. Kuvion asteikko on 0-10 siten, että 0 tarkoittaa ”ei ollenkaan kuormittava” ja 10 ”erittäin paljon kuormittava”.

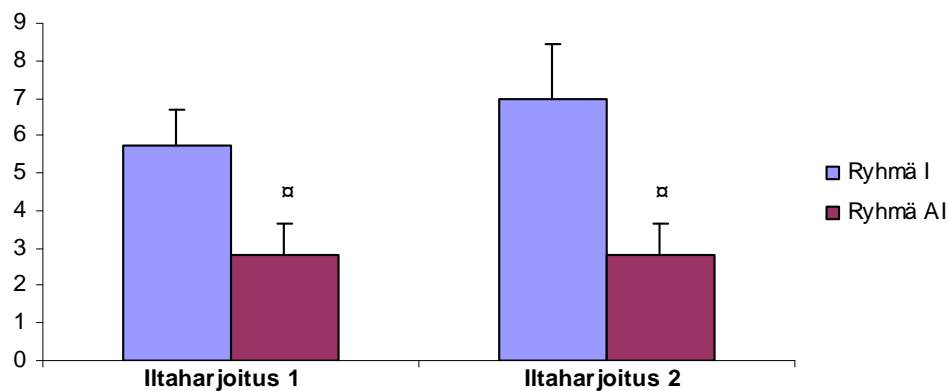
Kuormittavuus / lihakset&hermosto



KUVA 24: Koehenkilöiden oma arvio eri harjoitusten kuormittavuudesta lihaksiston osalta. Kuvion asteikko on 0-10 siten, että 0 tarkoittaa ”ei ollenkaan kuormittava” ja 10 ”erittäin paljon kuormittava”.

Ryhmiä väliltä löytyi merkitsevä ero ($P < 0,05$) molempien harjoitusten osalta, kun kysyttiin harjoitusten psyykkistä kuormittavuutta. Ryhmä I koki molemmat harjoitukset selkeästi psyykkisesti kuormittavammaksi kuin ryhmä AI (Kuva 25).

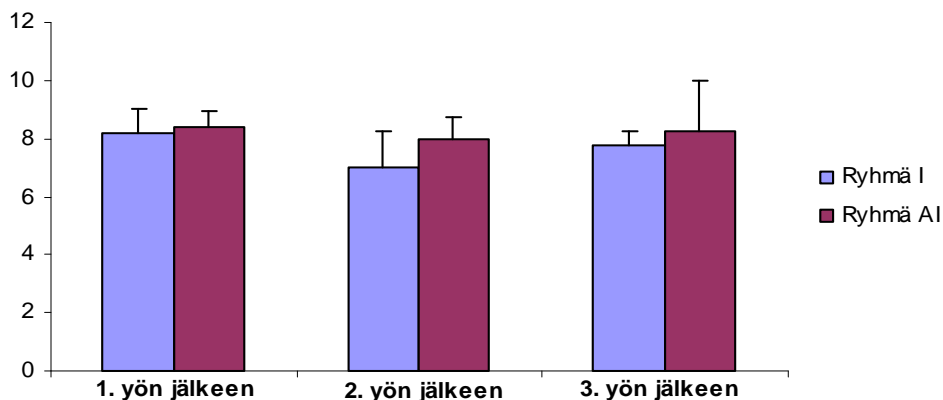
Harjoitusten psyykkinen kuormittavuus



KUVA 25: Harjoitusten psyykkinen kuormittavuus. Merkitsevä ero (α) ($P < 0,05$) ryhmien välillä.

Palautuneisuuskyselyssä (Liite 4) ryhmän I fyysisen palautumisen keskiarvo ensimmäisen yön jälkeen oli $8,2 \pm 0,8$, toisen yön jälkeen $7 \pm 1,2$ ja kolmannen jälkeen $7,8 \pm 0,5$ kun taas ryhmällä AI tuntemukset ensimmäisen yön jälkeen olivat $8,4 \pm 0,6$, toisen yön jälkeen $8 \pm 0,7$ ja kolmannen yön jälkeen $8,3 \pm 1,7$ (Kuva 26).

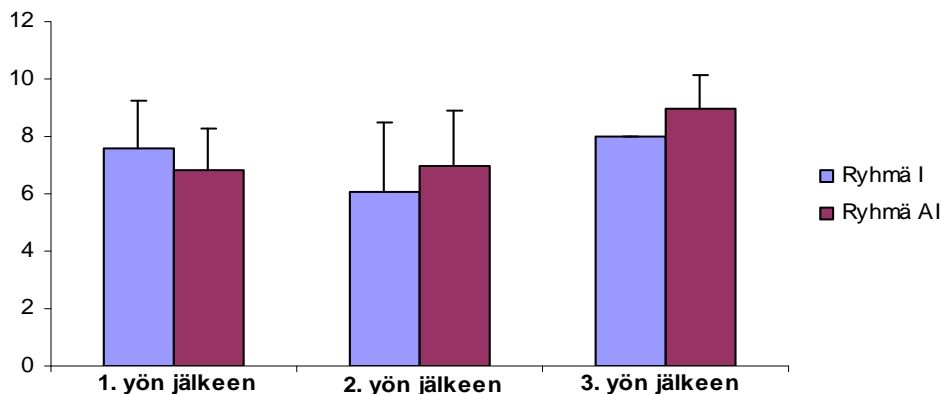
Fyysinen palautuminen



KUVA 26: Koehenkilöiden oma arvio omasta fyysisestä palautumisestaan kolmena eri aamuna. Kuvion asteikko on 0-10 siten, että 0 tarkoittaa ”ei ollenkaan palautunut” ja 10 ”erittäin hyvin palautunut”

Psyykkisen palautumisen kyselyssä ryhmän I keskiarvo ensimmäisen yön jälkeen oli $7,6 \pm 1,7$, toisen yön jälkeen $6,1 \pm 2,4$ ja kolmannen jälkeen $8 \pm 0,0$ kun taas ryhmällä AI tuntemukset ensimmäisen yön jälkeen olivat $6,8 \pm 1,5$, toisen yön jälkeen $7 \pm 1,9$ ja kolmannen yön jälkeen $9 \pm 1,2$ (Kuva 27).

Psyykinen palautuminen



KUVA 27: Koehenkilöiden arvio psyykkisestä palautuneisuudesta aamuisin. Kuvion asteikko on 0-10 siten, että 0 tarkoittaa ”ei ollenkaan palautunut” ja 10 ”erittäin hyvin palautunut”.

7 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten harjoituksista palautuminen tapahtuu yön aikana riippuen siitä, harjoitellaanko yksi vai kaksi kertaa päivässä. Tarkoituksena oli verrata tilannetta kahden koehenkilöryhmän välillä ja lisäksi saman ryhmän sisällä eri öinä. Tämän tutkimuksen päätulokseksi saatiin seuraavat asiat: stressin määrä (%) ryhmällä AI oli suurempi kahta harjoitusta seuranneena yönä kuin lepopäivän jälkeisenä yönä, ja vastaavasti rentoutumiseen käytetty aika oli suurempi lepopäivän jälkeisenä yönä. Ryhmien välillä ei tilastollisesti merkitseviä eroja löytynyt.

7.1 Koeasetelma ja alkumittaukset

Tarpeeksi suuren koehenkilöjoukon löytäminen tutkimukseen oli haastavaa, koska urheilulukiassa opiskelevia, samassa joukkueessa pelaavia tyttöjä oli niin vähän. Myös muutaman koehenkilön vetäytyminen tutkimuksesta kesken kaiken aiheutti vajetta koehenkilömäärässä. Tutkimuksessa tämä aiheutti vaikeuksia tilastollisten merkitsevyyksien löytämisessä.

Sykedataa kerättiin 2,5 vuorokaudelta, ja tuloksissa huomioitiin sykevälivaihtelu jokaiselta yöltä siitä hetkestä lähtien kun henkilö on mennyt nukkumaan, siihen hetkeen kun henkilö on herännyt. Tutkimuksessa ei kontrolloitu nukkumaanmeno- tai heräämisaikaa eikä myöskään ravitsemukseen liittyviä tekijöitä, joten yöaikainen stressin ja palautumisen määrään on voinut vaikuttaa myös muut seikat kuin ylimääräinen aamuharjoitus. Tulokset olisivat myös voineet olla erilaiset, jos olisi huomioitu data ainoastaan muutamalta tunnilta, esimerkiksi klo 24 – 04.

Alkumittausten tulosten perusteella koehenkilöryhmät olivat keskenään hyvin samankaltaiset. Suurin osa tuloksista oli Kuntotestauksen käsikirjan viitearvojen (liite 1) mukaan keskimääräistä hieman parempia. Vaikka koehenkilöiden keskimääräinen hapenottokyky ($43 \pm 6,7$ ml/kg/min) vastasi Kuntotestauksen käsikirjan (Keskinen ym. 2004, 276) mukaista kuntoluokkaa 4 (asteikkona 1=heikko ja 7=erinomainen), olivat

arvot kuitenkin alhaisempia kuin esimerkiksi Rhodesin ja Mosherin (1992) tutkimien 12 kanadalaisen college-ikäisen tyttöpelaaajan VO_{2max} -arvot. Tämän kanadalaisen tutkimuksen mukainen keskiarvo oli $47,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, mikä on myös hyvin lähellä australialaispelaajilla tehdyn tutkimuksen tulosta $47,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. (Rhodes & Mosher 1992.)

7.2 Harjoitusten kuormittavuus

Parasympaattinen hermosto pystyy säätelemään tehokkaasti sykettä alle 0,50 Hz:n taajuusalueella (korkeataajuuksisella alueella, HF), kun taas sympaattisen hermoston vaikutus on tehokkainta alle 0,10 Hz:n taajuuksilla (matalataajuuksisella alueella, LF) (Task Force 1996). Sykevälivaihtelun on todettu vähenevän fyysisen rasituksen aikana monissa tutkimuksissa (mm. Arai ym. 1989, Bernardi ym. 1990, Yamamoto ym. 1991), ja tässäkin tutkimuksessa koehenkilöiden sykevälivaihtelu väheni harjoitusten aikana huomattavasti lepotasoon verrattuna. Vaikka iltaharjoitusten piti olla kuormittavuudeltaan samankaltaiset, näkyi sykemuuttujissa merkitseviäkin eroja. Ensimmäisessä iltaharjoituksessa sykevälivaihtelua tapahtui vähemmän kuin toisessa iltaharjoituksessa. LF/HF-suhde oli lähes samalla tasolla molempien iltaharjoitusten aikana. Korkeataajuuksisen sykevälivaihtelun määrä oli suurempi toisessa iltaharjoituksessa, mikä viitanee kevyempään harjoitukseen tai useampiin palauttaviin jaksoihin, kun taas ensimmäinen iltaharjoitus oli rasitukseltaan kovempi ja korkeataajuuksisen sykevälivaihtelun määrä pienempi. Tämäkin havainto on samankaltainen kuin Arain ym. (1989) ja Brennerin ym. (1998) tutkimuksissa: harjoituksen intensiteetin lisäys vähentää korkeataajuuksista sykevälivaihtelua. Myös stressitilanteessa kokonaissykevälivaihtelu vähenee, matalataajuuksisen vaihtelun osuus kasvaa ja korkeataajuuksisen vastaavasti vähenee (Madden ym. 1995, Delaney 2000, Guastin ym. 2005, Colombo 1989).

Harjoitusten maksimihapenottoa kuvaava arvo VO_{2max} oli ensimmäisessä iltaharjoituksessa ryhmällä I 39 ± 2 ja ryhmällä AI 41 ± 3 ja toisessa harjoituksessa ryhmällä I 38 ± 3 ja ryhmällä AI 42 ± 4 . Koehenkilöiden mitatut VO_{2max} -arvot olivat ryhmällä I 44 ± 4 ja ryhmällä AI 42 ± 9 , mikä tarkoittaisi sitä, että koehenkilöt olisivat olleet harjoituksissa lähes hapenottokykynsä maksimilukemissa. Maksimisykkeet jäivät

kuitenkin yli 10 lyöntiä minuutissa alhaisemmaksi kuin koehenkilöiden mitatut maksimisykkeet (ryhmällä I 196 ± 6 ja ryhmällä AI 191 ± 7): ensimmäisessä harjoituksessa ryhmällä I 184 ± 3 ja ryhmällä AI $177 \pm 5,5$ lyöntiä minuutissa, ja toisessa iltaharjoituksessa ryhmällä I 181 ± 7 ja ryhmällä AI 180 ± 7 lyöntiä minuutissa. Tästä voisi päätellä, että sykemittarin laskema VO_{2max} -arvo ei pidä täysin paikkaansa. Tämä johtunee siitä, että sykemittaukseen perustuvaa arviota hapenkulutuksesta ei voida luotettavasti käyttää intervallityyppisessä harjoituksessa, missä sykkeet vaihtelevat paljon, vaan se on tehty steady-state -tilaan perustuen. Varsinkin alhaisilla sykkeillä virheprosentit ovat suuria. Jalkapallossa sykkeet vaihtelevat paljon, joten tämän tutkimuksen harjoituksissa mitatut VO_{2max} -arvot ovat vain suuntaa antavia. (Firstbeat Technologies 2005).

Psyykkistä kuormittavuutta mittaavien kyselylomakkeiden perusteella ryhmän I koehenkilöt kokivat molemmat harjoitukset selkeästi psyykkisesti kuormittavammaksi kuin ryhmä AI. Osaltaan psyykkistä kuormitusta saattoi toisen harjoituksen osalta ryhmälle I aiheuttaa se, että toisessa iltaharjoituksessa valmentajan sijaisena toimi ryhmän AI aamuharjoitusten valmentaja, joka oli siis vieras ryhmälle I, mutta tuttu ryhmälle AI. Toisaalta ryhmän AI osalta kuormitusta saattoi toisessa iltaharjoituksessa aiheuttaa se, että koehenkilöt joutuivat tulemaan klo 15 alkaneisiin harjoituksiin suoraan koulusta, kun taas ennen ensimmäistä iltaharjoitusta, joka alkoi klo 18, ehtivät koehenkilöt lepäämään pari tuntia. Nämä seikat ovat osaltaan saattaneet vaikuttaa siihen, että ryhmän AI koehenkilöt kokivat toisen iltaharjoituksen ensimmäistä iltaharjoitusta rasittavammaksi, vaikka fysiologiset merkit kertoivat ensimmäisen harjoituksen olleen rasittavampi. Ryhmien välillä merkitsevää eroa ($P < 0,05$) löytyi ainoastaan psyykkisen kuormittumisen osalta, ja koska eroa löytyi molemmissa harjoituksissa, saattaa tilanne selittyä sillä, että pieniin koehenkilöryhmiin vain sattui valikoitumaan eri tavalla asiat kokevia henkilöitä. Suuri ero psyykkisen kuormittavuuden kohdalla vaikutti tuloksissa vahvasti myös kokonaiskuormittavuuden tuloksiin. Kun tuloksia tarkastellaan verenkierto- ja hengityselimistön tai lihaksiston kuormituksen kannalta, ei merkitseviä eroja ryhmien väliltä löydy.

7.3 Stressi ja palautuminen

Ensimmäisenä, lepopäivän jälkeisenä, yönä ryhmien väliset erot rentoutumiseksi tulkittavassa ajassa olivat hyvin pienet. Toisena yönä, kun ryhmällä AI oli kahdet harjoitukset takana, olivat erot suurempia. Ryhmien välille ei kuitenkaan löytynyt tilastollista merkitsevyyttä, mikä saattoi johtua pienestä koehenkilöryhmästä ja ryhmän AI suuresta keskihajonnasta. Kun tarkastellaan ryhmää I, niin huomataan, että heillä rentoutumiseen käytetty aika on ollut melkein sama joka yönä. Ryhmällä AI oli merkitsevä ero öiden 1 ja 2 välillä, mihin saattoi vaikuttaa ylimääräinen aamuharjoitus. Stressiksi tulkittava aika ryhmällä AI oli vastaavasti ensimmäisten iltaharjoitusten jälkeen suurempi kuin lepopäivän jälkeen. Ryhmällä I oli stressiä suurin piirtein saman verran joka yö, kun taas ryhmällä AI stressin osuus oli merkittävästi suurempi toisena yönä. Ryhmän I keskisyke oli joka yö sama, 58 lyöntiä minuutissa, kun taas ryhmän AI keskisyke oli alhaisempi lepopäivän jälkeisenä yönä (55 lyöntiä minuutissa) kuin harjoitusten jälkeisenä (57 lyöntiä minuutissa). Merkitsevää eroa ei stressi- tai rentoutumisajassa ryhmän AI osalta löydy enää toisen ja kolmannen yön välillä, joten ilmeisesti koehenkilöt pystyivät toipumaan ylimääräisen harjoituksen aiheuttamasta stressistä kolmanteen yöhön mennessä, ja rentoutumaan lähes yhtä hyvin kuin lepopäivän jälkeisenä yönä. Samankaltaisia tuloksia ovat saaneet mm. KIHUn Nummela ym. (2006), tutkiessaan MyPan edustusjoukkueen kuormittumista ja palautumista sarjakaudella. Harjoitusten jälkeisenä yönä palautumisprosentti oli yli 80 % kun taas sarjaottelun jälkeisenä yönä palautumista oli 70 % ajasta. KIHUn tutkimuksessa oli huomioitu ainoastaan tunnit klo 0:00-4:00 väliseltä ajalta. Myös keskisyke käyttäytyi samalla tavalla KIHUn tutkimuksessa: kovan harjoitus- tai pelipäivän jälkeen leposyke nousi seuraavan yön ajaksi. (Nummela ym. 2006)

7.4 Johtopäätökset

Tutkimuksen päätuloksena voidaan pitää sitä, että stressin määrä (%) ryhmällä AI oli suurempi kahta harjoitusta seuranneena yönä kuin lepopäivän jälkeisenä yönä, ja vastaavasti rentoutumiseen käytetty aika oli tuolloin pienempi. Ryhmien välillä ei tilastollisesti merkitseviä eroja löytynyt. Pienten koehenkilöryhmien takia ei voida

varmaksi sanoa, että kaksi kertaa päivässä harjoittelevilla olisi seuraavana yönä enemmän stressiä ja vähemmän rentoutumiseksi tulkittavaa aikaa kuin kerran päivässä harjoittelevilla, mutta tämä tutkimus antaa kuitenkin aihetta lisätutkimuksiin. Toisaalta se, että pienillä viiden koehenkilön ryhmillä saatiin tilastollisestikin merkittäviä tuloksia ryhmien sisällä, antaa mielenkiintoisen lähtökohdan uusin, laajempiin tutkimuksiin. Jatkotutkimuksissa voisi suuremman koehenkilöjoukon tutkimisen lisäksi olla pidempiaikainen seuranta paikallaan, jotta voitaisiin varmemmin sanoa, mistä mahdolliset erot palautumisessa johtuu. Myös harjoitusten intensiteetin tarkempi määrittely olisi tärkeää, jotta rasitukseltaan erilaiset harjoitukset eivät vaikuttaisi tutkimustuloksiin. Intensiteetin vaikutusta voisi tutkia myös siltä kannalta, että mikä olisi harjoitusten optimaalinen intensiteetti ja kuinka usein harjoituksia voisi olla, että haluttu harjoitusvaikutus syntyy ilman, että urheilija joutuu ylirasitustilaan.

LÄHDELUETTELO

- Ahonen, J., Lahtinen, T., Pogliani, G., Saarinen, H., Sandström M., Suovanen, J., Vannini, V., Wirhed, R. (1988) Kehon rakenne, toiminta ja lihaskunto (s.99-100) Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä
- Amelsvoort, L., Schouten, E., Maan, A., Swenne, C. & Kok, F. 2000. Occupational determinants of heart rate variability. *Int Arch Occup Environ Health* 73, 255-62.
- Antelmi, I., Silva de Paula, R., Shinzato, A., Peres, C., Mansur, J. & Grupi, C. 2004. Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. *American Journal of Cardiology* 93, 3, 381-385.
- Anthony C., Thibodeau, G. (1983) *Textbook of Anatomy & Physiology*. The C.V. Mosby Company, Missouri, USA
- Arai, Y., Saul, J., Albrecht, P., Hartley, L., Lilly, L., Cohen, R. & Colucci, W. 1989. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *American journal of physiology*, 256, H132-H141.
- Bangsbo, J. 1994. *The physiology of soccer - with special reference to intense intermittent exercise (väitöskirja)*. HO+Storm, Kööpenhamina.
- Baumert, M., Brechtel, L., Lock, J., Hermsdorf, M., Wolff, R., Baier, V. & Voss, A. 2006. Heart rate variability, blood pressure variability and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine* 16, 5, 412-417.
- Beckers, F., Verheyden, B. & Aubert, A.E. 2006. Aging and nonlinear heart rate control in a healthy population. *American Journal of Physiology: Heart & Circulatory Physiology* 290, 2560-2570.
- Bergström, J. & Hultman, E. 1988. Energy cost and fatigue during intermittent electrical stimulation of human skeletal muscle. *Journal of applied physiology*, 65, 1500-1505.
- Bernardi, L., Salvucci, F., Suardi, R., Solda, P., Calciati, A., Perlini, S., Falcone, C. & Ricciardi, L. 1990. Evidence for an intrinsic mechanism regulating heart rate variability in the transplanted and the intact heart during submaximal dynamic exercise. *Cardiovascular research*, 24, 969-981.

- Bonnemeier, H., Richardt, G., Potratz, J., Wiegand, U., Brandes, A., Kluge, N. & Katus, H. 2003. Circadian profile of cardiac autonomic nervous modulation in healthy subjects: differing effects of aging and gender on heart rate variability. *J Cardiovasc Electrophysiol* 14, 8, 791-9.
- Bosquet, L., Papelier, Y., Léger, L. & Legros, P. 2003. Night heart rate variability during overtraining in male endurance athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 4, 34, 506-12.
- Brenner, K., Thomas, S. & Shephard, R. 1998. Autonomic regulation of the circulation during exercise and heat exposure. *Sports medicine*, 26, 2, 85-99.
- Byrne, E.A., Fleg, J.L., Vaitkevicius, P.V., Wright, J. & Porges, S.W. (1996) Role of aerobic capacity and body mass index in the age-associated decline in heart rate variability. *J Appl Physiol* 81, 743-750.
- 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* 12, 213-221.
- Cohen, H., Kotler, M. & Matar, M. 1998. Analysis of heart rate variability in posttraumatic stress disorder patients to a trauma-related reminder. *Biol Psych* 44, 1054-9.
- Colombo, R., Mazzuero, G., Soffiantino, F. & Minuco, G. 1989. A comprehensive PC solution to heart rate variability analysis in mental stress. *Computers in cardiology* 1989, 475-478
- Delaney, J. & Brodie, D. 2000. Effects of short-term psychological stress on the time and frequency domains of heart rate variability.
- Eklom, B. (1994) *Handbook of Sports Medicine and Science Football (Soccer)*. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Firstbeat Technologies Oy. *Firstbeat Hyvinvointianalyysi käsikirja*, versio 2.0.0.21. 44.
- Firstbeat Technologies Oy. 2005. *VO₂ Estimation Method Based on Heart Rate Measurement*.
- Freitas, J., Lago, P., Puiq, J., Carvalho, M., Costa, O. & de Freitas, A. 1997. Circadian heart rate variability rhythm in shift workers. *J Electrocardiol* 30, 1, 39-44.
- Gockel, M., Lindholm, H., Tuomisto, M., Schildt, J., Kallio, A., Viljanen, A., Räisänen, K., Sarna, S., Kivistö, M., Kalimo, R. & Hurri, H. 2004. Työstressi, uupumus ja koettu työkyky: mittaaminen ja rentoutuksen vaikutus. *Invalidisäätiö, Helsinki*.

- Goto, M., Nagashima, M., Baba, R., Nagano, Y., Yokota, M., Nishibata, K. & Tsuji, A. 1997. Analysis of heart rate variability demonstrates effects of development on vagal modulation of heart rate in healthy children. *J Pediatrics* 130, 725-729.
- Green, J., Jones, L. & Painter, D. 1990. Effects of short-term training on cardiac function during prolonged exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 22, 4, 488-493.
- Guasti, L., Simoni, C., Mainardi, L., Crespi, C., Cimpanelli, M., Klersy, C., Gaudio, G., Grandi, A. M., Cerutti, S. & Venco, A. 2005. Global link between heart rate and blood pressure oscillations at rest and during mental arousal in normotensive and hypertensive subjects. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* 120, 80-87.
- Guo, Y. & Stein, P. 2003. Circadian rhythm in the cardiovascular system: chronocardiology. *American Heart Journal* 145, 5, 779-786.
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. 1998. *Text book of Medical Physiology*. 9. editions. W.B. Saunders Company, Pennsylvania.
- Hall, M., Vasko, R., Buysse, D., Ombao, H., Chen, Q., Cashmere, J.D., Kupfer, D. & Thayer, J.F. 2004. Acute Stress Affects Heart Rate Variability During Sleep. *Psychosomatic Medicine* 66, 56-62.
- Hautala, A.J., Mäkikallio, T.H., Kiviniemi, A., Laukkanen, R.T., Nissilä, S., Huikuri, H.V. & Tulppo, M.P. (2004) Heart rate dynamics after controlled training followed by a home-based exercise program. *Eur J Appl Physiol* 92, 289-297.
- Hedelin, R., Kentta, G., Wiklund, U., Bjerle, P. & Henriksson-Larsen, K. 2000a. Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30, 8, 1480-1484.
- Hedelin, R., Wiklund, U., Bjerle, P. & Henriksson-Larsén, K. 2000b. Pre- and post-season heart rate variability in adolescent cross-country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 10, 5, 298-303.
- Hjortskov, N., Rissen, D., Blangsted, A.K., Fallentin, N., Lundberg, U. & Sogaard, K. 2004. The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work. *European Journal of Applied Physiology* 92, 84-89

- Huikuri, H., Pikkujämsä, S., Airaksinen, J., Ikäheimo, M., Rantala, A., Kauma, H., Lilja, M., Kesäniemi, A. 1996. Sex-Related Differences in Autonomic Modulation of Heart Rate in Middle-aged Subjects. *Circulation* 94, 122-125.
- Hynynen, E., Uusitalo, A., Konttinen, N. & Rusko, H. 2006. Heart Rate Variability during Night Sleep and after Awakening in Overtrained Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38, 2, 313-317.
- Ito, H., Nozaki, M., Maruyama, T., Kaji, Y. & Tsuda, Y. 2001. Shift work modifies the circadian patterns of heart rate variability in nurses. *International Journal of Cardiology* 79, 231-236.
- Javorka, M., Zila, I., Balhárek, T. & Javorka, K. 2002. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 3, 8, 991-1000.
- Jensen K. & Larsson B. 1992 Variations in physical capacity among the Danish national soccer team for women during a period of supplemented training (abstract). *J. Sports Sci.* 10, 144
- Johansson, G., Laakso, M., Peder, M. & Karonen, S-L. 1990. Initially high plasma prolactin levels are depressed by prolonged psychological stress in males. *Int J Psychophysiol* 9, 195-9.
- Kaikkonen P., Nummela A., Hynynen E., Merikari J., Rusko H., Teljo M. & Vänttinen S. 2006. Kuormittuminen ja palautuminen yksittäisissä harjoituksissa sekä kahdeksan viikon harjoittelujakson aikana harjoittelemattomilla. KIHU.
- Karemaker, J. & Lie, K. 2000. Heart rate variability: a telltale of health or disease. *Eur Heart J* 21: 435-7.
- Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja.
- Laitio T., Scheinin H., Kuusela T., Mäenpää M. & Jalonen J. 2001. Mitä sydämen sykevaihtelu kertoo?. *Finnanest* 34, 3, 249, 254.
- Liao, D., Barnes, R.W., Chambless L.E., Simpson, R.J. Jr., Sorlie, P., Heiss, G. 1995. Age, race and sex differences in autonomic cardiac function measured by spectral analysis of heart rate variability - the ARIC study. *Am J Cardiol* 76, 906-912.

- Lindholm, H. & Gockel, M. 2000. Stressin elinvaikutuksien mittaaminen. *Duodecim* 116, 20, 2259-65.
- Liu, C., Kuo, T., Yang, C. 2003. Effects of estrogen on gender-related autonomic differences in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 285, 2188-2193.
- Lucini, D., Norbiato, G., Clerici, M. & Pagani, M. 2002. Hemodynamic and Autonomic Adjustments to Real Life Stress Conditions in Humans. *Hypertension* 39, 184-188.
- Madden, K. & Savard, G. 1995. Effects of mental state on heart rate and blood pressure variability in men and women. *Clin Physiol* 15, 6, 557-69.
- Malik, M. (1998) *Clinical guide to cardiac autonomic tests*. Kluwer Academic Publisher.
- Marcus, B., Gillette, P.C. & Garson, A. 1990. Intrinsic heart rate in children and young adults: an index of sinus node function isolated from autonomic control. *Am Heart J* 119, 911-916.
- Massin, M., Maeyns, K., Withofs, N., Ravet, F. & Gérard, P. 2000. Circadian rhythm of heart rate and heart rate variability. *Archives of Diseases in Childhood* 83, 179-182.
- McCraty, R. & Watkins, A. 1996. *Autonomic assessment report; A Comprehensive heart rate variability analysis*. Boulder Creek: Institute of HeartMath.
- McRae, H. 1992. Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise. *Journal of applied physiology*, 72, 1649-1656.
- Mourot, L., Bouhaddi, M., Perrey, S., Cappelle, S., Henriët, M., Wolf, J., Rouillon, J. & Regnard, J. 2004. Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 24, 1, 10-18.
- Mourot, L., Bouhaddi, M., Tordi, N., Rouillon, J. & Regnard, J. 2004. Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises. *Eur J Appl Physiol* 92, 4-5, 508-17.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björqvist, S.-E. 1999. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. WSOY, Porvoo.
- Nummela, A., Vänttinen, T., Hynynen, E., Finni, J., Jouste, P., Keränen, T., Luhtanen, P., Mets, T., Mononen, K., Mäkelä, I., Norvapalo K., Rusko, H., Salonen,

- M., Toivonen, R., Tummavuori, M. 2006. Jalkapallon, yleisurheilulajien ja kivääriammunnan kuormitus- ja palautumiskonseptien kehittäminen. KIHUn julkaisusarja nro 6.
- Pferrer, M.A., Weinberg, C.R. & Cook, D. 1983 Differential changes of autonomic nervous system functioning with age in man. *Am J Med* 75, 249-258.
- Pichot, V., Roche, F. & Gaspoz, F. 2000. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 32, 1729-1736.
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J-M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., Costes, F., Busso, T., Lacour, J-R. & Barthelemy, J.C. (2000) Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 32, 1729-1736.
- Pigozzi, F., Alabiso, A., Parisi, A., Di Salvo, V., Di Luigi, L., Spataro, A. & Iellamo, F. 2001. Effects of aerobic exercise training on 24 hour profile of heart rate variability in female athletes. *Journal of sports Medicine and Physical Fitness*, 41, 101-107.
- Porges, S. & Byrne, E. 1992. Research methods for measurement of heart rate and respiration. *Biological physiology*, 34, 93-130.
- Raczak, G., Danilowicz-Szymanowicz, L., Kobuszevska-Chwirot, M., Ratkowski, W., Figura-Chmielewska, M. & Szwoch, M. 2006. Long-term exercise training improves autonomic nervous system profile in professional runners. *Kardiologia Polska* 64, 2, 135-40.
- Reilly, T. (1986). *Fundamental studies on soccer*. Teoksessa Andresen, R. (toim.) *Sportwissenschaft und Sportpraxis*. Hampuri: Ingrid CZwalina Verlag. 114-121. Viitattu kirjassa Bangsbo (1994).
- Rhodes E.C. & Mosher R.E. (1992) Aerobic and anaerobic characteristics of elite female university soccer players (abstract). *J.Sports Sci.* 10, 143-144.
- Rusko, H. 1989. Kuormitus ja palautuminen urheiluvalmennuksessa. Kirjassa: Kantola, H. (ed) *Harjoittelu*. Suomen olympiakomitea, Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Rusko, H. 2003. *Cross country skiing*. Blackwell Science, USA, Massachusetts.
- Sato, N., Miyake, S., Akatsu, J. & Kumashiro, M. 1995. Power spectral analysis of heart rate variability in healthy young women during the normal menstrual cycle. *Psychosomatic Medicine* 57, 331-335.

- Selye, H. 1950. Stress and the general adaptation syndrome. *British Medical Journal* 1, 1383-1392.
- Shin, K., Minamitani, H., Onishi, S., Yamazaki, H. & Lee, M. 1995. The power spectral analysis of heart rate variability in athletes during dynamic exercise - Part 1. *Clin Cardiol* 18, 10, 583-6.
- Silverthorn, D., (1998) *Human physiology: An Integrated Approach*. Prentice Hall, New Jersey.
- Sinnreich, R., Kark, J., Friedlander, Y., Sapoznikov, D. & Luria, M. 1998. Five minute recordings of heart rate variability for population studies: repeatability and age-sex characteristics. *British Medical Journal Heart* 80, 156-162.
- Skosnik, P., Chatterton, R., Swisher, T. & Park, S. 2000. Modulation of attentional inhibition by norepinephrine and cortisol after psychological stress. *Int J Psychophysiol* 36, 59-68.
- Stein, P., Kleiger, R. & Rottman, J. 1997. Differing effects of age on heart rate variability in men and women. *Am J Cardiol* 80, 3, 302-5.
- Takahashi, T., Okada, A., Saitoh, T., Hayano, J. & Miyamoto, Y. 2000. Difference in human cardiovascular response between upright and supine recovery from upright cycle exercise. *European Journal of Applied Physiology* 81, 233-239.
- Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *European Heart Journal*. 1996, 17, 354-381.
- Umetani, K., Singer, D., McCraty, R. & Atkinson, M. 1998. Twenty-Four Hour Time Domain Heart Rate Variability and Heart Rate: Relations to Age and Gender Over Nine Decades. *Journal of the American College of Cardiology* 31, 3, 593-601.
- Uusitalo, A. 1998a. Ability of non-invasive measurements of autonomic function and stress hormones to indicate endurance training induced stress. Academic Dissertation, *Acta Universitatis Tamperensis* 621, Vammalan kirjapaino Oy, Vammala.
- Uusitalo, AL., Uusitalo, AJ. & Rusko, H. 1998b. Endurance training, overtraining and baroflex sensitivity in female athletes. *Clin Physiol* 18, 6, 510-20.

- Uusitalo, AL., Uusitalo, AJ. & Rusko, H. 2000. Heart rate and blood pressure variability during heavy endurance training and overtraining in the female athlete. *Int J Sports Med* 21, 45-53.
- Van Gool, D., Van Gerven, D. & Boutmans, J. 1988. The physiology load imposed on soccer players during real match-play. Teoksessa Reilly, T., Lees, A., Davids, K. & Murphy, W.J. (toim.) *Science and Football*. Lontoo: E & FN Spon. 51-59.
- Vanoli, E., Adamson, P., Ba-Lin, Pinna, G., Lazzara, R. & Orr, W. 1995. Heart rate variability during specific sleep stages, a comparison of healthy subjects with patients after myocardial infarction. *American Heart Association Circulation* 91, 1918-1922.
- Wennerblom, B., Lurje, L., Karlsson, T., Tygesen, H., Vahisalo, R. & Hjalmarson, Å. 2001. Circadian variation of heart rate variability and the rate of autonomic change in the morning hours in healthy subjects and angina patients. *International Journal of Cardiology* 79, 61-69.
- Willmore, J. & Costill, D. 1994. *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics, Champaign.
- Yamamoto, K., Miyachi, M., Saitoh, T., Yoshioka, A. & Onodera, S. 2001. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc* 33, 9, 1496-1502.
- 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.
- Zinder, O. & Dar, D. 1999. Neuroactive steroids: their mechanism of action and their function in the stress response. *Acta Physiol Scand* 167, 181-8.

LIITE 1: Alkumittausten viitearvot

Maksimaalinen hapenottokyky, normaaliväestöllä tehty tutkimus (Keskinen ym. 2004, 276))

16-17 –vuotiaat tytöt (kuntoluokat 1 heikko – 7 erinomainen):

alle 28 = 1

28 - 33 = 2

34 - 38 = 3

39 - 43 = 4

44 - 48 = 5

49 - 53 = 6

yli 53 = 7

18-19 –vuotiaat tytöt (kuntoluokat 1 heikko – 7 erinomainen):

alle 28 = 1

28 - 32 = 2

33 - 37 = 3

38 - 42 = 4

43 - 47 = 5

48 - 52 = 6

yli 52 = 7

Tutkimusten mukaisia arvoja naisjalkapallojoukkueille:

Turkki 43,15 ml/kg/min

Kanadala (yliopistojoukkue) 47,1 ml/kg/min

Australia 47,9 ml/kg/min

USA 48,3 ml/kg/min

Iso-Britannia 48,4 ml/kg/min

Italia 49,75 ml/kg/min

Tanska 53,3 ml/kg/min

LIITE 1 / 2: Alkumittausten viitearvot**Kevennyshyppytesti** (Keskinen ym. 2004, 161)

1 = heikko, 2 = välttävä, 3 = keskitasoinen, 4 = hyvä, 5 = erinomainen

Koripalloilijat / naiset:

30 cm = 1

34 cm = 2

37 cm = 3

41 cm = 4

44 cm = 5

Jalkapallo / miehet, Myllykosken Pallon miespelaajien keskiarvo kevennyshypystä oli 43,3cm (Nummela ym. 2006).

30 metrin juoksutesti

Naisurheilijoiden viitearvot (Keskinen ym. 2004, 166)

Luokka 5 tarkoittaa Suomen parhaiden pikajuoksijoiden keskiarvoa:

yli 4,9 s = 1

4,6 - 4,9 s = 2

4,3 - 4,6 s = 3

4,0 - 4,3 s = 4

alle 4,0 s = 5

Myllykosken Pallon miespelaajien keskiarvo oli 4,1 s. (Nummela ym. 2006).

LIITE 2: Kuorman määrittäminen juoksumatolla**JUOKSUMATTO / KUORMAN LISÄYS** $\text{VO}_2\text{max } 50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

v / kulma	VO_2
7 / 1.0	29
8 / 1.0	32
9 / 1.0	36
10 / 1.0	39
11 / 1.0	43
12 / 1.0	47
13 / 1.0	50
14 / 1.0	54
14 / 2.0	57
14 / 3.0	61
14 / 4.0	65

LIITE 3: Harjoituksen kuormittavuuden arviointilomake

Harjoitusten kuormittavuus

Nimi: _____

Päivämäärä: _____

Kellonaika: _____

Kuinka kuormittavalta harjoitus tuntui? Merkitse tuntemuksiasi parhaiten kuvaava vaihtoehto kunkin osa-alueen kohdalle alla olevan asteikon mukaisesti.

Verenkierto & hengitys: _____

Lihakset & hermosto: _____

Psykye: _____

Kokonaisuus: _____

Asteikko:

0 = Ei ollenkaan kuormittava

1 = Melko vähän kuormittava

2 = Vähän kuormittava

3 = Kohtuullisesti kuormittava

4

5 = Paljon kuormittava

6

7

8 = Hyvin paljon kuormittava

9

10 = Erittäin paljon kuormittava

Max = Maksimaalinen kuviteltavissa oleva

LIITE 4: Palautuneisuuden arviointilomake**Palautuneisuuskysely****Nimi:** _____**Päivämäärä:** _____**Kellonaika:** _____

Kuinka palautuneeksi tunnet itsesi juuri nyt? Merkitse tuntemuksiasi parhaiten kuvaava vaihtoehto alla olevan asteikon mukaisesti.

Fyysinen palautuneisuus: _____

Psyykinen palautuneisuus: _____

Asteikko:

0 = Ei ollenkaan palautunut

1 = Melko vähän palautunut

2 = Vähän palautunut

3 = Kohtuullisesti palautunut

4

5 = Lähes palautunut

6

7

8 = Hyvin palautunut

9

10 = Erittäin hyvin palautunut

Max = Maksimaalinen kuviteltavissa oleva